

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

TIAGO BARBOSA MESQUITA

Efeito de fertilização sobre o estabelecimento da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*) para recuperação de área de Cerrado degradado em Selvíria/MS

Ilha Solteira
2023

TIAGO BARBOSA MESQUITA

**Efeito de fertilização sobre o estabelecimento da palma forrageira
(*Opuntia ficus-indica*) para recuperação de área de Cerrado
degradado em Selvíria/MS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de Engenharia de
Ilha Solteira – UNESP como parte dos
requisitos para obtenção do título de Bacharel
em Ciências Biológicas

Nome da orientadora
Lucíola Santos Lannes

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

Mesquita, Tiago Barbosa.

M582e Efeito de fertilização sobre o estabelecimento da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*) para recuperação de área de cerrado degradado em Selvíria/MS /
Tiago Barbosa Mesquita. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2023
40 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Ciências Biológicas) -
Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2023

Orientador: Lucíola Santos Lannes

Inclui bibliografia

1. Cerrado. 2. Degradação ambiental. 3. Solo.


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

ATA DE DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**"EFEITO DE FERTILIZAÇÃO SOBRE O ESTABELECIMENTO DA PALMA
FORRAGEIRA (*Opuntia ficus-indica*) PARA RECUPERAÇÃO DE
ÁREA DE CERRADO DEGRADADO EM SELVÍRIA/MS".**

TIAGO BARBOSA MESQUITA

REGULAMENTO SOBRE A AVALIAÇÃO:

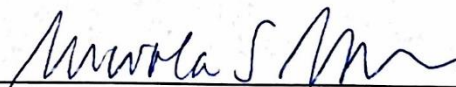
Artigo 25º - § 2º A apresentação pública do trabalho de TCC deverá ser de no mínimo 20 (vinte) minutos e máxima de 40 (quarenta) minutos. Após um intervalo de 5 (cinco) minutos, haverá a arguição do Trabalho pelos examinadores. O tempo de arguição, será de até 15 (quinze) minutos para cada examinador,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

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

COMISSÃO EXAMINADORA

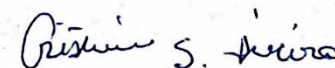
1ª EXAMINADORA (Orientadora-Presidente)

Nome: Profa. Dra. Lucíola Santos Lannes



2ª EXAMINADORA

Nome: Profa. Dra. Crístiele da Silva Ribeiro



3º EXAMINADOR

Nome: Msc. Lucas Lopes e Silva



CONCEITO

☒ Aprovado(a)

☐ Reprovado(a)

Ilha Solteira-SP, 08 de dezembro de 2023.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao meu pai José Orestes Neves Mesquita (*in memoriam*).

AGRADECIMENTOS

A minha jornada se inicia na cidade de São Paulo - SP no bairro Guaianases, onde morei até minha juventude. Não tinha perspectiva e nem sonhava em um dia estar em uma Universidade, principalmente em uma pública reconhecida internacionalmente como a Unesp, pois no bairro de periferia em que residia a situação era conturbada em relação a educação e criminalidade. Entretanto, em quase uma década para formação me deparei estudando nesta universidade no curso de Ciências Biológicas, onde de tantos desafios e obstáculos fui tentado a desistir. A minha luta por continuar e perseverar na conquista de minha formação acadêmica foi devido a pessoas maravilhosas que me deparei nesta caminhada e é imprescindível citá-las. Primeiramente Deus, pela graça alcançada e minha família. Principalmente minha querida esposa Tais e minha filha Elisa, na que foram os pilares que tive para seguir em frente. À minha querida orientadora e colega de trabalho Professora Lucíola Santos Lannes, onde primeiramente fiquei muito feliz quando disse que aceitaria meu convite pela orientação, e foi nítido o amparo por me orientar e não mediu esforços para que este trabalho tivesse sucesso. Agradeço também aos colegas do Laboratório de Ecologia Vegetal e funcionários da Unesp, principalmente aos da FEPE. Agradecer a todos que contribuíram de forma direta e indireta para minha formação acadêmica.

RESUMO

Atividades industriais e agrícolas são crescentes com o aumento da população humana, gerando extensas áreas degradadas como as áreas de empréstimo. Na região de Ilha Solteira/SP, a construção da barragem da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira na década de 1960 gerou uma grande área degradada, onde a vegetação apresenta dificuldades para se estabelecer. Tais dificuldades geralmente advêm das condições climato-edáficas inóspitas que se criam no local, necessitando então de intervenções na tentativa de tornar o ambiente mais propício ao crescimento vegetal. Neste trabalho, visou-se estudar se a palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*) submetida ou não a tratamento de fertilização mineral, contribui para o estabelecimento da vegetação em tal área. O experimento foi conduzido em Selvíria-MS, em uma área livre de vegetação, que pertence à Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) da Faculdade de Engenharia, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP/ Câmpus de Ilha Solteira. Foram criadas duas linhas de plantio, uma linha fertilizada com adubação química e outra controle. Foram plantados 58 espécimes da palma forrageira na linha fertilizada e 57 espécimes na linha controle, com um total de 115 plantas. Foi realizada a adubação com nitrogênio e fósforo à dosagem de 600 kg.ha⁻¹ de superfosfato simples e 600 kg.ha⁻¹ de ureia, o que correspondeu a 5,4 g de cada composto por cova de 0,3 x 0,3 m. A presença de *Opuntia ficus-indica* promoveu a melhoria das condições ambientais em área degradada, principalmente em condições fertilizadas, já que aumentou a própria biomassa e favoreceu a colonização de plantas acompanhantes. A fertilização promoveu a melhoria das condições de biomassa na área fertilizada, entretanto promoveu também a entrada de espécies exóticas invasoras do gênero *Urochloa*. Conclui-se que o plantio da palma-forrageira propiciou a colonização por plantas na área degradada estudada, e que a fertilização somente é recomendada caso a prioridade da recuperação ambiental seja aumentar a biomassa local, mas com o custo da chegada de espécies exóticas invasoras.

Palavras-chave: Cerrado, degradação ambiental, solo

ABSTRACT

Industrial and agricultural activities are increasing with the increase in the human population, generating extensive degraded areas such as “loan areas”. In the Ilha Solteira/SP region, the construction of the Ilha Solteira Hydroelectric Plant dam in the 1960s generated a large degraded area, where vegetation has difficulty to grow. Such difficulties generally arise from the harsh climatic-edaphic conditions that are created at the site, requiring interventions in an attempt to make the environment more proper to plant growth. In this work, the aim was to study whether the “fodder palm” (*Opuntia ficus indica*), subjected or not to mineral fertilization treatment, contributes to the establishment of vegetation in that area. The experiment was conducted in Selvíria-MS, in an area free of vegetation, which belongs to the Teaching, Research and Extension Farm (FEPE) of the Faculty of Engineering, of the São Paulo State University “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP/ Ilha Solteira. Two planting lines were created, one line fertilized with chemical fertilizer and another control line. Fifty-eight specimens of *Opuntia ficus-indica* were planted in the fertilized line and 57 specimens in the control line, with a total of 115 plants. Fertilization with nitrogen and phosphorus was carried out at a dosage of 600 kg.ha⁻¹ of simple superphosphate and 600 kg.ha⁻¹ of urea, which corresponded to 5.4 g of each compound per hole measuring 0.3 x 0.3 meters. The presence of *Opuntia ficus-indica* promoted the improvement of environmental conditions in degraded areas, especially in fertilized conditions, as it increased its own biomass and favored the colonization of accompanying plants. Fertilization promoted the improvement of biomass conditions in the fertilized area, however it also promoted the entry of invasive exotic species of the genus *Urochloa*. It is concluded *Opuntia ficus-indica* ameliorates the local conditions and promotes the arrival of plants to the degraded area, and that fertilization is only recommended if the priority of environmental recovery is to increase local biomass, but at the cost of the arrival of invasive exotic species.

Keywords: Cerrado, environmental degradation, soil

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Área do Estudo: Mapa ilustrativo demonstrando a localização do experimento em relação ao Cerrado no Brasil.....	23
Figura 2	- Local de uso da peneira e inserção do solo nos vasos.....	25
Figura 3	- Vasos alocados na casa de vegetação com as mudas de <i>Opuntia ficus-indica</i>	26
Figura 4	- Aparecimento das primeiras brotações na <i>Opuntia ficus-indica</i> ...	26
Figura 5	- Mudas prontas para ir ao campo.....	27
Figura 6	- Mudas sendo plantadas manualmente.....	27
Figura 7	- Mudas instaladas no campo. Lado esquerdo fertilizada e lado direito controle	28
Figura 8	- Altura, massa seca, número de ramificações e teor de água em plantas de <i>Opuntia ficus-indica</i>	29
Figura 9	- Áreas estudadas no campo. Linha adubada à esquerda e controle à direita.	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Efeitos da fertilização sobre o número total de espécies acompanhantes da palma forrageira na área.....	30
Tabela 2	- Lista de espécies acompanhantes da plantada <i>Opuntia ficus-indica</i> encontradas nas áreas controle e fertilizada em 2022 e 2023.....	32

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	16
2	OBJETIVOS E HIPÓTESES.....	22
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	23
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
5	CONCLUSÃO.....	33
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34
	APÊNDICE 1.....	41

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é considerado um dos países de maior biodiversidade no mundo, se calcula que nada menos do que 10% de toda a biota terrestre encontram-se no país (MITTERMEIER *et al.*, 1997). O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro, sendo superado em área apenas pela Amazônia. Ocupa 21% do território nacional e é considerado a última fronteira agrícola do planeta (BORLAUG, 2002).

O termo Cerrado é comumente utilizado para designar o conjunto de ecossistemas (savanas, matas, campos e matas de galeria) que ocorrem no Brasil Central (EITEN, 1977; RIBEIRO *et al.*, 1981). Neste é encontrada uma grande diversidade de espécies vegetais e animais, sendo as suas savanas as mais biodiversas do mundo (LAHSEN *et al.*, 2016; BRASIL, 2015). Essa diversidade é favorecida pelas diferentes fitofisionomias encontradas, que vão de campo limpo a cerradão, sendo os mais comuns campos limpo, campo sujo, campo cerrado, cerrado *sensu stricto* e cerradão (MACHADO *et al.*, 2004; COUTINHO, 2006).

O Cerrado é o segundo ecossistema brasileiro que mais alterações sofreu com a ocupação humana (EMBRAPA, 1999). Destas alterações, as florísticas trazem para o ecossistema desequilíbrios físicos, químicos e biológicos do solo. A degradação do recurso natural solo, tido como finito, é um dos problemas mais críticos que a população mundial está enfrentando atualmente, conforme KOBAYAMA *et al.* (2001) as principais causas desta degradação têm sido o desmatamento, o manejo inadequado da agricultura, o sobrepastoreio, a exploração da vegetação para combustível e atividade industrial.

A qualidade de um solo pode ser definida pela sua aptidão em sustentar o desenvolvimento vegetal, o que implica em fatores como agregação, teor de matéria orgânica, capacidade de retenção de água, taxa de infiltração, pH e disponibilidade de nutrientes (POWER; MYERS, 1989). O aumento de áreas degradadas está diretamente ligado às atividades antrópicas, que podem favorecer a exploração excessiva e sem planejamento dos solos. Dentre as perturbações causadas pode-se citar a remoção de camadas de solos, implicando na retirada da matéria orgânica, o que pode causar problemas na agregação e estrutura do solo, disponibilidade de nutrientes e atividade biológica (ROSA *et al.*, 2014).

As áreas de empréstimo se assemelham às áreas mineradas, pois a vegetação e os horizontes superficiais do solo são removidos, deixando à superfície o subsolo,

com condição edáfica bastante limitante à regeneração natural, devido à elevada compactação, baixa taxa de infiltração de água, baixos teores de nutrientes e matéria orgânica, dentre outros (ALVES *et al.*, 2012; RODRIGUES *et al.*, 2007). Essas alterações trazem consequências ecológicas e ambientais visíveis, as quais geram ações dos diversos setores da sociedade, visando à preservação e ao desenvolvimento de tecnologias para a revegetação (CARNEIRO *et al.*, 1996).

Em ambientes alterados, a revegetação pode ser dificultada quando alguns componentes básicos são seriamente afetados, como: o substrato (ex. deficiência de matéria orgânica, pobreza nutricional do solo, compactação do solo), os dispersores (ex. fauna, polinizadores), a fonte de propágulos micorrízicos (ex. presença e qualidade da fonte de propágulos adjacentes às áreas danificadas), os fatores ambientais (ex. umidade, temperatura) e a conformidade do relevo (ex. declividade, bacias hidrográficas) (FARIA; CHADA 2007).

A revegetação de áreas degradadas é uma prática clássica recomendada para a melhoria das condições do solo. Nesta prática, tanto espécies vegetais nativas como não nativas podem ser utilizadas (MENDES FILHO, 2004). Embora seja reconhecido que a revegetação com espécies nativas possa aproveitar polinizadores e dispersores naturais para auto-regeneração, o uso de espécies não nativas é aceito quando puderem funcionar como condicionadoras do substrato em locais com baixa produtividade (FARIA; CHADA, 2007). Ressalta-se, entretanto, que a utilização de espécies exóticas como condicionadoras do solo deve ser controlada, uma vez que essas podem invadir áreas nativas causando enormes perdas de biodiversidade.

Em todo o mundo, tem havido muitos relatos de espécies exóticas invadindo áreas naturais (DAEHLER 2003; CASSIDY *et al.*, 2004; TOMASSEN *et al.*, 2004). Um desses estudos é o de BUSTAMANTE *et al.* (2012), que demonstraram experimentalmente que a adição de fósforo (10 g.m^{-2}) estimulou a propagação da gramínea exótica invasora *Melinis minutiflora* em uma área campestre no Cerrado. A conservação da extremamente rica flora herbácea depende, portanto, o enriquecimento, evitando o escoamento de fósforo nas manchas remanescentes de vegetação nativa (LANNES *et al.*, 2016).

Como a maior área de agricultura no Brasil, o Cerrado está submetido a níveis de fertilização fosfatada (GOEDERT, 1983) que muitas vezes excedem demandas agrícolas (SHARPLEY *et al.*, 2014) e ameaçam as áreas naturais adjacentes. A maioria dos modelos teóricos que tentam explicar as invasões de plantas sugere que

‘invasoras’ necessitam de perturbações ambientais para se tornarem pragas (CRONK E FULLER 1995; GROVES E BURDEN 1986; WILLIAMSON 1996). KLINK (1996a) e COUTINHO (1982b) destacam a necessidade de perturbação para a invasão de gramíneas africanas nos cerrados.

Embora haja uma nova tendência entre os ecólogos em aceitar o estabelecimento de algumas espécies exóticas como um processo natural de migração (PERETTI 1998), é necessário identificar aqueles que estão causando sérios danos ecológicos no Cerrado, como *Melinis minutiflora* e *Urochloa decumbens* (BUSTAMANTE *et al.*, 2012; LANNES *et al.*, 2016). A intensa fragmentação dos ambientes de Cerrado, transformando a vegetação natural em manchas cercadas por pastagens e culturas agrícolas favorece ainda mais a disseminação de gramíneas invasoras (PIVELLO *et al.*, 1999).

Os remanescentes de Cerrado que existem nos dias de hoje se desenvolveram sobre solos muito antigos, intemperizados, ácidos, depauperados de nutrientes, mas que possuem concentrações elevadas de alumínio (muitos arbustos e árvores nativos do Cerrado acumulam o alumínio em suas folhas – HARIDASAN, 1982). HARIDASAN (2000) descreve que ocorrem variações na composição florística, fitossociológica e produtividade nos ecossistemas naturais do Cerrado, devido às variações na fertilidade e nas características físicas dos solos. Logo, cada tipo de solo, com suas características intrínsecas e sua fertilidade, favorece a ocorrência de espécies diferentes (FURLANI, 2004).

Alguns nutrientes são considerados elementos essenciais, pois não podem ser substituídos por outro elemento (FURLANI, 2004). Na sua ausência, a planta não consegue completar seu ciclo de vida devido à sua função específica, como o nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) (FURLANI, 2004). Enquanto o N é importante para a produção de novas células e tecidos e formação de clorofila e proteínas, o P atua como elemento estrutural dos ácidos nucléicos (RNA, DNA) e do ATP (adenosina trifosfato). Já o K tem importantes funções nas células e tecidos das plantas, atuando na regulação osmótica, nas relações hídricas das plantas, no movimento dos estômatos, na síntese de proteínas, fotossíntese e transporte de açúcares no floema (FURLANI, 2004).

No Brasil, estima-se que os processos de degradação ambiental atingem mais de 130 milhões de hectares, sendo 35 milhões em Áreas de Preservação Permanente, 40 milhões em Reservas Legais e 60 milhões em áreas de uso alternativo do solo. A

degradação ambiental de áreas “sensíveis”, como as nascentes, margens de rios e demais áreas de preservação permanente tem provocado impactos ambientais e a diminuição da oferta de água em quantidade e qualidade (BRASIL, 2023).

Em razão de vários esforços ao combate na recuperação de áreas degradadas no Brasil, existem vários projetos em diferentes biomas. O Plano Nacional de Recuperação de Áreas degradadas foi implementado com foco na Lei 12.651/2012. A elaboração e implementação deste plano é uma das metas do governo incluída no PPA 2012-2015, no âmbito do objetivo 0229, que se refere à promoção da recuperação de áreas degradadas com ênfase nas áreas de preservação permanente (APP) e de reserva legal (RL) por meio de pesquisa e instrumentos de adequação e regularização ambiental de imóveis rurais (BRASIL, 2023).

Para a obtenção de solos e sedimentos para a construção da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira na década de 60, áreas significativas do município de Selvíria (Brasil) sofreram intensos processos de degradação numa época em que não havia legislação no Brasil que impusesse critérios ambientais quanto à implantação de áreas de empréstimo ou exigências de recuperação destas áreas após exploração de recursos minerais. No Noroeste do Estado de São Paulo, o Complexo Hidrelétrico Urubupungá foi um empreendimento importante nesse período, composto pelas Usinas Hidrelétricas de Ilha Solteira, Engenheiro Souza Dias - Jupiá e a Usina Hidrelétrica Três Irmãos em Pereira Barreto (DE LOLLO *et al.*, 2016).

Dentre diversas alternativas de recuperação da área degradada, utilizou-se *Pinus sp.* para revegetar parte desta área em 1984 e outra foi ocupada espontaneamente por *Brachiaria brizantha*; do restante, uma parte está em processo de regeneração natural, com espécies nativas de Cerrado, e o que sobrou permanece com o subsolo exposto não apresentando indícios de regeneração natural, mesmo após 30 anos de abandono (RODRIGUES, 2007).

Foi estudado o comportamento químico e físico nesta área degradada, na qual se obteve mais resultados com *Brachiaria brizantha* do que o *Pinus sp.*, uma vez que este não se apresentou ser uma boa espécie para recuperar os atributos químicos do material na área (RODRIGUES, 2007). Em 2005/2006 foi empregada a adubação química e orgânica como calagem associada ao N e P e resíduos orgânicos como o aguapé (*Eichhornia crassipes*) para recuperar a fertilidade do subsolo, onde foram plantadas as mudas da espécie de *Stryphnodendron polyphyllum* (barbatimão) que obtiveram melhores resultados com adição de N e P. O diâmetro do caule e a altura

de planta apresentaram, de maneira geral, resultados crescentes ao longo do período, sendo os maiores valores verificados nos tratamentos que receberam calagem associada a N + P e resíduos orgânicos (CALGARO, 2008).

Na mesma área, foi implementado um experimento com a espécie *Mabea fistulifera* Mart. (canudo-de-pito) utilizando adubos químicos e compostos orgânicos, onde a fertilização mineral foi mais promissora. Os autores constataram que o tratamento com fertilização mineral apresentou na mensuração inicial valores superiores aos demais tratamentos, concluindo que esse fato se devia provavelmente à imediata liberação de nutrientes fornecida pela fertilização mineral (GIÁCOMO, 2019).

Em 2014 utilizaram o esterco fresco de ovino para recuperação da área. O esterco foi utilizado em 4 diferentes áreas e foram verificadas a biomassa e as concentrações disponíveis de nutrientes no solo. A introdução de esterco de ovelha estimulou o crescimento de vegetação, contribuindo para o processo de sucessão ecológica nas áreas degradadas da Fazenda Experimental da Unesp Ilha Solteira (TEIXEIRA, 2019). O uso de *Urochloa decumbens* como condicionante em área degradada pode ser um agente importante na restauração destas áreas, uma vez que associadas a micorrizas, pode crescer e tornando as condições do solo mais adequadas para as próximas plantas no processo de sucessão, que permitem que a vegetação se desenvolva e cresça, facilitando o sucesso do processo de restauração (LEITE, 2019).

Experimentos mais recentes utilizaram condicionantes do solo como macrófitas aquáticas e cinza do bagaço de cana-de-açúcar para o plantio de mudas arbóreas do Cerrado na área. Com isso, a área teve resultados expressivos, porém demonstrou lentidão no processo de recuperação. Os resíduos utilizados atuaram como facilitadores da cobertura do solo com vegetação nativa, embora esta ainda não tenha atingido o nível desejado de recobrimento, para uma área em recuperação há cinco anos (FARDIN, 2021). A *Xylopia aromatica* foi usada na área para recuperação e demonstrou a necessidade do uso da fertilização. As mudas de *Xylopia aromatica* na área degradada em recuperação apresentaram um bom status nutricional comparativamente às mudas em Cerrado conservado, necessitando apenas de fornecimento de N e P (BONI, 2022).

Opuntia ficus-indica, membro da família Cactaceae, é uma espécie tropical ou planta subtropical originalmente cultivada na América do Sul e é cultivada em regiões

secas como importante fonte de nutrientes e alimentos (NOVOA *et al.*, 2015). Os representantes desta família estão distribuídos em quatro subfamílias: Pereskioideae, Maihuenioideae, Opuntioideae e Cactoideae (NOBEL, 2002; MAUSETH, 2006). Por causa de seu mecanismo de fixação de CO₂ (CAM), o cacto sem espinho tem alta eficiência no uso da água (VIANA, 1969). A forragem de cacto sem espinho é uma importante alternativa para os agricultores, pois tem demonstrado alto potencial de produtividade neste ambiente pesado. Apesar de sua baixa concentração de proteína, a forragem de cacto fornece energia, água e minerais disponíveis (VE'RAS *et al.*, 2002). O cacto sem espinho já é cultivado no Nordeste do Brasil e os dois a maioria das espécies cultivadas são *Opuntia ficus-indica* e *Nopalea cochenillifera* ocupando uma área estimada de 400.000 ha nesta região (FARIAS *et al.*, 1984).

A escolha da espécie *Opuntia ficus-indica* é devido na área de empréstimo não ter experimento de plantas de metabolismo (CAM) e também ausência na literatura, onde pelo seu mecanismo de uso eficiente da água esta espécie se estabeleceria de forma promissora, mostrando ser um grande potencial para recuperação em áreas degradadas.

2 OBJETIVOS E HIPÓTESES

O trabalho tem por objetivo estudar o potencial da espécie *Opuntia ficus-indica* (palma forrageira) como auxiliadora do processo de recuperação de área degradada de Cerrado, bem como a importância da fertilização no referido processo. As hipóteses do trabalho são (i) a palma forrageira atua propiciando a colonização vegetal e (2) a fertilização auxilia no processo de colonização por plantas na área de empréstimo estudada.

3 MATERIAL E MÉTODOS

A implementação do experimento foi realizada em Selvíria-MS, em uma área de empréstimo (Figura 1), livre de vegetação, que pertence à Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) da Faculdade de Engenharia, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP/ Câmpus de Ilha Solteira (20° 23' 02" S 51° 24' 24" O). O tipo climático na região, segundo Köppen, é caracterizado como AW, clima tropical úmido com inverno seco, com temperatura média anual de 25,5 °C e precipitação média anual de 1300 mm (ALVARES *et al.*, 2014).

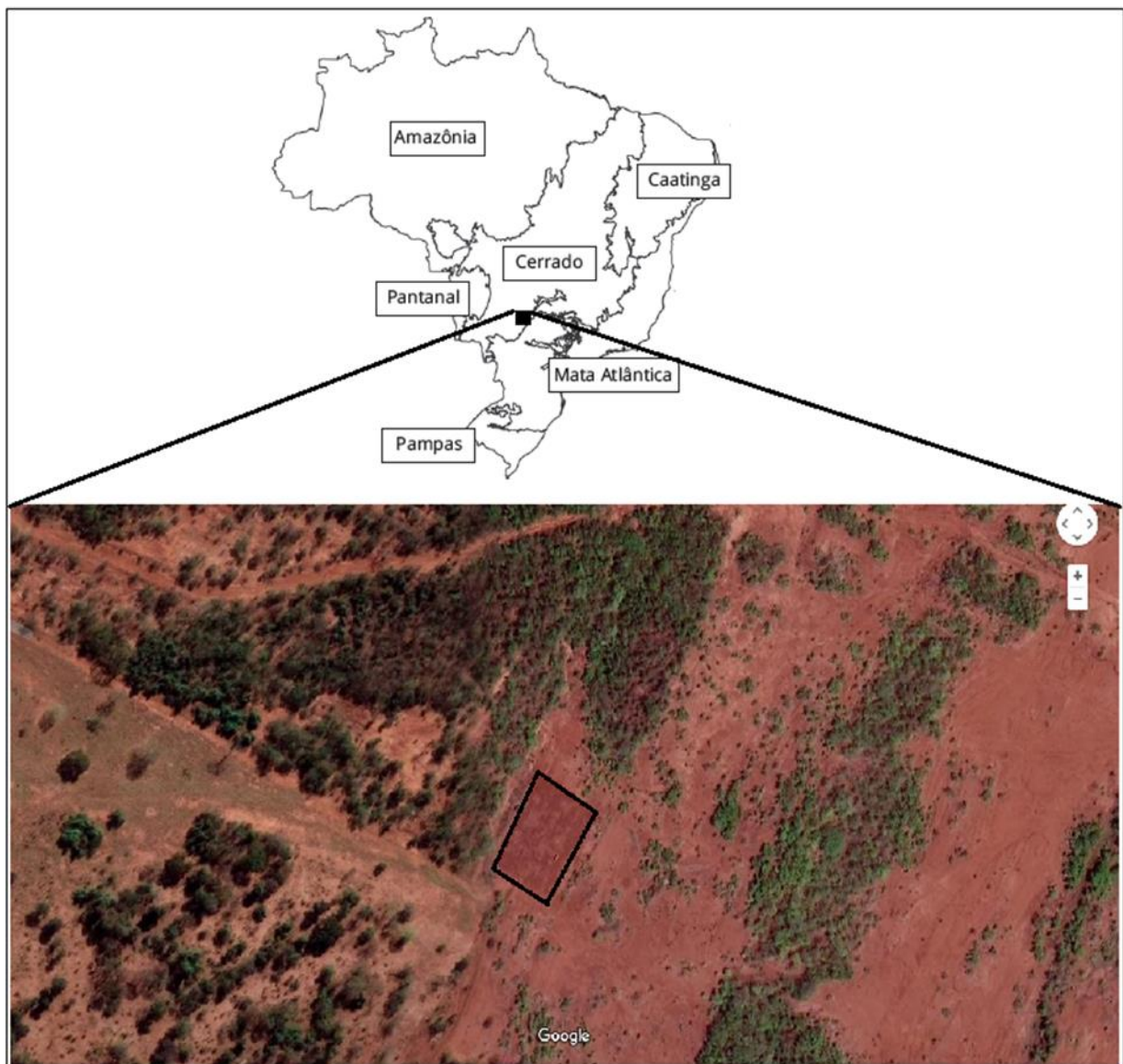


Figura 1 - Área do Estudo: Mapa ilustrativo demonstrando a localização do experimento em relação ao Cerrado no Brasil. Fonte: Google Earth 2022.

A área degradada é resultado da construção da Usina Hidrelétrica (UHE) de Ilha Solteira na década dos anos 60. Durante o período, parte do perfil do solo de extensas áreas adjacentes às obras de construção foi retirado, em profundidade de aproximadamente 10 metros (dependendo do relevo) e utilizado no enrocamento da enseadeira para a construção da barragem (CESP, 1988). O solo comum no entorno destas áreas foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico (DEMATTE, 1980; SANTOS *et al.*, 2018). O material exposto, pobre em nutrientes, não apresenta condições edáficas propícias à regeneração natural do Cerrado, indicando a necessidade de ações antrópicas, como a introdução de mudas e o fornecimento de nutrientes para indução da revegetação e consequente recobrimento vegetal da superfície, para redução de processos erosivos (RODRIGUES *et al.*, 2007; FARDIN *et al.*, 2021).

O solo do vaso para o cultivo de mudas de *Opuntia ficus-indica* foi o mesmo da área de estudo, o qual foi peneirado e alocados em vasos (Figura 2). As mudas de *Opuntia ficus-indica* foram produzidas na casa de vegetação (Figura 3), com o material de propagação tendo sido coletado na cidade de Ilha Solteira. Foram coletados os cladódios e esperado o tempo para cicatrização conforme a cartilha da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. O ponto ideal é aquele que apresenta sinais de perda de turgidez ficando mais macia à compressão com os dedos e as lesões dos cortes estejam cicatrizadas (EMBRAPA, 2012). O tamanho dos fragmentos foi de aproximadamente 3 cm x 5 cm, com no mínimo 2 gemas de cada lado. Após o plantio nos vasos foi feita a irrigação três vezes por semana até a pega. Após algumas semanas com certa periodicidade nas regas iniciaram as primeiras brotações (Figura 4). Com 6 semanas, as mudas estavam prontas para irem ao campo (Figura 5).

Na área de estudo foram feitas intervenções de um subsolador para descompactação do solo e abertura de dois sulcos paralelos de plantio. A espaçamento foi de aproximadamente de 50 m de comprimento por 50 cm de largura cada, onde as mudas foram plantadas manualmente em linha adubada e outro controle em 27/05/2021 (Figura 6). Foi realizada a adubação com nitrogênio e fósforo à dosagem de 600 kg.ha⁻¹ de superfosfato simples e 600 kg.ha⁻¹ de ureia, o que correspondeu a 5,4 g de cada composto por cova de 0,3 x 0,3 m.

No total foram plantados 58 espécimes na linha fertilizada e 57 espécimes na linha controle, com um total de 115 plantas, e foram irrigadas duas vezes por semana até o final do experimento (Figura 7). Aproximadamente um ano após o plantio (em

05/05/2022), todas as plantas foram medidas em altura, massa fresca e número de ramificações em campo, além de coletados dados sobre o número e a identidade de espécies acompanhantes que se desenvolveram no local. Cada espécime da palma forrageira foi levado até o laboratório, seco a estufa de ventilação forçada a 70 °C durante uma semana, pesada em balança de precisão e calculados o teor de água e a massa seca de cada uma.

Vinte e nove meses após o plantio, em 09/11/2023, um novo acesso a campo foi realizado com o objetivo de verificar o número e a identidade de espécies acompanhantes nas áreas que sofreram interferência (plantio da palma-forrageira e fertilização).

O efeito da fertilização sobre as variáveis foi medido através de Teste t de Student utilizando-se o software R.



Figura 2 – Local de uso da peneira e inserção do solo nos vasos. Fonte: Próprio Autor 2021.



Figura 3 – Vasos alocados na casa de vegetação com as mudas de *Opuntia ficus-indica*.
Fonte: Próprio Autor 2021.



Figura 4 – Aparecimento das primeiras brotações. Fonte: Próprio Autor 2021.



Figura 5 – Mudas prontas para ir ao campo. Fonte: Próprio Autor 2021.



Figura 6 – Mudas sendo plantadas manualmente. Fonte: Próprio Autor 2021.



Figura 7 – Mudanças instaladas no campo sendo irrigadas. Linha fertilizada à esquerda e linha controle à direita. Fonte: Próprio Autor 2021.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os principais problemas edáficos encontrados em áreas de empréstimo ou mineradas são a compactação do material exposto, as baixas taxas de infiltração e capacidade de armazenamento de água, a deficiência de oxigênio, a alta resistência à penetração de raízes, o aumento da densidade do solo e a falta de matéria orgânica (MOREIRA, 2004).

A vegetação se desenvolveu tanto no tratamento controle quanto no fertilizado, com comunidades sendo constituídas por *Opuntia ficus-indica* e por plantas acompanhantes, ao contrário da área de entorno, que permaneceu desprovida de vegetação ao longo do experimento. Dos 58 espécimes plantados, 41 sobreviveram nas parcelas fertilizadas, enquanto 29 das 57 remanesceram nas parcelas controle.

Todas as variáveis analisadas mostraram-se mais elevadas no tratamento fertilizado em relação ao tratamento controle (Figura 9; Figura 10; Tabela 1). Estas observações estão de acordo com NOBEL *et al.* (1987), que concluíram que a fertilização com N, P e possivelmente B pode aumentar o crescimento de *Opuntia engelmannii* e *Opuntia rastrera*.

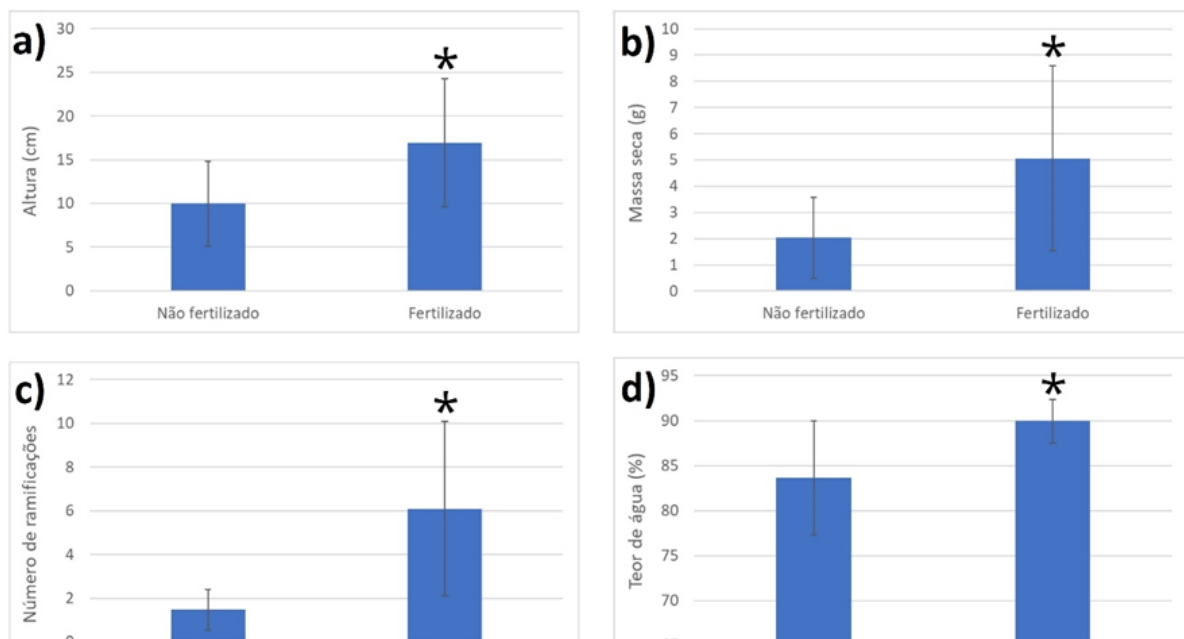


Figura 8 – Altura, massa seca, número de ramificações e teor de água em plantas de *Opuntia ficus-indica* cultivadas com (N=41) e sem (N=29) fertilização por 12 meses como potencial auxiliadora na recuperação ambiental de uma área de empréstimo em Selvíria/MS. Asterisco indica diferença significativa a P(t Student)<0,05 (Fonte: Próprio Autor, 2022).



Figura 9 – Áreas estudadas no campo. Linha adubada à esquerda e controle à direita.
Fonte: Próprio Autor 2022

Tabela 1 – Efeitos da fertilização sobre o número total de espécies acompanhantes da palma forrageira na área um ano após o plantio, além de número médio (desvio-padrão) de espécies acompanhantes, altura da vegetação (cm), número de ramificações da palma-forrageira e biomassa da(s) palma(s) forrageira(s) por quadrado. N=29 e N=41 para quadrados não fertilizados e fertilizados respectivamente. Asteriscos indicam diferenças estatísticas entre os tratamentos de fertilização (teste t de Student, $P < 0,001$).

	Número total de espécies acompanhantes	Número de espécies acompanhantes	Altura da vegetação	Número de ramificações da palma	Biomassa da palma
Não fertilizado	13	2,3(1,3)	9,7(4,3)	1,7(0,9)	2,03(1,55)
Fertilizado	14	2,1(1,5)	16,3(7,0)*	5,9(1,7)*	5,06(3,52)*

De acordo com NOBEL (1995), os cinco elementos do solo que aparentemente possuem um dos principais efeitos no crescimento de *Opuntia* são N, P, K, B e Na. Segundo DUBEUX JUNIOR (2006), a fertilização proporcionou índices de massa seca superiores às não fertilizadas, comprovando a importância do P no aumento de massa seca. O efeito da fertilização foi registrado nos dois primeiros anos do trabalho de DUBEUX JUNIOR (2006), diferentemente do trabalho de GONZALEZ (1989), que não observou efeitos da fertilização nos dois primeiros anos, mas somente a longo prazo.

A massa seca das espécies acompanhantes de plantas que surgiram espontaneamente na área fertilizada foi superior à área controle (619,15 g e 368,44 g respectivamente, $P < 0,05$), indicando que o plantio da palma-forrageira favoreceu a entrada de outras plantas, processo esse de grande relevância para a recuperação de áreas degradadas. Verifica-se que os números de espécies de plantas acompanhantes foram estatisticamente correspondentes na linha controle e na linha fertilizada (Tabela 1; Tabela 2; Apêndice 1), indicando que a presença da palma-forrageira em si já é suficiente para melhorar as condições edafoclimáticas e propiciar a chegada de plantas, contribuindo para o processo de recuperação ambiental da área.

Apesar das parcelas fertilizadas e não fertilizadas terem sido correspondentes em relação ao número de espécies acompanhantes da palma-forrageira, nota-se que a espécie exótica invasora *Urochloa decumbens* foi encontrada, tanto em 2022 quanto em 2023, somente na linha fertilizada. Em 2023 outra espécie exótica invasora foi detectada na linha fertilizada, *Urochloa brizantha*. Tal observação é importante do ponto de vista de conservação, uma vez que apesar da fertilização exercer efeitos positivos sobre a altura e biomassa da vegetação, assim como sobre o número de ramificações da palma, a chegada de espécies exóticas invasoras pode ser prejudicial em termos de conservação, uma vez que as mesmas podem sair do ambiente em que estão e invadir áreas adjacentes, promovendo grandes perdas de biodiversidade (PIVELLO *et al.*, 1999; LANNES *et al.*, 2016).

Não existem estudos conclusivos sobre o uso de *Opuntia ficus-indica* para recuperação de solos degradados, porém ela se mostrou promissora para a resolução dos problemas edáficos da área aqui estudada. Nesta área específica com o estabelecimento de invasoras devido a fertilização, a área demonstrou promissora no tratamento de uma futura área agrícola, já que os problemas edáficos tendem a

melhorar. Para uma área de recuperação visando uma área natural, a fertilização não seria recomendável devido a entrada de espécies exóticas.

Tabela 2 – Lista de espécies acompanhantes da plantada *Opuntia ficus-indica* encontradas nas áreas controle e fertilizada em 2022 e 2023. *nativa; **naturalizada; ***exótica

Espécie	Família	Não fertilizada 2022	Fertilizada 2022	Não fertilizada 2023	Fertilizada 2023
<i>Stylosanthes guianensis</i> *	Fabaceae	✓	✓	✓	✓
<i>Zornia sp</i> ***	Fabaceae	✓		✓	
<i>Curatella americana</i> *	Dilleniaceae	✓		✓	
<i>Waltheria indica</i> *	Malvaceae	✓	✓	✓	
<i>Chamaecrista flexuosa</i> *	Fabaceae	✓	✓		
<i>Hyparrhenia rufa</i> **	Poaceae	✓	✓	✓	✓
<i>Chamaecrista serpens</i> *	Fabaceae	✓	✓	✓	
<i>Borreria tenella</i> *	Rubiaceae	✓	✓		
<i>Chamaecrista serpens</i> *	Fabaceae			✓	✓
<i>Fimbristylis autumnalis</i> *	Cyperaceae		✓		✓
<i>Paspalum plicatulum</i> *	Poaceae		✓	✓	
<i>Urochloa decumbens</i> ***	Poaceae		✓		✓
<i>Cyperus campestris</i> ***	Cyperaceae		✓		
<i>Chamaecrista rotundifolia</i> *	Fabaceae				✓
<i>Alternanthera sp.</i> **	Amaranthaceae				✓
<i>Melinis repens</i> **	Poaceae				✓
<i>Urochloa brizantha</i> ***	Poaceae				✓
<i>Sida cordifolia</i> *	Malvaceae			✓	✓
Não identificada 1		✓		✓	
Não identificada 2		✓	✓		
Não identificada 3		✓	✓		
Não identificada 4		✓			
Não identificada 5		✓	✓		
Não identificada 6			✓		
Não identificada 7					✓
Total		12	14	10	11

5 CONCLUSÕES

1. *Opuntia ficus-indica* promove a melhoria das condições ambientais na área degradada estudada, principalmente em condições fertilizadas, já que aumenta a própria biomassa e favorece a colonização de plantas acompanhantes.
2. A fertilização por nutrientes promove a melhoria das condições de biomassa na área fertilizada, entretanto promove a entrada de espécies exóticas invasoras do gênero *Urochloa*.
3. Projetos de recuperação ambiental necessitam avaliar qual é a prioridade da intervenção. Caso a prioridade momentânea seja aumentar a biomassa local, recomenda-se a fertilização, mesmo à custa da chegada de espécies exóticas invasoras. Caso a prioridade seja a manutenção da biodiversidade, recomenda-se manter as áreas livres de espécies exóticas invasoras, portanto livres de fertilização.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALGARO, H.F. *et al.* (2008). **Adubação química e orgânica na recuperação da fertilidade de subsolo degradado e na micorrização do *Stryphnodendron polyphyllum***. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 32, p. 1337-1347.

ALVARES, C. A. *et al.* (2014). **climate classification map for Brazil**. Meteorologische Zeitschrift, Stuttgart, v.22, n. 6, p. 711-728.

ALVES, M. C.; NASCIMENTO, V.; SOUZA, Z. M. (2012). **Recuperação em área de empréstimo usada para construção de usina hidrelétrica**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 16(8), 887-893. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662012000800011>.

BARCELOS, M. F. P. (1998). **Ensaio tecnológico, bioquímico e sensorial de soja e guandu enlatados no estágio verde e maturação da colheta**. 1998. 160 f. Tese (Doutorado em Nutrição) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

BONI, T. S. *et al.* (2022). **Xylopia aromatica: crescimento inicial e status nutricional de mudas em solo degradado condicionado com resíduos**. Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento, v. 11, n. 6, pág. e59211528582-e59211528582.

BORLAUG, N.E. (2002). **Feeding a world of 10 billion people: the miracle ahead**. In: R. Bailey (ed.). **Global warming and Other eco-myths**. pp. 29-60. Competitive Enterprise Institute, Roseville, EUA.

BRASIL. **Ministério do Meio Ambiente**. O bioma cerrado. Disponível em: Acesso em: 10 de novembro de 2023

BUSTAMANTE, M.M.C *et al.* (2006). **Nitrogen cycling in tropical and temperate savannas**. Biogeochem 79:209–237.

CARLOS, A. T. G.; EDSON, B. L. (2012). **Produção de Mudras de Palma Forrageira Utilizando Fragmentos de Cladódios**, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semiárido.

CARNEIRO, M.A.C *et al.* (1996). **Fungos micorrízicos e superfosfato no crescimento de espécies arbóreas tropicais**. Scientia Forestalis, v.50, p.21-36.

CASSIDY, T.M.; FOWNES, J.H.; HARRINGTON RA (2004). **Nitrogen limits an invasive perennial shrub in forest understory**. Biol Inv 6: 113–121.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE SÃO PAULO- CESP (1988). **Ilha Solteira: a cidade e a usina**. São Paulo: CESP.

COUTINHO, L.M. (2006). **O conceito de bioma**. Acta Botânica Brasílica, São Paulo, v.20, n.1, p.13-23.

COUTINHO, L.M. (1982). **Aspectos ecológicos da saúva no cerrado – os murundus de terra, as características psamofíticas das espécies de sua vegetação e a sua invasão pelo capim gordura**. Revista Brasileira de Biologia 42: 147–153

CRONK, Q.C.; FULLER, J.L (1995). **Plant Invaders**. Chapman and Hall, London.

DAEHLER, C.C (2003). **Performance comparisons of co-occurring native and invasive grasses: implications for conservation and restoration**. Ann Rev Ecol Evol Syst 34:183–211

DE LOLLO, J. A., MANSINI, B.P.; SUMAN, C. J. (2016). **Modelo linear de mistura espectral na identificação de áreas degradadas por empréstimo de solo, Ilha Solteira - Brasil**. Revista De Geología Aplicada a La Ingeniería Y Al Ambiente, (30), 13–22.

DEMATTE, J.L.I. (1980). Levantamento detalhado dos solos do “**Campus experimental de Ilha Solteira**”. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", p.11-31.

DUBEUX, J.R.; J. C. B. *et al.* (2006). **Productivity of *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller under different N and P fertilization and plant population in north-east Brazil**. Journal of Arid Environments, v. 67, n. 3, p. 357-372.

EITEN, G. (1977). **Delimitação do conceito de Cerrado**. Arquivos do Jardim Botânico, Rio de Janeiro 21: 125-134.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). (1999). **Sistema brasileiro de classificação de solo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 412p

FARDIN, F. H. *et al.* (2021). **Restauração ecológica de subsolo exposto condicionado com resíduos no Cerrado**. Scientia Forestalis, 49(130), e3452. <https://doi.org/10.18671/scifor.v49n130.17>

FARIA, S.M.; CHADA, S.S. (2007). **Interação microrganismo e plantas na recuperação de áreas degradadas**. Disponível em: www.rc.unesp.br. Acesso em 25 de março de 2007.

FARIAS, I. *et al.* (1984). **Cultivo de palma forrageira em Pernambuco**. IPA, Recife, PE, Brazil.

FURLANI, A.M.C (2004). **Nutrição Mineral**. Em: Kerbauy GB *Fisiologia Vegetal*. 2ª ed. Editora Guanabara Koogan, Rio de Janeiro. p. 40-75.

GIÁCOMO, R. G. *et al.* (2019). **Atributos químicos de um solo degradado após aplicação de composto orgânico e crescimento de *Mabea fistulifera* Mart**. Ciência Florestal, v. 29, p. 754-768.

GOEDERT, W.J (1983). **Management of the Cerrado soils of Brazil: a review**. J Soil Sci 34:405–428

GONZALEZ, C.L., (1989). **Potential of fertilization to improve nutritive value of pricklypear cactus (*Opuntia lindheimeri* Engelm.)**. Journal of Arid Environment 16, 87–94.

GROVES, R.H.; BURDEN, J.J (1986). **Ecology of Biological Invasions**. Cambridge University Press, Cambridge

HARIDASAN, M. (1982). **Aluminum accumulation by some Cerrado native species in Central Brazil**. Plant and Soil 65: 265-273.

HARIDASAN, M. (2000). **Nutrição mineral de plantas nativas do Cerrado**. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 12 (1): 54-64.

KLINK, C.A (1996). **Germination and seedling establishment of two native and one invading African species in the Brazilian cerrado**. Journal of Tropical Ecology 12: 139–147

KOBIYAMA, M.; MINELLA, L. P. G.; FABRIS, R. (2001). **Áreas degradadas e sua recuperação**. Informe agropecuário, Belo Horizonte. v. 22. n. 210, p. 10-17.

LAHSEN, M.; BUSTAMANTE, M.C.; DALLA-NORA, E. L. (2016). **Undervaluing and overexploiting the Brazilian Cerrado at our peril**. Environment: science and policy for sustainable development, [S. l.], v. 58, n. 6, p. 4-15
<https://doi.org/10.1080/00139157.2016.1229537>.

LANNES, L.S. *et al.* (2016). **Native and alien herbaceous plants in the Brazilian Cerrado are (co-)limited by different nutrients**. *Plant Soil* 400, 231–243.
<https://doi.org/10.1007/s11104-015-2725-9>

LEITE, M. R.; CASSIOLATO, A. M. R.; LANNES, L. S. (2019). ***Urochloa decumbens* Has Higher Mycorrhizal colonization in degraded than in pristine áreas in the Brazilian Cerrado**. *Floresta e Ambiente*, v.26.

MACHADO, R.B. (2004). **Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro.** Conservação Internacional, Brasília, DF.

MAUSETH, J. D. (2006). **Structure-function relationships in highly modified shoots of Cactaceae.** *Annals of Botany*, v.98, p.901-926.

MENDES, F.P.F. (2004). **Potencial de reabilitação do solo d uma área degradada, através da revegetação e do manejo microbiano.** 105f . Tese (Doutorado em Agronomia Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/Universidade de São Paulo. Piracicaba.

MITTERMEIER, R.A. *et al.* (1982). **Conservation of primates in the Atlantic Forest region of eastern Brazil.** *International Zoo Yearbook* 22: 2-17.

MOREIRA, P. R. (2004). **Manejo do solo e recomposição da vegetação com vistas a recuperação de áreas degradadas pela extração de bauxita.** Poços de Caldas, MG. Rio Claro: UNESP, 139p. Tese Doutorado

NOBEL, P. S. C. (2002). **Biology and Uses.** California: Regents of the University of California. 280 p.

NOBEL, P.S. *et al.* (1987). **Nutrient relations and productivity of prickly pear cacti.** *Agronomy Journal* 79, 550–555.

NOBEL, P.S.; BARBERA, G., *et al.* (1995). **Agro-Ecology, Cultivation and Uses of Cactus Pear.** FAO, Rome, pp. 36–48.

NOVOA, A.; LE R.J.J., ROBERTSON, M.P., WILSON, J.R.U., RICHARDSON, D.M., (2015). **Introduced and invasive cactus species: a global review.** *AoB PLANTS*. 7.

PERETTI, J.H (1998) **Nativism and Nature: Rethinking Biological Invasion.** *Environmental Values*, 7: 183–192

PIVELLO, V.R.; SHIDA, C.N.; MEIRELLES, S.T. (1999). **Alien grasses in Brazilian savannas: a threat to the biodiversity.** *Biodiversity and Conservation* 8, 1281–1294. <https://doi.org/10.1023/A:1008933305857>

POWER, J. F.; MYERS, R. J. K. (1889). **The maintenance or improvement of farming systems in North America and Australia.** INTERNATIONAL CONFERENCE SPONSORED, 1989, Saskatoon, Canada. Proceedings. Soil quality in semi-arid agriculture. Saskatoon: Canadian Int. Development Agency/Univ. of Saskatchewan – Saskatchewan Inst. of Pedology, p. 273-292.

RIBEIRO, J.F., S.M. SANO.; J.A. DA SILVA. (1981). **Chave preliminar de identificação dos tipos fisionômicos da vegetação do Cerrado.** pp. 124-133 In: Anais do XXXII Congresso Nacional de Botânica. Sociedade Botânica do Brasil, Teresina, Brasil.

RODRIGUES, G. B.; MALTONI, K. L.; CASSIOLATO, A. M. R. (2007). **Dinâmica da regeneração do subsolo de áreas degradadas dentro do bioma Cerrado.** *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 11(1), 73-80. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662007000100010>

RODRIGUES, G. B.; MALTONI, K. L.; CASSIOLATO, A. M. R. (2007). **Dinâmica de regeneração do subsolo de áreas degradadas dentro do bioma Cerrado.** *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 11, p. 73-80.

ROSA, P. A. L. *et al.* (2014). **Recuperação de um solo de cerrado após 19 anos: ocorrência espontânea de espécies arbóreas.** *Revista de Agricultura Neotropical*, Cassilândia, v. 1, n. 1, p. 44-57. <https://doi.org/10.32404/rean.v1i1.221>.

SANTOS, V. L. S.; SILVA, C. F. PEREIRA, M. G; BERBARA, R. L. L. (2018). **Comunidades de fungos arbusculares e glomalina em ecossistemas de Mata Seca, Brasil.** *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata*, v. 117, p. 13-21.

SHARPLEY, A.; JARVIE, H.P.; BUDA, A. M. L.; SPEARS, B.; KLEINMAN, P. (2014) **Phosphorus legacy: overcoming the effects of past management practices to mitigate future water quality impairment.** J Environ Qual 42:1308–1326

TEIXEIRA, D.S.; LANNES, L.S. (2015). **Recuperação de área de empréstimo em resposta a quinze meses de aplicação de resíduo animal.** Anais do XI Encontro de Ciências da Vida Ciência no desenvolvimento social e profissional, p. 76.

TOMASSEN, H.B.M. *et al.* (2004). **Expansion of invasive species on ombrotrophic bogs: dessication or high N deposition.** J Appl Ecol 41:139– 150

VERAS, R.M.L. *et al.* (2002). **Farelo de palma forrageira (*Opuntia ficusindica* Mill.) em substituição ao milho. 1. Digestibilidade aparente de nutrientes.** Revista Brasileira Zootecnia 31, 1302–1306.

VIANA, O.J. (1969). **Pastagens de cactáceas nas condições do Nordeste.** Zootecnia 7, 55–61.

WILLIAMSON, M. (1996). **Biological Invasions.** Chapman & Hall, London

Apêndice 1 – Espécies acompanhantes da palma forrageira, altura da vegetação (cm), número de ramificações da(s) palma(s) forrageira(s) e biomassa da(s) palma(s) forrageira(s) (g) nos quadrados de 0,5 x 0,5 m posicionados nas linhas de plantio. Note em “número de ramificações” que alguns quadrados apresentaram uma palma forrageira a mais, de surgimento espontâneo.

Quadrado	Espécies acompanhantes	Altura da vegetação	Número de ramificações	Biomassa
NÃO FERTILIZADAS				
1	<i>Stylosanthes guianensis</i>	6,5	1	0,040
2	<i>Stylosanthes guianensis</i>	9,0	1	0,035
3	<i>Stylosanthes guianensis</i> <i>Zornia sp.</i>	9,0	0	0,025
4	<i>Stylosanthes guianensis</i>	4,5	0	0,020
5	<i>Curatella americana</i>	10,0	2	0,025
6	<i>Waltheria indica</i>	3,5	2	0,020
7	<i>Stylosanthes guianensis</i>	5,5	0	0,025
8	<i>Chamaecrista flexuosa</i> <i>Hyparrhenia rufa</i>	2,5	2	0,018
9	<i>Urochloa decumbens</i> <i>Hyparrhenia rufa</i>	5,0	0	0,025
10	<i>Hyparrhenia rufa</i>	6,0	0	0,015
11	<i>Hyparrhenia rufa</i>	9,5	2	0,025
12	<i>Curatella americana</i> <i>Stylosanthes guianensis</i> <i>Zornia sp.</i>	15,0	2	0,050
13	<i>Stylosanthes guianensis</i> Não identificada 1 Não identificada 2	2,5	2	0,030
14	<i>Waltheria indica</i> <i>Chamaecrista flexuosa</i> Não identificada 2 Não identificada 3	15,5	2	0,075
15	<i>Chamaecrista serpens</i> Não identificada 1 Não identificada 2	14,7	2	0,055
16	<i>Chamaecrista serpens</i> <i>Zornia sp.</i>	12,7	2	0,045
17	Não identificada 4	13,2	2	0,050
18	<i>Hyparrhenia rufa</i> Não identificada 4	6,5	2	0,025
19	Não identificada 1 <i>Hyparrhenia rufa</i> <i>Chamaecrista serpens</i>	6,8	2	0,048

	<i>Zornia sp.</i> <i>Chamaecrista flexuosa</i> Não identificada 3			
20	<i>Hyparrhenia rufa</i> Não identificada 1 Não identificada 3	10,2	2	0,025
21	<i>Hyparrhenia rufa</i> Não identificada 3	10,7	0	0,035
22	<i>Hyparrhenia rufa</i> <i>Waltheria indica</i>	10,2	0	0,040
23	<i>Waltheria indica</i> <i>Chamaecrista flexuosa</i>	10,2	2	0,038
24	<i>Hyparrhenia rufa</i> <i>Chamaecrista flexuosa</i> <i>Borreria tenella</i>	14,7	0	0,040
25	<i>Chamaecrista flexuosa</i> <i>Hyparrhenia rufa</i> <i>Chamaecrista serpens</i> <i>Borreria tenella</i> <i>Stylosanthes guianensis</i> Não identificada 3	12,5	2	0,055
26	<i>Borreria tenella</i> <i>Hyparrhenia rufa</i> Não identificada 3	19,7	2	0,065
27	<i>Waltheria indica</i> <i>Hyparrhenia rufa</i> <i>Chamaecrista flexuosa</i>	9,7	2	0,050
28	<i>Chamaecrista flexuosa</i> <i>Hyparrhenia rufa</i>	13,0	2	0,055
29	<i>Chamaecrista flexuosa</i> <i>Hyparrhenia rufa</i>	12,5	1	0,030
FERTILIZADAS				
1	<i>Stylosanthes guianensis</i> Não identificada 3	30,0	3	0,085
2	<i>Waltheria indica</i>	16,0	2	0,065
3	<i>Chamaecrista serpens</i> Não identificada 2	18,5	2	0,185
4	Não identificada 2	26,0	7	0,305
5	<i>Chamaecrista flexuosa</i> Não identificada 2 Não identificada 5	25,5	4,5	0,190
6	<i>Chamaecrista flexuosa</i> <i>Borreria tenella</i> <i>Stylosanthes guianensis</i> Não identificada 2 Não identificada 3 Não identificada 6	27,5	5,5	0,230

7	<i>Waltheria indica</i> <i>Hyparrhenia rufa</i> <i>Chamaecrista flexuosa</i> <i>Stylosanthes guianensis</i> <i>Borreria tenella</i> Não identificada 3	29,0	4	0,155
8	<i>Chamaecrista flexuosa</i> Não identificada 3	17,0	4	0,120
9	<i>Chamaecrista serpens</i> <i>Hyparrhenia rufa</i> Não identificada 3	13,5	4	0,035
10	<i>Hyparrhenia rufa</i>	5,0	4	0,030
11	<i>Chamaecrista flexuosa</i>	17,0	3	0,035
12	<i>Borreria tenella</i>	16,0	4	0,048
13	<i>Hyparrhenia rufa</i>	15,75	3	0,070
14	Não houve	10,0	2	0,030
15	Não houve	17,0	4	0,075
16	Não houve	6,5	2	0,036
17	<i>Hyparrhenia rufa</i>	15,0	3	0,075
18	<i>Chamaecrista flexuosa</i>	12,0	3	0,080
19	Não identificada 3	8,5	2	0,030
20	<i>Waltheria indica</i> <i>Chamaecrista serpens</i>	19,5	5	0,045
21	<i>Waltheria indica</i>	18,5	4	0,050
22	<i>Waltheria indica</i> <i>Hyparrhenia rufa</i> <i>Stylosanthes guianensis</i>	17,0	3	0,050
23	<i>Hyparrhenia rufa</i> <i>Chamaecrista flexuosa</i>	15,75	1,5	0,040
24	<i>Stylosanthes guianensis</i>	6,5	2	0,040
25	<i>Chamaecrista flexuosa</i> <i>Waltheria indica</i> Não identificada 5	11,0	2	0,020
26	<i>Waltheria indica</i> Não identificada 5	22,25	5	0,205
27	<i>Hyparrhenia rufa</i>	12,0	2	0,025
28	<i>Hyparrhenia rufa</i>	4,5	2	0,020
29	<i>Stylosanthes guianensis</i> <i>Chamaecrista flexuosa</i> <i>Hyparrhenia rufa</i>	25,0	3	0,040
30	<i>Fimbristylis autumnalis</i>	4,0	3,5	0,110
31	<i>Chamaecrista flexuosa</i> Não identificada 3	13,5	5,5	0,175
32	<i>Paspalum plicatulum</i> <i>Hyparrhenia rufa</i> <i>Stylosanthes guianensis</i>	5,0	2	0,020
33	<i>Paspalum plicatulum</i> <i>Hyparrhenia rufa</i> <i>Stylosanthes guianensis</i>	16,7	6,5	0,135

34	<i>Hyparrhenia rufa</i> <i>Chamaecrista flexuosa</i> <i>Stylosanthes guianensis</i>	14,2	4	0,130
35	<i>Paspalum plicatulum</i> <i>Waltheria indica</i> <i>Stylosanthes guianensis</i> <i>Chamaecrista flexuosa</i> <i>Borreria tenella</i>			
36	<i>Urochloa decumbens</i> <i>Waltheria indica</i> <i>Chamaecrista flexuosa</i> <i>Hyparrhenia rufa</i> Não identificada 3	24,0	9	0,395
37	<i>Hyparrhenia rufa</i> <i>Stylosanthes guianensis</i> <i>Waltheria indica</i> <i>Urochloa decumbens</i>	16,7	3,5	0,125
38	<i>Stylosanthes guianensis</i> <i>Hyparrhenia rufa</i> <i>Cyperus campestris</i> <i>Paspalum plicatulum</i>	19,5	4	0,060
39	<i>Cyperus campestris</i> <i>Hyparrhenia rufa</i> <i>Stylosanthes guianensis</i>	26,0	8	0,110
40	<i>Stylosanthes guianensis</i> <i>Hyparrhenia rufa</i>	21,5	4,5	0,140
41	<i>Paspalum plicatulum</i>	14,7	4	0,118