



**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEIO
AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO REGIONAL**

DIEGO LEONARDO MAXIMO GORDINHO

**CONTROLE DAS ESPÉCIES EXÓTICAS INVASORAS *LEUCAENA
LEUCOCEPHALA* E *TITHONIA DIVERSIFOLIA* NO PARQUE ECOLÓGICO
VEREDINHA-DF**

Presidente Prudente - SP
2024



**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEIO
AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO REGIONAL**

DIEGO LEONARDO MAXIMO GORDINHO

**CONTROLE DAS ESPÉCIES EXÓTICAS INVASORAS *LEUCAENA
LEUCOCEPHALA* E *TITHONIA DIVERSIFOLIA* NO PARQUE ECOLÓGICO
VEREDINHA-DF**

Dissertação apresentada à Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade do Oeste Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional.

Área de concentração: Meio Ambiente e Desenvolvimento

Linha de pesquisa: Ciências Ambientais

Orientador:

Prof. Dr. Paulo Antônio Silva

Co-Orientadores:

Profa. Dra. Maira Rodrigues Uliana

Profa. Dra. Ana Paula Alves Favareto

Presidente Prudente - SP
2024

581.7
G662c

Gordinho, Diego Leonardo Maximo.
Controle das espécies exóticas invasoras *Leucaena
Leucocephala* e *Tithonia Diversifolia* no Parque Ecológico
Veredinha-DF / Diego Leonardo Maximo Gordinho. -
Presidente Prudente, 2024.
73 f.: il.

Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e
Desenvolvimento Regional) - Universidade do Oeste
Paulista - Unoeste, Presidente Prudente, SP, 2024.
Bibliografia.
Orientador: Dr. Paulo Antônio Silva

1. *Leucaena leucocephala*. 2. *Tithonia diversifolia*.
3. Espécies exóticas invasoras. 4. Controle de invasoras.
5. Restauração ecológica. 6. Biodiversidade. I. Título.

Catálogo na Fonte: Maria Letícia Silva Vila Real - CRB 8/10699

DIEGO LEONARDO MAXIMO GORDINHO

**CONTROLE DAS ESPÉCIES EXÓTICAS INVASORAS *LEUCAENA*
LEUCOCEPHALA E *TITHONIA DIVERSIFOLIA* NO PARQUE ECOLÓGICO
VEREDINHA-DF**

Dissertação apresentada à Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade do Oeste Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional.

Presidente Prudente, 19 de dezembro de 2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Orientador
Universidade do Oeste Paulista – Unoeste
Presidente Prudente-SP

Profa. Dra. Maira Rodrigues Uliana
Universidade do Oeste Paulista – Unoeste
Presidente Prudente-SP

Dra. Sarah da Silva Barreto
Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento e Desenvolvimento Rural –
Seagri
Brasília - DF

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família, que sempre me apoiou e incentivou em cada etapa desta jornada acadêmica. À minha esposa, Larissa, pelo companheirismo, compreensão e pela força que me deu para seguir em frente, e ao meu filho, Leonardo, que desde bebê me acompanha nessa defesa em proteção do meio ambiente, ajudando até nos plantios de recuperação de áreas degradadas.

Dedico também aos colegas e amigos, João Paulo, Valdinei e Marcos João, que me acompanharam ao longo deste percurso, pelas trocas de conhecimento, pelo apoio mútuo e pelas discussões enriquecedoras que tornaram essa experiência única.

Por fim, dedico este trabalho a todos os profissionais e voluntários que atuam na preservação do meio ambiente, especialmente aos que se dedicam à proteção do Parque Ecológico Veredinha. Que este estudo possa contribuir de alguma forma para a conservação de nossas riquezas naturais e para a promoção de um desenvolvimento sustentável.

AGRADECIMENTOS

A realização desta dissertação foi possível graças ao apoio direto de pessoas e instituições às quais expresso minha sincera gratidão.

Agradeço, em primeiro lugar, ao meu orientador, Prof. Dr. Paulo Antônio Silva, pela orientação precisa, incentivo constante e pelas valiosas contribuições acadêmicas que enriqueceram significativamente este trabalho. Às co-orientadoras, Profa. Dra. Maira Rodrigues Uliana e Profa. Dra. Ana Paula Alves Favareto, pelo acompanhamento dedicado, pelas sugestões pertinentes e pela disponibilidade ao longo de toda a pesquisa.

Registro meu reconhecimento ao Instituto Brasília Ambiental, pela aprovação desta pesquisa e pela disponibilização de recursos técnicos e humanos que foram essenciais para a execução das atividades de campo. Agradeço também à equipe da Unidade de Conservação do Parque Ecológico Veredinha, pela cooperação prática e pelo comprometimento na implementação e no monitoramento das ações de controle das espécies invasoras.

Sou grato aos colegas de pesquisa João Paulo, Valdinei, Sarah Barreto e Marcos João, pelo apoio mútuo, pelas trocas de conhecimento e pelo companheirismo durante o desenvolvimento desta dissertação.

Agradeço ainda à Universidade do Oeste Paulista (UNOESTE) e à Faculdade Horizonte pelo suporte acadêmico e institucional oferecido durante todo o curso, bem como à Associação dos Servidores da Carreira de Planejamento Urbano e Infraestrutura (ASSINFRA), pelo apoio que possibilitou minha formação em nível de mestrado.

A todos que contribuíram diretamente para o desenvolvimento deste trabalho, meus mais sinceros agradecimentos.

"É preciso que se inculque nas massas a convicção de que a natureza não é um simples objeto de contemplação ou deleite, mas um objeto de trabalho que deve ser cuidado, tratado e respeitado para que continue a fornecer o sustento necessário para a sobrevivência de todos." — Chico Mendes

RESUMO

Controle das espécies exóticas invasoras *Leucaena Leucocephala* e *Tithonia Diversifolia* no Parque Ecológico Veredinha-DF

Este estudo teve como objetivo avaliar a eficácia do programa de controle das espécies exóticas invasoras *Leucaena leucocephala* e *Tithonia diversifolia*, implementado no Parque Ecológico Veredinha, Distrito Federal. A justificativa da pesquisa se baseia na ameaça que essas espécies representam para a integridade ecológica da unidade de conservação, comprometendo a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos essenciais, como a regulação hídrica e a fertilidade do solo. Ao competirem com a flora nativa, essas invasoras modificam a estrutura do ecossistema, resultando em perda de diversidade biológica e degradação dos processos ecológicos. A pesquisa utilizou técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento para mapear as áreas invadidas, além de realizar análises de campo e revisão bibliográfica. Os resultados indicam que, entre 2014 e 2023, a área invadida por *T. diversifolia* aumentou de 2.009 m² para 37.258 m², destacando sua agressividade. Em contrapartida, a infestação de *L. leucocephala* se manteve estável no período, com uma redução na área afetada de 6.976 m² para 4.909 m², devido às intervenções de manejo. A remoção manual foi eficaz para conter a expansão das invasoras e promover a recuperação gradual da vegetação nativa em algumas áreas. No entanto, a continuidade do monitoramento e a implementação de novas estratégias de controle são essenciais para garantir a restauração ecológica e a preservação da biodiversidade da unidade de conservação. Conclui-se que ações integradas, adaptativas e embasadas em ciência são essenciais para a restauração ecológica e conservação da biodiversidade, requerendo políticas públicas que assegurem a sustentabilidade de longo prazo.

Palavras-chave: *Leucaena leucocephala*; *Tithonia diversifolia*; Espécies exóticas invasoras; Controle de invasoras; Restauração ecológica; Biodiversidade.

ABSTRACT

Control of invasive exotic species *Leucaena Leucocephala* and *Tithonia Diversifolia* in Veredinha Ecological Park-DF

This study aimed to evaluate the effectiveness of the control program for the invasive exotic species *Leucaena leucocephala* and *Tithonia diversifolia*, implemented in the Veredinha Ecological Park, Federal District, Brazil. The justification for the research is based on the threat these species pose to the ecological integrity of the conservation unit, compromising biodiversity and essential ecosystem services such as water regulation and soil fertility. By competing with native flora, these invasive species alter ecosystem structure, resulting in biodiversity loss and degradation of ecological processes.

The research employed remote sensing and geoprocessing techniques to map invaded areas, alongside field analyses and literature reviews. The results indicate that between 2014 and 2023, the area invaded by *T. diversifolia* increased from 2,009 m² to 37,258 m², highlighting its aggressiveness. Conversely, the infestation of *L. leucocephala* remained stable during the same period, with a reduction in the affected area from 6,976 m² to 4,909 m² due to management interventions. Manual removal proved effective in containing the expansion of invasive species and promoting the gradual recovery of native vegetation in some areas. However, continued monitoring and the implementation of new control strategies are essential to ensure ecological restoration and the preservation of biodiversity within the conservation unit.

The study concludes that integrated, adaptive, and science-based actions are essential for ecological restoration and biodiversity conservation, requiring public policies to ensure long-term sustainability.

Keywords: *Leucaena leucocephala*; *Tithonia diversifolia*; Invasive exotic species; Invasive species control; Ecological restoration; Biodiversity.

LISTA DE SIGLAS

ASSINFRA	— Associação dos Servidores da Carreira de Planejamento Urbano e Infraestrutura do DF
CDB	— Convenção sobre Diversidade Biológica
EEl	— Espécies exóticas invasoras
GDF	— Governo do Distrito Federal
IBRAM/DF	— Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Distrito Federal
ICMBio	— Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
IES	— Instituição de Ensino Superior
PCI	— Projeto de Cooperação entre Instituições para Qualificação de Profissionais de Nível Superior
PROINTER	— Pró-Reitoria de Relações Interinstitucionais
QGIS	— Quantum GIS
SIG	— Sistema de Informações Geográficas
SCP	— Semi-Automatic Classification Plugin
UNOESTE	— Universidade do Oeste Paulista
UC	— Unidade de Conservação

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** — *Leucaena leucocephala*. 1a) Vagem e folhas. 1b) Indivíduo adulto. 1c) flores brancas com vagens29
- Figura 2** — *Tithonia diversifolia*. 2a) Indivíduo sem flores. 2b) Indivíduo florido. 2c) Flor.....31
- Figura 3** — Área de estudo Parque Ecológico Veredinha40
- Figura 4** — Áreas infestadas por *Tithonia diversifolia* ano 2018. 4a) Aglomerado intenso a direita. 4b) Aglomerado no período de seca. 4c) Indivíduos cobrindo placa de identificação do parque43
- Figura 5** — Supressão e remoção da *Tithonia diversifolia* no Parque Ecológico Veredinha no ano de 2020. 5a) Trator de esteira suprimindo a *Tithonia diversifolia* nas bacias de contenção. 4b) Mini trator suprimindo a espécie em locais de difícil acesso. 4c) Remoção e limpeza da espécie da área das bacias de contenção de águas pluviais.48
- Figura 6** — Arranquio manual da *Tithonia diversifolia* com brigadistas florestais e voluntários.....49
- Figura 7** — Supressão de *Leucaena leucocephala* no ano 2020. 7a) Rua fechada para supressão da *Leucaena leucocephala* 7b) Utilização de motosserra para corte. 7c) Indivíduos adultos suprimidos49
- Figura 8** — Plantio de espécies nativas nos locais de retirada de *Leucaena leucocephala* e *Tithonia diversifolia* no ano de 2020. 8a) Plantio em atividades de educação ambiental. 8b) Plantio com brigadistas florestais e voluntários do parque. 8c) Chegada de mudas para plantio.50
- Figura 9** — Área em recuperação onde foram realizados os plantios de mudas (Imagem registrada em setembro 2024). 9a) Diversas espécies nativas do Cerrado com excelente desenvolvimento. 9b) *Ceiba speciosa* vigorosa. 9c) Área recuperada51
- Figura 10** — Evolução da invasão de *Tithonia diversifolia* entre os anos de (2014, 2015, 2019, 2020, 2021 e 2023)55
- Figura 11** — Evolução da invasão de *Leucaena leucocephala* no ano de 2020 e 202356
- Figura 12** — Evolução da invasão de *Tithonia diversifolia* ao longo dos anos57

Figura 13 — Crescimento anual da área invadida por <i>T. diversifolia</i>	58
Figura 14 — Curva de nível.....	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1—	Lista de Flora Exótica Invasora do Distrito Federal.....	44
------------------	--	----

SUMÁRIO

	PRÓLOGO	14
1	INTRODUÇÃO	16
1.1	Problema de pesquisa e hipótese	18
1.2	Objetivos	18
1.2.1	Objetivo geral	18
1.2.2	Objetivos específicos.....	19
1.3	Metodologia	19
1.3.1	Metodologia da pesquisa.....	19
1.3.2	Procedimentos metodológicos.....	20
1.4	Estrutura Da Dissertação	23
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	24
2.1	Conceitos e definições de espécies exóticas invasoras	24
2.2	Dinâmica de invasão biológica no Cerrado	26
2.3	Leucaena leucocephala: biologia e impactos	28
2.4	<i>Tithonia diversifolia</i>: Biologia e impactos	30
2.5	Controle de espécies invasoras em Unidades de Conservação	33
2.6	Restauração ecológica no controle de invasoras	35
3	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	40
3.1	Histórico e importância ambiental	40
3.2	Aspectos físicos e bióticos da Unidade de Conservação	41
3.3	Espécies exóticas invasoras na Unidade de Conservação: Foco na <i>L. leucocephala</i> e <i>T. diversifolia</i>	41
3.4	Manejo realizado das espécies invasoras no Parque Ecológico Veredinha	47
3.5	Sensoriamento Remoto	51
3.6	Processamento de Imagens e Mapeamento da Invasão	52
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
4.1	Análise temporal das áreas invadidas nos anos de 2014, 2015, 2019, 2020, 2021 e 2023) por <i>Tithonia diversifolia</i> e análise temporal das áreas invadidas e por <i>Leucaena leucocephala</i> nos anos de 2020 e 2023.....	54
4.2	Resultados do manejo da <i>Tithonia diversifolia</i>	57
4.3	Crescimento anual da área invadida por <i>Tithonia diversifolia</i>	58

4.4	Dinâmica e impactos do manejo de <i>Leucaena leucocephala</i>	59
4.5	Identificação e Mapeamento das Áreas de Infestação (Origem da Dispersão de Sementes)	59
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES	62
6	CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS.....	64
	REFERÊNCIAS	65

PRÓLOGO

Minha trajetória acadêmica e profissional sempre esteve ligada à relação entre o homem e o meio ambiente. Iniciei meus estudos como Técnico em Agropecuária, onde adquiri uma base sólida sobre as práticas rurais e o manejo sustentável dos recursos naturais. Posteriormente, aprofundei meu conhecimento na área ambiental com a graduação em Gestão Ambiental, o que ampliou minha visão sobre a conservação e a sustentabilidade. Mais tarde, licenciiei-me em Geografia, fortalecendo minha compreensão sobre a interação entre os sistemas naturais e as dinâmicas espaciais e sociais.

Foi com essa formação interdisciplinar que, ao atuar no Instituto Brasília Ambiental e, em especial, no Parque Ecológico Veredinha, reconheci os desafios trazidos pela invasão de espécies exóticas como a *Leucaena leucocephala* e o *Tithonia diversifolia*. Essa experiência prática despertou em mim a necessidade de aprofundar meus estudos e desenvolver estratégias de manejo sustentável, o que culminou nesta dissertação.

Desde 2010, quando comecei a trabalhar no Instituto Brasília Ambiental como gestor do Parque Ecológico Veredinha, desenvolvi um forte compromisso com a preservação desse espaço natural. Minha formação e experiência em Gestão Ambiental sempre me levaram a buscar maneiras de proteger os recursos naturais de forma sustentável. No entanto, foi durante meu trabalho no Parque Ecológico Veredinha que me deparei com um problema que direcionou minha pesquisa de mestrado.

Logo no início da minha gestão, identifiquei a presença de uma espécie exótica invasora já estabelecida na área: a *L. leucocephala*. Com árvores altas e bem desenvolvidas, essa planta estava presente no ecossistema há mais de 15 anos. A presença dessa espécie me preocupou devido ao seu potencial de expansão e aos efeitos negativos que pode causar na vegetação nativa. Posteriormente, notei a chegada de outra espécie invasora, a *T. diversifolia*, que começou a se espalhar rapidamente pela área.

Diante dessa situação, trabalhamos em conjunto com os agentes de unidades de conservação e brigadistas florestais do Instituto Brasília Ambiental para lidar com essas duas espécies invasoras. Esse esforço conjunto foi importante para limitar a propagação das plantas e reduzir seus efeitos negativos no ecossistema local. Além disso, coordenei o projeto de voluntariado de Educação Ambiental, Revegetação e Proteção de Nascentes do Parque Ecológico Veredinha, que se tornou uma parte importante das nossas ações de conservação. Esse projeto tinha como objetivos promover a educação ambiental na comunidade, revegetar nascentes e áreas degradadas com espécies nativas, controlar as espécies invasoras dentro da Unidade de Conservação, e envolver a comunidade de Brazlândia e arredores, para que se tornassem protetores desse patrimônio natural.

Essas atividades não apenas refletiram uma abordagem profissional, mas também despertaram em mim uma motivação pessoal para entender e enfrentar esse problema de forma concreta. Cada visita ao parque, cada interação com a comunidade e cada esforço para controlar as espécies invasoras reforçaram minha determinação em buscar soluções para restaurar o equilíbrio ecológico da região. A invasão biológica é um tema relevante, e como gestor de unidades de conservação, percebi a necessidade de contribuir para esse debate com uma visão prática e fundamentada na experiência.

Dessa forma, minha dissertação se concentrou no desenvolvimento de estratégias sustentáveis para o manejo dessas espécies invasoras, com o objetivo de preservar a biodiversidade e promover a restauração do Parque Ecológico Veredinha. Este trabalho resulta de minha experiência profissional e de uma reflexão sobre as responsabilidades que temos como gestores ambientais. Ele busca não apenas entender os mecanismos de invasão e os efeitos dessas espécies, mas também propor soluções práticas que possam ser aplicadas em outras áreas naturais com problemas semelhantes.

O processo de pesquisa me deu uma compreensão mais clara dos desafios ecológicos apresentados por essas espécies invasoras e me permitiu desenvolver estratégias mais adequadas para lidar com esses problemas. A caminhada até aqui foi guiada pelo desejo de garantir que as futuras gerações possam desfrutar de um ambiente equilibrado e rico em biodiversidade. Esta dissertação representa minha contribuição para essa causa, refletindo meu compromisso contínuo com a preservação do nosso patrimônio natural.

1 INTRODUÇÃO

A invasão biológica por espécies exóticas invasoras (EEl) é uma das principais ameaças à biodiversidade global e à integridade dos ecossistemas. Essas espécies, ao serem introduzidas em novos ambientes, muitas vezes proliferam rapidamente, competindo com as espécies nativas por recursos e alterando as funções ecológicas (Kato-Noguchi, 2020). No Brasil, particularmente no bioma Cerrado, o impacto dessas invasões é considerável, afetando diretamente a biodiversidade local e comprometendo os serviços ecossistêmicos essenciais para a manutenção dos processos naturais e das atividades humanas.

O Cerrado, um dos biomas mais biodiversos do mundo, desempenha um papel fundamental na conservação de espécies endêmicas e na regulação de ciclos ecológicos, como o ciclo da água e o armazenamento de carbono. No entanto, a introdução de espécies exóticas invasoras, como *Leucena leucocephala* (vulgo leucena; Fabaceae) e *Tithonia diversifolia* (vulgo girassol-mexicano; Asteraceae), têm causado uma série de impactos negativos. Essas espécies, ao se espalharem por áreas naturais, competem diretamente com as plantas nativas, alteram a composição florística e afetam o equilíbrio ecológico (Silva; Martinin; Amaral, 2024).

T. diversifolia tem se destacado como uma espécie invasora agressiva, capaz de reduzir drasticamente a diversidade de espécies nativas. Em estudos conduzidos na Nigéria, essa planta foi responsável por uma redução de 25,4% no número de espécies em áreas invadidas, com impactos profundos na diversidade ecológica local (Oludare; Muoghalu, 2014). Além disso, *T. diversifolia* altera a fertilidade do solo, enriquecendo-o com nutrientes como nitrogênio, fósforo e cálcio, o que favorece seu próprio crescimento em detrimento das espécies nativas, adaptadas a solos mais pobres (Kato-Noguchi, 2020). Esse processo pode levar à criação de monoculturas de invasoras, exacerbando os impactos sobre a vegetação nativa e limitando a resiliência dos ecossistemas invadidos.

Por outro lado, a *L. leucocephala* também tem um impacto ambiental significativo, sendo amplamente reconhecida como uma espécie invasora que altera ecossistemas nativos. Essa espécie tem alta capacidade de fixação de nitrogênio, o que modifica as propriedades do solo e favorece seu crescimento, criando um ciclo que prejudica a recuperação de espécies nativas (Ramírez *et al.*, 2024). Em áreas

invasoras, *L. leucocephala* forma densas monoculturas, competindo por luz, água e nutrientes, o que resulta em uma diminuição da biodiversidade e uma alteração nos serviços ecossistêmicos, como a ciclagem de nutrientes e a retenção de água (Ramírez *et al.*, 2024).

Além dos impactos ecológicos diretos, a resiliência dessas espécies invasoras, particularmente a *L. leucocephala*, torna seu controle ainda mais desafiador. Ela é capaz de sobreviver em condições adversas, como solos pobres e climas semiáridos, o que a torna difícil de erradicar uma vez estabelecida (Ramírez *et al.*, 2024). A presença contínua dessas espécies reduz a capacidade de resiliência dos ecossistemas nativos, especialmente em áreas vulneráveis como o Cerrado.

A presente pesquisa insere-se no contexto do Prointer Brasília Ambiental, cujo objetivo é promover a sustentabilidade ambiental no Cerrado por meio de estudos integrados sobre biodiversidade e manejo de recursos naturais. Alinhado à linha de pesquisa Avaliação e Análise de Impacto Ambiental, este trabalho visa investigar estratégias eficazes de controle de *L. leucocephala* e *T. diversifolia* no Parque Ecológico Veredinha, Distrito Federal, com foco na restauração ecológica e na mitigação dos impactos dessas espécies sobre a biodiversidade local.

Esta pesquisa também está diretamente conectada aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente o ODS 13 (Ação contra a mudança global do clima) e o ODS 15 (Vida terrestre). A invasão de espécies exóticas como *T. diversifolia* e *L. leucocephala* está intimamente ligada à degradação dos ecossistemas e à perda de biodiversidade, afetando diretamente a resiliência dos ecossistemas terrestres frente às mudanças climáticas (Kato-Noguchi, 2020). O controle dessas invasões é, portanto, fundamental para restaurar os ecossistemas e garantir que os objetivos globais de conservação e sustentabilidade sejam alcançados.

Dessa forma, o presente estudo busca contribuir com soluções práticas de manejo sustentável para o controle dessas espécies invasoras no Parque Ecológico Veredinha, propondo ações que favoreçam a restauração da vegetação nativa e a preservação da biodiversidade, alinhadas com as metas dos ODS e as políticas ambientais de conservação do Cerrado.

1.1 Problema de pesquisa e hipótese

O Parque Ecológico Veredinha, localizado no Distrito Federal, enfrenta um desafio com a invasão de espécies exóticas, especialmente *L. leucocephala* e *T. diversifolia*. Essas espécies invasoras têm impactado negativamente a biodiversidade local, comprometendo a regeneração natural da vegetação nativa e alterando ciclos ecológicos essenciais. Esse problema não só afeta a ecologia da Unidade de Conservação, mas também tem implicações econômicas e sociais, prejudicando serviços ecossistêmicos vitais e atividades como o ecoturismo.

Diante desse cenário, a questão central desta pesquisa é: Quais são os principais mecanismos de dispersão e estabelecimento das espécies invasoras *L. leucocephala* e *T. diversifolia* no Parque Ecológico Veredinha, e como o conhecimento desses mecanismos pode guiar políticas públicas e práticas de manejo para sua contenção?

A hipótese proposta sugere que dispersão de sementes de *L. leucocephala* e *T. diversifolia* no Parque Ecológico Veredinha é amplificada pelos corpos hídricos durante os períodos de chuva, facilitando o estabelecimento dessas espécies invasoras nas áreas mais baixas do parque. O controle e manejo dessas espécies devem ser implementados não apenas dentro do Parque Ecológico Veredinha, mas também nas áreas do entorno, que são a origem da propagação, a fim de prevenir a dispersão contínua e promover a recuperação da vegetação nativa.

1.2 Objetivos

Este estudo visa enfrentar os impactos das espécies exóticas invasoras *L. leucocephala* e *T. diversifolia* no Parque Ecológico Veredinha. A seguir, são definidos os objetivos que orientam a pesquisa, desde a identificação das áreas invadidas até a aplicação e avaliação de estratégias de controle.

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral desta dissertação é avaliar a eficácia do programa de controle das espécies exóticas invasoras *L. leucocephala* e *T. diversifolia* implementado no Parque Ecológico Veredinha, com vistas a preservar a

biodiversidade e promover a restauração ecológica do ambiente afetado por essas espécies invasoras.

1.2.2 Objetivos específicos

- i) Analisar as áreas invadidas por *L. leucocephala* e *T. diversifolia* no Parque Ecológico Veredinha, utilizando técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento para identificar a extensão e localização das infestações antes e após a implementação do programa de controle.
- ii) Investigar os mecanismos de dispersão e reprodução dessas espécies invasoras, identificando os fatores que contribuíram para sua proliferação e persistência na Unidade de Conservação, com ênfase no papel dos corpos hídricos na dispersão das sementes.
- iii) Avaliar a eficácia das estratégias de controle implementadas, monitorando a variação das populações de *L. leucocephala* e *T. diversifolia*, além da recuperação da vegetação nativa e do restabelecimento da biodiversidade nas áreas afetadas após a intervenção.

1.3 Metodologia

1.3.1 Metodologia da pesquisa

A presente dissertação adotou uma abordagem metodológica híbrida, combinando atividades de campo, revisão bibliográfica e análise de imagens de sensoriamento remoto. Esta metodologia foi estruturada para fornecer uma base sólida e cientificamente embasada para a formulação e implementação de estratégias eficazes de controle das espécies exóticas invasoras *L. leucocephala* e *T. diversifolia* no Parque Ecológico Veredinha, Distrito Federal.

Essas espécies foram selecionadas para o estudo devido ao seu elevado potencial invasor (Silva; Martinin; Amaral, 2024) e os impactos ecológicos já observados no Parque Ecológico Veredinha. A *L. leucocephala*, uma espécie originária da América Central, foi introduzida em várias regiões do mundo para fins agrícolas, mas no Cerrado brasileiro, onde está presente no Parque Ecológico Veredinha, se tornou uma espécie invasora problemática. Sua alta capacidade de

fixar nitrogênio no solo altera as propriedades deste, favorecendo sua própria proliferação e dificultando a regeneração das espécies nativas. *Leucaena leucocephala* também forma monoculturas densas, o que impacta negativamente a biodiversidade local.

Por sua vez, a *T. diversifolia*, inicialmente introduzida como planta ornamental e para fins agroflorestais, encontrou no Parque Ecológico Veredinha condições propícias para sua rápida expansão. Sua capacidade de produzir grande quantidade de sementes e seu rápido crescimento tornam essa planta uma invasora agressiva, competindo diretamente com a vegetação nativa e modificando a estrutura ecológica da Unidade de Conservação.

Essas duas espécies não apenas ameaçam diretamente a biodiversidade local, mas também impactam serviços ecossistêmicos, como a regulação hídrica e a ciclagem de nutrientes, agravando a degradação das áreas invadidas (Silva; Martinin; Amaral, 2024). Assim, compreender seus mecanismos de dispersão e avaliar a eficácia das estratégias de controle implementadas na Unidade de Conservação é essencial para promover a recuperação ecológica e a preservação do ecossistema.

1.3.2 Procedimentos metodológicos

Os procedimentos metodológicos a seguir detalham as etapas específicas que foram realizadas.

a) Revisão bibliográfica

A revisão bibliográfica constituiu a primeira etapa do trabalho e foi fundamental para a compreensão do contexto e das melhores práticas para o controle de espécies exóticas invasoras. Foram revisados artigos científicos, teses, dissertações, relatórios técnicos e publicações institucionais que tratam de:

- Características das espécies invasoras: Foco nas peculiaridades ecológicas da *L. leucocephala* e *T. diversifolia*, incluindo seus ciclos de vida, formas de dispersão e impactos ecológicos documentados.

- Métodos de controle: Análise crítica de estratégias de controle previamente testadas em contextos semelhantes, avaliando sua eficácia, custos, limitações e possíveis efeitos adversos.
- Estudos de caso: Levantamento de experiências de controle de espécies invasoras em áreas de preservação ambiental, tanto no Brasil quanto internacionalmente, com ênfase em lições aprendidas e melhores práticas.

b) Análise de imagens de sensoriamento remoto

A análise de imagens de sensoriamento remoto foi realizada para identificar, mapear e quantificar as áreas invadidas pelas espécies *L. leucocephala* e *T. diversifolia* dentro do Parque Ecológico Veredinha. As etapas específicas incluem:

- Aquisição de imagens: Utilização de imagens de satélite de alta resolução, CBERS 04 INPE, que oferecem dados multiespectrais (RGB) essenciais para a distinção de coberturas vegetais.
- Processamento e análise: Aplicação de técnicas de processamento digital de imagens, classificação semi-automática e algoritmos de classificação supervisionada e não supervisionada para a identificação das espécies invasoras (Quantum GIS) através do Plugin (Semi automatic classification plugin - SCP)
- Mapeamento da distribuição espacial: Criação de mapas detalhados que ilustrem a distribuição espacial das espécies invasoras na Unidade de Conservação ao longo dos anos (2014, 2015, 2019, 2020, 2021 e 2023), identificando áreas de concentração e potencial de dispersão.
- Análise de padrões espaciais: Estudo dos padrões de dispersão das espécies invasoras em relação a fatores ambientais como tipo de solo, relevo e proximidade de corpos d'água, utilizando ferramentas de análise espacial em sistemas de informações geográficas (SIG).

c) Avaliação dos impactos ecológicos

A avaliação dos impactos ecológicos das espécies invasoras foi realizada com base em uma revisão crítica da literatura existente, complementada por dados

obtidos a partir da análise de campo e de sensoriamento remoto. Esta avaliação buscou identificar e quantificar:

- Impactos sobre a flora nativa: Alterações na composição e estrutura da vegetação, incluindo a competição por recursos e a potencial exclusão de espécies nativas.
- Ciclos ecológicos: Modificações nos ciclos de nutrientes e na dinâmica do solo resultantes da presença das espécies invasoras.

d) Seleção e adaptação de estratégias de controle

Com base nos dados obtidos nas etapas anteriores, foram selecionadas e adaptadas estratégias de controle específicas para a *L. leucocephala* e *T. diversifolia* no contexto do Parque Ecológico Veredinha. As estratégias consideraram:

- Controle mecânico: Técnicas de remoção manual e mecânica das plantas invasoras, especialmente em áreas de difícil acesso ou sensíveis ecologicamente.
- Controle biológico e ecológico: Investigação da viabilidade de introduzir ou promover espécies nativas que possam competir com as invasoras, além da restauração ecológica de áreas degradadas.

e) Análise de Viabilidade e Impacto das Estratégias Propostas

Finalmente, foi realizada uma análise de viabilidade e impacto das estratégias de controle selecionadas, que incluiu:

- Efetividade: Avaliação da eficácia das estratégias propostas na redução ou erradicação das espécies invasoras.
- Custo-benefício: Análise dos custos associados a cada estratégia em relação aos benefícios esperados para a preservação do ecossistema.
- Impactos secundários: Investigação de possíveis efeitos colaterais das estratégias de controle sobre a biodiversidade e o ambiente local.
- Adaptação e ajustes: Identificação de limitações e ajustes necessários para otimizar a implementação das estratégias de controle, garantindo sua eficácia a longo prazo.

Essa metodologia buscou garantir que as estratégias propostas sejam não apenas eficazes, mas também ecologicamente sustentáveis e adequadas às condições específicas do Parque Ecológico Veredinha, contribuindo para a conservação da biodiversidade e a recuperação dos ecossistemas afetados.

1.4 Estrutura Da Dissertação

O trabalho está organizado em quatro capítulos correlacionados. O **Capítulo 1, Introdução**, apresentou o tema central deste trabalho, contextualizando a problemática das espécies exóticas invasoras no Parque Ecológico Veredinha, e estabeleceu os objetivos gerais e específicos da pesquisa. Também foram delineadas as hipóteses e as abordagens metodológicas que orientaram a execução do estudo.

O **Capítulo 2 apresenta a fundamentação teórica** que embasa o estudo, discutindo conceitos-chave como espécies exóticas invasoras, suas dinâmicas de invasão, impactos ecológicos, e as técnicas de controle e manejo utilizadas em unidades de conservação (UCs). Esse capítulo fornece o suporte teórico necessário para a compreensão dos desafios e estratégias relacionadas ao manejo das espécies *L. leucocephala* e *T. diversifolia*.

O **Capítulo 3** aborda a **caracterização da área de estudo** e os **resultados obtidos**, destacando a aplicação de técnicas de sensoriamento remoto e análise temporal para mapear a invasão das espécies exóticas no Parque Ecológico Veredinha. Também são discutidos os impactos ecológicos observados e as estratégias de controle implementadas, oferecendo uma análise crítica sobre a eficácia dessas intervenções.

No **Capítulo 4** são apresentadas as **considerações finais** do trabalho, relacionando os objetivos inicialmente propostos com os resultados alcançados. Neste capítulo, são feitas as sínteses das principais descobertas, as limitações do estudo são discutidas e são sugeridas direções para futuras pesquisas, a fim de melhorar as estratégias de manejo e conservação da biodiversidade no Parque Ecológico Veredinha.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Conceitos e definições de espécies exóticas invasoras

As espécies exóticas invasoras (EIs) representam uma das maiores ameaças à biodiversidade global, sendo definidas como organismos que, uma vez introduzidos em novos ambientes fora de sua área de distribuição natural, conseguem se estabelecer, reproduzir e se expandir, causando impactos negativos sobre a biodiversidade nativa, os ecossistemas e a economia (Nachtigal, 2011; Anton *et al.*, 2019).

De acordo com os principais guias da Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB), uma espécie é considerada exótica quando introduzida fora de sua distribuição natural, podendo ser qualquer táxon que sobreviva e se reproduza no novo ambiente (CDB, 2002; Shine, 2008). Porém, para ser classificada como invasora, essa espécie deve dispersar-se de forma consistente, interferindo nas dinâmicas ecológicas locais, prejudicando as espécies nativas e, em alguns casos, levando à extinção local (Bellard; Marino, Courchamp; 2022; Silva; Silva-Forsberg, 2015).

A introdução dessas espécies pode ocorrer tanto de forma intencional, como no caso de espécies trazidas para fins agrícolas, ornamentais ou de estimação, quanto de forma acidental, por exemplo, através de transporte de mercadorias e outros meios associados à globalização (Lima *et al.*, 2021).

Os mecanismos que permitem a invasão biológica são complexos, envolvendo diversas etapas desde a introdução até a expansão da espécie no novo ambiente.

Inicialmente, uma espécie exótica deve superar barreiras geográficas, sendo transportada para fora de sua área de distribuição original, o que pode ocorrer através de atividades humanas como o comércio internacional e a movimentação de pessoas e bens (Pyšek *et al.*, 2004; Richardson *et al.*, 2000a). Uma vez introduzida, a espécie enfrenta desafios de sobrevivência e reprodução, necessitando adaptar-se às condições ambientais e competir com as espécies nativas (Vitule *et al.*, 2012).

Se a espécie exótica consegue superar essas barreiras e começa a se dispersar para novas áreas, atingindo populações distantes de seu ponto inicial de introdução, ela passa a ser considerada invasora (Richardson *et al.*, 2000b; Lorenzi

et al., 2003; Dechoum, 2015). Além disso, as EEIs podem introduzir novos patógenos ou parasitas no ecossistema, aumentando a complexidade dos impactos e ampliando os riscos para as espécies nativas (Lopera, 2020).

Os impactos ecológicos das espécies exóticas invasoras são diversos e muitas vezes devastadores, afetando negativamente a estrutura e o funcionamento dos ecossistemas. A invasão de EEIs pode resultar na alteração da composição das comunidades biológicas, com espécies nativas sendo suprimidas ou extintas devido à competição por recursos, predação ou introdução de novas doenças (Gallardo *et al.*, 2019; Diagne *et al.*, 2021).

Além disso, essas espécies podem modificar processos ecológicos fundamentais, como a ciclagem de nutrientes, a estrutura das cadeias alimentares, a dinâmica do solo e até mesmo a frequência e intensidade de distúrbios como incêndios (Brooks *et al.*, 2004; Pyšek *et al.*, 2012). Tais mudanças podem ter consequências de longo prazo, alterando irreversivelmente o ecossistema e dificultando ou impossibilitando a recuperação das condições naturais originais (Mason; French, 2008). Por isso, o controle das espécies exóticas invasoras é fundamental para a preservação da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos, exigindo políticas públicas eficazes e esforços coordenados de monitoramento e manejo ambiental (Pyšek *et al.*, 2020).

Os ecossistemas tropicais, como o Cerrado, estão entre os mais biodiversos do planeta, porém, são também extremamente vulneráveis à invasão de espécies exóticas (Silva *et al.*, 2020). As EEIs nesses ambientes tendem a causar perturbações profundas devido à sua capacidade de alterar processos ecológicos essenciais. No Cerrado, a introdução de plantas exóticas como a *L. leucocephala* e a *T. diversifolia* tem o potencial de provocar mudanças substanciais na estrutura e na composição da vegetação nativa, o que afeta diretamente as dinâmicas de fogo, a ciclagem de nutrientes e a disponibilidade de água (Pyšek *et al.*, 2012; Silva; Martinin; Amaral, 2024). Estas espécies invasoras, ao competirem com a flora nativa, frequentemente se estabelecem como dominantes, o que pode resultar na perda de biodiversidade local e na simplificação dos ecossistemas. No caso do Cerrado, um bioma que depende do regime de fogo para a manutenção de sua diversidade, a presença de espécies como a *L. leucocephala* pode alterar a frequência e a intensidade dos incêndios, comprometendo a regeneração natural da

vegetação nativa e favorecendo a expansão das próprias espécies invasoras (Brooks *et al.*, 2004; Mason; French, 2008).

As invasões biológicas por espécies exóticas têm implicações econômicas e sociais que vão muito além dos impactos ecológicos. As EEIs podem comprometer serviços ecossistêmicos essenciais, como a polinização, o controle de pragas e a manutenção da fertilidade do solo, afetando diretamente a agricultura e a silvicultura, setores vitais para as economias locais (Richardson; Rejmánek, 2011). No Cerrado, um dos biomas mais importantes para a produção agrícola no Brasil, a presença de espécies invasoras como a *L. leucocephala* e *T. diversifolia* pode reduzir a produtividade das culturas, aumentar os custos de manejo e controle, e em casos extremos, inviabilizar a utilização de determinadas áreas para a agricultura. Além disso, os impactos econômicos não se limitam ao setor agrícola; a invasão de espécies exóticas em áreas urbanas pode gerar custos consideráveis com a manutenção de infraestruturas, controle de espécies e mitigação de riscos à saúde pública (Ziller; Galvão, 2002). Por exemplo, espécies exóticas aquáticas invasoras podem causar danos a sistemas de abastecimento de água e energia, como turbinas hidrelétricas, aumentando significativamente os custos de operação e manutenção (Souza; Calazans; Silva, 2009; Pucherelli; Claudi; Prescott, 2018).

Além das consequências econômicas, as invasões biológicas podem afetar profundamente as comunidades humanas, especialmente aquelas que dependem diretamente dos recursos naturais para sua subsistência. A introdução de espécies exóticas pode alterar as bases culturais e sociais de comunidades tradicionais, que muitas vezes têm suas práticas e modos de vida ligados intimamente ao ambiente natural (Gallardo *et al.*, 2019). Por exemplo, a alteração de paisagens naturais e a redução da biodiversidade podem impactar negativamente o ecoturismo, uma fonte importante de renda em muitas regiões do Cerrado. As invasões biológicas, portanto, representam não apenas um desafio ambiental, mas também um problema de ordem econômica e social, exigindo ações coordenadas e políticas públicas eficazes para mitigação e controle (Diagne *et al.*, 2021).

2.2 Dinâmica de invasão biológica no Cerrado

Susceptibilidade do Cerrado às invasões biológicas é uma questão central para a conservação deste bioma, que é um dos mais biodiversos do planeta. O

Cerrado, que se estende por vastas áreas do Brasil, tem sido cada vez mais ameaçado pela introdução de espécies exóticas invasoras, que comprometem suas teias tróficas e alteram profundamente as dinâmicas ecológicas locais (Bechara *et al.*, 2013). As invasões biológicas ocorrem, em grande parte, devido à ausência de coevolução das espécies invasoras com as nativas, o que resulta em uma falta de mecanismos de controle natural e na proliferação descontrolada dessas espécies. Esse processo é exacerbado pela fragmentação do habitat e pela crescente perda de áreas naturais, o que torna o Cerrado um dos hotspots de biodiversidade mais ameaçados do mundo (Klink; Machado, 2005).

Vários fatores ecológicos contribuem para a vulnerabilidade do Cerrado em relação às invasões biológicas. A fragilidade dos solos, as condições climáticas e a história de uso da terra são determinantes nessa questão. As áreas em estágio inicial de regeneração, por exemplo, são particularmente suscetíveis à invasão, uma vez que a sucessão ecológica não alcançou a complexidade e estabilidade necessárias para resistir à entrada de espécies exóticas (Bechara; Reis; Trentin, 2014). Em um ambiente tão dinâmico e sujeito a mudanças rápidas, a ausência de barreiras naturais robustas permite que espécies exóticas dominem o espaço e suprimam a biodiversidade nativa (Lonsdale, 1999).

O Cerrado já testemunhou inúmeros exemplos históricos de invasões biológicas que causaram impactos ecológicos profundos. Espécies como o *Pinus* spp., introduzidas no Brasil na década de 1950, expandiram-se rapidamente, invadindo áreas naturais e comprometendo a regeneração da vegetação nativa (Speltz, 1963). Essas invasões não apenas alteraram a composição florística, mas também modificaram processos ecossistêmicos, como o ciclo de nutrientes e as relações tróficas, resultando em um ecossistema profundamente transformado (Hoffmeister *et al.*, 2005). Além disso, a crescente conectividade global e as atividades humanas têm acelerado a introdução de novas espécies exóticas no Cerrado, intensificando o desafio da conservação neste bioma. As invasões biológicas, ao longo do tempo, se mostraram um dos principais fatores de perda de biodiversidade, superadas apenas pela destruição direta de habitats (Sampaio; Schmidt, 2013).

Comparado a outros biomas brasileiros, o Cerrado apresenta uma vulnerabilidade particular às invasões biológicas. Ao contrário da Amazônia, que possui uma densa cobertura florestal que atua como uma barreira física e ecológica

para muitas espécies invasoras, o Cerrado é caracterizado por uma vegetação mais aberta e diversificada, com variações de microclimas e solos que, paradoxalmente, facilitam a invasão de espécies exóticas (Hulme, 2009). Esta combinação de fatores torna o Cerrado um alvo fácil para espécies invasoras, que encontram menos resistência para se estabelecer e expandir.

Entender a dinâmica das invasões biológicas no Cerrado e compará-la com outros biomas é fundamental para a elaboração de estratégias eficazes de controle e conservação. A susceptibilidade do Cerrado, agravada por sua condição de hotspot de biodiversidade, requer atenção especial na implementação de políticas de manejo que levem em conta as especificidades locais. Comparado a biomas como a Mata Atlântica ou o Pantanal, o Cerrado enfrenta desafios únicos que demandam abordagens integradas e multidisciplinares, capazes de mitigar os impactos das espécies invasoras e promover a regeneração das áreas degradadas (Klink; Machado, 2005). Dessa forma, a conservação do Cerrado e a manutenção de sua biodiversidade dependem não apenas de ações locais, mas também de uma compreensão global dos processos de invasão e de suas consequências a longo prazo.

2.3 *Leucaena leucocephala*: biologia e impactos

Leucaena leucocephala (Figura 1) conhecida como leucena, é nativa das regiões tropicais da América Central e possui uma ampla distribuição pantropical, sendo cultivada globalmente por suas propriedades agrícolas (CABI, 2023). Sua capacidade adaptativa e reprodutiva torna esta espécie uma das invasoras mais estudadas em Unidades de Conservação (UCs) ao redor do mundo (Souza Filho; Lima; Barros, 2003).

Trata-se de uma leguminosa arbórea de crescimento rápido, capaz de iniciar sua reprodução em apenas um ano, apresenta alta produção de sementes ao longo do ano, com picos na estação seca, o que facilita sua propagação em diferentes ambientes. Além disso, sua resistência a solos de baixa fertilidade e a condições climáticas adversas amplia seu potencial invasor.

No Parque Ecológico Veredinha, a *L. leucocephala* forma densos dosséis que inibem o desenvolvimento de espécies nativas, alterando significativamente a dinâmica do ecossistema. A fixação de nitrogênio no solo modifica suas

propriedades químicas, favorecendo o crescimento da própria *L. leucocephala* e dificultando a regeneração natural (Mello; Oliveira, 2016). Esse processo leva à redução da biodiversidade e à simplificação do ecossistema, impactando a flora e fauna locais de forma abrangente (Vilà *et al.*, 2011).

Esses impactos ilustram a necessidade de estratégias integradas para controle e manejo da *L. leucocephala*, considerando sua alta capacidade de resiliência e proliferação em ecossistemas como o Cerrado.

Figura 1 — *Leucaena leucocephala*. 1a) Vagem e folhas. 1b) Indivíduo adulto. 1c) flores brancas com vagens



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Os mecanismos de dispersão da *L. leucocephala* são diversos, o que contribui para seu estabelecimento eficaz em novos habitats. As sementes são dispersas principalmente por autocoria, caindo próximas à planta-matriz por ação da gravidade. No entanto, há registros de dispersão por meio de água e animais, como cabras e formigas cortadeiras, embora a relevância da zoocoria para a dispersão da espécie ainda não seja totalmente compreendida (Hata; Suzuki; Kachi, 2010). A dispersão por água é especialmente importante em ambientes tropicais, onde as sementes podem ser carregadas por longas distâncias, facilitando a colonização de

novos locais, incluindo áreas sensíveis como o Cerrado brasileiro. Esses mecanismos garantem que a *L. leucocephala* possa invadir e se estabelecer em uma variedade de ecossistemas, incluindo aqueles com vegetação nativa diversa e ecologicamente equilibrada.

Os impactos ecológicos da invasão da *L. leucocephala* são amplos e preocupantes. Em áreas invadidas, a espécie tende a formar dosséis densos e homogêneos, que inibem o crescimento de espécies nativas, alterando drasticamente a estrutura e a composição da vegetação local (Mello; Oliveira, 2016). Isso ocorre porque *L. leucocephala* compete com as plantas nativas por recursos essenciais, como luz solar, água e nutrientes, criando um ambiente menos hospitaleiro para a regeneração natural das espécies endêmicas (Vilà *et al.*, 2011). Além disso, a formação de monoculturas pela *L. leucocephala* diminui a biodiversidade local, o que pode ter efeitos cascata sobre a fauna, uma vez que a diversidade vegetal é diretamente ligada à diversidade de habitat e recursos alimentares para animais (Richardson *et al.*, 2000a). Esses impactos fazem dessa espécie uma ameaça significativa à conservação da biodiversidade, especialmente em áreas protegidas como o Parque Ecológico Veredinha.

Por fim, é importante destacar que a invasão por *L. leucocephala* não só afeta a biodiversidade, mas também a funcionalidade dos ecossistemas invadidos. A substituição da vegetação nativa por *L. leucocephala* pode levar a mudanças nos ciclos de nutrientes e no regime hídrico do solo, dado que a planta possui uma alta taxa de fixação de nitrogênio, o que pode alterar a fertilidade do solo de maneiras que favorecem ainda mais sua própria proliferação (Pyšek *et al.*, 2012). A perda de espécies nativas, associada às mudanças nos processos ecológicos, pode resultar em uma redução da resiliência dos ecossistemas, tornando-os mais vulneráveis a outras perturbações ambientais, como incêndios e mudanças climáticas (Vilà *et al.*, 2011). Portanto, o controle da *L. leucocephala* é necessário para a preservação da integridade ecológica e da biodiversidade em áreas protegidas.

2.4 *Tithonia diversifolia*: Biologia e impactos

Tithonia diversifolia (Figura 2) é popularmente conhecida como girassol mexicano, margaridão, flor do mel e botão-de-ouro, entre outros nomes regionais. Esta planta pertence à família Asteraceae e é nativa da América Central, incluindo o

México (Silva *et al.*, 2021). Essa espécie foi amplamente introduzida em outras regiões tropicais e subtropicais do mundo como ornamental, devido à sua beleza e facilidade de cultivo (Miranda *et al.*, 2024). O uso ornamental e a introdução para fins agroflorestais contribuíram significativamente para sua dispersão, transformando a *T. diversifolia* em uma das espécies invasoras mais preocupantes em diversas partes do mundo (Mayer *et al.*, 2017; Hulme, 2018).

Figura 2 — *Tithonia diversifolia*. 2a) Indivíduo sem flores. 2b) Indivíduo florido. 2c) Flor.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

A capacidade de adaptação e disseminação da *T. diversifolia* fez com que a planta escapasse do cultivo e se tornasse invasora em diversas áreas, especialmente aquelas que sofreram algum grau de perturbação antropogênica, como margens de estradas e terrenos baldios (Dambrowski; Refosco; Vitorino, 2023). A planta se espalhou rapidamente pela América do Sul e do Norte, onde encontrou condições favoráveis para seu estabelecimento, levando à ocupação de novas áreas, incluindo ecossistemas protegidos, como o Parque Ecológico Veredinha, no Distrito Federal.

A *T. diversifolia* apresenta uma série de características biológicas que favorecem seu rápido crescimento e sua capacidade invasora. Com ciclo perene, essa espécie arbustiva pode atingir até quatro metros de altura, exibindo ramos eretos e muito ramificados, além de folhas alternadas que geralmente são divididas em três a cinco lóbulos (Miranda *et al.*, 2024). Essas características morfológicas, combinadas com seu rápido crescimento e fácil estabelecimento, permitem que a planta colonize áreas rapidamente, competindo com outras espécies por espaço e recursos.

A capacidade de produzir muitas sementes, estimada em mais de 100.000 por indivíduo, aliada ao pequeno tamanho dessas sementes e à sua alta capacidade de dispersão pelo vento, confere à *T. diversifolia* uma vantagem significativa em termos de reprodução e expansão territorial (Rodríguez-Cala; González-Oliva, 2015). Além da reprodução sexuada, a espécie também apresenta propagação clonal, o que permite a formação de densos aglomerados de plantas, dificultando ainda mais o controle e favorecendo o processo de invasão em novos ambientes (Rodríguez-Cala; González-Oliva, 2015).

A invasão da *T. diversifolia* tem efeitos diretos sobre a vegetação nativa, resultando em um desequilíbrio ecológico nas áreas onde se estabelece. A ausência de inimigos naturais em ambientes onde a espécie é exótica favorece sua proliferação, tornando-a uma competidora superior em relação às espécies nativas (Dambrowski; Refosco; Vitorino, 2023). Em ambientes como o Parque Ecológico Veredinha, a *T. diversifolia* forma aglomerados densos que impedem o crescimento e a regeneração de outras plantas, resultando em um declínio na diversidade de espécies locais. O comportamento agressivo da *T. diversifolia* no processo de ocupação de novos habitats é evidenciado pela sua capacidade de deslocar espécies típicas da vegetação nativa, o que implica em impactos ecológicos consideráveis a médio e longo prazo (Rodríguez-Cala; González-Oliva, 2015). Essa competição desequilibrada compromete a recuperação de ecossistemas naturais, uma vez que as espécies nativas são suprimidas e os ciclos ecológicos locais são alterados.

A presença da *T. diversifolia* em ecossistemas naturais provoca profundas alterações no habitat, resultando em impactos negativos na biodiversidade local. A planta, ao formar monoculturas densas, altera a estrutura e a composição do habitat, diminuindo a disponibilidade de recursos para a fauna e flora nativas. Em áreas

como o Parque Ecológico Veredinha, a capacidade da *T. diversifolia* de ocupar grandes áreas, limitada apenas por barreiras físicas como a estrutura urbana, representa uma ameaça direta à integridade das áreas naturais protegidas (Dambrowski; Refosco; Vitorino, 2023). A modificação do habitat pela invasão dessa espécie compromete não apenas a flora nativa, mas também os processos ecológicos que dependem de interações específicas entre as espécies locais. A longo prazo, a presença persistente da *T. diversifolia* pode resultar na perda de espécies nativas e na simplificação dos ecossistemas, o que, por sua vez, reduz a resiliência dessas áreas às mudanças ambientais e outras perturbações.

Os impactos da *T. diversifolia* no Parque Ecológico Veredinha ilustram a necessidade urgente de estratégias de controle e manejo para preservar a biodiversidade local. A proliferação dessa espécie invasora não apenas ameaça as espécies nativas, mas também compromete os serviços ecossistêmicos oferecidos por áreas naturais protegidas. Medidas integradas de controle, que considerem tanto a remoção manual quanto o manejo biológico e químico, são essenciais para conter a expansão da *T. diversifolia* e restaurar o equilíbrio ecológico nos habitats afetados.

A conscientização sobre os riscos associados à introdução de espécies exóticas, especialmente aquelas com alto potencial invasor, é fundamental para prevenir futuras invasões e proteger os ecossistemas frágeis do Distrito Federal e de outras regiões.

2.5 Controle de espécies invasoras em Unidades de Conservação

As Unidades de Conservação (UCs) têm como objetivo principal a preservação da biodiversidade, funcionando como refúgios para espécies nativas e ecossistemas originais. Contudo, a invasão por EEIs representa uma séria ameaça à integridade dessas áreas protegidas, comprometendo a função ecológica e a biodiversidade que se busca conservar. Essas invasões podem alterar os processos ecológicos em diferentes níveis, desde o individual até o comunitário, resultando em impactos como a alteração da composição de espécies, a modificação de ciclos de nutrientes e a competição por recursos como luz, água e nutrientes (Justo; Hofmann; Almerão, 2019). Além disso, a ausência de predadores naturais ou competidores nas áreas invadidas pode favorecer o rápido crescimento populacional das EEIs, intensificando ainda mais seus efeitos adversos (Keane; Crawley, 2002).

O controle físico de EEIs em UCs é uma das abordagens mais comuns e envolve a remoção manual ou mecânica das plantas invasoras. Este método é particularmente útil em áreas pequenas ou em casos de infestação inicial, onde a intervenção rápida pode impedir a propagação da espécie invasora. A remoção manual permite a eliminação precisa de indivíduos invasores, minimizando o impacto sobre as espécies nativas. Já a remoção mecânica, que pode incluir o uso de equipamentos como tratores ou cortadores, é eficiente em áreas maiores ou de difícil acesso manual. No entanto, é importante considerar que a perturbação do solo resultante da remoção mecânica pode, por vezes, facilitar a regeneração de plantas invasoras a partir do banco de sementes presente no solo (Sigg, 1999). Dessa forma, o controle físico, embora eficaz em muitos cenários, deve ser implementado com cautela e acompanhado de monitoramento contínuo para evitar a recolonização.

Os métodos químicos, que envolvem o uso de herbicidas seletivos, são outra ferramenta importante no manejo de EEIs em UCs. Estes produtos químicos são aplicados diretamente nas plantas invasoras, visando sua eliminação sem causar danos significativos às espécies nativas. O uso de herbicidas tem a vantagem de evitar perturbações no solo, o que reduz a probabilidade de regeneração de plantas invasoras a partir de sementes remanescentes (Sigg, 1999). Contudo, o emprego de herbicidas deve ser feito com extremo cuidado, considerando-se tanto a dosagem quanto o tipo de produto utilizado, para evitar efeitos negativos sobre o ambiente e as espécies não-alvo. Além disso, o uso repetido de herbicidas pode levar ao desenvolvimento de resistência em algumas espécies invasoras, o que torna necessário combinar este método com outras estratégias de controle.

A adoção de estratégias integradas e abordagens sustentáveis no controle de EEIs é essencial para a eficácia a longo prazo nas UCs. Estas estratégias combinam métodos físicos, químicos e biológicos de maneira sinérgica, buscando maximizar a eficiência do controle enquanto minimizam os impactos negativos sobre o ecossistema. O manejo integrado pode incluir, por exemplo, a remoção física inicial de grandes focos de invasão, seguida da aplicação localizada de herbicidas para eliminar plantas remanescentes e o monitoramento contínuo para detectar e tratar novas infestações de forma precoce. Além disso, práticas sustentáveis, como a restauração ecológica com espécies nativas após a remoção de EEIs, podem

auxiliar na recuperação do ecossistema e na prevenção de futuras invasões. Essas abordagens integradas são fundamentais para assegurar que as UCs cumpram seu papel de preservar a biodiversidade em sua plenitude.

Em síntese, o controle de espécies exóticas invasoras em UCs exige uma abordagem multifacetada que combine diferentes métodos de manejo com estratégias de prevenção e restauração. A detecção precoce e a ação imediata são essenciais para evitar que as EEIs se estabeleçam e causem danos irreversíveis aos ecossistemas protegidos. O equilíbrio entre as diferentes técnicas de controle e a adoção de práticas sustentáveis garantem que a gestão das UCs não apenas previna a perda de biodiversidade, mas também promova a recuperação e a resiliência dos ecossistemas nativos. A implementação de políticas e práticas baseadas em conhecimento científico sólido e em constante atualização é indispensável para enfrentar os desafios impostos pelas invasões biológicas e assegurar a preservação da diversidade biológica em UCs.

2.6 Restauração ecológica no controle de invasoras

A restauração ecológica é definida como o processo de auxílio na recuperação de ecossistemas que foram perturbados ou degradados por atividades humanas ou eventos naturais. Segundo Sampaio *et al.* (2021), essa prática abrange uma série de abordagens, como recuperação, reabilitação, recomposição e reflorestamento, todas com o objetivo de restaurar os serviços ecossistêmicos essenciais e garantir a resiliência do ecossistema. A restauração ecológica tem se tornado uma ferramenta central nas políticas de conservação global, principalmente em resposta à perda de biodiversidade e às mudanças climáticas (Hobbs *et al.*, 2011; Harris; Diggelen, 2006). No entanto, o sucesso dessas iniciativas pode ser imprevisível devido à complexidade dos processos ecológicos envolvidos e à necessidade de adaptações constantes ao longo do tempo (Sampaio *et al.*, 2021). Um dos principais desafios na restauração de ecossistemas é o controle de EEIs, que frequentemente atuam como barreiras para a regeneração natural, competindo com espécies nativas e alterando as dinâmicas naturais do ecossistema (Sampaio; Schmidt, 2013; D'Antonio; Vitousek, 1992). Portanto, a restauração ecológica não apenas busca restabelecer a vegetação nativa, mas também deve abordar a remoção ou o manejo dessas espécies invasoras para criar um ambiente propício à

regeneração natural. Em suma, a restauração ecológica é uma resposta ativa e necessária para mitigar os impactos da degradação ambiental e garantir a continuidade dos processos ecológicos, mas exige um planejamento cuidadoso e adaptativo para lidar com as incertezas inerentes a esse processo.

O bioma Cerrado, conhecido por sua alta biodiversidade e por abrigar uma das savanas mais ricas do mundo, enfrenta desafios particulares no contexto da restauração ecológica. As técnicas de restauração aplicáveis a esse bioma precisam considerar suas características singulares, como a sazonalidade das chuvas, a ocorrência de incêndios naturais e a presença de solos ácidos e pobres em nutrientes. Uma das técnicas mais promissoras para a restauração do Cerrado é a semeadura direta, que tem se mostrado viável economicamente em projetos de grande escala e tem sido amplamente testada em iniciativas voltadas para a recuperação desse bioma (Schmidt, 2019; Pellizzaro *et al.*, 2017).

A semeadura direta consiste na introdução de sementes de espécies nativas diretamente no solo, favorecendo a restauração da vegetação nativa sem a necessidade de plantio de mudas, o que reduz os custos e aumenta a eficiência do processo. Outra técnica relevante é a gradagem sucessiva do solo, que pode ser utilizada para preparar a área para o plantio, ajudando a controlar a propagação de espécies invasoras e melhorando as condições do solo para o estabelecimento das espécies nativas (Cordeiro, 2018).

Além disso, a adubação verde, com o uso de plantas herbáceas e arbustivas, pode ser uma estratégia eficaz para recuperar solos degradados, aumentando sua fertilidade e, conseqüentemente, favorecendo a regeneração da vegetação nativa (Sampaio *et al.*, 2021). Em áreas savânicas do Cerrado, a construção de aceiros negros, realizados com o uso controlado do fogo, é uma técnica importante para evitar a propagação de incêndios e proteger as áreas em processo de restauração (Sampaio *et al.*, 2021).

A integração entre o controle de espécies exóticas invasoras e as práticas de restauração ecológica é essencial para o sucesso das iniciativas de recuperação ambiental no Cerrado. Espécies invasoras, como *L. leucocephala* e *T. diversifolia*, são particularmente problemáticas porque possuem características que lhes conferem vantagens competitivas sobre as espécies nativas, como rápido crescimento e alta capacidade de dispersão. Essas espécies alteram a estrutura e a composição dos ecossistemas invadidos, dificultando a regeneração natural e, em

muitos casos, inviabilizando a restauração (Sampaio; Schmidt, 2013; D'Antonio; Vitousek, 1992).

Para enfrentar esse desafio, é fundamental adotar uma abordagem integrada que combine técnicas de manejo das invasoras com ações de restauração ativa. O revolvimento do solo, por exemplo, pode ser utilizado tanto para o controle de invasoras quanto para preparar o terreno para a semeadura de espécies nativas, criando condições favoráveis para a recuperação da biodiversidade local (Sampaio *et al.*, 2015).

Além disso, o uso de herbicidas, apesar de controverso devido aos seus potenciais impactos negativos, pode ser necessário em certos contextos, especialmente em áreas onde a infestação de gramíneas invasoras é intensa e outras técnicas de controle se mostram ineficazes (Sampaio *et al.*, 2021).

A chave para o sucesso dessas intervenções é o monitoramento contínuo e a manutenção das áreas restauradas, assegurando que as invasoras não voltem a dominar o ecossistema e comprometendo os objetivos de restauração (Campos-Filho *et al.*, 2013).

O monitoramento contínuo das áreas em processo de restauração ecológica é um componente necessário para a sustentabilidade e o sucesso a longo prazo dessas iniciativas, especialmente em ambientes como o Cerrado. Após a implementação das técnicas de restauração, como a semeadura direta ou a gradagem do solo, é necessário que se estabeleça um sistema de monitoramento que permita avaliar o progresso da recuperação ecológica e a eficácia das intervenções realizadas.

O monitoramento deve ser conduzido de forma sistemática, avaliando parâmetros como a cobertura vegetal, a diversidade de espécies, a qualidade do solo e a presença de espécies invasoras. Conforme Sampaio *et al.* (2021) destacam, o resultado exato das ações de manejo em áreas degradadas é pouco previsível, o que torna o monitoramento ainda mais necessário para ajustar as práticas de manejo conforme as condições ambientais evoluem.

Além disso, o monitoramento permite identificar rapidamente a recolonização por espécies invasoras, possibilitando intervenções oportunas para controlar novas infestações antes que elas comprometam os resultados da restauração (Campos-Filho *et al.*, 2013).

Para assegurar a sustentabilidade das áreas restauradas, o monitoramento deve ser integrado a um programa de manutenção contínua, que inclua atividades como o controle periódico de invasoras, a reintrodução de espécies nativas em áreas onde a regeneração foi insuficiente e a adaptação das técnicas de manejo conforme necessário.

A continuidade desses esforços é essencial para garantir que os ecossistemas restaurados possam atingir um estado de equilíbrio, capaz de sustentar a biodiversidade nativa e fornecer os serviços ecossistêmicos esperados a longo prazo. Portanto, o monitoramento não deve ser visto como um componente acessório, mas sim como uma parte integrante e indispensável do processo de restauração ecológica.

A restauração do Cerrado apresenta tanto desafios quanto oportunidades que precisam ser abordados com estratégias bem elaboradas e adaptativas. Um dos maiores desafios é a alta variabilidade ambiental do bioma, que inclui diferenças significativas nas condições de solo, clima e topografia, exigindo que as técnicas de restauração sejam ajustadas a contextos locais específicos (Sampaio *et al.*, 2021).

Além disso, a presença dessas espécies exóticas invasoras agrava a complexidade do processo de restauração, pois essas espécies podem alterar profundamente as condições ecológicas, dificultando a regeneração das espécies nativas e exigindo técnicas de manejo rigorosas e contínuas (Sampaio *et al.*, 2015). Contudo, há também oportunidades significativas na restauração do Cerrado, especialmente no contexto global de conservação da biodiversidade e mitigação das mudanças climáticas.

A restauração de áreas degradadas no Cerrado pode contribuir para a conservação de espécies endêmicas e para a recuperação de serviços ecossistêmicos essenciais, como a regulação do ciclo hidrológico e a captura de carbono (Hobbs *et al.*, 2011). Projetos de restauração bem-sucedidos no Cerrado têm o potencial de servir como modelos para outras regiões tropicais e subtropicais, demonstrando a viabilidade de técnicas como a semeadura direta e a adubação verde em escala significativa (Schmidt, 2019).

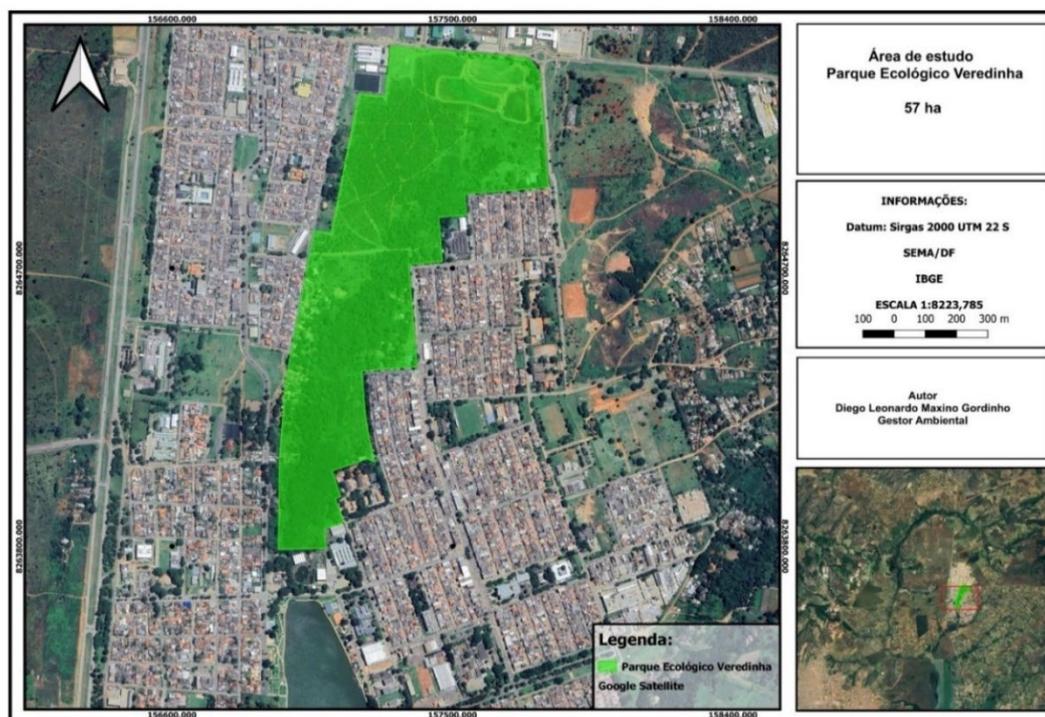
Além disso, a restauração ecológica no Cerrado pode gerar benefícios socioeconômicos para as comunidades locais, promovendo o uso sustentável dos recursos naturais e contribuindo para a melhoria da qualidade de vida. Em resumo, embora os desafios sejam muitos, as oportunidades de restaurar o Cerrado e

preservar sua rica biodiversidade são igualmente significativas, exigindo esforços coordenados e uma abordagem baseada em ciência para alcançar resultados duradouros.

3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Parque Ecológico Veredinha (Figura 3), localizado na Região Administrativa de Brazlândia, Distrito Federal, foi criado em 1994 pelo Governo do Distrito Federal (GDF) e ocupa atualmente uma área de aproximadamente 57 hectares (Geológica, 2005).

Figura 3 — Área de estudo Parque Ecológico Veredinha



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Originalmente abrangendo 29 hectares, seus limites foram ampliados para melhor preservar os recursos naturais da região, incluindo nascentes e vegetação típica do Cerrado, com destaque para matas de galeria e áreas de Cerrado sentido restrito (Geológica, 2005; Costa, 2015). A Unidade de Conservação tem a função de repovoar áreas degradadas com espécies nativas, oferecer atividades culturais e educativas à população e promover a educação ambiental.

3.1 Histórico e importância ambiental

Este parque é uma unidade de conservação de uso sustentável com os seguintes objetivos: I. Repovoar as nascentes e áreas degradadas ao longo do

Córrego Veredinha com espécies nativas; II. Oferecer à população condições para atividades culturais, educativas e de lazer em um ambiente natural equilibrado; III. Utilizar os recursos naturais do Parque Ecológico Veredinha na educação ambiental de crianças e jovens, com o propósito de torná-los guardiões desse patrimônio (Distrito Federal, 1994).

A área de estudo, onde está localizado o Parque Ecológico Veredinha, retratada na Figura 3, passou por diversos processos de ocupação e enfrentou conflitos ao longo dos anos.

A criação da Unidade de Conservação visou mitigar os impactos ambientais da urbanização desordenada na Região Administrativa de Brazlândia, como o despejo de lixo e a utilização inadequada dos recursos naturais. A necessidade de desapropriação de imóveis e benfeitorias particulares resultou em conflitos com moradores locais, evidenciando os desafios contínuos entre a preservação ambiental e a ocupação urbana (Geológica, 2005; Costa, 2015). Além disso, a invasão de espécies exóticas como *L. leucocephala* e *T. diversifolia* representam uma ameaça crescente para a Unidade de Conservação.

3.2 Aspectos físicos e bióticos da Unidade de Conservação

A Unidade de Conservação exibe uma diversidade biológica notável, com vegetação predominante do Cerrado, incluindo espécies como o *Mauritia flexuosa* (buriti) e a *Vellozia squamata* (canela-de-ema), típicas de áreas hidromórficas e savânicas respectivamente. A fauna local é diversa, integrando espécies terrestres e aquáticas, com o córrego Veredinha desempenhando um papel vital na qualidade ambiental da região (Geológica, 2005). A vegetação e a biodiversidade enfrentam ameaças contínuas, especialmente devido à presença de espécies exóticas invasoras, que competem com a flora nativa e comprometem os ciclos naturais. O processo de ocupação e degradação ambiental também afeta as bacias hidrográficas da região, conforme Costa (2015), que destaca a importância da preservação dos recursos hídricos.

3.3 Espécies exóticas invasoras na Unidade de Conservação: Foco na *L. leucocephala* e *T. diversifolia*

A introdução de espécies exóticas em ecossistemas naturais é uma das principais ameaças à biodiversidade. No Parque Ecológico Veredinha, a presença de *L. leucocephala* e *T. diversifolia* representa um risco significativo à integridade ecológica local, interferindo na composição da flora nativa e nos processos ecológicos fundamentais. Essas duas espécies foram selecionadas para o estudo devido ao seu elevado potencial invasor e os impactos já observados no Cerrado.

A *L. leucocephala*, ao formar dosséis densos e alterar a composição do solo com a fixação de nitrogênio, impede o desenvolvimento da flora nativa. Já a *T. diversifolia*, inicialmente introduzido como ornamental, rapidamente se expandiu, ocupando áreas extensas e competindo com espécies locais. Ambos demandam estratégias específicas de manejo para mitigar seus efeitos no Cerrado.

No Parque Veredinha, a *T. diversifolia* tem ocupado extensas áreas, formando grandes aglomerados que inibem a regeneração da vegetação nativa (Figura 4). Sua rápida propagação ocorre em áreas perturbadas, o que contribui para o aumento de sua cobertura ao longo dos anos. A presença da *T. diversifolia* modifica a estrutura do solo e a disponibilidade de nutrientes, o que, aliado à competição por luz e recursos, prejudica a biodiversidade local (Dambrowski; Refosco; Vitorino, 2023).

A presença das duas espécies interfere não só na diversidade vegetal, mas também nos processos ecológicos do Cerrado. A *L. leucocephala*, ao modificar o ciclo de nutrientes e o regime hídrico, altera a funcionalidade dos ecossistemas, o que é prejudicial para a regeneração da vegetação nativa e para a fauna dependente desses habitats. Da mesma forma, a *T. diversifolia*, ao formar densas monoculturas, reduz a disponibilidade de espaço e recursos para outras espécies, comprometendo a resiliência do ecossistema e dificultando os esforços de conservação.

A escolha dessas espécies para o estudo permite uma análise mais detalhada dos impactos de espécies exóticas invasoras que apresentam mecanismos distintos de invasão. *L. leucocephala* representa uma ameaça estrutural ao promover modificações químicas no solo e na cobertura arbórea, enquanto a *T. diversifolia* causa um impacto direto através da ocupação e formação de aglomerados densos. Compreender essas dinâmicas é fundamental para o desenvolvimento de estratégias eficazes de controle e recuperação do ecossistema do Parque Ecológico Veredinha.

Essa análise integradora sobre a invasão de *L. leucocephala* e *T. diversifolia* no parque subsidia as estratégias de manejo e conservação, visando não apenas o controle dessas invasoras, mas também a promoção de políticas públicas que assegurem a sustentabilidade ambiental da área.

Figura 4 — Áreas infestadas por *Tithonia diversifolia* ano 2018. 4a) Aglomerado intenso a direita. 4b) Aglomerado no período de seca. 4c) Indivíduos cobrindo placa de identificação do parque



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

De acordo com a Instrução Normativa N° 409 de 22/10/18 do Instituto Brasília Ambiental (IBRAM, 2018), várias espécies exóticas invasoras são oficialmente reconhecidas no Distrito Federal, incluindo a *L. leucocephala* e *T. diversifolia*, que são o foco deste estudo. Essas espécies constam na tabela 1, que apresenta a lista de flora exótica invasora oficialmente identificada.

Tabela 1— Lista de Flora Exótica Invasora do Distrito Federal

Família	Nome popular	Nome científico
Poaceae	Cana-do-Reino	<i>Arundo donax</i> L.
Agavaceae	Agave	<i>Agave sisalana</i> Perrine
Poaceae	Capim gamba	<i>Andropogon gayanus</i> Kunth
Poaceae	Capim elefante	<i>Cenchrus purpureus</i> (Schumach.) Morrone
Fabaceae	Cânhamo marrom, Cânhamo indiano	<i>Crotalaria juncea</i> L.
Asparagaceae	Dracena, pau-d'água, planta-do-milho, coqueiro-de-vênus	<i>Dracaena fragrans</i> (L.) Ker Gawl.
Myrtaceae	Eucalipto	<i>Eucalyptus grandis</i> W. Hill
Agavaceae	Gravata-açu, piteira	<i>Furcraea foetida</i> (L.) Haw.
Zingiberaceae	Lírio-do-brejo	<i>Hedychium coronarium</i>

		J. Koenig
Verbenaceae	Cambará, Cambará-de-cheiro, Cambará-verdadeiro	<i>Lantana camara</i> L.
<u>Fabaceae</u>	<u>Leucena</u>	<u>Leucaena</u> <u>leucocephala (Lam.)</u> <u>de Wit</u>
Poaceae	Capim-mombaça	<i>Megathyrsus maximus</i> (Jacq.) B.K. Simon & S.W.L. Jacobs
Poaceae	Capim-gordura, capim-meloso	<i>Melinis minutiflora</i> P. Beauv.
Pinaceae	Pinheiro	<i>Pinus caribaea</i> Morelet
Pinaceae	Pinheiro	<i>Pinus elliottii</i> Engelm.
Pinaceae	Pinheiro	<i>Pinus oocarpa</i> Schiede ex Schltl.
Asparagaceae	Espada-de-são-jorge	<i>Sansevieria trifasciata</i> Prain

Bignoniaceae	Bisnagueira, Tulipeira-de-gabão, Espatódea	<i>Spathodea campanulata</i> P. Beauv.
Bignoniaceae	Ipê-de-jardim	<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex Kunth
<u>Asteraceae</u>	<u>Margaridão</u>	<u><i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsl.) A. Gray</u>
Poaceae	Capim-Marandu	<i>Urochloa brizantha</i> (Hochst. ex A. Rich.) R.D. Webster
Poaceae	Braquiária decumbens	<i>Urochloa decumbens</i> (Stapf) R.D. Webster
Poaceae	Braquiária humidícola	<i>Urochloa humidicola</i> (Rendle) Morrone & Zuloaga
Poaceae	Braquiária ruzizensis	<i>Urochloa ruzizensis</i> (R. Germ. & Evrard) Crins

As invasões dessas espécies no Parque Ecológico Veredinha demandam medidas de manejo e controle para preservar a biodiversidade. Estratégias que integrem remoção manual, controle biológico e químico são necessárias para conter a expansão dessas plantas e restaurar o equilíbrio ecológico. Além disso, a conscientização pública sobre os riscos da introdução de espécies exóticas com alto potencial invasor é fundamental para prevenir novas ameaças aos ecossistemas da região.

3.4 Manejo realizado das espécies invasoras no Parque Ecológico Veredinha

O manejo das espécies *T. diversifolia* e *L. leucocephala* no Parque Ecológico Veredinha foi realizado por meio de métodos mecânicos e manuais desde 2019 e sendo intensificado ao longo de 2020.

No caso da *T. diversifolia*, o controle mecânico envolveu o uso de máquinas de grande porte e caminhões para a remoção da vegetação, especialmente nas bacias de contenção, como ilustrado na Figura 5. Complementarmente, o manejo manual foi realizado com roçadeiras para o corte e o arranquio manual das rebrotas, conforme mostrado na Figura 6. Para a *L. leucocephala*, o manejo incluiu o corte das árvores adultas com motosserras, seguido de capina e remoção manual das rebrotas que surgiram após a intervenção inicial. A Figura 7 apresenta o processo de supressão das árvores adultas dessa espécie.

Em todas as áreas onde essas espécies invasoras foram suprimidas, foram plantadas espécies nativas do Cerrado do próprio viveiro da UC como parte das ações de recuperação ecológica e educação ambiental. Esses esforços envolveram brigadistas florestais, voluntários do parque e atividades educativas, como ilustrado nas Figuras 8 e 9. A Figura 8 retrata o plantio das espécies nativas, enquanto a Figura 9 apresenta uma área em estágio avançado de recuperação, evidenciando os resultados das intervenções (imagem registrada em setembro de 2024).

Essas ações destacam a importância do manejo integrado para o controle de espécies exóticas invasoras e a recuperação de áreas degradadas, promovendo a restauração da biodiversidade do Cerrado.

Figura 5 — Supressão e remoção da *Tithonia diversifolia* no Parque Ecológico Veredinha no ano de 2020. 5a) Trator de esteira suprimindo a *Tithonia diversifolia* nas bacias de contenção. 4b) Mini trator suprimindo a espécie em locais de difícil acesso. 4c) Remoção e limpeza da espécie da área das bacias de contenção de águas pluviais.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Figura 6 — Arranquio manual da *Tithonia diversifolia* com brigadistas florestais e voluntários



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

Figura 7 — Supressão de *Leucaena leucocephala* no ano 2020. 7a) Rua fechada para supressão da *Leucaena leucocephala* 7b) Utilização de motosserra para corte. 7c) Indivíduos adultos suprimidos



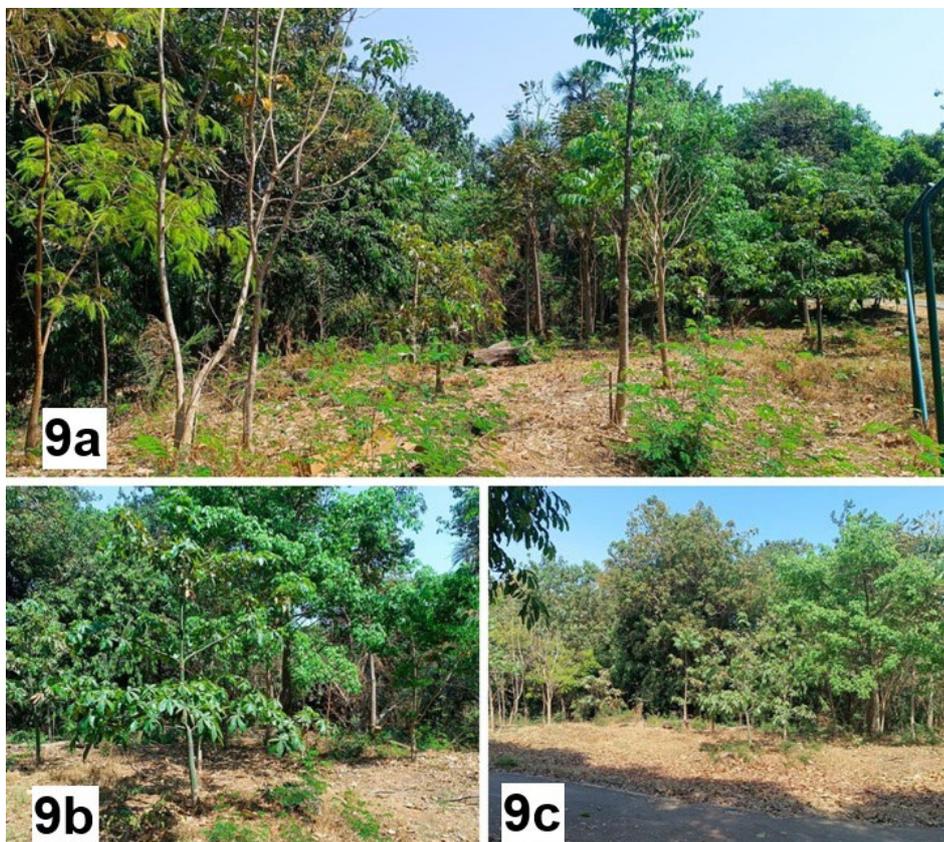
Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Figura 8 — Plantio de espécies nativas nos locais de retirada de *Leucaena leucocephala* e *Tithonia diversifolia* no ano de 2020. 8a) Plantio em atividades de educação ambiental. 8b) Plantio com brigadistas florestais e voluntários do parque. 8c) Chegada de mudas para plantio.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Figura 9 — Área em recuperação onde foram realizados os plantios de mudas (Imagem registrada em setembro 2024). 9a) Diversas espécies nativas do Cerrado com excelente desenvolvimento. 9b) *Ceiba speciosa* vigorosa. 9c) Área recuperada



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

3.5 Sensoriamento Remoto

A análise de sensoriamento remoto é uma ferramenta essencial para a identificação e mapeamento das áreas invadidas pelas espécies exóticas *L. leucocephala* e *T. diversifolia* no Parque Ecológico Veredinha. Para este estudo, foram selecionadas imagens de satélite de alta resolução do CBERS-04, fornecidas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Além das imagens de satélite, também foram utilizadas imagens do Google Earth, que serviram como base adicional para a seleção e mapeamento dos polígonos das áreas invadidas. As imagens do Google Earth, com sua alta resolução e atualização frequente, possibilitaram a identificação precisa dos limites das áreas invadidas, complementando os dados obtidos do CBERS-04.

Além das imagens de satélite e do Google Earth, foi utilizado o software Quantum GIS (QGIS), uma ferramenta de sistema de informações geográficas (SIG) amplamente empregada para o processamento e análise de dados espaciais. Especificamente, o plugin Semi-Automatic Classification Plugin (SCP) foi empregado para a classificação das imagens de forma supervisionada. Essa escolha se deve à capacidade do SCP de realizar classificações detalhadas, permitindo a discriminação eficaz das áreas invadidas pelas espécies em estudo. A combinação das diferentes fontes de imagens e ferramentas permitiu uma análise robusta e precisa da extensão das invasões no Parque Ecológico Veredinha.

3.6 Processamento de Imagens e Mapeamento da Invasão

O processamento das imagens para o mapeamento das áreas invadidas por *L. leucocephala* e *T. diversifolia* no Parque Ecológico Veredinha foi conduzido de forma sistemática, com o objetivo de identificar e mapear as áreas de invasão com precisão. As imagens de satélite CBERS-04 e do Google Earth foram inicialmente corrigidas para remover distorções causadas por condições atmosféricas e garantir a qualidade dos dados.

Após a correção, as imagens foram segmentadas, dividindo-as em regiões homogêneas para facilitar a classificação das diferentes coberturas vegetais. Esta segmentação foi realizada no software Quantum GIS (QGIS), utilizando o plugin Semi-Automatic Classification Plugin (SCP). Com o SCP, foi aplicada uma classificação supervisionada, que se baseou em amostras de treinamento coletadas em campo, onde áreas previamente identificadas como invadidas ou não invadidas serviram como referência para o algoritmo de classificação.

Além da classificação automática, as imagens do Google Earth foram usadas para delinear manualmente os polígonos das áreas invadidas. Esses polígonos foram integrados ao QGIS, permitindo uma comparação com os resultados da classificação supervisionada. A combinação das duas abordagens—classificação automatizada e delineamento manual—permitiu uma verificação dos resultados e ajudou a melhorar a precisão do mapeamento.

Os mapas gerados mostram a distribuição espacial das espécies invasoras na UC, indicando as áreas com maior concentração de *L. leucocephala* e *T. diversifolia* e os padrões de dispersão relacionados a variáveis ambientais, como

proximidade de trilhas e corpos d'água. Esses mapas são úteis para orientar as ações de controle e manejo, ajudando a identificar as áreas que requerem maior atenção.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise temporal das invasões por *L. leucocephala* e *T. diversifolia* no Parque Ecológico Veredinha revelou padrões importantes na dinâmica dessas espécies entre os anos de 2014 e 2023. Foram utilizadas imagens de satélite capturadas em 2014, 2015, 2019, 2020, 2021 e 2023, cujas classificações seguiram critérios consistentes, garantindo a comparabilidade dos resultados ao longo do período analisado, como ilustrado nas Figuras 10 e 11. Não foram utilizadas as imagens dos anos 2017, 2018 e 2022 devido à indisponibilidade dessas imagens.

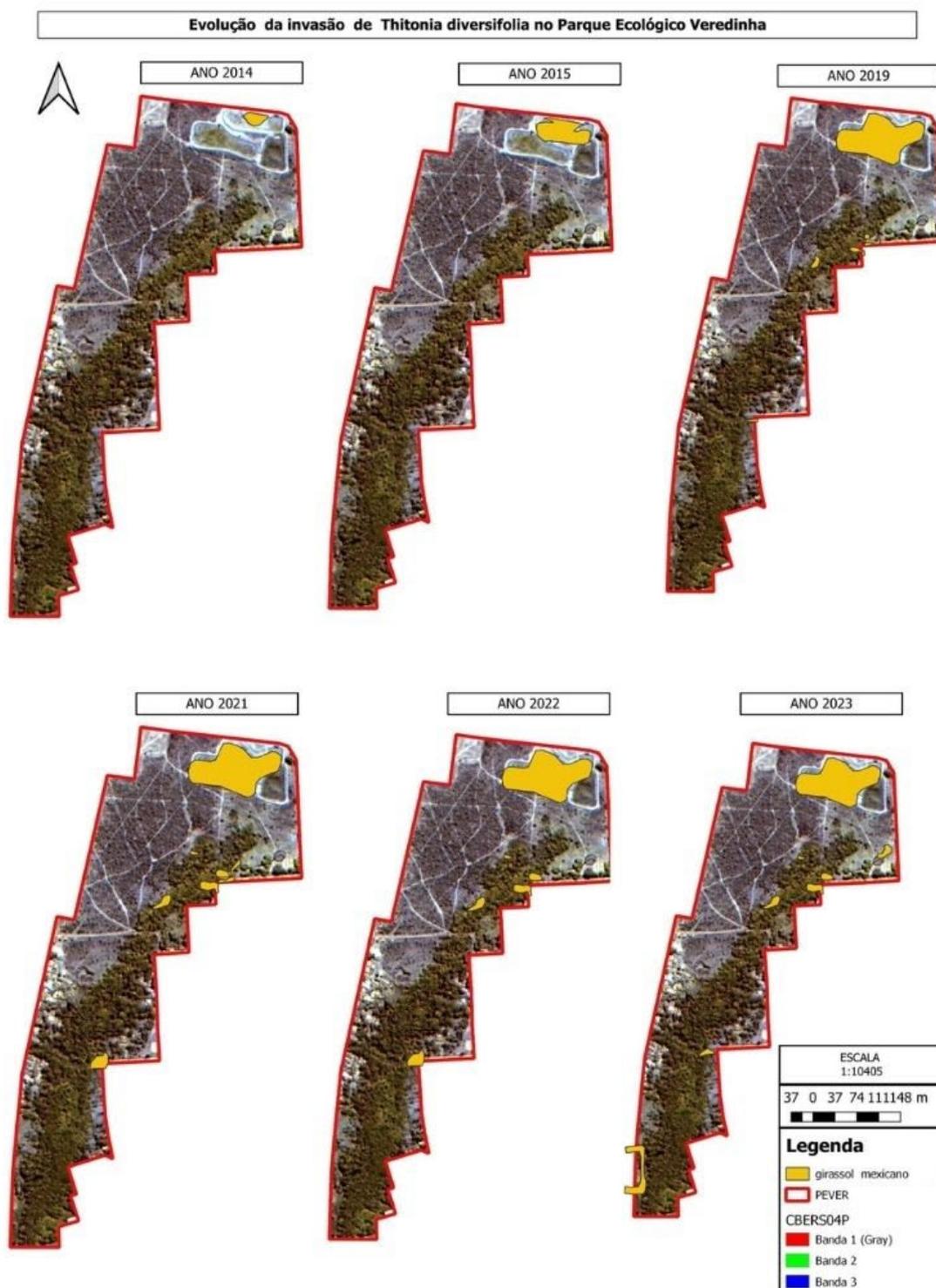
Os mapas gerados para cada ano permitiram visualizar mudanças na extensão das áreas invadidas, evidenciando a expansão agressiva da *T. diversifolia* em determinados períodos e a relativa estabilidade das áreas ocupadas pela *L. leucocephala*. Em alguns locais, as ações de controle resultaram em uma retração significativa da área invadida, especialmente no caso da *L. leucocephala*, enquanto a *T. diversifolia* demonstrou maior resiliência e potencial de colonização.

Esses resultados reforçam a necessidade de estratégias adaptativas e de um monitoramento contínuo para garantir a eficácia das ações de manejo, destacando a importância de intervenções focadas e diferenciadas para cada espécie, devido às suas características de invasão e resposta ao controle.

4.1 Análise temporal das áreas invadidas nos anos de 2014, 2015, 2019, 2020, 2021 e 2023) por *Tithonia diversifolia* e análise temporal das áreas invadidas e por *Leucaena leucocephala* nos anos de 2020 e 2023.

Os resultados indicam que, em alguns anos, houve uma expansão significativa das áreas invadidas por *T. diversifolia*, especialmente em zonas próximas a trilhas, corpos d'água e áreas onde foram realizadas intervenções, como a criação de bacias de contenção de águas pluviais.

Figura 10 — Evolução da invasão de *Tithonia diversifolia* entre os anos de (2014, 2015, 2019, 2020, 2021 e 2023)

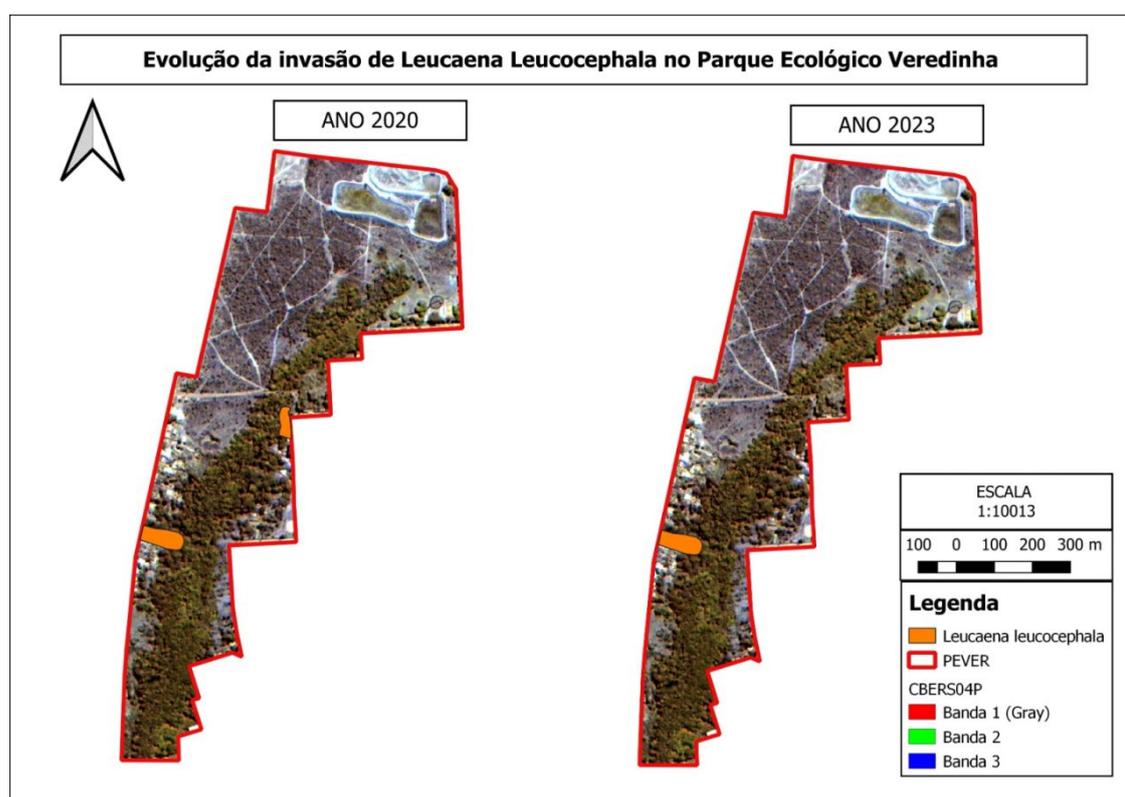


Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Esses fatores parecem ter facilitado a dispersão de *T. diversifolia* nessas regiões, o que está de acordo com a literatura que destaca o comportamento

invasivo da espécie em ambientes antropizados (Oludare; Muoghalu, 2014). A *T. diversifolia* tem um impacto severo na biodiversidade, suprimindo a regeneração de plantas nativas e reduzindo a diversidade de espécies devido à sua capacidade de formar monoculturas densas. Entretanto, foi observada uma estabilização da invasão de *T. diversifolia* após 2020, atribuída às intervenções de manejo implementadas no parque. O controle mecânico da espécie, aliado às condições ambientais que limitam a regeneração, pode ter contribuído para essa estabilização, como sugerido por Kato-Noguchi (2020), que destaca a importância de medidas contínuas de manejo para limitar o avanço de espécies invasoras.

Figura 11 — Evolução da invasão de *Leucaena leucocephala* no ano de 2020 e 2023



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

No caso da *L. leucocephala*, conforme Figura 11, a análise temporal entre os anos de 2020 e 2023 indicou que não houve um aumento significativo na área de infestação, ocorrendo a redução da área devido o manejo realizado pela equipe gestora da UC com apoio dos brigadistas florestais e voluntários principalmente no ano de 2020. No entanto, é necessário o monitoramento e manejo contínuos das

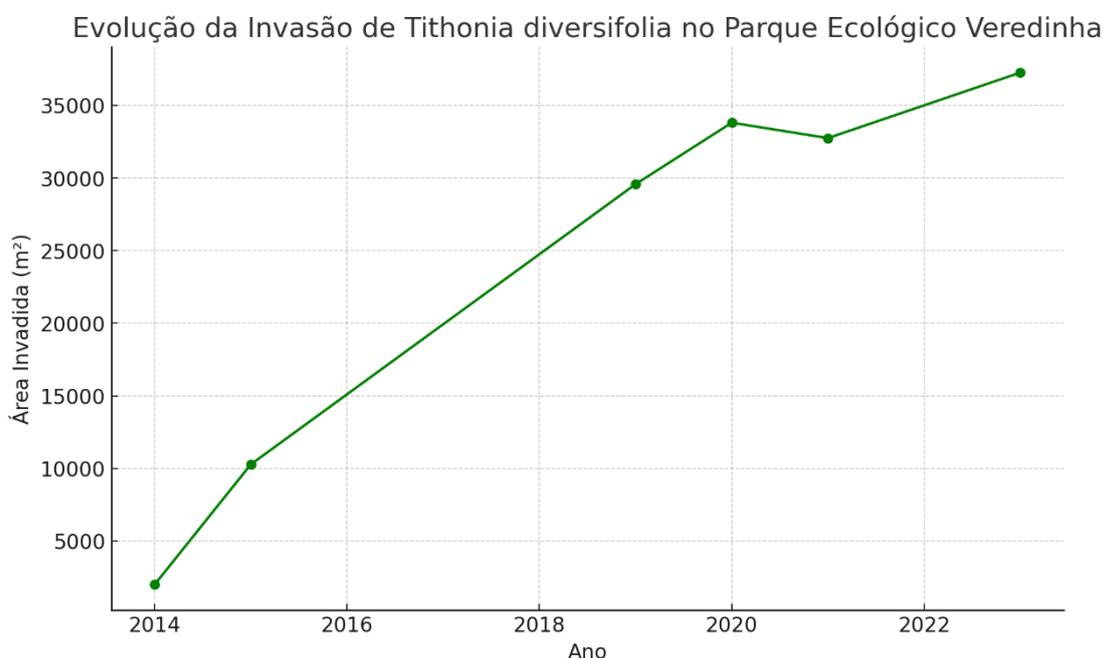
rebrotas e germinação do banco de sementes para evitar uma possível expansão futura.

4.2 Resultados do manejo da *Tithonia diversifolia*

A análise dos dados coletados a partir das imagens de satélite e das classificações realizadas ao longo do período de estudo (2014-2023) permite compreender a evolução e a dinâmica da invasão da espécie *T. diversifolia* no Parque Ecológico Veredinha

A Figura 12 apresenta a evolução da área invadida por *T. diversifolia* ao longo dos anos. Houve um aumento constante da área invadida desde 2014, passando de aproximadamente 2.009 m² para 37.258 m² em 2023. Esse crescimento foi mais acentuado nos primeiros anos, até 2020, seguido por uma estabilização e um leve aumento até 2023.

Figura 12 — Evolução da invasão de *Tithonia diversifolia* ao longo dos anos



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

A rápida expansão inicial pode ser explicada pela capacidade de *T. diversifolia* de liberar compostos alelopáticos, que inibem a germinação de outras plantas nativas e favorecem o domínio da espécie nas áreas invadidas (Kato-Noguchi, 2020). No Parque Ecológico Veredinha, a dominância de *T. diversifolia* em

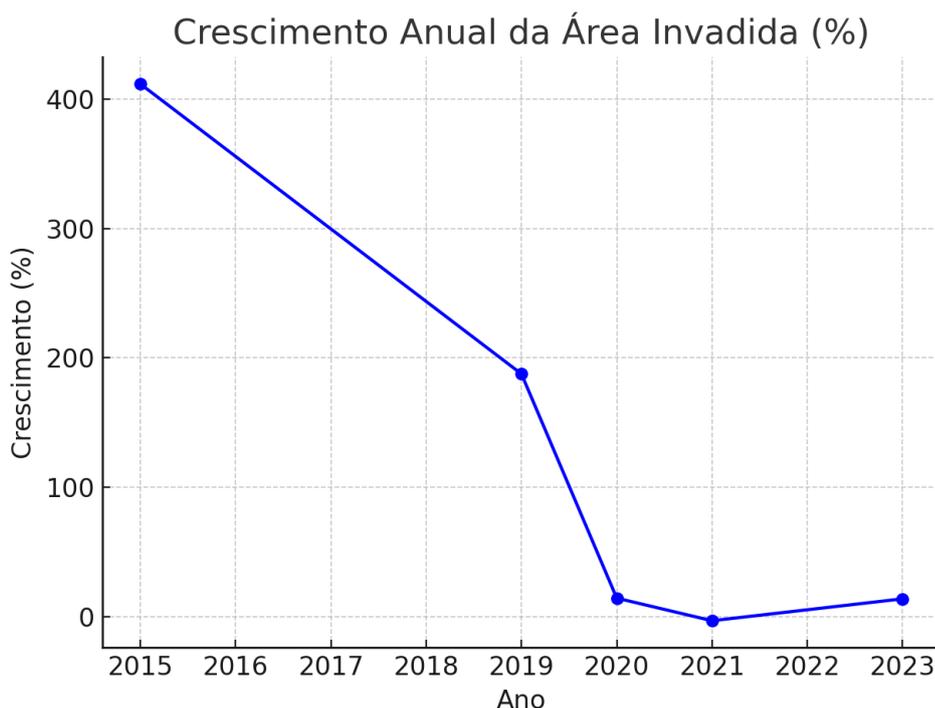
áreas com distúrbios ambientais e alta umidade, como trilhas e corpos d'água, reflete esse comportamento, conforme observado em estudos anteriores (Oludare; Muoghalu, 2014).

A estabilização da invasão após 2020 pode ser atribuída tanto às intervenções de manejo quanto ao efeito cumulativo dos compostos alelopáticos que, ao saturarem o solo, dificultam a regeneração de novas plântulas, inclusive de *T. diversifolia* (Pini, 2024). Esse comportamento ressalta a necessidade de monitoramento contínuo, pois, apesar da estabilização da área invadida, o banco de sementes da espécie pode continuar a alimentar futuras invasões caso as condições ambientais sejam favoráveis.

4.3 Crescimento anual da área invadida por *Tithonia diversifolia*

A Figura 13 apresenta a taxa de crescimento anual da área invadida por *T. diversifolia* em termos percentuais. O gráfico mostra uma alta taxa de crescimento no início do período analisado, com um pico em 2015, onde o crescimento foi de mais de 400%. Nos anos seguintes, essa taxa de crescimento diminuiu progressivamente, caindo para níveis próximos de zero em 2021.

Figura 13 — Crescimento anual da área invadida por *T. diversifolia*



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Esse padrão pode ser explicado pelas intervenções de manejo e pelo acúmulo de substâncias alelopáticas no solo, que reduzem a germinação de outras espécies e retardam o crescimento de novas plântulas (Kato-Noguchi, 2020). A estabilização observada nos anos finais do estudo sugere que as ações de controle foram eficazes em reduzir o avanço da espécie, embora o risco de novas invasões permaneça, especialmente em áreas próximas a trilhas e corpos d'água, onde o escoamento pode transportar sementes invasoras.

4.4 Dinâmica e impactos do manejo de *Leucaena leucocephala*

No caso da *L. leucocephala*, a análise temporal entre os anos de 2020 e 2023 indicou uma estabilização da área invadida, com uma redução significativa em 2020 devido ao manejo realizado. Apesar disso, observou-se um crescimento vertical da espécie, o que pode aumentar a competição por luz com a vegetação nativa. Esses resultados estão alinhados com os estudos de Costa (2010), que demonstraram que *L. leucocephala* tem alta capacidade de regeneração e pode formar aglomerados monoespecíficos próximos à borda de florestas.

Além disso, *L. leucocephala* é conhecida por seu efeito alelopático, que afeta a germinação e o crescimento de plantas nativas (Guimarães *et al.*, 2020). Estudos mostram que a mimosina, um aleloquímico presente nas folhas da espécie, pode inibir a germinação de plantas vizinhas, o que pode explicar a dificuldade de regeneração da vegetação nativa nas áreas invadidas do Parque Ecológico Veredinha (Pini, 2024).

Apesar da redução na área invadida, o banco de sementes de *L. leucocephala* pode representar um risco contínuo de reinvasão, como destacado por Pini (2024). A alta produção de sementes da espécie e sua capacidade de regeneração rápida exigem um monitoramento constante para evitar novos surtos de invasão.

4.5 Identificação e Mapeamento das Áreas de Infestação (Origem da Dispersão de Sementes)

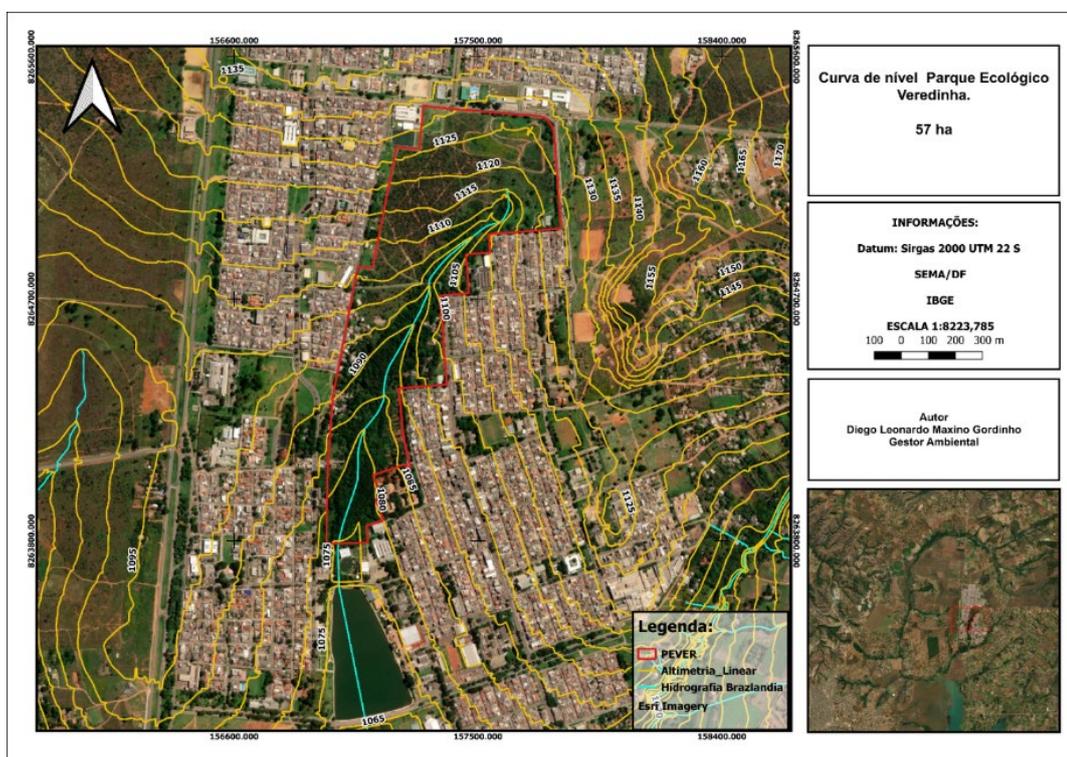
A identificação e o mapeamento das áreas de infestação por *T. diversifolia* e *L. leucocephala* no Parque Ecológico Veredinha revelaram que as regiões mais

afetadas estão diretamente associadas ao fluxo de águas pluviais. A Figura 14, que apresenta curvas de nível, demonstra que o escoamento superficial da água atua como o principal vetor de dispersão das sementes, transportando-as das áreas agrícolas vizinhas para o interior da UC. As zonas mais baixas, onde a água tende a se acumular, criam condições ideais para o estabelecimento e proliferação da espécie.

Na região a leste da UC, fora de seus limites, há áreas agrícolas onde *T. diversifolia* é usada como adubação verde. Durante as chuvas, as águas pluviais carregam sementes e fragmentos da planta para as áreas mais baixas da UC. Estudos como o de Rendón-Hernández *et al.* (2024) também relatam que práticas agrícolas em áreas vizinhas podem contribuir para a dispersão de espécies invasoras em áreas naturais protegidas por meio do escoamento de água.

As curvas de nível da UC confirmam que as áreas com maior concentração de *T. diversifolia* estão nas zonas onde o acúmulo de água é maior, especialmente ao longo de trilhas e corpos d'água. Esses locais facilitam a expansão da planta para outras partes da UC.

Figura 14 — Curva de nível



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

A análise dos dados de campo também sugere que as práticas agrícolas próximas, que incluem o uso de *T. diversifolia* como adubo verde, ajudam a manter o fornecimento de sementes para essas áreas de dispersão. Isso indica que o controle da infestação na UC precisa considerar também as áreas agrícolas ao redor. A criação de barreiras físicas ou faixas de amortecimento pode ajudar a reduzir a entrada de novas sementes na UC.

Assim, o mapeamento das áreas invadidas e a identificação das fontes de dispersão das sementes ajudam a orientar as ações de manejo. Essas medidas precisam abranger tanto as áreas próximas à UC quanto as zonas internas onde a água se acumula, com o objetivo de controlar a expansão de *T. diversifolia* e limitar a entrada de novas sementes.

No caso de *L. leucocephala*, a espécie tende a formar aglomerados monoespecíficos próximos à borda de fragmentos florestais, como observado por Costa (2010). Esse comportamento torna o manejo mais complicado, especialmente em áreas de borda e abertas, onde a espécie encontra condições favoráveis para seu crescimento. O controle da planta requer ações contínuas, visando tanto a eliminação das plantas adultas quanto a prevenção da regeneração a partir do banco de sementes, que pode permanecer no solo por longos períodos. Além disso, o plantio de espécies nativas nessas áreas pode ser uma estratégia útil para evitar a reinvasão por *L. leucocephala*.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

Esta dissertação teve como objetivo avaliar a eficácia do programa de controle das espécies exóticas invasoras *L. leucocephala* e *T. diversifolia*, implementado no Parque Ecológico Veredinha. Através de uma análise detalhada do processo de invasão, dos mecanismos de dispersão, e das estratégias de controle aplicadas, foi possível constatar que as intervenções realizadas contribuíram de maneira significativa para a contenção dessas espécies e a preservação da biodiversidade local.

Os resultados da pesquisa indicam que a infestação de *L. leucocephala* foi reduzida de maneira considerável, com estabilização das áreas afetadas pelo *T. diversifolia* em algumas regiões do parque. O uso de técnicas de sensoriamento remoto permitiu identificar e mapear com precisão as áreas invadidas, direcionando as ações de manejo de forma mais eficiente. Além disso, a investigação dos mecanismos de dispersão confirmou a hipótese de que a propagação das sementes dessas espécies invasoras é facilitada pelos corpos hídricos, especialmente durante o período chuvoso, o que reforça a necessidade de estratégias de controle que incluam as áreas do entorno.

A avaliação das estratégias de controle demonstrou que a remoção manual das espécies invasoras, embora laboriosa e demandando recursos, teve sucesso na redução da presença dessas plantas invasoras em áreas críticas. No entanto, a longo prazo, o monitoramento contínuo e a aplicação de métodos complementares serão essenciais para garantir que essas espécies não se reestabeleçam e continuem a competir com a vegetação nativa. A recuperação da vegetação local, ainda em andamento, demonstra que o controle das espécies invasoras é uma ferramenta eficaz para a promoção da restauração ecológica.

Apesar do sucesso parcial das ações implementadas, esta pesquisa também identificou algumas limitações. A remoção manual é um método eficaz, mas não sustentável em grandes áreas devido ao alto custo e à demanda por mão de obra. Além disso, o controle das espécies invasoras ainda requer monitoramento contínuo e intervenções adaptativas para lidar com as variações sazonais e as áreas não diretamente tratadas pelo programa.

Com base nesses resultados, recomenda-se que futuras estratégias de controle de espécies exóticas invasoras no Parque Ecológico Veredinha e em outras

áreas afetadas levem em consideração o uso de técnicas complementares, como a aplicação de herbicidas seletivos e o manejo de áreas de entorno que atuam como fontes de propagação. Além disso, é essencial que se desenvolvam políticas públicas integradas de conservação, que combinem ações de manejo com a conscientização e envolvimento das comunidades locais, promovendo uma abordagem sustentável para a preservação da biodiversidade e a restauração dos ecossistemas afetados.

Em suma, este estudo confirma que as ações de controle implementadas no Parque Ecológico Veredinha foram eficazes em estabilizar a expansão de *L. leucocephala* e *T. diversifolia* contribuíram para o início da restauração ecológica da área. Contudo, a continuidade das ações e a expansão das intervenções para além dos limites da UC serão determinantes para assegurar o sucesso a longo prazo e a preservação plena da biodiversidade local.

6 CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS

Este estudo reafirma a gravidade dos impactos causados por espécies exóticas invasoras no bioma Cerrado, um dos hotspots de biodiversidade mais ameaçados do Brasil. A análise no Parque Ecológico Veredinha demonstra que o controle de espécies como *L. leucocephala* e o *T. diversifolia* exige intervenções contínuas e integradas, combinando remoção manual, restauração ecológica com espécies nativas e monitoramento adaptativo.

Há necessidade de expandir essas estratégias para áreas adjacentes ao parque, com o objetivo de mitigar fontes externas de invasão. Entretanto, destaca-se a importância de alinhar as ações locais com políticas públicas nacionais de conservação e manejo do Cerrado, promovendo práticas sustentáveis que protejam sua biodiversidade e serviços ecossistêmicos. Por fim, o estudo serve como um alerta sobre os desafios enfrentados pela gestão de áreas protegidas no Cerrado e oferece subsídios práticos que podem ser aplicados em outras iniciativas de conservação em biomas similares. A continuidade dessas ações é essencial para garantir a integridade ecológica e o equilíbrio dos ecossistemas nativos.

REFERÊNCIAS

ANTON, A. *et al.* Global ecological impacts of marine exotic species. **Nature Ecology & Evolution**, v. 3, n. 5, p. 787-800, 2019. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30962561/>. Acesso em: 15 jul. 2024.

BECHARA, F. C. *et al.* Reproductive biology and early establishment of *Pinus elliottii* var. *elliottii* in Brazilian sandy coastal plain vegetation: implications for biological invasion. **Scientia Agricola**, v. 70, n. 2, p. 88-92, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sa/a/W3tQWKzhyRQv6Ff3VHFysbr/?format=pdf>. Acesso em: 20 out. 2024.

BECHARA, F. C.; REIS, A.; TRENTIN, B. E. Invasão biológica de *Pinus elliottii* VAR. *elliottii* no Parque Estadual do Rio Vermelho, Florianópolis, SC. **Revista Floresta**, v. 44, n. 1, p. 63-72, 2014. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/32013>. Acesso em: 15 mar. 2024.

BELLARD, C.; MARINO, C.; COURCHAMP, F. Ranking threats to biodiversity and why it doesn't matter. **Nature Communications**, v. 13, n. 1, p. 2616, 2022. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41467-022-30339-y>. Acesso em: 20 out. 2024.

BROOKS, M. L. *et al.* Effects of invasive alien plants on fire regimes. **Bioscience**, v. 54, p. 677-688, 2004. Disponível em: <https://pubs.usgs.gov/publication/1008329>. Acesso em: 20 set. 2024.

CABI. Digital Library. **Leucaena leucocephala**, 2023. Disponível em: <https://www.cabi.org/fc/datasheet/31634>. Acesso em: 5 ago. 2024.

CAMPOS-FILHO, E. M. *et al.* Mechanized Direct-Seeding of Native Forests in Xingu, Central Brazil. **Journal of Sustainable Forestry**, v. 32, n. 7, p. 702-727, 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/260630753_Mechanized_Direct-Seeding_of_Native_Forests_in_Xingu_Central_Brazil. Acesso em: 15 out. 2024.

CDB. **Princípios Guias**. Annexed to Decision VI/23 (Alien species that threaten ecosystems, habitats or species) of the Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity. 2002. Disponível em: <https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-06-dec-23-en.pdf>. Acesso em: 20 out. 2024.

COSTA, G. A. **Conflitos socioambientais na dinâmica do uso do território na sub-Bacia do Córrego Chapadinha/Brazlândia/DF**. 2015. Disponível em: <http://educapes.capes.gov.br/handle/capes/936154>. Acesso em: 20 out. 2024.

COSTA, J. T. **Estudo populacional e do potencial invasor da espécie exótica *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit em floresta estacional semidecidual**. 2010. Tese (Doutorado)- Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2010. Disponível em: <https://repositorio.uel.br/items/5cc97c69-ed85-4c46-a948-35abf5128414>. Acesso em: 20 jul. 2024.

CORDEIRO, A. O. de O. **Controle de gramíneas exóticas na restauração ecológica de Cerrado sentido restrito e reintrodução de espécies nativas**. 2018. Tese (Doutorado em Botânica)- Universidade de Brasília, Brasília, 2018. Disponível em: <http://repositorio2.unb.br/handle/10482/34429>. Acesso em: 20 set. 2024.

D'ANTONIO, C.; VITOUSEK, P. M. Biological invasions by exotic grasses, the grass-fire cycle, and global change. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 23, p. 63-87, 1992. Disponível em: <https://doi.org/10.1146/annurev.es.23.110192.000431>. Acesso em: 20 out. 2024.

DAMBROWSKI, V.; REFOSCO, J. C.; VITORINO, M. D. Modelagem de nicho potencial para espécies exóticas invasoras *Tithonia diversifolia* e *Hovenia dulcis* em Santa Catarina. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 16, n. 4, p. 1-19, 2023. Disponível em: <https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/view/7816>. Acesso em: 20 out. 2024.

DISTRITO FEDERAL. **Decreto Nº 16.052 de 07/11/94**. Cria o Parque Ecológico Veredinha e dá outras providências. Brasília, 1994 Disponível em: https://www.sinj.df.gov.br/sinj/DetalhesDeNorma.aspx?id_norma=26925. Acesso em: 10 jul. 2023.

DECHOUM, M. S. **Invasão por *Hovenia dulcis* Thumb. (Rhamnaceae) nas florestas do rio Uruguai (SC): aspectos ecológicos e diretrizes para o manejo**. 2015. Tese (Doutorado em Ecologia)- Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/279886119_Invasao_por_Hovenia_dulcis_Thumb_Rhamnaceae_nas_florestas_do_rio_Uruguai_aspectos_ecologicos_e_diretrizes_para_o_manejo. Acesso em: 20 out. 2024.

DIAGNE, C. A. *et al.* **High and rising economic costs of biological invasions worldwide**. Researchgate, 2021. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41586-021-03405-6>. Acesso em: 17 abr. 2024.

GALLARDO, B. *et al.* InvasiBES: Understanding and managing the impacts of Invasive alien species on Biodiversity and Ecosystem Services. **NeoBiota**, 2019. Disponível em: <https://neobiota.pensoft.net/article/35466/>. Acesso em: 20 out. 2024.

GEOLÓGICA. **Plano de Manejo do Parque Ecológico Veredinha**. Brasília, 2005. Disponível em: http://sophia.ibram.df.gov.br/sophia_web/index.asp?codigo_sophia=4607. Acesso em: 17 abr. 2024.

GUIMARÃES, E. S. *et al.* O efeito da autoalelopátia da espécie *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit (Fabaceae) durante a germinação e o desenvolvimento inicial. *In: Reunião Nordestina de Botânica*, 38., São Luis, MA. **Anais [...]**. São Luis, MA, 2020. Disponível em: *Journal of Applied Botany*. https://www.researchgate.net/publication/373516344_O_EFEITO_DA_AUTOALELOPATIA_DA_ESPECIE_Leucaena_leucocephala_Lam_de_Wit_FABACEAE_DURANTE_A_GERMINACAO_E_O_DESENVOLVIMENTO_INICIAL. Acesso em: 20 out. 2024.

HARRIS, J. A.; DIGGELEN, R. V. Ecological restoration as a project for global society. *In: VAN ANDEL, J.; ARONSON, J. (ed.). Restoration Ecology*. Nova Jersey, EUA: Blackwell Publishing, 2006. p. 3-15. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9781118223130.ch16>. Acesso em: 17 abr. 2024.

HATA, K.; SUZUKI, J. I.; KACHI, N. Fine-scale spatial distribution of seedling establishment of the invasive plant, *Leucaena leucocephala*, on an oceanic island after feral goat extermination. **Weed Research**, v. 50, n. 5, p. 472-480, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.2010.00795>. Acesso em: 20 abr. 2024.

HOFFMEISTER, T. S. *et al.* Ecological interactions influencing the recruitment of soil-borne pathogens of an invasive plant. **Oecologia**, v. 144, n. 3, p. 452-460, 2005.

HOBBS, R. J. *et al.* Intervention Ecology: Applying Ecological Science in the Twenty-first Century. **BioScience**, v. 61, n. 6, p. 442-450, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1525/bio.2011.61.6.6>. Acesso em: 20 out. 2024.

HULME, P. E. Integrating invasive species policies across ornamental horticulture supply chains to prevent plant invasions. **Journal of Applied Ecology**, v. 55, n. 1, p. 92-98, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12953>. Acesso em: 15 abr. 2024.

HULME, P. E. Trade, transport and trouble: managing invasive species pathways in an era of globalization. **Journal of Applied Ecology**, v. 46, n. 1, p. 10-18, 2009. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/228040647_Trade_transport_and_trouble_Managing_invasive_species_pathways_in_an_era_of_globalization. Acesso em: 17 out. 2024.

IBRAM. Instituto Brasília Ambiental. **Instrução Normativa nº 03, de 27 de junho de 2018**. Estabelece a lista de flora exótica invasora do Distrito Federal. Brasília, DF: Diário Oficial do Distrito Federal, n. 123, p. 25-30, 29 jun. 2018. Disponível em: SEI_GDF-14126517-Instrução-Normativa-Link-3.pdf. Acesso em: 21 ago. 2024.

JUSTO, F. M.; HOFMANN, G. S.; ALMERÃO, M. P. Espécies exóticas invasoras em unidades de conservação na região sul do Brasil. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 13, n. 3, p. 57-76, 2019. Disponível em: <https://revistas.unilasalle.edu.br/index.php/Rbca/article/viewFile/6233/pdf>. Acesso em: 21 abr. 2024.

KATO-NOGUCHI, H. Involvement of Allelopathy in the Invasive Potential of *Tithonia diversifolia*. **Plants**, v. 9, n. 6, p. 766, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/plants9060766>. Acesso em: 16 abr. 2024.

KEANE, R. M.; CRAWLEY, M. J. Exotic plant invasions and the enemy release hypothesis. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 17, p. 164-170, 2002. Disponível em: [https://www.cell.com/trends/ecology-evolution/abstract/S0169-5347\(02\)02499-0?returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS0169534702024990%3Fshowall%3Dtrue](https://www.cell.com/trends/ecology-evolution/abstract/S0169-5347(02)02499-0?returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS0169534702024990%3Fshowall%3Dtrue). Acesso em: 15 abr. 2024.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. Conservation of the Brazilian Cerrado. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 707-713, jun. 2005. Disponível em: <https://conbio.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1523-1739.2005.00702>. Acesso em: 09 abr. 2024.

LAPERLA, I. M. **Helmintos parasitas de javalis (*Sus scrofa* Linnaeus, 1758) selvagens na região norte do Estado de São Paulo**. 2020. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/82c7495c-b83e-437e-a4a2-6d795bf080e2/content>. Acesso em: 19 abr. 2024.

LIMA, C. L. *et al.* Detecção da espécie exótica invasora *Hovenia dulcis* por meio de classificação supervisionada. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 5, p. 44110-44127, 2021. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/29194>. Acesso em: 17 jun. 2024.

LONSDALE, W. M. Global patterns of plant invasions and the concept of invasibility. **Ecology**, v. 80, n. 5, p. 1522-1536, 1999. Disponível em: [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(1999\)080\[1522:GPOPIA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(1999)080[1522:GPOPIA]2.0.CO;2). Acesso em: 12 abr. 2024.

LORENZI, H. *et al.* **Árvores exóticas no Brasil**: madeiras, ornamentais e aromáticas. Nova Odessa, São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2003. Disponível em: <https://search.worldcat.org/pt/title/Arvores-exoticas-no-Brasil-madeiras-ornamentais-e-aromaticas/oclc/708480546>. Acesso em: 17 abr. 2024.

MASON, T. J.; FRENCH, K. Impacts of a woody invader vary in different vegetation communities. **Diversity and Distributions**, v. 14, p. 829-838, 2008. Disponível em: <https://ro.uow.edu.au/ndownloader/files/50486052>. Acesso em: 15 abr. 2024.

MAYER, K. *et al.* Naturalization of ornamental plant species in public green spaces and private gardens. **Biological Invasions**, v. 19, n. 12, p. 3613-3627, 2017. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10530-017-1594-y>. Acesso em: 08 nov. 2024.

MELLO, T. J.; OLIVEIRA, A. D. Making a bad situation worse: an invasive species altering the balance of interactions between local species. **PLoS ONE**, v. 11, n. 3, p. 1-17, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0152070>. Acesso em: 07 jun. 2024.

MIRANDA, G. S. *et al.* **Estudo químico e biológico da espécie vegetal Tithonia diversifolia**. São José dos Pinhais, PR: Seven Editora, 2024. Disponível em: <https://sevenpublicacoes.com.br/editora/article/download/3586/6450/14459>. Acesso em: 16 jul. 2024.

NACHTIGAL, G. F. **Plantas exóticas invasoras**: um inimigo ainda pouco reconhecido no Brasil. 2011. Disponível em: <https://www.paginarural.com.br/artigo/2179/plantas-exoticas-invasoras-um-inimigo-ainda-pouco-reconhecido-no-brasil>. Acesso em: 15 jul. 2024.

OLUDARE, A.; MUOGHALU, J.I. Impact of *Tithonia diversifolia* (Hemsly) A. Gray on the soil, species diversity and composition of vegetation in Ile-Ife (Southwestern Nigeria), Nigeria. **International Journal of Biodiversity and Conservation**, v. 6, n. 7, p. 555-562, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.5897/IJBC2013.0634>. Acesso em: 02 abr. 2024.

PELLIZZARO, K. F. *et al.* Direct seeding of native species for restoration of degraded areas in Brazilian Cerrado. **Journal of Restoration Ecology**, v. 25, n. 3, p. 485-493, 2017.

PINI, M. **Efeitos da leguminosa invasora *Leucaena leucocephala* sobre plantas nativas**: uma abordagem metaanalítica e experimental. 2024. Dissertação (Mestrado em Ecologia: Ecossistemas Terrestres e Aquáticos)- Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/D.41.2024.tde-15082024-160312>. Acesso em: 17 abr. 2024.

PUCHERELLI, S. F.; CLAUDI, R.; PRESCOTT, T. Control of biofouling in hydropower cooling systems using HOD ultraviolet light. **Management of Biological Invasions**, v. 9, p. 451-461, 2018. Disponível em: https://www.reabic.net/journals/mbi/2018/4/MBI_2018_Pucherelli_etal.pdf. Acesso em: 21 jul. 2024

PYŠEK, P. *et al.* A global assessment of invasive plant impacts on resident species, communities and ecosystems: the interaction of impact measures, invading species' traits and environment. **Global Change Biology**, v. 18, p. 1725–1737, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02636>. Acesso em: 17 abr. 2024.

PYŠEK, P. *et al.* Alien plants in checklists and floras: towards better communication between taxonomists and ecologists. **Taxon**, v. 53, n. 1, p. 131-143, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/4135498>. Acesso em: 11 mar. 2024.

PYŠEK, P. *et al.* Scientists' warning on invasive alien species. **Biological Reviews**, v. 95, p. 1511–1534, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/brv.12627>. Acesso em: 16 ago. 2024.

RAMÍREZ, S. *et al.* Arbustivas forrajeras, una alternativa para la ganadería en zonas áridas y semiáridas de México. México: Instituto Nacional de Investigaciones, Forestales, Agrícolas y Pecuarias, 2024. Disponível em: <https://isbnmexico.indautor.cerlalc.org/catalogo.php?mode=detalle&nt=425818>. Acesso em: 18 jul. 2024.

RENDÓN-HERNÁNDEZ, E *et al.* Especies exóticas invasoras y sus implicaciones sobre los manglares en las reservas de la biosfera Ría Celestún y Ría Lagartos. **Madera y Bosques**, v. 30, n. 4, p. e3042627, 2024. Disponível em: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712024000400104. Acesso em: 15 mar. 2024.

RICHARDSON, D. M. *et al.* Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. **Diversity and Distributions**, v. 6, p. 93-107, 2000a. Disponível em: https://www.ibot.cas.cz/personal/pysek/pdf/naturalization_and_invasion_%20of_alien_plants.pdf. Acesso em: 15 abr. 2024.

RICHARDSON, D. M. *et al.* Plant invasions: the role of mutualisms. **Biological Reviews**, v. 75, n. 1, p. 65-93, 2000b. Disponível em: https://institutohorus.org.br/download/artigos/2000_Richardson_et_al_mutualisms.pdf. Acesso em: 18 mar. 2024.

RICHARDSON, D. M.; REJMÁNEK, M. Trees and shrubs as invasive alien species - a global review. **Diversity and Distributions**, v. 17, p. 788-809, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2011.00782>. Acesso em: 24 mar. 2024.

RODRÍGUEZ-CALA, D.; GONZÁLEZ-OLIVA, L. Invasión e impacto de *Tithonia diversifolia* (Asteraceae) en el Paisaje Natural Protegido Topes de Collantes, Cuba. **Revista del Jardín Botánico Nacional**, p. 151-162, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/284548061_Invasion_e_impacto_de_Tithonia_diversifoliaAsteraceae_en_el_Paisaje_Natural_Protegido_Topos_de_Collantes_Cuba. Acesso em: 19 jul. 2024.

SAMPAIO, A. B. *et al.* **Guia de restauração ecológica para gestores de unidades de conservação**. 2021. Disponível em: <https://repositorio.icmbio.gov.br/handle/cecav/1503>. Acesso em: 20 ago. 2024.

SAMPAIO, A. B. *et al.* **Guia de restauração do Cerrado**. Brasília: Embrapa Cerrado, 2015. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1042015>. Acesso em: 18 jun. 2024.

SAMPAIO, A. B.; SCHMIDT, I. B.; COUTINHO, A. G. Techniques for controlling invasive grasses in Neotropical savanna restoration. **Restoration Ecology**, v. 27, n. 5, p. 1080-1087, 2019. Disponível em: <http://icts.unb.br/jspui/handle/10482/43566?locale=es>. Acesso em: 11 abr. 2024.

SCHMIDT, I. B. Direct seeding for savanna restoration: an effective large-scale restoration strategy in the Brazilian Cerrado. **Restoration Ecology**, v. 27, n. 4, p. 870-876, 2019.

SHINE, C. **Ferramentas para desenvolver estruturas legais e institucionais para espécies exóticas invasoras**. Nairobi: Global Invasive Species Programme, 2008. Disponível em: http://www.issg.org/pdf/publications/GISP/Guidelines_Toolkits_BestPractice/Shine_2008_PO.pdf. Acesso em: 13 mar. 2024.

SILVA, A.C.N.; MARTININ, A.; AMARAL C.H. Invasive alien ornamental plants in Brazil: impact, origin, preferred habitats and projections. **Acta Botanica Brasilica**,

2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1677-941X-ABB-2023-0192>. Acesso em: 24 jan. 2024.

SILVA, A. F. da; SILVA-FORSBERG, M. C. **Espécies exóticas invasoras e seus riscos para a Amazônia Legal**. 2015. Disponível em: <https://scientia-amazonia.org/wp-content/uploads/2016/06/v4-n2-114-124-2015-NOTA.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2023.

SILVA, A. M. S. *et al.* Effects of irrigation and nitrogen fertilization rates on yield, agronomic efficiency and morphophysiology in *Tithonia diversifolia*. **Agricultural Water Management**, v. 248, p. 106782, 2021. Disponível em: <https://ideas.repec.org/a/eee/agiwat/v248y2021ics0378377421000470.html>. Acesso em: 24 jul. 2024.

SILVA, R. G., *et al.* Landscape-level determinants of the spread and impact of invasive grasses in protected areas. **Biol Invasions**, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10530-020-02307-4>. Acesso em: 12 set. 2024.

SIGG, J. The Role of Herbicides in Preserving Biodiversity. **California Exotic Plant Pest Council News**, Summer/Fall, p. 10-13, 1999. Disponível em: <https://institutohorus.org.br/download/artigos/roleherb.pdf>. Acesso em: 19 set. 2024.

SOUZA FILHO, A. P. S.; LIMA, R. M. B.; BARROS, L. C. Impact of Invasive Species in Conservation Areas. **Journal of Ecology and Environment**, v. 45, n. 3, p. 241-249, 2003.

SOUZA, R. C. C. L. de; CALAZANS, S. H.; SILVA, E. P. Impacto das espécies invasoras no ambiente aquático. **Ciência e Cultura**, v. 61, n. 1, p. 35-41, 2009. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/280935979_Impacto_das_especies_invasoras_no_ambiente_aquatico. Acesso em: 19 set. 2024.

SPELTZ, D. Histórico das invasões de *Pinus* spp. no Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, n. 2, p. 105-110, 1963.

VILÀ, M. *et al.* Ecological Impacts of Invasive Alien Plants: A Meta-Analysis of Their Effects on Species, Communities and Ecosystems. **Ecology Letters**, v. 14, n. 7, p. 702-708, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2011.01628>. Acesso em: 23 ago. 2024.

VITULE, J. R. S. *et al.* Revisiting the potential conservation value of non-native species. **Conservation Biology**, v. 26, n. 6, p. 1153-1155, 2012. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23083005/>. Acesso em: 15 jun. 2024.

ZILLER, S.R.; GALVÃO, F. A degradação da estepe gramíneo-lenhosa no Paraná por contaminação biológica de *Pinus elliottii* e *P. taeda*. FLORESTA, Curitiba, PR, v. 32, n. 1, p. 41-47, maio 2002. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/2348/1962>. Acesso em: 20 mai. 2024.