

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

CAROLINE MILHEIRO DA SILVA

**POTENCIAL DE USO DE PLANTAS NATIVAS E EXÓTICAS PARA
RECUPERAÇÃO AMBIENTAL NO CERRADO**

**Ilha Solteira - SP
Junho, 2023**

CAROLINE MILHEIRO DA SILVA

**POTENCIAL DE USO DE PLANTAS NATIVAS E EXÓTICAS PARA
RECUPERAÇÃO AMBIENTAL NO CERRADO**

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

Lucíola Santos Lannes
Orientadora

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

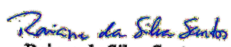
S586p Silva, Caroline Milheiro da.
Potencial de uso de plantas nativas e exóticas para recuperação ambiental
no cerrado / Caroline Milheiro da Silva. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2023
56 f. : il.

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

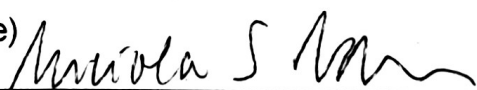
1. Germinação . 2. Luz. 3. Nutrientes. 4. Recuperação . 5. Gramíneas .


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

ATA DE DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**"POTENCIAL DE USO DE PLANTAS NATIVAS E EXÓTICAS PARA
RECUPERAÇÃO AMBIENTAL NO CERRADO"****CAROLINE MILHEIRO DA SILVA****REGULAMENTO SOBRE A AVALIAÇÃO:**

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

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

COMISSÃO EXAMINADORA**1ª EXAMINADORA (Orientadora-Presidente)**Nome: Profa. Dra. Lucíola Santos Lannes **2º EXAMINADOR**Nome: Prof. Dr. Sérgio Luis de Carvalho **3º EXAMINADOR**Nome: Doutorando Lucas Lopes e Silva **CONCEITO**☒ Aprovado(a)☐ Reprovado(a)

Ilha Solteira-SP, 05 de junho de 2023.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é a junção de dois estudos de iniciação científica realizados durante a minha graduação, intitulados "Germinação de plantas nativas e exóticas de Cerrado sob diferentes tipos de fertilização e variação em disponibilidade luminosa" e "Utilização de gramíneas de Cerrado para recuperação de área de empréstimo". Ambos foram desenvolvidos com o apoio da bolsa do Programa institucional de bolsas de iniciação científica (PIBIC) edital 01/2020 e edital 04/2021 respectivamente, do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Aproveito para agradecer ao CNPq pelo financiamento dos dois projetos.

Gostaria de expressar minha profunda gratidão à minha orientadora Lucíola Santos Lannes. Sua orientação, suporte e sabedoria foram essenciais para o sucesso deste trabalho. Além de transmitir conhecimentos técnicos e teóricos, a Prof^a Dr^a Lucíola me proporcionou um ambiente de aprendizado saudável, em que pude crescer não apenas como estudante, mas como pessoa. Sou grata por ter tido a oportunidade de aprender com alguém tão dedicada, inspiradora e acolhedora.

Agradeço aos meus colegas do Laboratório de Ecologia Vegetal, pela colaboração e troca de ideias durante o desenvolvimento destes projetos. Cada ajuda foi fundamental para o êxito das pesquisas e sou grata por termos compartilhado conhecimentos e experiências ao longo deste tempo.

À minha mãe Juliane Milheiro, que nunca saiu do meu lado nem nos momentos mais difíceis que passei durante todo esse tempo e sempre se dedicou incansavelmente para que eu tivesse as melhores oportunidades e também acreditou no meu potencial e escolhas.

Ao meu companheiro Vinicius por todo apoio e incentivo que ele me deu durante a realização deste trabalho, sempre me encorajando a seguir em frente, mesmo nos momentos mais desafiadores.

Aos meus amigos que fiz durante a graduação e à aqueles que permanecem até hoje ao meu lado sempre estando presente quando precisei.

À Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira por proporcionar uma formação de qualidade, com professores dedicados e estrutura física e tecnológica, que permitiu o desenvolvimento das pesquisas.

E agradeço a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

Os solos do Cerrado geralmente possuem baixa disponibilidade de nutrientes, o que resulta em competição entre as plantas por esses recursos. Além disso, a competição por luz também é um fator importante para o sucesso vegetal nesse bioma. As gramíneas africanas, como *Melinis minutiflora* e *Urochloa decumbens*, foram introduzidas no Brasil como forrageiras e têm se estabelecido no ambiente do Cerrado, muitas vezes superando as plantas nativas em termos de biomassa aérea. A vantagem competitiva dessas espécies exóticas invasoras sobre as plantas nativas ainda não é totalmente compreendida. Este estudo foi conduzido para investigar se as espécies de plantas nativas (*Setaria parviflora* e *Sporobolus indicus*), exóticas naturalizadas (*Digitaria insularis* e *Hyparrhenia rufa*) e exóticas invasoras (*Melinis minutiflora* e *Urochloa decumbens*) do Cerrado apresentam diferenças na germinação em resposta a diferentes níveis de intensidade luminosa e disponibilidade de nutrientes. Foram realizados dois experimentos em laboratório, onde diferentes espécies foram submetidas a tratamentos de fertilização e níveis de intensidade luminosa. No primeiro experimento, a adição de nutrientes teve um efeito negativo na germinação das espécies estudadas, com algumas espécies apresentando melhor germinação no controle. No segundo experimento, uma das espécies exóticas naturalizadas apresentou melhor germinação em condições de ausência de luz. Além disso, em outra pesquisa, foram realizados experimentos em casa de vegetação para avaliar se as gramíneas nativas do Cerrado *Chloris barbata* e *Setaria parviflora* possuem atributos que possam promover a melhoria da qualidade ambiental em uma área degradada. Os resultados indicaram que, em solos previamente fertilizados e não fertilizados, a espécie nativa *C. barbata* pode ser uma boa alternativa para substituir as espécies exóticas invasoras em projetos de recuperação ambiental de áreas campestres no Cerrado. Esses estudos sugerem que as gramíneas nativas do Cerrado mostraram potencial para substituir as invasoras em projetos de recuperação ambiental, dependendo das condições específicas do solo e dos tratamentos aplicados.

Palavras-chave: Germinação, luz, nutrientes, recuperação, gramíneas.

ABSTRACT

Cerrado soils have low nutrient availability, leading to competition among plants for these resources. In addition, competition for light is also an important factor in plant competition in this biome. African grasses such as *Melinis minutiflora* and *Urochloa decumbens* were introduced to Brazil as forage species and have established themselves in the Cerrado, often outcompeting native plants in terms of aerial biomass. However, the competitive advantage of these invasive exotic species over native plants is not yet fully understood. This study was conducted to investigate whether native plant species (*Setaria parviflora* and *Sporobolus indicus*), naturalized exotic (*Digitaria insularis* and *Hyparrhenia rufa*) and invasive exotic (*Melinis minutiflora* and *Urochloa decumbens*) species from the Cerrado present differences in germination in response to different levels of light intensity and nutrient availability. Two experiments were carried out in the laboratory, where different species were subjected to fertilization treatments and light intensity levels. In the first experiment, the addition of nutrients promoted a negative effect on the germination of the studied species, with some species showing better germination in the control group. In the second experiment, one of the naturalized exotic species showed better germination under conditions of light absence. In addition, in another research, experiments were carried out in a greenhouse to assess whether the native grasses of the Cerrado, *Chloris barbata* and *Setaria parviflora*, have attributes that can promote the improvement of environmental quality in a degraded area. The results indicated that, in previously fertilized and non-fertilized soils, the native species *C. barbata* can be a good alternative to replace invasive exotic species in projects for the environmental recovery of grassland areas in the Cerrado. These studies suggest that native Cerrado grasses have the potential to replace invasive species in environmental restoration projects, depending on specific soil conditions and applied treatments.

Keywords: Germination, light, nutrients, recovery, grasses.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	7
2. OBJETIVOS E HIPÓTESES.....	10
3. MATERIAL E MÉTODOS	11
3.1 Germinação de plantas nativas e exóticas de Cerrado sob diferentes tipos de fertilização e variação em disponibilidade luminosa.....	11
3.2 Utilização de gramíneas de Cerrado para recuperação de área de empréstimo	16
4. RESULTADOS	18
4.1 Germinação de plantas nativas e exóticas de Cerrado sob diferentes tipos de fertilização e variação em disponibilidade luminosa.....	18
4.2 Utilização de gramíneas de Cerrado para recuperação de área de empréstimo	25
5. DISCUSSÃO.....	30
6. CONCLUSÃO	37
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
APÊNDICE A – Resultado do experimento de nutrientes em <i>D. insularis</i> ;	44
APÊNDICE B – Resultado do experimento de nutrientes em <i>H. rufa</i> ;	45
APÊNDICE C – Resultado do experimento de nutrientes em <i>M. minutiflora</i> ;	46
APÊNDICE D – Resultado do experimento de nutrientes em <i>S. parviflora</i> ;	47
APÊNDICE E – Resultado do experimento de nutrientes em <i>S. indicus</i> ;	48
APÊNDICE F – Resultado do experimento de nutrientes em <i>U. decumbens</i> ;	49
APÊNDICE G – Resultado do experimento dos três tratamentos de luminosidade em <i>D. insularis</i> . Réplica 1;	50
APÊNDICE H – Resultado do experimento dos três tratamentos de luminosidade em <i>H. rufa</i> . Réplica 1;	51
APÊNDICE I – Resultado do experimento dos três tratamentos de luminosidade em <i>M. minutiflora</i> . Réplica 1;	52
APÊNDICE J – Resultado do experimento dos três tratamentos de luminosidade em <i>S. parviflora</i> . Réplica 1;	53
APÊNDICE K – Resultado do experimento dos três tratamentos de luminosidade em <i>S. indicus</i> . Réplica 1;	54
APÊNDICE L – Resultado do experimento dos três tratamentos de luminosidade em <i>U. decumbens</i> . Réplica 1.	55
APÊNDICE M – Comparação dos vasos no 1º dia, 60º dia e 128º dia do experimento.....	56

1. INTRODUÇÃO

O Cerrado é o segundo maior bioma do país, ocupando cerca de 22% do território nacional, apresentando uma enorme diversidade de clima, fisiografia de solo, vegetação e fauna, considerado como um dos *hotspots* de biodiversidade do mundo (BRASIL, 2020; COUTINHO, 2000; MENDONÇA *et al.*, 2008; MYERS *et al.*, 2000). No entanto, o desenvolvimento de operações agrícolas, que já converteram metade dos 2 milhões de km² originais do Cerrado em pastagens, culturas anuais e outras formas de uso, resultou em uma perda substancial de habitat para o bioma (KLINK; MACHADO, 2005). Embora Terras Indígenas, Unidades de Conservação e Reservas Legais sejam importantes para a preservação da biodiversidade do Cerrado, ainda há uma estimativa de que 41% do bioma sejam utilizados para fins antrópicos (BONANOMI *et al.*, 2019).

Nas áreas degradadas do Cerrado, a recuperação ambiental é um instrumento fundamental para restabelecer a funcionalidade do ecossistema. Segundo Corrêa (2007), Machado, R., *et al.* (2004) e Machado, V., *et al.* (2013), utilizar um banco de sementes com espécies que tenham capacidade de revegetar a área de forma espontânea ou com aplicação de fertilizantes poderia ser uma solução promissora para a recuperação de habitats danificados. Dependendo da natureza e grau de degradação do local, outras estratégias também podem ser utilizadas, como sucessão ecológica, sistemas agroflorestais, sistemas silviculturais, sistemas silvipastoris e sistemas agrossilvipastoris (BALIEIRO; TAVARES, 2008), regeneração natural, enriquecimento e plantio convencional (DURIGAN *et al.*, 2011). Segundo Durigan *et al.* (2011), a abordagem deve ser escolhida com base na probabilidade de regeneração natural da estrutura e na restauração da diversidade da flora do Cerrado, que deve ser avaliada pelo menos um ano após a erradicação de todos os agentes de impacto. Além disso, é crucial o manejo de espécies invasoras em projetos de recuperação ambiental por meio de uma variedade de técnicas de manejo, incluindo manejo de habitat, uso de fogo, isolamento de áreas, bancos de sementes e métodos mecânicos, químicos ou biológicos (MACHADO *et al.*, 2013; MARTINS *et al.*, 2011; PIVELLO, 2011) e após o controle devido, para evitar o retorno e a expansão dessas espécies, a implementação de um programa de monitoramento contínuo pode ser uma boa alternativa (MARTINS *et al.*, 2011). A utilização de estratégias de recuperação ambiental no Cerrado é fundamental para a preservação dos serviços

ecossistêmicos e da biodiversidade, garantindo o bem-estar das populações próximas e garantindo a sustentabilidade socioambiental da área.

Com a chegada das gramíneas africanas no Brasil para serem utilizadas como forrageiras, houve uma rápida disseminação dessas plantas em todas as áreas do Cerrado, o que acabou dominando o ambiente e superando as espécies nativas em algumas dessas áreas (LANNES *et al.*, 2016; PIVELLO *et al.*, 1999a). Devido à sua facilidade em alterar condições ambientais e a disponibilidade de recursos, essas invasoras superam as nativas em diversos fragmentos do Cerrado (D'ANTONIO; VITOUSEK, 1992; LANNES *et al.*, 2016; PIVELLO; SHIDA; MEIRELLES, 1999; PIVELLO *et al.*, 1999). Entre elas, *Urochloa decumbens* (Capim-braquiária) e *Melinis minutiflora* (Capim-gordura) são as mais utilizadas para a recuperação de áreas degradadas no Cerrado, por apresentarem características fisiológicas que permitem um crescimento vigoroso em solos pobres em nutrientes (BONINI *et al.*, 2010; LANNES *et al.*, 2020; MARTINS; LEITE; HARIDASAN, 2001) e por estarem invadindo ambiente climaticamente semelhante ao habitat de origem, a savana africana, de onde essas espécies são originárias (PIVELLO, 2011; ZUPO, 2010).

O uso de plantas nativas do Cerrado é um desafio importante na recuperação de áreas degradadas, especialmente no que diz respeito à germinação das sementes. Diversos fatores podem influenciar positivamente ou negativamente a germinação de uma determinada gramínea como: temperatura, luminosidade, nutrientes, fogo e outros animais (CARMONA; MARTINS; FÁVERO, 1998; OLIVEIRA *et al.*, 2019) o que pode dificultar na restauração desses ecossistemas. Por outro lado, as espécies exóticas invasoras são capazes de se desenvolver e se espalhar rapidamente em regiões degradadas porque muitas vezes são bem adaptadas às condições climáticas do Cerrado e apresentam altas taxas de germinação e crescimento (LANNES *et al.*, 2016; PIVELLO; SHIDA; MEIRELLES, 1999). Como o processo de germinação das sementes e estabelecimento das plantas pode levar anos e requer atenção especial para garantir o bom desenvolvimento das mudas, utilizar plantas nativas para restaurar regiões danificadas torna-se ainda mais difícil.

Ecologicamente, faz sentido discriminar as gramíneas do Cerrado em três grupos funcionais com base em sua origem. Isso porque, dados os exemplos acima mencionados, espera-se que plantas de origens diferentes também comportem-se de maneiras distintas face a variação em disponibilidade de nutrientes e luz. Portanto, três categorias de gramíneas de Cerrado são (i) plantas nativas, aquelas oriundas da

flora brasileira, (ii) plantas naturalizadas, são plantas exóticas, porém não se espalham no ambiente a ponto de prejudicarem as plantas nativas e (iii) plantas invasoras, que são aquelas exóticas que se espalham a ponto de ameaçar as plantas nativas (FLORA E FUNGA DO BRASIL, 2022).

O solo do Cerrado possui uma baixa disponibilidade de nutrientes como N, P, Ca e Mg, e com o aumento na concentração desses elementos os processos biogeoquímicos podem se alterar conforme a quantidade e a interação entre a planta e o solo (JACOBSON, 2009). Lannes *et al.* (2020) detectaram que as gramíneas exóticas invasoras *M. minutiflora* e *U. decumbens* conseguem se desenvolver muito bem em áreas naturais, não fertilizadas, porque captam mais P do que as plantas nativas devido ao seu maior desenvolvimento radicular e à consequente maior taxa de absorção de P no solo em comparação a plantas nativas. Além disso, em outro estudo as gramíneas africanas exóticas *M. minutiflora* e *U. decumbens* mostraram que elas respondem melhor à adição de P enquanto as nativas tiveram um resultado melhor com o tratamento de 'cátions' (LANNES *et al.*, 2016), mais especificamente o boro (B) (LANNES *et al.*, 2020b), indicando que tais invasoras também se desenvolvem bem em áreas antropizadas, fertilizadas.

Em relação à luz, o estudo de Castro e Garcia (1999) investigou a produtividade, concentração de nitrogênio e atributos morfológicos de seis gramíneas através de três níveis de sombreamento artificial, na qual duas das estudadas eram *M. minutiflora* e *U. decumbens*, a partir disso, concluiu-se que a *M. minutiflora* foi a menos tolerante à baixa luminosidade e a *U. decumbens* obteve uma diminuição na produção de matéria seca no tratamento de sombreamento crescente, além disso todas as espécies aumentaram o teor de N foliar com a redução de luminosidade. Os autores concluem que a competição por luminosidade é mais importante do que por nutrientes devido à interferência da parte aérea de uma planta sobre outra, e que o sucesso de uma espécie em um ambiente muitas vezes depende da planta continuar fotossintetizando mesmo com baixa disponibilidade de luz.

Portanto, estudar se as espécies exóticas já possuem algum benefício na fase de germinação em relação à luminosidade e nutrição em comparação às nativas é importante para que possa verificar se há potencialidades de espécies nativas substituírem as exóticas em projetos de recuperação ambiental em áreas campestres do Cerrado. Apesar dos desafios, é importante buscar alternativas viáveis e sustentáveis para o uso de plantas nativas na recuperação de áreas degradadas do

Cerrado, visando a conservação da biodiversidade e a restauração desses ecossistemas essenciais para o equilíbrio ambiental.

2. OBJETIVOS E HIPÓTESES

O presente estudo teve como objetivo verificar se espécies de plantas nativas, exóticas naturalizadas e exóticas invasoras de Cerrado apresentam germinação diferenciada face a diferentes níveis de intensidade luminosa e disponibilidade de nutrientes, e se as gramíneas nativas de ampla distribuição no Cerrado *Chloris barbata* (Capim-pé-de-galinha) e *Setaria parviflora* (Capim-rabo-de-raposa) possuem atributos que possam promover a melhoria da qualidade ambiental em uma área degradada (área de empréstimo), visando substituir as exóticas invasoras *Melinis minutiflora* e *Urochloa decumbens* em projetos de recuperação ambiental de áreas campestres no Cerrado. Além disso, acredita-se que a integração desses dois estudos pode contribuir para o desenvolvimento de estratégias mais efetivas na recuperação de áreas degradadas do Cerrado e fornecer subsídios no que diz respeito à Ecologia de invasões e à resposta de germinação e crescimento inicial de gramíneas em solos fertilizados com N e P. Nesse sentido, foram elaboradas as seguintes hipóteses:

- H1: As espécies exóticas invasoras apresentam uma germinação mais rápida e eficiente em relação às espécies nativas do Cerrado;
- H2: A fertilização com N e P promove o aumento da germinação e do crescimento inicial de espécies exóticas em detrimento das nativas de Cerrado.
- H3: As gramíneas nativas de Cerrado *C. barbata* e *S. parviflora* são capazes de competir efetivamente com as espécies invasoras exóticas *M. minutiflora* e *U. decumbens* em termos de crescimento e sobrevivência.
- H4: As espécies tanto exóticas quanto nativas do Cerrado apresentarão uma maior taxa de germinação em condições de luminosidade mais elevada (100% de luz) em comparação às condições de menor luminosidade (0% de luz).

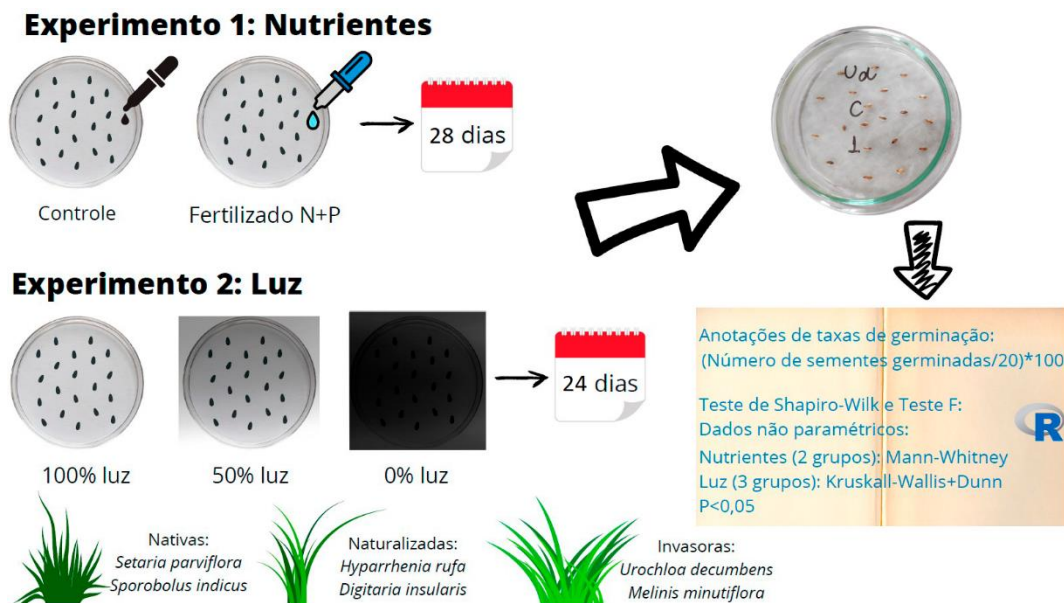
3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho integra duas pesquisas de Iniciação Científica que abordaram diferenças entre plantas nativas e exóticas invasoras em termos de germinação e sobrevivência. A primeira pesquisa, intitulada 'Germinação de plantas nativas e exóticas de Cerrado sob diferentes tipos de fertilização e variação em disponibilidade luminosa', teve como objetivo investigar a germinação de espécies de plantas nativas, exóticas naturalizadas e exóticas invasoras de Cerrado em relação à disponibilidade de nutrientes e intensidade luminosa. Já a segunda pesquisa, denominada 'Utilização de gramíneas de Cerrado para recuperação de área de empréstimo', buscou avaliar o potencial de duas espécies nativas de gramíneas do Cerrado, *C. barbata* e *S. parviflora*, para a recuperação ambiental de uma área degradada. Ao integrar essas duas pesquisas em um único trabalho, espera-se compreender de que forma espécies nativas e exóticas invasoras se comportam mediante diferentes condições ambientais, além de identificar possíveis estratégias desses dois grupos funcionais que possam ser aplicadas à recuperação de áreas degradadas.

3.1 Germinação de plantas nativas e exóticas de Cerrado sob diferentes tipos de fertilização e variação em disponibilidade luminosa

O trabalho foi dividido em dois experimentos (Figura 1). O primeiro investigou o efeito da adição de nutrientes e o segundo verificou o efeito de diferentes intensidades luminosas sobre a germinação de plantas nativas, naturalizadas e invasoras. As sementes utilizadas nos experimentos foram coletadas no campo e consistiram de duas gramíneas nativas (*Setaria parviflora* (Capim-rabo-de-raposa) e *Sporobolus indicus* (Capim-capeta)), duas gramíneas exóticas naturalizadas (*Digitaria insularis* (Capim-amargoso) e *Hyparrhenia rufa* (Capim Jaraguá)) e duas gramíneas exóticas invasoras (*Urochloa decumbens* (Capim-braquiária) e *Melinis minutiflora* (Capim-gordura)). Estas espécies foram selecionadas por serem abundantes no Cerrado, portanto representativas das gramíneas deste bioma. Ambos os experimentos foram conduzidos em laboratório.

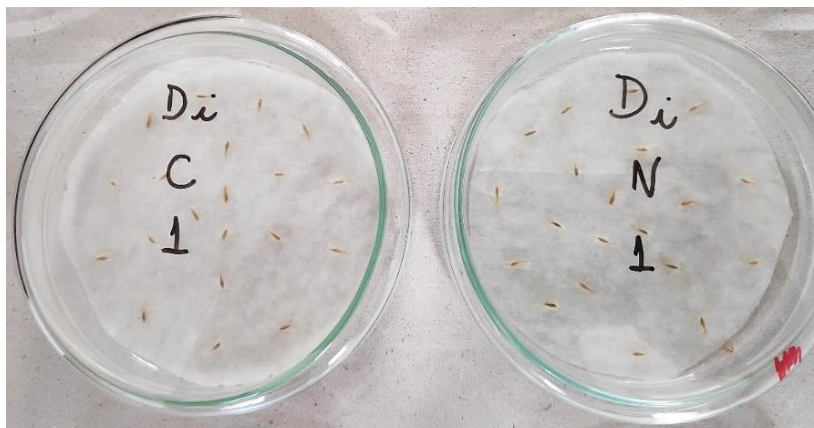
Figura 1 - Esquema geral da metodologia utilizada no experimento 1 (adição de nutrientes) e no experimento 2 (variação em disponibilidade luminosa).



Fonte: Elaboração da própria autora.

Foram selecionadas visualmente e minuciosamente sob microscópio estereoscópico 550 sementes íntegras de cada uma das espécies totalizando 3.300 sementes. Em seguida, mensurou a massa de 100 sementes em 3 réplicas (300 sementes), e o comprimento de 10 sementes em 3 réplicas (30 sementes) como indicadores básicos de peso e tamanho de sementes de cada espécie. Posteriormente, lavaram-se 60 placas de petri com água da torneira, detergente neutro, água da torneira novamente e água destilada. Os papéis-filtro foram recortados no formato da placa para a utilização na germinação. Após a secagem natural das placas, utilizou-se a autoclave por 30 minutos a 120°C para a esterilização das placas e dos papéis-filtro. Posteriormente, as placas e os papéis-filtro foram colocados na estufa para a secagem. No dia seguinte, um papel-filtro foi alocado dentro de cada placa e foi realizada a identificação na tampa de todas como na Figura 2.

Figura 2 - Modelo das placas utilizadas no experimento de nutrientes.



Fonte: Elaboração da própria autora.

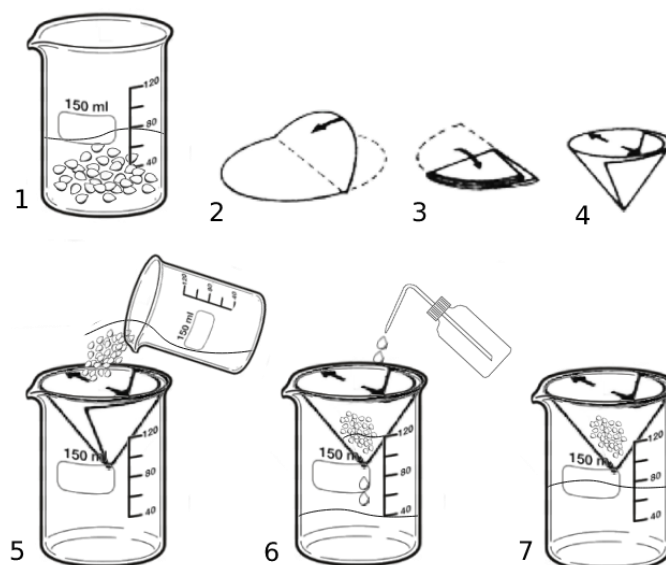
O experimento de fertilização teve início no dia 10 de fevereiro de 2021 e durou 28 dias. Por espécie, vinte sementes foram dispostas em cada uma de dez placas de petri cobertas com papel-filtro (Figura 2). Cinco réplicas foram submetidas a cada um de dois tratamentos de fertilização: sem fertilização e com fertilização. As placas sem fertilização receberam somente água destilada, enquanto o tratamento de fertilização consistiu da adição conjunta de 1,59 g de nitrogênio sob a forma de NaNO_3 e 2,68 g de fósforo sob a forma de $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ diluídos em água destilada adicionados ao longo do experimento. Os tratamentos foram adicionados em doses diárias de 1,3 ml por placa. Estas quantidades de nitrogênio e fósforo baseiam-se em estudos preliminares deste grupo de pesquisa, mostrando-se adequadas para este tipo de estudo.

Após 28 dias o experimento foi finalizado, quando foi realizada a última contagem das sementes por placa a olho nu e depois cada placa foi colocada sob microscópio estereoscópico para realizar a contagem de sementes que poderiam ter iniciado a fase de germinação, mas não teve continuidade e não podia ser observado a olho nu. Após a recontagem, todos os papéis filtros com sementes foram retirados das placas e descartados em um saco plástico e levados para a incineração.

Para o experimento de disponibilidade luminosa, o processo de lavagem e secagem e esterilização das placas e dos papéis-filtro foi repetido, agora com 90 placas. Devido ao número de sementes contaminadas por fungos no primeiro experimento (de fertilização), optou-se por fazer a esterilização das sementes também conforme mostra a Figura 3, onde foi feita uma solução de água destilada com hipoclorito de sódio (NaClO) a 2%. Para isso, distribuíram-se seis pequenos béqueres

e adicionou-se a solução e em seguida embebedaram-se as sementes deixando agir por 5 minutos, após isso, outros seis béqueres receberam um filtro utilizando papel-filtro, quando então as sementes foram despejadas com a solução dentro desses filtros. Posteriormente, com ajuda de uma pisseta, as sementes foram lavadas com água destilada e deixadas a secar naturalmente durante 48 horas.

Figura 3 - Esquema de esterilização das sementes.



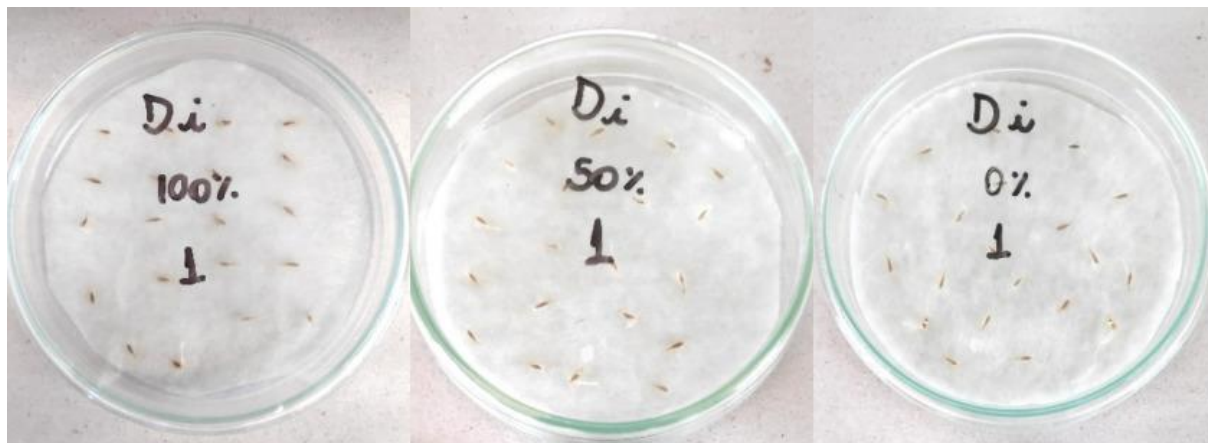
Fonte: Elaboração da própria autora.

Após a secagem, foi preparado o experimento colocando papel-filtro levemente umedecido dentro de cada placa, fazendo a disposição das 20 sementes e em seguida, fez-se a identificação na tampa de todas como na Figura 4.

Em 6 de abril de 2021, vinte sementes de cada espécie foram dispostas sobre cada uma de quinze placas de petri cobertas com papel filtro (Figura 4). Cinco réplicas foram submetidas a cada um de três tratamentos de intensidade luminosa: sem sombreamento (sem cobertura), sombreamento médio (tela de sombreamento simples) e sombreamento intenso (tela de sombreamento dupla), seguindo McLaren e McDonald (2003). Mesmo com a esterilização das sementes, algumas fungaram, porém não foram retiradas. Depois de verificar se a atividade germinativa já estava estagnada por três dias consecutivos, o experimento foi finalizado 24 dias após o início, quando fez-se a última contagem das sementes por placa a olho nu e depois cada placa foi colocada sob microscópio estereoscópico para fazer a contagem das

sementes que estavam na fase pré-germinativa. Após a recontagem, foi feito o descarte das sementes como no primeiro experimento.

Figura 4 - Modelo das placas utilizadas no experimento de luminosidade.



Fonte: Elaboração da própria autora.

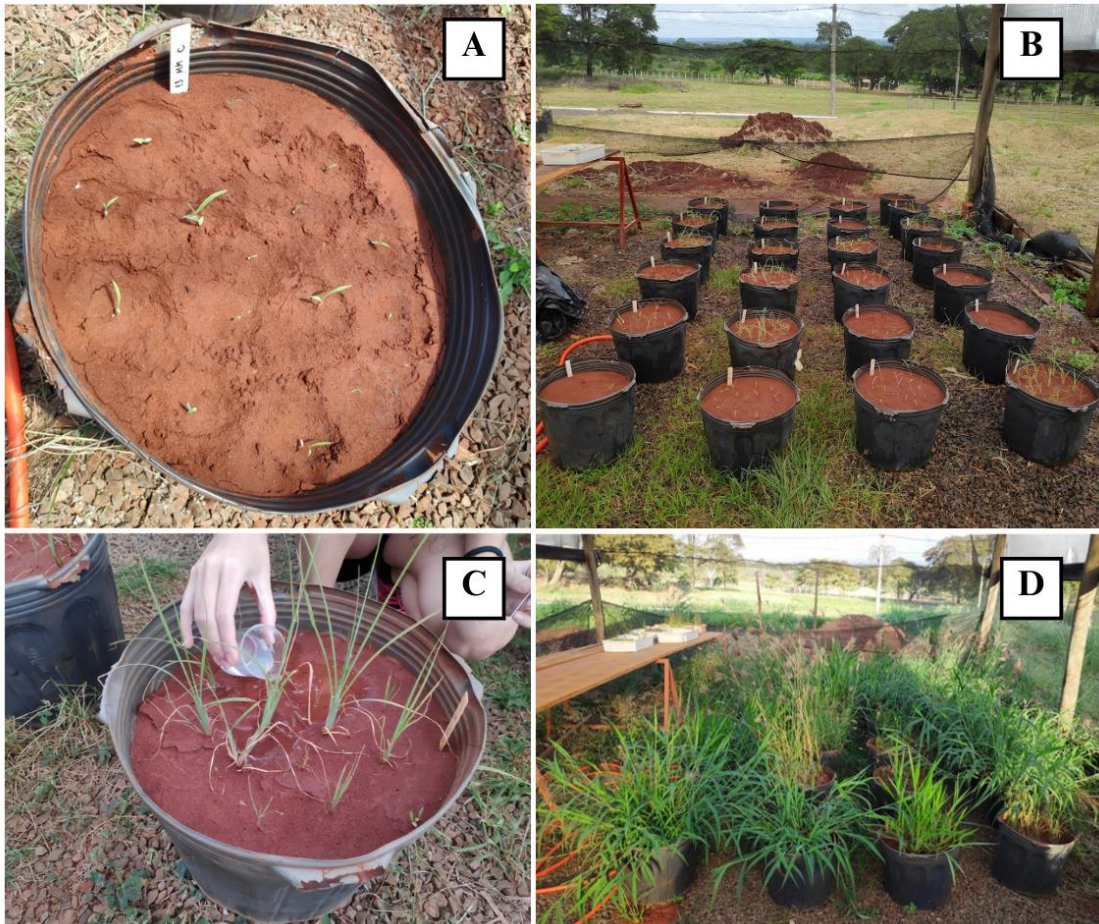
Para os experimentos, portanto, foi feito um acompanhamento da germinação durante 28 e 24 dias (experimento de fertilização e luminosidade, respectivamente), mensurando diariamente a taxa de germinação de cada placa. As análises de dados foram realizadas de modo a verificar o efeito dos tratamentos de fertilização e disponibilidade luminosa sobre a germinação de sementes. Gráficos de porcentagem de germinação versus tempo (dias) foram elaborados para cada espécie em cada tratamento com o objetivo de visualizar o comportamento da germinação comparando-se os tratamentos e os controles. As análises estatísticas foram realizadas no software R Studio. Para a análise do experimento de nutrientes realizou-se teste Mann-Whitney para a comparação entre os tratamentos, e para os testes de luminosidade realizou-se Kruskal Wallis seguido do teste de Dunn para a comparação entre os tratamentos, dada a natureza não paramétrica dos dados checados através de teste de Shapiro-Wilk e teste F.

3.2 Utilização de gramíneas de Cerrado para recuperação de área de empréstimo

O experimento foi realizado em casa de vegetação na UNESP-FEIS no período de março a julho de 2022. O solo utilizado foi coletado da área de empréstimo localizada na Fazenda da UNESP (FEPE Bovino, 20°22'34.6"S 51°24'52.3"O).

Na casa de vegetação, o solo foi peneirado e encheram-se 24 vasos de 25 L cada para usar no experimento. As plantas foram previamente germinadas em bandejas e depois foram transferidas 15 mudas de uma mesma espécie para cada vaso (Figura 5a). A disposição desses vasos foi feita de forma aleatória na área do experimento (Figura 5b).

Figura 5 - (A) Disposição das mudas no vaso; (B) Dia 1 – Início do experimento; (C) Dia 60 – Fertilização; (D) Dia 128 – Fim do experimento.



Fonte: Elaboração da própria autora.

Utilizaram-se três réplicas para cada tratamento (controle e fertilizado) e cada espécie (as exóticas invasoras *Melinis minutiflora* e *Urochloa decumbens* e as nativas *Chloris barbata* e *Setaria parviflora*), totalizando 24 vasos. Após 60 dias foi feita a fertilização com 140 mg P- Na_2HPO_4 (Figura 5c). Após 128 dias (Figura 5d), o experimento foi desmontado e foram feitas coletas para determinação das seguintes variáveis: nutrientes no solo, biomassa aérea e radicular, crescimento, número de inflorescências, atividade de fosfatase ácida radicular e taxa de colonização micorrízica. O teor de matéria orgânica no solo foi determinado após extração com dicromato de sódio e ácido sulfúrico e nutrientes de acordo com Raij *et al.* (2001). As variáveis biomassa aérea e radicular foram determinadas após secagem em estufa a 70°C por 72 horas. A atividade de fosfatase ácida radicular foi determinada seguindo o protocolo do nitrofenil-fosfato (adaptado de OLDE VENTERINK, 2011). Para quantificar a colonização micorrízica radicular, as raízes foram clareadas e então coradas. Raízes finas foram seccionadas e dispostas em tubos de ensaio com ácido clorídrico (HCl) 1 M e aquecidas a 90 °C em banho-maria durante uma hora. A solução de HCl foi renovada e as raízes levadas novamente ao banho-maria por mais duas horas. Estas duas etapas de clareamento foram necessárias devido à coloração intensa natural que raízes de plantas de Cerrado podem apresentar. As raízes foram lavadas com água destilada, posteriormente com HCl 5% e então novamente com água. As raízes foram coradas por 20 minutos numa solução de 5% de tinta de caneta (Parker Qink Black, Newell Rubbermaid, Saint Herblain, France) diluída em uma solução de ácido acético a 5% em banho-maria a 90 °C, seguindo o protocolo de Vierheilig *et al.* (1998). Para quantificar as taxas de colonização, as raízes coradas foram dispostas em lâminas graduadas e as intersecções de arbúsculos, vesículas e hifas sendo quantificadas com o auxílio de microscópio.

Os efeitos dos tratamentos de fertilização dentro de cada espécie foram testados por teste t de Student e as diferenças entre as espécies dentro de cada tratamento foram testadas por ANOVA seguida de teste de Tukey. Quando necessário os dados foram transformados para atender às premissas da estatística paramétrica (normalidade e homoscedasticidade). Todas as análises estatísticas foram realizadas através do software R.

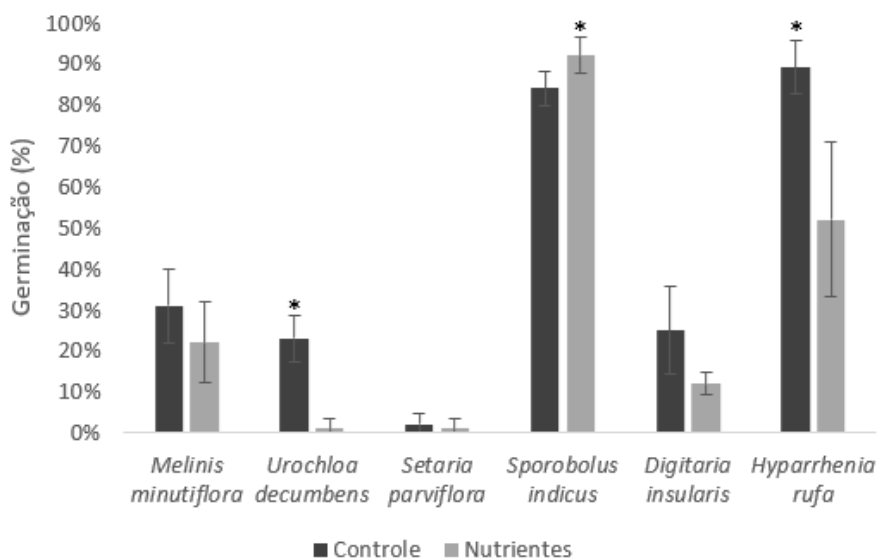
4. RESULTADOS

Nesta seção, serão apresentados os resultados de dois experimentos realizados para avaliar o desempenho de gramíneas nativas e exóticas em diferentes condições ambientais. O primeiro experimento focou na germinação das sementes, no qual foram avaliadas seis espécies de gramíneas nativas do Cerrado. Já o segundo experimento avaliou diversas variáveis das plantas com e sem nutrientes com a participação de quatro espécies, sendo três delas comuns aos dois experimentos (*Setaria parviflora*, *Melinis minutiflora* e *Urochloa decumbens*). A seguir, os resultados de cada experimento são apresentados separadamente.

4.1 Germinação de plantas nativas e exóticas de Cerrado sob diferentes tipos de fertilização e variação em disponibilidade luminosa

Observou-se no experimento de nutrientes que a gramínea invasora *U. decumbens* e a exótica naturalizada *H. rufa* apresentaram taxas de germinação significativamente mais elevadas nas placas controle comparadas às fertilizadas. Por outro lado, a espécie *S. indicus* foi a única que germinou significativamente melhor no tratamento de nutrientes. A outra gramínea nativa, *S. parviflora*, foi a que obteve as mais baixas taxas de germinação. As espécies *D. insularis* e *M. minutiflora* tiveram taxas de germinação semelhantes, e *D. insularis* apresentou uma tendência ($p = 0,062$) de germinação mais elevada no controle (Figura 6).

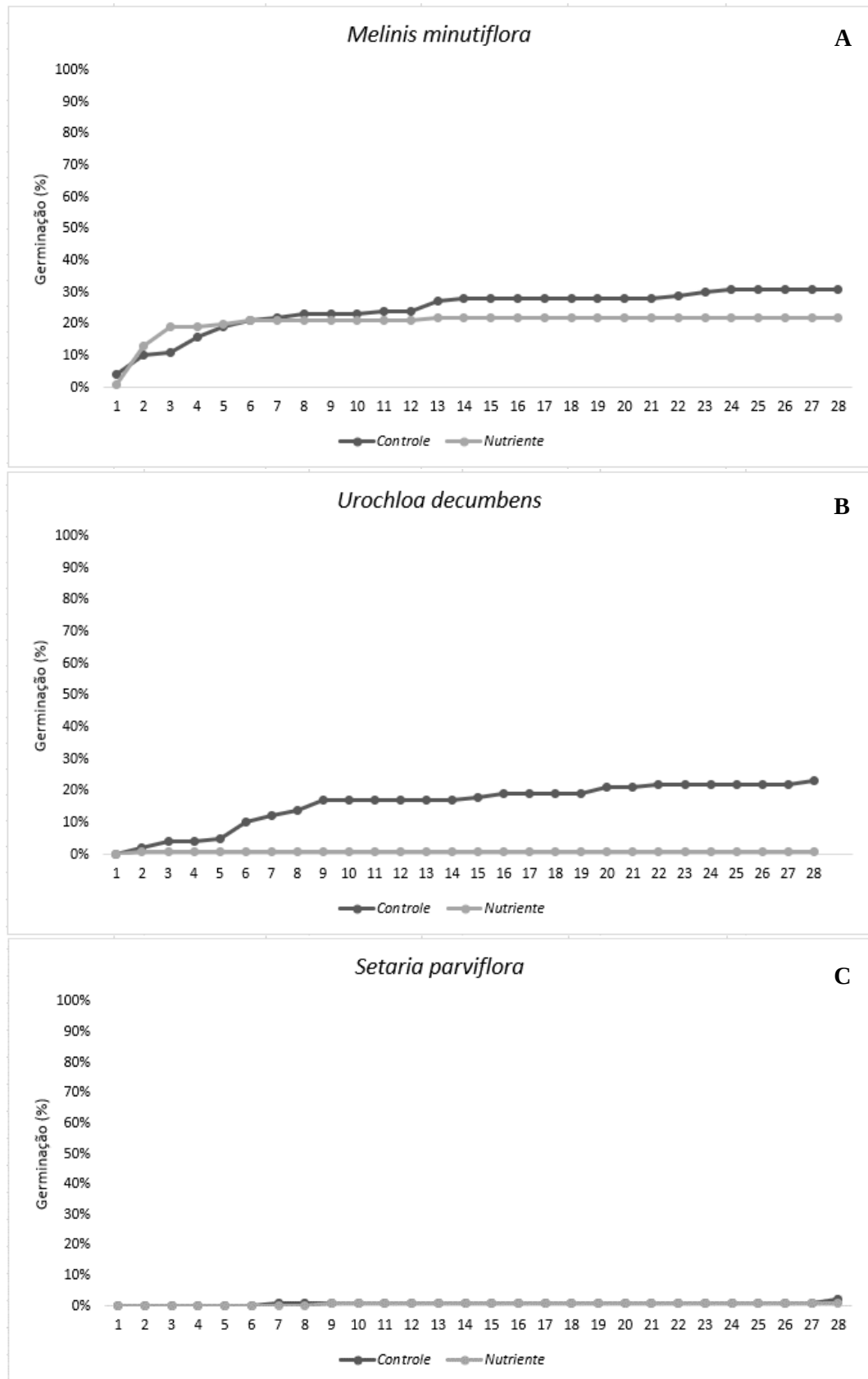
Figura 6 - Efeitos dos tratamentos de nutrientes sobre a germinação de espécies invasoras, nativas e naturalizadas no Cerrado. Asteriscos indicam diferença estatística entre os tratamentos (Teste t, $P < 0,05$, $N=5$).

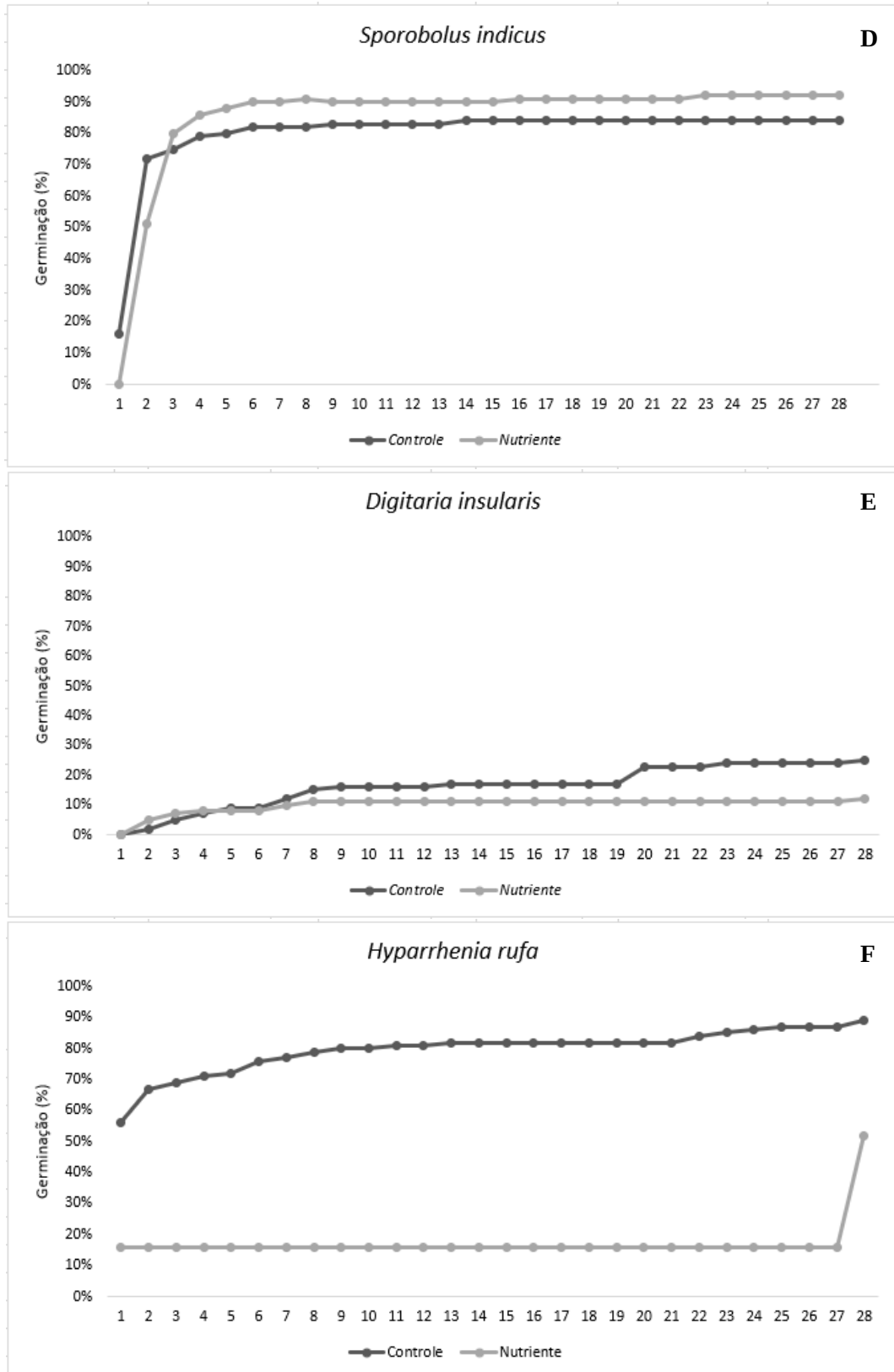


Fonte: Elaboração da própria autora.

A Figura 7 demonstra a temporalidade dos eventos de germinação das espécies estudadas durante 19 dias em que ocorreu o primeiro experimento. Observa-se que nos primeiros dias as espécies *D. insularis* e *M. minutiflora* começaram germinando melhor quando recebiam nutrientes, mas após o quinto dia as sementes do controle começaram a germinar, superando a germinação dos tratamentos com fertilização. As taxas da invasora *U. decumbens* no controle cresceram conforme se passaram os dias, mas com nutrientes se manteve igual durante todo o experimento, com 1% de germinação em média. Padrão similar foi detectado para a nativa *S. parviflora*, que ficou com as taxas baixas e sem alterações importantes. Em compensação, a outra gramínea nativa, *S. indicus*, manteve altas taxas de germinação desde o terceiro dia após a semeadura tanto no controle quanto no tratamento fertilizado. Logo no primeiro dia do experimento, a naturalizada *H. rufa* já obteve altas taxas de germinação, principalmente no controle, diferentemente do tratamento fertilizado, onde houve um aumento da germinação somente no último dia devido às sementes que estavam na fase pré-germinativa e não haviam sido contabilizadas anteriormente.

Figura 7 - Linha temporal das taxas de germinação das seis espécies com data juliana, sendo 1 a partir do dia 10 de fevereiro de 2021.



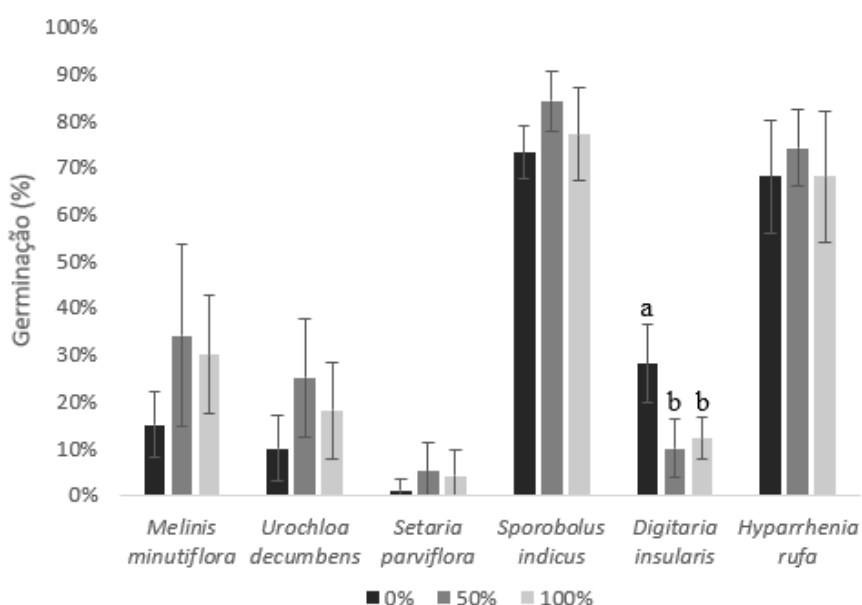


Fonte: Elaboração da própria autora.

No experimento de luminosidade, nota-se que a espécie *D. insularis* obteve significativamente maior taxa de germinação no escuro em relação aos tratamentos

com luminosidades mais elevadas, contrariamente ao padrão geral observado para todas as outras espécies. *S. indicus* e *H. rufa* novamente foram as espécies que tiveram as taxas de germinações mais elevadas. Ademais, *S. indicus* apresentou uma tendência de germinação mais elevada comparando 50% a 0% de luminosidade ($p = 0,073$) juntamente com *M. minutiflora* que também apresentou uma tendência de germinação mais elevada, mas para o tratamento de 100% em comparação a 0% de luminosidade ($p = 0,085$). Ressalta-se que mesmo a nativa *S. parviflora* tendo apresentado as menores taxas de germinação, obteve desempenhos melhores nos tratamentos de 50% e 100% assim como a outra nativa *S. indicus* (Figura 8).

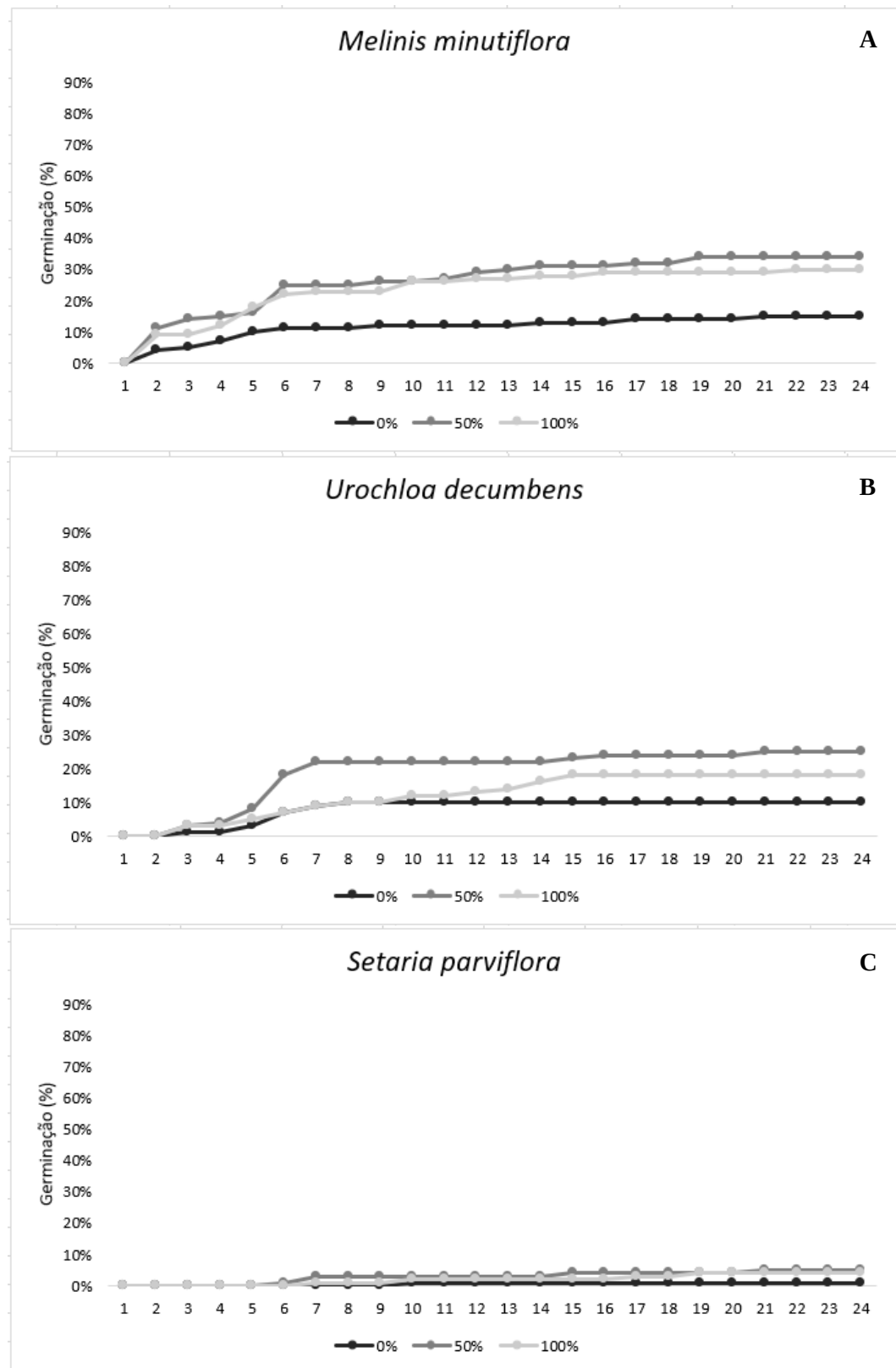
Figura 8 - Efeitos dos tratamentos de luminosidade sobre a germinação de espécies invasoras, nativas e naturalizadas no Cerrado.

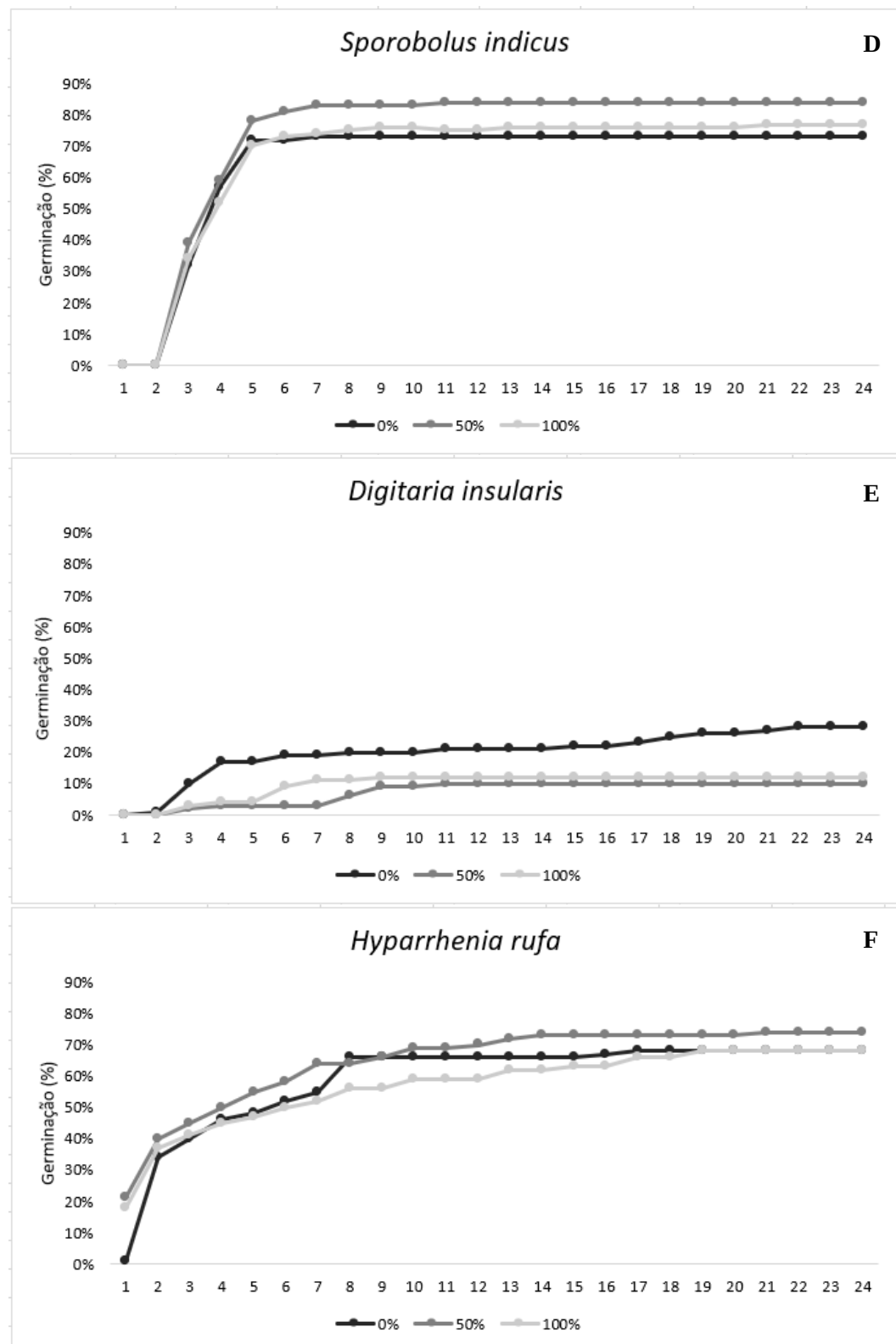


Fonte: Elaboração da própria autora.

Para o segundo experimento também foram elaborados gráficos de temporalidade dos eventos das espécies estudadas durante os 23 dias. Observa-se nos gráficos das espécies *U. decumbens*, *M. minutiflora*, *S. parviflora*, *S. indicus* e *H. rufa* uma semelhança nas linhas de temporalidade em relação às curvas que apresentam, na qual todas finalizam o experimento com taxas de germinação maiores em 50%, seguido de 100% e por último 0% de luz. Diferentemente da *D. insularis*, que sempre obteve melhor germinação no escuro (Figura 9).

Figura 9 - Linha temporal das taxas de germinação das seis espécies com data juliana, sendo 1 a partir do dia 06 de abril de 2021.





Fonte: Elaboração da própria autora.

4.2 Utilização de gramíneas de Cerrado para recuperação de área de empréstimo

A fertilização acarretou em aumento significativo da concentração de fósforo, pH, potássio, magnésio, da soma e saturação de bases e na diminuição dos níveis de alumínio (Tabela 1).

Tabela 1 - Resultado das análises de solo em que a fertilização acarretou mudanças significativas (Teste t de Student, $P < 0,05$, $N=3$). Valores representam médias e desvios-padrão.

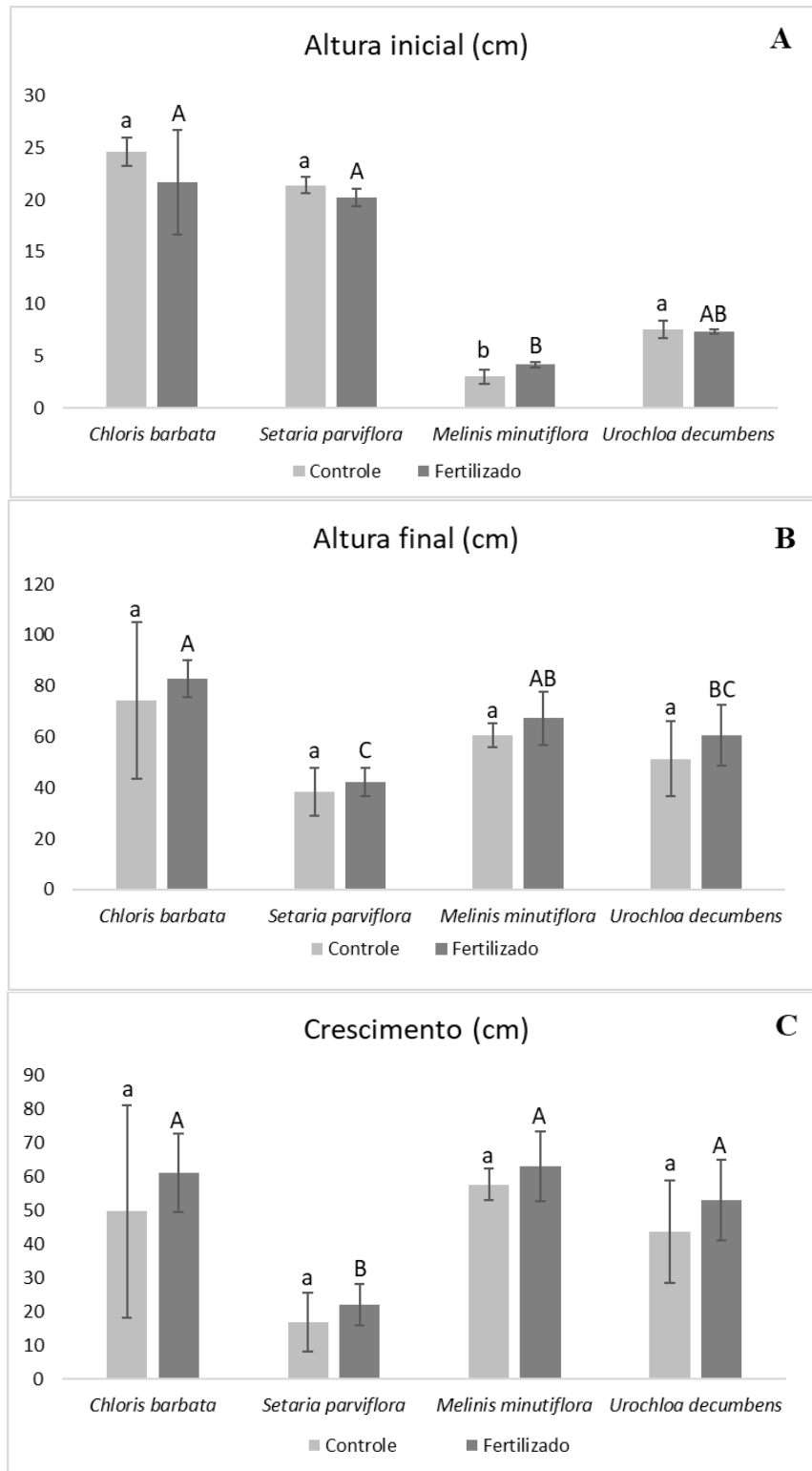
Atributo do solo	Controle	Fertilizado
P-resina	1(0,6)	120(14)
pH	4,4(0,3)	5,5(0,2)
K	0,5(0,1)	1,3(0,4)
Mg	1,0(0,1)	2,0(0,5)
Al	7(2)	ND
Soma de bases	2,5(1,5)	12,3(6,1)
Saturação de bases	8(2)	40(5)

Fonte: Elaboração da própria autora.

Em geral, não houve diferença em altura ou crescimento entre as espécies quando nos controles; a única exceção foi *M. minutiflora*, que apresentou menor altura inicial do que as nativas. Quando fertilizada, *M. minutiflora* obteve menor altura inicial do que as demais espécies nativas, mas foi correspondente a *C. barbata* e *U. decumbens* em termos de altura final e crescimento (Figura 10).

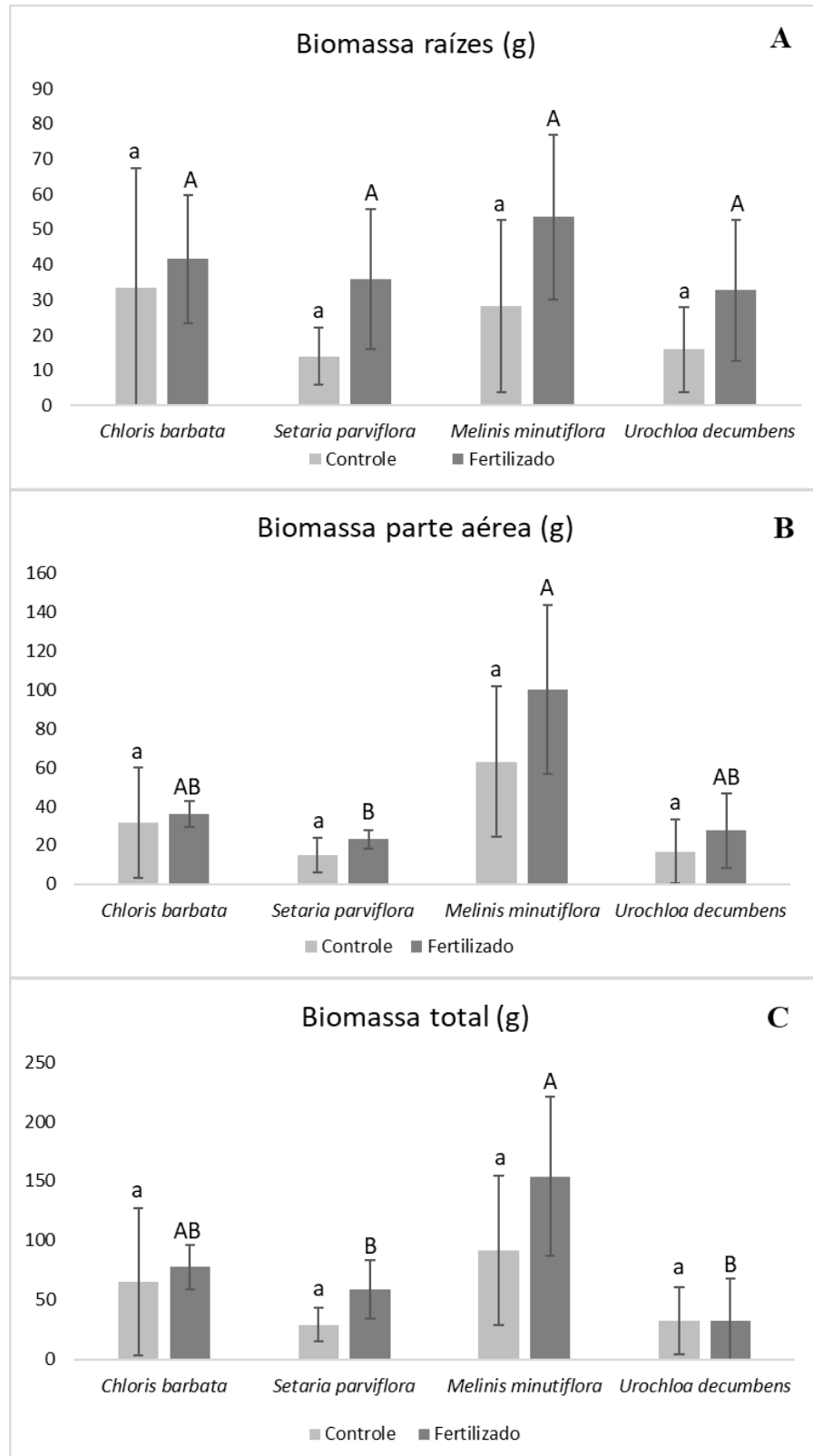
Não houve diferenças entre as biomassas radiculares (Figura 11a). Já a biomassa aérea da nativa *S. parviflora* foi mais baixa em relação a todas as outras espécies quando fertilizada (Figura 11b). A invasora *M. minutiflora* e a nativa *S. parviflora* tiveram respectivamente as maiores e menores biomassas totais, enquanto *C. barbata* correspondeu às demais no tratamento fertilizado (Figura 11c).

Figura 10 - Altura e crescimento das plantas nativas e exóticas invasoras sob condições de controle e sob fertilização. Não houve diferença entre controle e fertilizado dentro das espécies. Entre espécies, letras minúsculas e maiúsculas indicam diferenças estatísticas para os controles e fertilizados respectivamente (ANOVA, $P < 0,05$, $N=3$).



Fonte: Elaboração da própria autora.

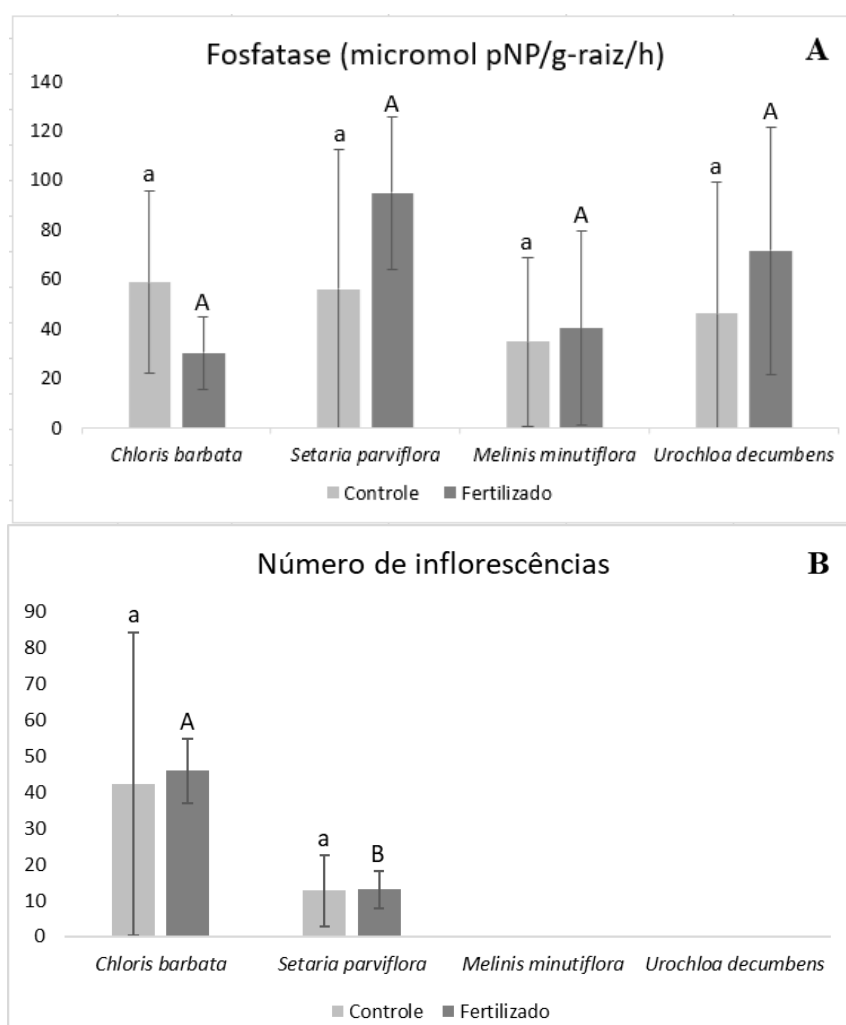
Figura 11 - Biomassa das plantas nativas e exóticas invasoras sob condições de controle e sob fertilização. Não houve diferença entre controle e fertilizado dentro das espécies. Entre espécies, letras minúsculas e maiúsculas indicam diferenças estatísticas para os controles e fertilizados respectivamente (ANOVA, $P < 0,05$, $N = 3$).



Fonte: Elaboração da própria autora.

Não houve diferença significativa nos resultados de fosfatase ácida radicular (Figura 12a). O número de inflorescências foi mais elevado em *C. barbata* do que em *S. parviflora* quando fertilizadas (Figura 12b). Ressalta-se que apenas as duas nativas apresentaram inflorescências no decorrer do experimento.

Figura 12 - Atividade de fosfatase ácida e número de inflorescências das plantas nativas e exóticas invasoras sob condições de controle e sob fertilização. Não houve diferença entre controle e fertilizado dentro das espécies. Entre espécies, letras minúsculas e maiúsculas indicam diferenças estatísticas para os controles e fertilizados respectivamente (ANOVA, $P < 0,05$, $N=3$).

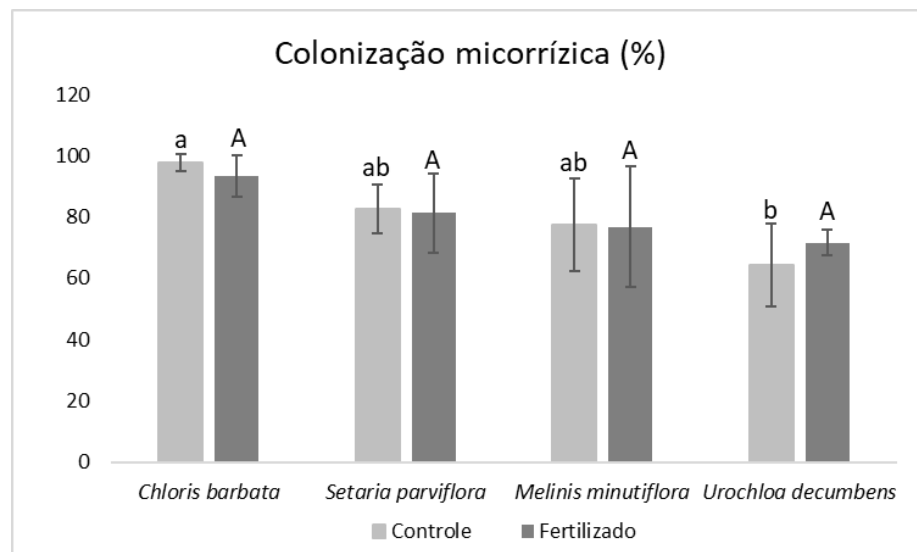


Fonte: Elaboração da própria autora.

Por fim, os resultados de micorriza demonstram que a nativa *C. barbata* apresentou ótimas taxas de colonização chegando a 98% em controle e 93% em fertilizado. *S. parviflora* (Figura 13 e 14) e *M. minutiflora* apresentaram boas taxas de

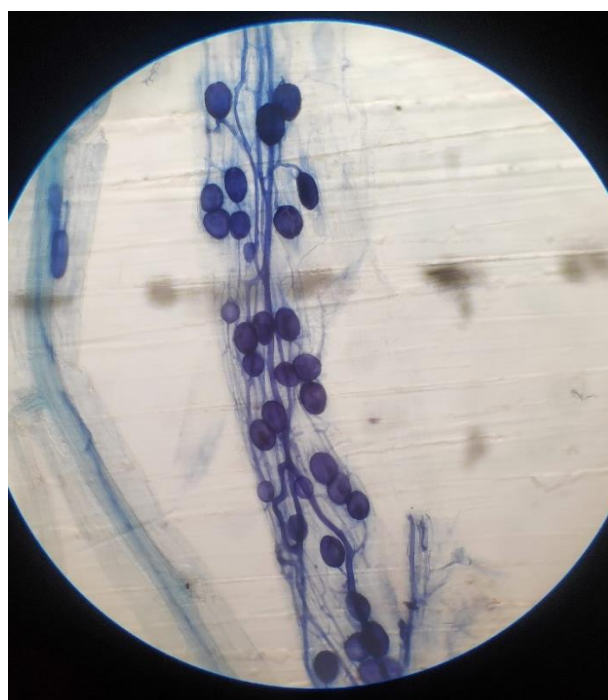
colonização micorrízica ficando entre 83% e 77%, já *U. decumbens* obteve taxas mais baixas do que *C. barbata*.

Figura 13 - Colonização micorrízica das plantas nativas e exóticas invasoras sob condições de controle e sob fertilização. Não houve diferença entre controle e fertilizado dentro das espécies. Entre espécies, letras minúsculas e maiúsculas indicam diferenças estatísticas para os controles e fertilizados respectivamente (ANOVA, $P < 0,05$, $N=3$).



Fonte: Elaboração da própria autora.

Figura 14 - Micorrizas de *Setaria parviflora* no tratamento controle.



Fonte: Elaboração da própria autora.

5. DISCUSSÃO

No estudo de germinação, observou-se um padrão inesperado em relação à fertilização com nutrientes. Contrariando a hipótese 2, a adição de nutrientes geralmente resultou em um efeito negativo nas espécies estudadas, isso pode ocorrer devido ao efeito da fertilização nitrogenada sobre o pH. Roem *et al.* (2002), demonstraram que a deposição de nitrogênio altera o pH do solo por meio de um processo conhecido como acidificação, que pode prejudicar as sementes impedindo a germinação, resultando em mudanças no balanço relativo de nitrogênio e fósforo. Segundo Kołodziejek *et al.* (2017), maiores concentrações de soluções nitrogenadas podem diminuir as taxas de germinação, enquanto concentrações mais baixas de solução nitrogenada aumentam as taxas de germinação. Como a fertilização foi aplicada diretamente nas placas contendo as sementes, pode ter havido a concentração de compostos nitrogenados no papel filtro, contribuindo para as baixas taxas de germinação no tratamento. Ressalta-se, entretanto, que a nativa *S. indicus* germinou melhor quando fertilizada, sendo que o motivo para tal necessita ser melhor investigado em estudos futuros.

No estudo em campo, a hipótese 2 foi parcialmente aceita. Conforme esperado, a fertilização com N e P promoveu um aumento no crescimento das espécies exóticas invasoras. No entanto, observou-se uma diferença no crescimento da espécie nativa *S. parviflora*, que não apresentou um crescimento correspondente às outras espécies nos diferentes tratamentos. Por outro lado, a espécie *C. barbata* demonstrou um crescimento semelhante às espécies exóticas invasoras, apoiando parcialmente a hipótese. A fertilização foi aplicada diretamente no solo e acarretou em aumento significativo da concentração de nutrientes e diminuição da concentração de alumínio (Al), o que pode ter contribuído para uma melhora no crescimento das plantas. Como neste estudo o pH foi mais elevado no tratamento fertilizado, os níveis de Al não foram detectados, o que sugere que a fertilização possa ser interessante para reduzir os níveis de alumínio caso seja tóxico. O estudo de Lannes *et al.* 2020b mostrou que a fertilização com B pode amenizar a toxidez por Al e favorecer o crescimento de gramíneas exóticas naturalizadas, como *Hyparrhenia rufa*, *Digitaria insularis* e *Melinis repens*. A alteração no pH pode estar relacionada ao aumento de Al, na qual a sua disponibilidade no solo é regulada pelo pH, e quando ele está abaixo de 5,0, há um aumento no Al, gerando toxicidade (LANNES *et al.*, 2020b; MIGUEL *et al.*, 2010). Essa

toxidez pode prejudicar o processo germinativo, modificando o metabolismo celular (ROY; SHARMA; TALUKDER, 1988).

A gramínea nativa *S. parviflora*, apresentou as mais baixas taxas de germinação nos dois experimentos em placas, independentemente do tratamento utilizado. No estudo em campo, *S. parviflora* foi a espécie que obteve os menores valores no tratamento fertilizado em comparação com as demais espécies avaliadas. Apesar dela ter apresentado inflorescências e uma altura inicial maior do que as exóticas invasoras, no final do experimento foi observado que as exóticas invasoras ultrapassaram a nativa nas variáveis altura final e crescimento. Esses resultados menos expressivos podem estar associados à dormência da semente (OLIVEIRA *et al.*, 2020) e ao fato de que as gramíneas C₄ nativas são limitadas por diferentes nutrientes e responderam melhor ao tratamento com 'cations' em detrimento de nitrogênio e fósforo, segundo o estudo de Lannes *et al.* (2016). De acordo com Figueiredo, Baêta e Kozovits (2012), a dormência das sementes de *S. parviflora* parecia ser sensível ao armazenamento ou KNO₃, mas as porcentagens de germinação obtidas em ambos os tratamentos ainda foram baixas, mesmo considerando que todas as sementes estavam preenchidas. Os autores sugerem que um armazenamento por um período mais longo ou uma combinação de armazenamento e uso de KNO₃ podem contribuir para porcentagens de germinação mais elevadas do que as obtidas no presente trabalho. Além disso, outro tratamento com potencial para aumentar as taxas de germinação de *S. parviflora* é a remoção das estruturas que envolvem a cariopse, como observado por Giotto (2010) em um estudo com a gramínea nativa *Setaria poiretiana* (Schult.) Kunth.

Em relação a hipótese 1, pode ser observado nos gráficos de temporalidade (Figura 7) e taxa de germinação (Figura 6) que as invasoras *M. minutiflora* e *U. decumbens* apresentaram uma germinação mais rápida e eficiente em relação à nativa *S. parviflora*. No tratamento controle, essa hipótese foi aceita, pois *M. minutiflora* e *U. decumbens* germinaram em um ritmo mais acelerado, alcançando taxas de germinação de 31% e 23%, respectivamente. No entanto, no tratamento fertilizado, a hipótese foi aceita apenas para *M. minutiflora* que manteve germinação mais rápida e eficiente, enquanto para *U. decumbens* a hipótese foi parcialmente aceita, pois germinou mais rapidamente, porém, com uma taxa de germinação semelhante à *S. parviflora*, de apenas 1%.

No estudo em campo, a nativa *C. barbata* no geral apresentou um desempenho satisfatório nas variáveis analisadas. Foi a espécie que apresentou o maior número de inflorescências e possuía uma altura inicial maior do que as exóticas invasoras nos dois tratamentos, mas conforme o andamento da pesquisa, as invasoras tiveram um crescimento rápido, no entanto, não chegaram a ultrapassar a nativa na altura final. As análises estatísticas mostram que *C. barbata* se assemelha às invasoras em relação a biomassa da parte aérea e total. Esses resultados indicam que a *C. barbata* é capaz de competir efetivamente com as espécies invasoras *M. minutiflora* e *U. decumbens*, corroborando assim a hipótese 3. Essa nativa pode ser facilmente encontrada em terrenos baldios, beiras de estrada, calçadas (JAKUBSKI, 2020), sendo claramente abundante na região. Esses achados ressaltam a importância da *C. barbata* como uma gramínea nativa do Cerrado com potencial competitivo e relevância para a recuperação ambiental.

Um estudo que avaliou o crescimento com luz e sombreamento em plantas do gênero *Chloris sp.*, *Conyza sp.* e da espécie *D. insularis* apresentou resultados em que a altura média das plantas *Chloris sp.* foi de 100 cm com luz e 80 cm com sombreamento (JAKUBSKI, 2020), enquanto a altura final média da espécie foi de 74 cm no controle e 83 cm no fertilizado. Em relação à biomassa da parte aérea, a mesma autora relata que as plantas apresentaram baixo acúmulo de matéria seca da parte aérea. Do ponto de vista do manejo, isso pode ser considerado uma vantagem. De acordo com os resultados obtidos neste estudo, *Chloris sp.* apresentou capacidade semelhante de acumular matéria seca em ambas as condições de luminosidade (JAKUBSKI, 2020), assim como foi observado por Carvalho *et al.* (2005) em *Chloris polydactyla*, que ao final do ciclo apresentou um acúmulo de cerca de 61,6 gramas. Em ambas as situações, a maior distribuição de biomassa ficou para a parte aérea (JAKUBSKI, 2020). Contudo, no presente estudo, verificou-se que a alocação de biomassa total foi superior nas raízes em relação à parte aérea, com média de 65 g no controle e 78 g no tratamento fertilizado.

No experimento de germinação, a nativa *S. indicus* foi a única que respondeu positivamente à fertilização com resultado significativo neste tratamento, mas também obteve altas taxas de germinação no controle. E no experimento de luminosidade, a espécie apresentou altas taxas de germinação nos três tratamentos, isso se assemelha aos resultados do estudo de Rana *et al.* (2012), onde observou-se uma taxa de germinação a 88% com luz e 69% sem luz, mesmo com a diminuição da

germinação no tratamento sem luz, os autores sugerem que a espécie é capaz de germinar independentemente das condições de luminosidade e em uma temperatura entre 20° e 40°C, neste caso, a temperatura do laboratório deste experimento ficava entre 20° e 30°C. Por outro lado, em um estudo que também avaliou a germinação da espécie em condições de luz e temperatura, resultou em que *S. indicus* responde positivamente à mesma temperatura que os estudos aqui citados na presença de luz, porém na ausência de luz essa taxa germinativa decaiu, considerando assim que suas sementes são fotoblásticas positivas, ou seja, necessitam de luz para germinar (FERNANDES *et al.*, 2021). Ainda neste mesmo estudo, eles corroboram com os resultados de Mendonça *et al.* (2014) que realizaram testes com *D. insularis* e a classifica também como fotoblástica positiva.

O estudo de germinação das seis gramíneas, incluindo a exótica naturalizada *D. insularis*, revelou resultados surpreendentes. Enquanto a maioria das espécies apresentou taxas de germinação mais elevadas na presença de luz, a *D. insularis* foi a única que obteve melhores resultados no tratamento sem luz, contrariando parcialmente a hipótese 4, que previa uma maior taxa de germinação em condições de luminosidade mais elevada. Embora outros estudos tenham mostrado que a ausência de luz não interfere na germinação das sementes em temperaturas entre 15°C e 35°C (KLEIN; FELIPPE, 1991; MONDO *et al.*, 2010), os resultados apresentados aqui sugerem uma resposta ainda mais acentuada da *D. insularis* à falta de luz. Segundo Takaki *et al.* (1985) e Taylorson e Hendricks (1972) a temperatura pode ter contribuído para a germinação no escuro ao causar uma alteração na sensibilidade da semente com baixo nível de Fve (Fitocromo ativo). Em contrapartida, o estudo de Mendonça *et al.* (2014), afirmou que a espécie é considerada fotoblástica positiva. Essa diferença das espécies estudadas em relação às respostas de germinação no claro ou no escuro pode ser utilizada para a escolha da espécie em um ambiente a ser restaurado, uma vez que ambientes degradados são geralmente mais ensolarados em áreas de Cerrado, mas também há ambientes sombreados, como por exemplo aqueles adjacentes a florestas ou em zonas urbanas.

A gramínea naturalizada *H. rufa* germinou melhor no controle do que sob fertilização, obtendo a mais elevada taxa de germinação dentre as espécies estudadas. Ainda que no tratamento fertilizado sua taxa de germinação tenha diminuído, ainda assim ficou mais alta do que as outras espécies, com exceção da *S. indicus*. O estudo de Lannes *et al.* (2020b) mostrou que a adição de B pode ser

especialmente benéfica em solos degradados com baixo teor de matéria orgânica. Com base nisso, os autores relatam que a adição de B (sem N ou P) resultou em um aumento significativo na biomassa de gramíneas em um experimento de campo, com *H. rufa* sendo a espécie que mais respondeu à adição de B. Segundo Daubenmire (1972) e Paredes *et al.* (2018), embora *H. rufa* não possa formar um banco de sementes persistente, sua rápida germinação pode contornar esse problema. Ademais, a capacidade de invasão de uma espécie pode ser influenciada por diversos fatores, incluindo mudanças climáticas que podem alterar as condições ambientais favoráveis à sua expansão como mostra no estudo de Lopes *et al.* (2023). Portanto, é necessário apontar essa espécie como uma potencial invasora em áreas campestres naturais do Cerrado visto que a naturalizada é amplamente encontrada em diversas áreas do bioma. Em termos de aplicação da mesma para recuperação de área degradada, trata-se de uma espécie promissora, pois não demanda fertilização nitrogenada ou fosfatada que podem exacerbar as invasões biológicas (LANNES *et al.*, 2016).

As duas espécies exóticas invasoras que foram avaliadas em ambas as pesquisas apresentaram resultados notáveis. No experimento de germinação com nutrientes, *U. decumbens* apresentou melhor germinação no controle do que quando fertilizada. Assim como no estudo de Rezende (2021), os resultados sugerem que a porcentagem de germinação foi afetada pela deposição de N e P, possivelmente devido à toxicidade por N nas sementes. Esperava-se *U. decumbens* tivesse apresentado altas taxas de germinação em ambos os tratamentos, pois Lannes *et al.* (2020a) e Lannes *et al.* (2016) demonstraram em experimentos anteriores que a biomassa aérea de *U. decumbens* responde positivamente à adição de fósforo, apresentando capacidade competitiva em relação a outras gramíneas e herbáceas, e dominando grandes áreas. Também, Lannes *et al.* (2020a) observaram que as plantas exóticas não fertilizadas se beneficiam mais da liberação de P mineral de fontes orgânicas do que as plantas nativas em comunidades com alto número de espécies, portanto o aumento de nutrientes pode ter resultado nas baixas taxas de germinação quando comparado aos controles, como demonstrado para a invasora *U. decumbens*. Além disso, de acordo com a literatura, espécies do gênero *Urochloa*, incluindo *U. decumbens*, podem apresentar dormência fisiológica e tegumentar e a germinação pode ser estimulada por variações na temperatura ambiental, que são comuns durante a ocorrência de eventos de fogo (CASTRO *et al.*, 1996; GORGONE-BARBOSA *et al.*,

2016; WHITEMAN e MENDRA, 1982). Considerando os resultados obtidos, observamos que a *U. decumbens* apresentou uma taxa de germinação mais alta no tratamento de controle em comparação com o tratamento fertilizado, contradizendo a hipótese inicialmente estabelecida. Essa descoberta sugere que a adição de nutrientes pode ter impactos variáveis nas espécies exóticas invasoras. Esses resultados reforçam a necessidade de investigações adicionais para compreender melhor as respostas dessas espécies às alterações nos níveis de nutrientes e aos fatores ambientais.

Neste mesmo experimento, observou-se que *M. minutiflora* obteve taxas de germinação semelhantes no grupo controle e fertilizado, assim como nas diferentes intensidades luminosas. Há estudos anteriores relatando que apesar da espécie ter uma alta viabilidade, ela também possui um nível de dormência alta (CARMONA e MARTINS, 2010a, 2010b; FREITAS e PIVELLO, 2005; MARTINS, 2006; MUSSO *et al.*, 2015; MARTINS *et al.*, 2011). Também, é possível notar nos gráficos de temporalidade uma semelhança na germinação das duas exóticas invasoras *M. minutiflora* e *U. decumbens*, onde ambas seguiram o mesmo padrão das duas nativas, o que pode levar a especular que as duas exóticas invasoras simulam o comportamento das nativas podendo gerar competição entre essas espécies quando em ambiente natural, pois observa-se também que as duas espécies germinaram no segundo dia e terceiro dia respectivamente após a semeadura, o que pode levar a uma vantagem competitiva pelas espécies invasoras, uma vez que em campo geralmente são mais produtivas na fase vegetativa do que as nativas.

No experimento em campo, *M. minutiflora* apresentou resultados correspondentes ou um pouco melhores do que *U. decumbens*, e diferentemente do estudo em laboratório, a fertilização resultou em um efeito positivo sobre as espécies. Apesar de não terem apresentado inflorescências e nem uma altura inicial tão alta quanto as nativas, com o passar do experimento, pôde ser observado que elas cresceram consideravelmente e suas alturas finais chegaram a ultrapassar a nativa *S. parviflora*. Além disso, *M. minutiflora* apresentou maior biomassa na parte aérea e total nos dois tratamentos e maior biomassa na raiz no fertilizado em relação às demais espécies. De acordo com Silva e Haridasan (2007), a gramínea invasora *M. minutiflora* apresentou maior biomassa aérea viva em comparação com as gramíneas nativas do local somente na época de sua floração, no período de seca, e no início da estação chuvosa. Além disso, apresentou maior proporção de biomassa viva em

relação à morte do que as gramíneas nativas, possivelmente devido à maior manutenção de suas atividades fisiológicas, mesmo durante o período de seca, em contraste com as gramíneas nativas que secam mais rapidamente, essa diferença pode ser explicada pela adaptação das gramíneas nativas ao clima do Cerrado, enquanto que *M. minutiflora* é uma espécie invasora. De acordo com Martins *et al.* (2011), a gramínea exótica *M. minutiflora* foi capaz de aumentar a biomassa acima do solo da vegetação do Cerrado em 40% em dois anos. No estudo de Lannes (2012), em um bioensaio com solo de Cerrado, as gramíneas exóticas *Melinis minutiflora* e *Brachiaria decumbens* foram capazes de produzir 55% mais biomassa aérea do que as gramíneas nativas *Saccharum asperum* e *Setaria poiretiana*.

Para a colonização micorrízica, observou-se uma diferença estatística somente no tratamento controle entre as espécies, sendo que a nativa *C. barbata* teve as maiores taxas e a invasora *U. decumbens* teve as menores. Leite *et al.* (2019) estudaram em condições de campo a colonização micorrízica em áreas nativas e degradadas de diferentes grupos funcionais (gramíneas invasoras, gramíneas nativas e leguminosas) e a invasora *U. decumbens* teve taxas de colonização significativamente mais elevadas do que espécies nativas. Essa resposta da invasora neste estudo pode estar associada a diversos fatores, como o fato de o solo ter sido preparado previamente, das plantas não precisarem competir por recursos com outras e também como mostra no estudo de Petroni (2021), que esta gramínea invasora apresenta estrutura radicular agressiva, onde ela pode ser eficaz e eficiente na absorção de nutrientes e água no solo, as tornando menos dependentes de fungos micorrízicos.

De acordo com a literatura, sabe-se que em geral uma maior disponibilidade de P pode inibir a atividade de fosfatase ácida (OLDE VENTERINK; GÜSEWELL, 2010). Com exceção da *C. barbata*, as outras espécies apresentaram uma maior atividade de fosfatase no tratamento fertilizado em comparação com o controle (embora não significativo). Portanto, os resultados do presente estudo diferem do que é geralmente relatado na literatura. É importante notar que o estudo de Silva (2020) aponta para um efeito positivo da adição de nitrogênio sobre a atividade de fosfatase ácida, o que pode explicar os resultados observados.

No geral, pode-se observar que a nativa *S. indicus* apresentou um melhor desempenho em relação às invasoras no que diz respeito à germinação das sementes, o que é consistente com outros estudos que apontam para o bom

desempenho das gramíneas nativas no Cerrado individualmente (KLINK e MACHADO 1996). Também, *C. barbata* demonstrou um potencial promissor como opção de espécie para projetos de recuperação, uma vez que apresentou resultados positivos e é amplamente encontrada na região estudada. Porém, é importante considerar que as gramíneas exóticas invasoras ainda possuem vantagens competitivas em relação às espécies nativas no Cerrado, o que pode levar a perda de biodiversidade nesse bioma (LANNES *et al.* 2016). No entanto, estudos anteriores demonstraram que as gramíneas nativas apresentam uma certa resistência à invasão por espécies exóticas, como *M. minutiflora* (AIRES 2013; MARTINS *et al.* 2011; SILVA e HARIDISAN 2007). Apesar da resistência demonstrada pelas gramíneas nativas à invasão, é imprescindível realizar o controle dessas espécies invasoras em projetos de recuperação ambiental. Dessa forma, será possível promover a biodiversidade e restaurar efetivamente áreas degradadas.

6. CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos nos dois estudos realizados, é possível afirmar que as quatro hipóteses estabelecidas foram parcialmente confirmadas. As espécies exóticas invasoras *M. minutiflora* e *U. decumbens* apresentaram comportamento semelhante às gramíneas nativas *S. indicus* e *S. parviflora* em termos de germinação. Isso indica que, em relação à germinação, as espécies invasoras não demonstraram uma vantagem significativa sobre as espécies nativas do Cerrado. A nativa *S. indicus* apresentou resultados superiores em relação à germinação quando submetida à fertilização com N e P, o que indica que a adição de nutrientes pode favorecer o desenvolvimento de certas espécies nativas em detrimento das invasoras. Além disso, observou-se uma resposta diferenciada das espécies à luminosidade, destacando a importância de considerar a adaptabilidade das gramíneas em diferentes condições de luz ao planejar a recuperação de áreas degradadas no Cerrado. Por fim, os resultados sugerem que a resposta das espécies às condições de fertilização pode variar, e que a espécie nativa *C. barbata* pode ser uma boa alternativa na substituição das espécies invasoras tanto em solos previamente ou não fertilizados em projetos de recuperação ambiental.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIRES, S. S. **Seleção de gramíneas nativas do Cerrado para uso no manejo de *Melinis minutiflora*: competição entre *Melinis minutiflora* e *Paspalum stellatum***. 2013. Tese (Doutorado em Ecologia) - Universidade de Brasília. Brasília, 2013.

BALIEIRO, F. C.; TAVARES, S. R. L. Revegetação de áreas degradadas. *In*: TAVARES, S. R. L.; MELO, A. S.; ANDRADE, A. G.; ROSSI, C. Q.; CAPECHE, C. L.; BALIEIRO, F. C.; DONAGEMMA, G. K.; CHAER, G. M.; POLIDORO, J. C.; MACEDO, J. R.; PRADO, R. B.; FERRAZ, R. P. D.; PIMENTA, T. S. **Curso de recuperação de áreas degradadas: a visão da Ciência do Solo no contexto do diagnóstico, manejo, indicadores de monitoramento e estratégias de recuperação**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2008. p. 174-210.

BONANOMI, J.; ALVES, M. C.; MARCHINI, D. C.; ARRUDA, O. G. Protecting forests at the expense of native grasslands: Land-use policy encourages open-habitat loss in the Brazilian cerrado biome. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 17, p. 26-31, 2019.

BONINI, C. S. B.; ALVES, M. C.; MARCHINI, D. C.; ARRUDA, O. G. Produção de braquiária em área degradada em recuperação utilizando lodo de esgoto e adubação mineral. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 4, n. 3, p. 166-174, 2010.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **O Bioma Cerrado**. Brasília, DF, 2020. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/biomas/cerrado.html>. Acesso em: 25 mar. 2023.

CARMONA, R.; MARTINS, C. R.; FÁVERO, A. P. Fatores que afetam a germinação de sementes de gramíneas nativas do cerrado. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 20, n. 1, p. 16-22, 2015.

CARMONA, R.; MARTINS, C. R. Dormência e armazenabilidade de sementes de capim-gordura. **Revista Brasileira De Sementes**, v. 32, n. 4, p. 71–79, 2010a.

CARMONA, R.; MARTINS, C. R. Qualidade física, viabilidade e dormência de sementes recém-colhidas de capim-gordura (*Melinis minutiflora* P. Beauv.). **Revista Brasileira De Sementes**, v. 32, n. 1, p. 77–82, 2010b.

CARVALHO, S. J. P.; PEREIRA SILVA, R. F.; LÓPEZ-OVEJERO, R. F.; NICOLAI, N.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Crescimento, desenvolvimento e produção de sementes da planta daninha Capim-branco (*Chloris polydactyla*). *Planta Daninha*, v. 23, n. 4, p. 603–309, 2005.

CASTRO, C. R. T.; GARCIA R. Competição entre plantas com ênfase no recurso luz. **Ciencia Rural**, v. 26, p. 167-174, 1996.

CASTRO, C. R. T.; CARVALHO, W. L.; REIS, F. P.; BRAGA FILHO, J. M. Superação da dormência tegumentar em sementes de *Brachiaria decumbens* Stapf. **Resvista Ceres**, v. 43, n. 245, p. 65-75, 1996.

CORRÊA, R. S. **Recuperação de áreas degradadas pela mineração no Cerrado: manual para revegetação**, 2007. Disponível em: [https://www.academia.edu/28123227/Recupera%C3%A7%C3%A3o_de_%C3%A1reas_degradadas_pela_minera%C3%A7%C3%A3o_no_Cerrado_Manual_para_revegeta%C3%A7%C3%A3o#:~:text=Quando%20se%20opta%20pela%20revegeta%C3%A7%C3%A3o,plantio%20\(BARTH%2C%201989\)](https://www.academia.edu/28123227/Recupera%C3%A7%C3%A3o_de_%C3%A1reas_degradadas_pela_minera%C3%A7%C3%A3o_no_Cerrado_Manual_para_revegeta%C3%A7%C3%A3o#:~:text=Quando%20se%20opta%20pela%20revegeta%C3%A7%C3%A3o,plantio%20(BARTH%2C%201989)) Acesso em: 02 abr. 2023

COUTINHO, L. M. O bioma do cerrado. In: KLEIN, A. L. (org.). **Eugen Warming e o cerrado brasileiro: um século depois**. São Paulo: Editora UNESP, 2000. cap. 2, p. 77-91.

D'ANTONIO, C. M.; VITOUSEK, P. M. Biological invasions by alien grasses, the grass/fire cycle and global change. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 23, p. 63-87, 1992.

DAUBENMIRE, R. Ecology of *Hyparrhenia rufa* (Nees) in derived savanna in NorthWestern Costa Rica. **Journal of Applied Ecology**, v. 9, p. 11–23, 1972.

DURIGAN, G.; MELO, A. C. G.; MAX, J. C. M.; BOAS, O. V.; CONTIERI, W. A.; RAMOS, V. S. **Manual para a recuperação da vegetação do Cerrado**, 2011. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/educacaoambiental/images/stories/biblioteca/permacultura/Manual_recuperacao_cerrado.pdf Acesso em 02 abr. 2023.

FERNANDES, T.; CRUZ, J. F.; NOVAIS, J. R.; MENDES, K. F.; INOUE, M. H.; GUIMARÃES, A. C. D.. Germinação de Capim-Navalha (*Paspalum Virgatum* L.) e Capim-Capeta [(*Sporobolus Indicus* (L.) r.br.)] em função da temperatura e da luz. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.12, n.12, p.84-91, 2021.

FIGUEIREDO, M. A.; BAÊTA, H. E.; KOZOVITS, A. R. Germination of native grasses with potential application in the recovery of degraded areas in Quadrilátero Ferrífero, Brazil. **Biota Neotrop**, v. 12, p. 118-123, 2012.

FILGUEIRAS, T. S. **Gramíneas do Cerrado**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2021.

FLORA E FUNGA DO BRASIL. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>. Acesso em: 02 abr. 2023.

FREITAS, G. K.; PIVELLO, V. R. **A ameaça das gramíneas exóticas à biodiversidade** In: PIVELLO, V.R.; VARANDA, E.M. (Orgs.). O cerrado Pé-de-Gigante: ecologia e conservação - Parque Estadual de Vassununga. São Paulo: SMA, 2005. p.283-296.

GORGONE-BARBOSA, E.; PIVELLO, V. R.; BAEZA, M. J., FIDELIS, A. Disturbance as a factor in breaking dormancy and enhancing invasiveness of African grasses in a Neotropical Savanna. **Acta Bot. Brasilica**, v. 30, n. 1, p. 131-137, 2016.

GIOTTO, A.C. **Avaliação do desenvolvimento dos componentes arbóreos e herbáceos na recuperação de áreas degradadas na Bacia do Ribeirão do Gama, Distrito Federal**. 2010. 85 f., Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

JACOBSON, T. K. B. **Composição, estrutura e funcionamento de um cerrado sentido restrito submetido à adição de nutrientes em médio prazo**. 2009. Tese (Doutorado em Ecologia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

JAKUBSKI, J. D. **Análise de crescimento de *Conyza sp.*, *Digitaria insularis* e *Chloris sp.* sob diferentes condições luminosas**. 2020. Dissertação (Mestrado em Manejo e Conservação de Agroecossistemas) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2020.

KLEIN, A.; FELIPPE, G.M. Efeito da luz na germinação de sementes de ervas invasoras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n. 7, p. 955-966, 1991.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 147-155, 2005.

KOŁODZIEJEK, J.; PATYKOWSKI, J.; WALA, M. Effect of light, gibberellic acid and nitrogen source on germination of eight taxa from disappearing European temperate forest, Potentillo albae-Quercetum. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 1-9, 2017.

LANNES, L. S. **Effects of soil nutrients upon native and alien invasive plants in the Brazilian Cerrado**. 2012. Tese (Doutorado em Ciências Naturais) – ETH Zurich, 2012.

LANNES, L. S.; BUSTAMANTE, M. M. C.; EDWARDS, P. J.; OLDE VENTERINK, H. Native and alien herbaceous plants in the Brazilian Cerrado are (co-)limited by different nutrients. **Plant and Soil**, v. 400, p. 231-243, 2016.

LANNES, L. S.; KARRER, S.; TEODORO, D. A. A.; BUSTAMANTE, M. M. C.; EDWARDS, P. J.; OLDE VENTERINK, H. Species richness both impedes and promotes alien plant invasions in the Brazilian Cerrado. **Sci Rep**, v. 10, p. 11365, 2020a.

LANNES, L. S.; OLDE VENTERINK, H.; LEITE, M. R.; SILVA, J. N.; OBERHOFER, M. Boron application increases growth of Brazilian Cerrado grasses. **Ecology and Evolution**, v. 10, p. 6364-6372, 2020b.

LEITE, M. R.; CASSIOLATO, A. M. R.; LANNES, L. S. Urochloa decumbens Has Higher Mycorrhizal Colonization in Degraded than in Pristine Areas in the Brazilian Cerrado. **Floresta e Ambiente**, v. 26, n. 4, 2019.

LOPES, A.; DEMARCHI, L. O.; PIEDADE, M. T. F.; SCHÖNGART, J.; WITTMANN, F.; MUNOZ, C. B. R.; FERREIRA, C. S.; FRANCO, A. C. Predicting the range expansion of invasive alien grasses under climate change in the Neotropics. **Perspectives in Ecology and Conservation**, 2023.

MACHADO, R. B.; RAMOS NETO, M. B.; PEREIRA, P. G. P.; CALDAS, E. F.; GONÇALVES, D. A.; SANTOS, N. S.; TABOR, K.; STEININGER, M. Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro. Relatório técnico não publicado. **Conservação Internacional**, Brasília, DF, 2004.

MACHADO, V. M.; SANTOS, J. B.; PEREIRA, I. M.; LARA, R. O.; CABRAL, C. M.; AMARAL, C. S. Avaliação do banco de sementes de uma área em processo de recuperação em Cerrado Campeste. **Planta Daninha**, v. 31, p. 303-312, 2013.

MARTINS, C. R. **Caracterização e manejo da gramínea *Melinis minutiflora* P. Beauv. (Capim-gordura): Uma espécie invasora do Cerrado**. 2006. Tese (Doutorado em Ecologia) - Universidade de Brasília, 2006.

MARTINS, C. R.; LEITE, L. L.; HARIDASAN, M. Recuperação de uma área degradada pela mineração de cascalho com uso de gramíneas nativas. **R. Árvore**, v. 25, p. 157-166, 2001.

MARTINS, C. R.; HAY, J. D. V.; CARMONA, R. Potencial invasor de duas cultivares de *Melinis minutiflora* no cerrado brasileiro - características de sementes e estabelecimento de plântulas. **Revista Árvore**, v. 33, n. 4, p. 713-722, 2009.

MARTINS, C. R.; HAY, J. D. V.; WALTER, B. M. T.; PROENÇA, C. E. B.; VIVALDI, L. J. Impacto da invasão e do manejo do capim-gordura (*Melinis minutiflora*) sobre a riqueza e biomassa da flora nativa do Cerrado sentido restrito. **Revista Brasil Bot**, v. 34, n. 1, p. 73-90, 2011.

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

MENDONÇA, G. S.; MARTINS, C. C.; MARTINS, D.; COSTA, N. V. Ecophysiology of seed germination in *Digitaria insularis* ((L.) Fedde). **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 4, p. 823-832, 2014.

MENDONÇA, R. C.; FELFILI, J. M.; WALTER, B. M. T.; SILVA JÚNIOR, M. C.; REZENDE, A. V.; FILGUEIRAS, T. S.; NOGUEIRA, P. E.; FAGG, C. W. Flora vascular do bioma Cerrado: checklist com 12.356 espécies. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. D. P.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado - Ecologia e Flora**. Embrapa Informação Tecnológica, 2008, v. 2, p. 421-442.

MIGUEL, P. S. B.; GOMES, F. T.; ROCHA, W. S. D.; MARTINS, C. E.; CARVALHO, C. A.; OLIVEIRA, A. V. Efeitos tóxicos do alumínio no crescimento das plantas: mecanismos de tolerância, sintomas, efeitos fisiológicos, bioquímicos e controles genéticos. **CES Revista**, v. 24, p. 13-30, 2010.

MONDO, V. H. V.; CARVALHO, S. J. P.; DIAS, A. C. R.; MARCOS FILHO, J. Efeitos da luz e temperatura na germinação de sementes de quatro espécies de plantas daninhas do gênero *Digitaria*. **Rev. Bras. de Sementes**, v. 32, p. 131-137, 2010.

MUSSO, C.; MIRANDA, H. S.; AIRES, S. S.; BASTOS, A. C.; SOARES, A. M. V. M.; LOUREIRO, S. Simulated post-fire temperature affects germination of native and invasive grasses in cerrado (Brazilian savanna). **Plant Ecology and Diversity**, v. 8, n. 2, p. 219–227, 2015.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853–845, 2000.

OLDE VENTERINK, H.; GÜSEWELL, S. Competitive interactions between two meadow grasses under nitrogen and phosphorus limitation. **Functional Ecology**, v. 24, p. 877–886, 2010.

OLDE VENTERINK, H. Legumes have a higher root phosphatase activity than other forbs, particularly under low inorganic P and N supply. **Plant Soil**, v. 347, p. 137–146, 2011.

OLIVEIRA, A. M. E.; WENDLING, B.; ERICSSON, D. B. C.; XAVIER, M. A. S.; XAVIER, A. R. E. O. Métodos de propagação e fatores que interferem na germinação das principais gramíneas nativas de Cerrado. **Caderno de Ciências Agrárias**, v. 12, p. 01-08, 2020.

PAREDES, M. V. F.; CUNHA, A. L. N.; MUSSO, C.; AIRES, S. S.; SATO, M. N.; MIRANDA, H. S. Germination responses of native and invasive Cerrado grasses to simulated fire temperatures. **Plant Ecology & Diversity**, v. 11, n. 2, p. 193-203, 2018.

PETRONI, A. R. (2021) **Diversidade de espécies e umidade do solo como promotoras da atividade fosfatase ácida e colonização micorrízica em espécies herbáceas de Cerrado**. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Ilha Solteira, 2021.

PIVELLO, V. R.; SHIDA, C. N.; MEIRELLES, S. T. Alien grasses in Brazilian savannas: a threat to the biodiversity. **Biodiversity and Conservation**, v. 8, p. 1281–1294, 1999.

PIVELLO, V. R.; CARVALHO, V. M. C.; LOPES, P. F.; PECCININI, A. A.; ROSSO, S. Abundance and distribution of native and invasive alien grasses in a "cerrado" (Brazilian savanna) biological reserve. **Biotropica**, v. 31, n. 1, p. 71-82, 1999.

PIVELLO, V. R. Invasões Biológicas no Cerrado Brasileiro: Efeitos da Introdução de Espécies Exóticas sobre a Biodiversidade. **ECOLOGIA.INFO**, n. 33, 2011.

RAIJ, B.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. **Instituto Agrônomo de Campinas**, 2001.

RANA, N.; WILDER, B. J.; SELLERS, B. A.; FERRELL, J. A.; MCDONALD, G. E. Effects of Environmental Factors on Seed Germination and Emergence of Smutgrass

(*Sporobolus indicus*) Varieties. **Weed Science Society of America**, v. 60, p. 558-563, 2012.

REZENDE, M. G. **Germinação e crescimento inicial de gramíneas nativas e exóticas do cerrado em solos fertilizados com nitrogênio e fósforo**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", Ilha Solteira, 2021.

ROEM, W. J.; KLEES, H.; BERENDSE, F. Effects of nutrient addition and acidification on plant species diversity and seed germination in heathland. **Journal of Applied Ecology**, v. 39, n. 6, p. 937-948, 2002.

ROY, A.K.; SHARMA, A.; TALUKDER, G. Some aspects of aluminium toxicity in plants. **The Botanical Review**, v. 54, n. 2, p. 145-178, 1988.

SILVA, J. L.; GUIMARÃES, S. C.; YAMASHITA, O. M. Germinação de sementes de *Chloris barbata* (L.) Sw. em função da luz. **Revista Ciências Agro-Ambientais**, v. 7, n. 1, p. 23-34, 2009.

SILVA, J. S. O.; HARIDASAN, M. Acúmulo de biomassa aérea e concentração de nutrientes em *Melinis minutiflora* P. Beauv. e gramíneas nativas do cerrado. **Revista Brasil Bot**, v. 30, n. 2, p. 337-344, 2007.

SILVA, L. L. **Atividade de fosfatase ácida e colonização micorrízica em genótipos de milho**. 2020. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Ilha Solteira, 2020.

TAKAKI, M.; HEERINGA, G. H.; CONE, J. W.; KENDRICK, R. E. Analysis of the effect of light and temperature on the fluence response curves for germination of *Rumex obtusifolius*. **Plant Physiology**, v. 77, p. 731-734, 1985.

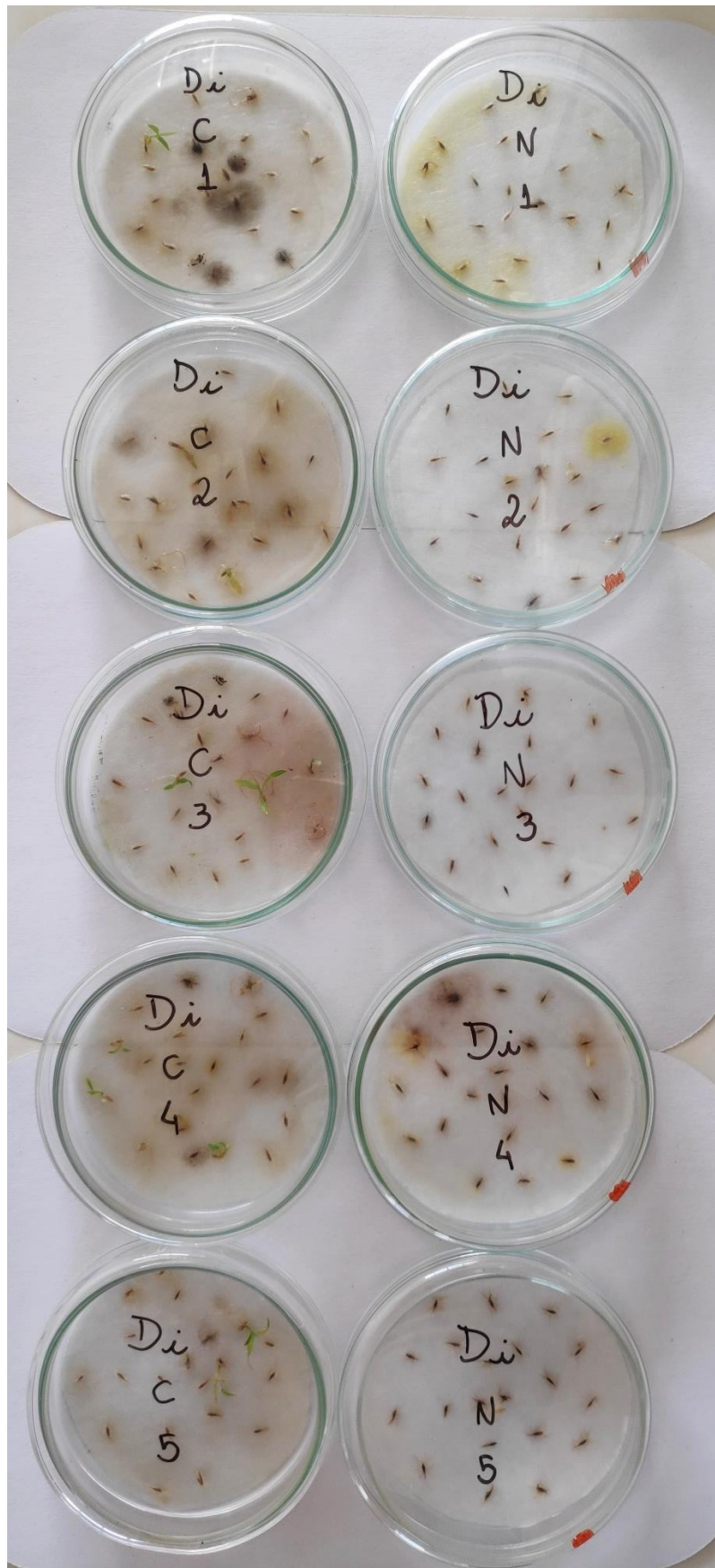
TAYLORSON, R. B.; HENDRICKS, S. B. Phytochrome control of germination of *Rumex crispus* L. seeds induced by temperature shifts. **Plant Physiology**, v. 50, p. 645-648, 1972.

VIERHEILIG, H.; COUGHLAN, A. P.; WYSS, U.; PICHÉ, Y. Ink and vinager, a simple staining technique for arbuscular-mycorrhizal fungi. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 64, n. 12, p. 5004-5007, 1998.

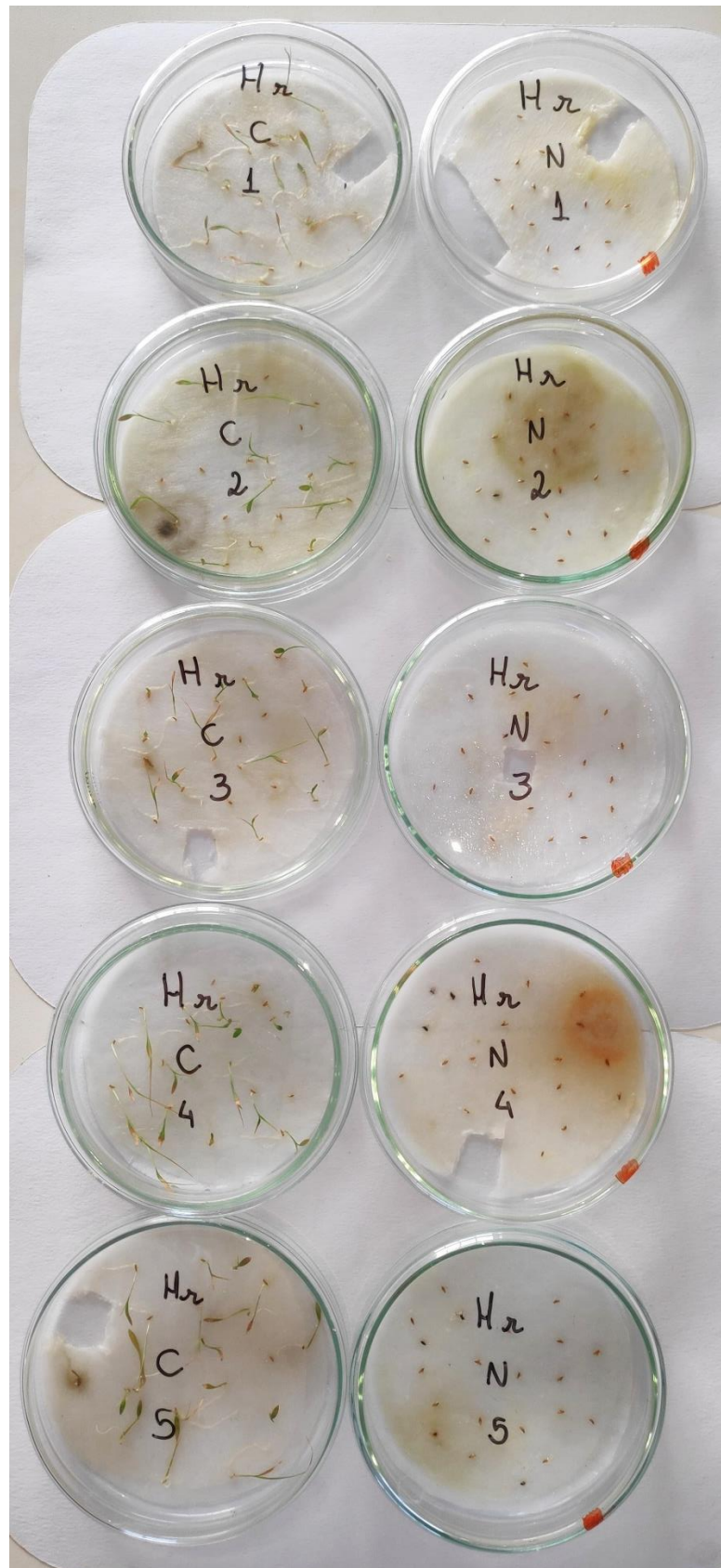
WHITEMAN, P. C.; MENDRA, K. Effects of storage and seed treatments on germination of *Brachiaria decumbens*. **Seed Science and Technology**, v. 10, p. 233-242, 1982.

ZUPO, T. M. **Invasão, competição e uso de recursos por uma gramínea nativa e uma gramínea invasora do cerrado**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ecologia: Ecossistemas Terrestres e Aquáticos) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

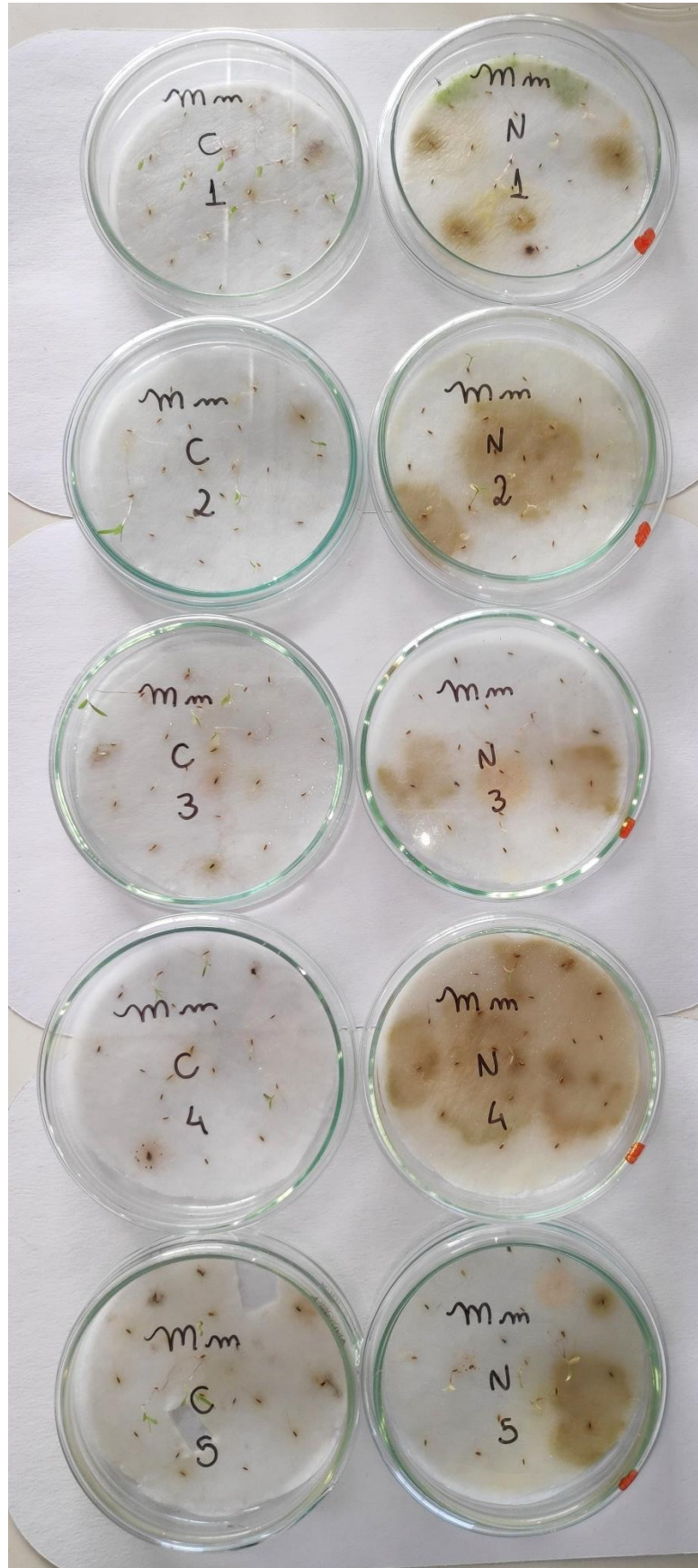
APÊNDICE A – Resultado do experimento de nutrientes em *D. insularis*.



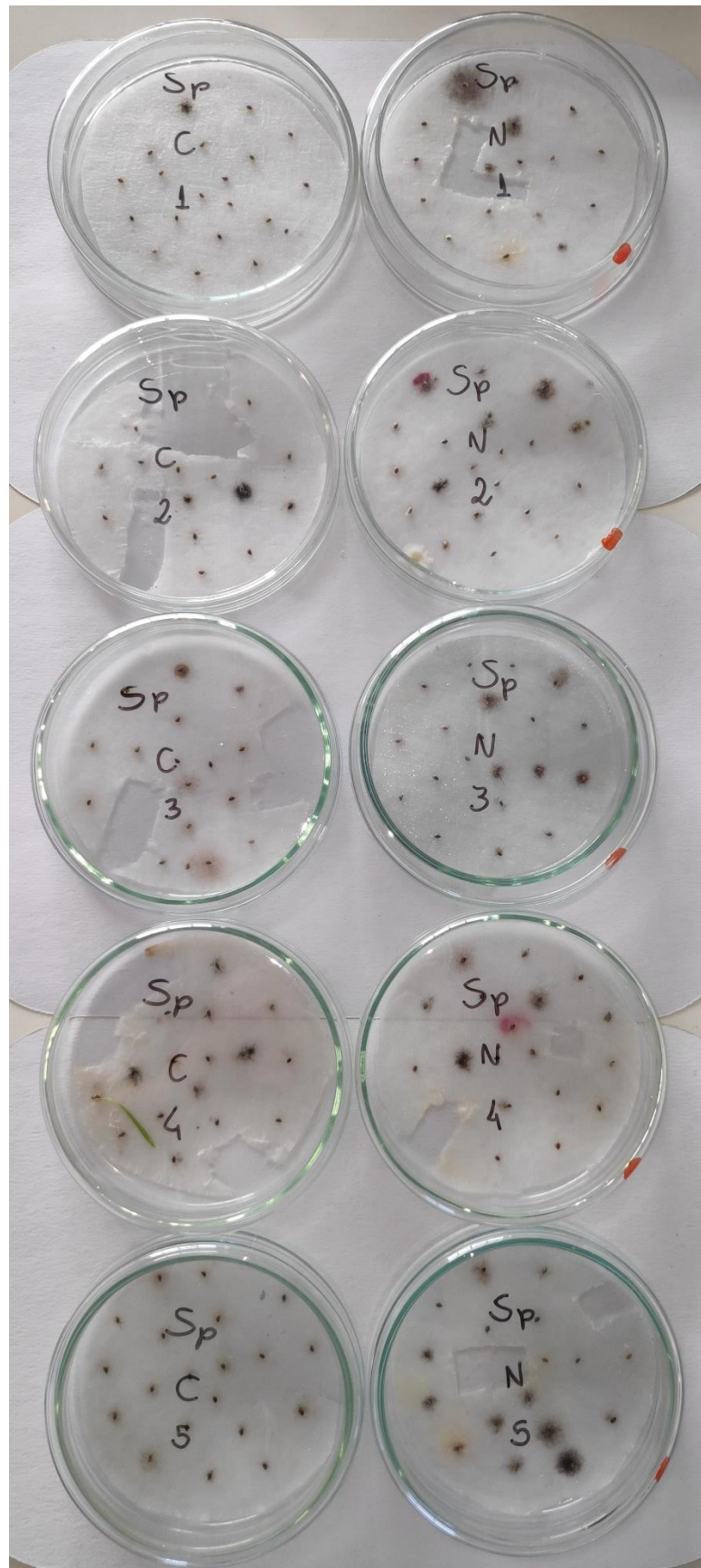
APÊNDICE B – Resultado do experimento de nutrientes em *H. rufa*.



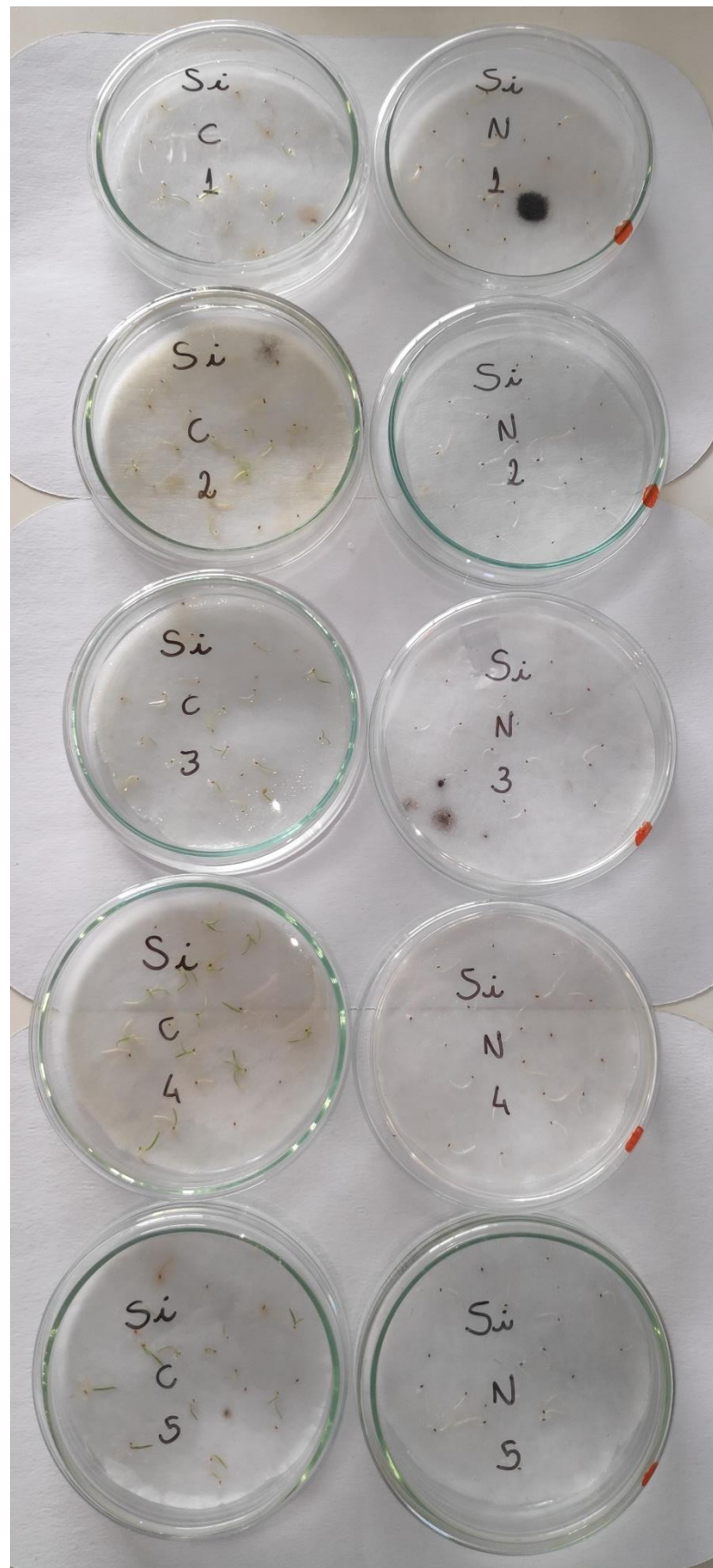
APÊNDICE C – Resultado do experimento de nutrientes em *M. minutiflora*.



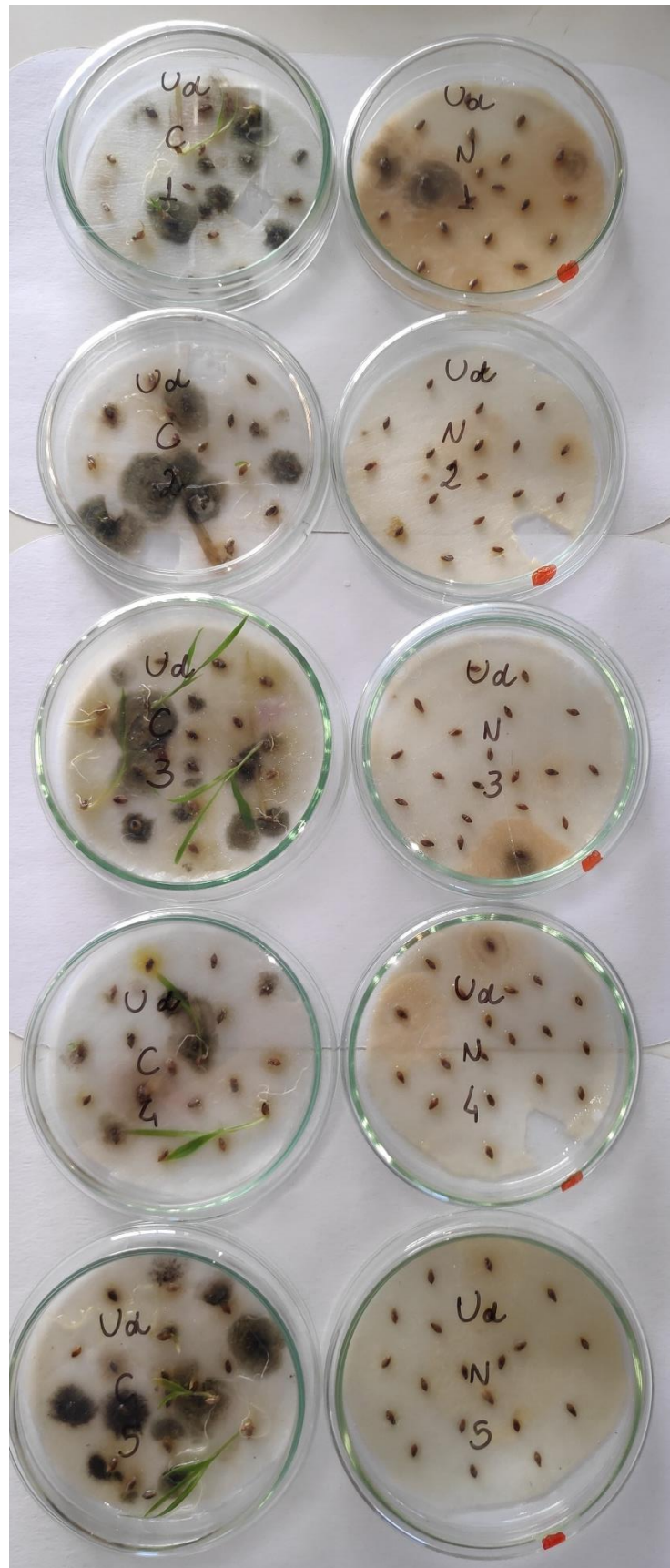
APÊNDICE D – Resultado do experimento de nutrientes em *S. parviflora*.



APÊNDICE E – Resultado do experimento de nutrientes em *S. indicus*.



APÊNDICE F – Resultado do experimento de nutrientes em *U. decumbens*.



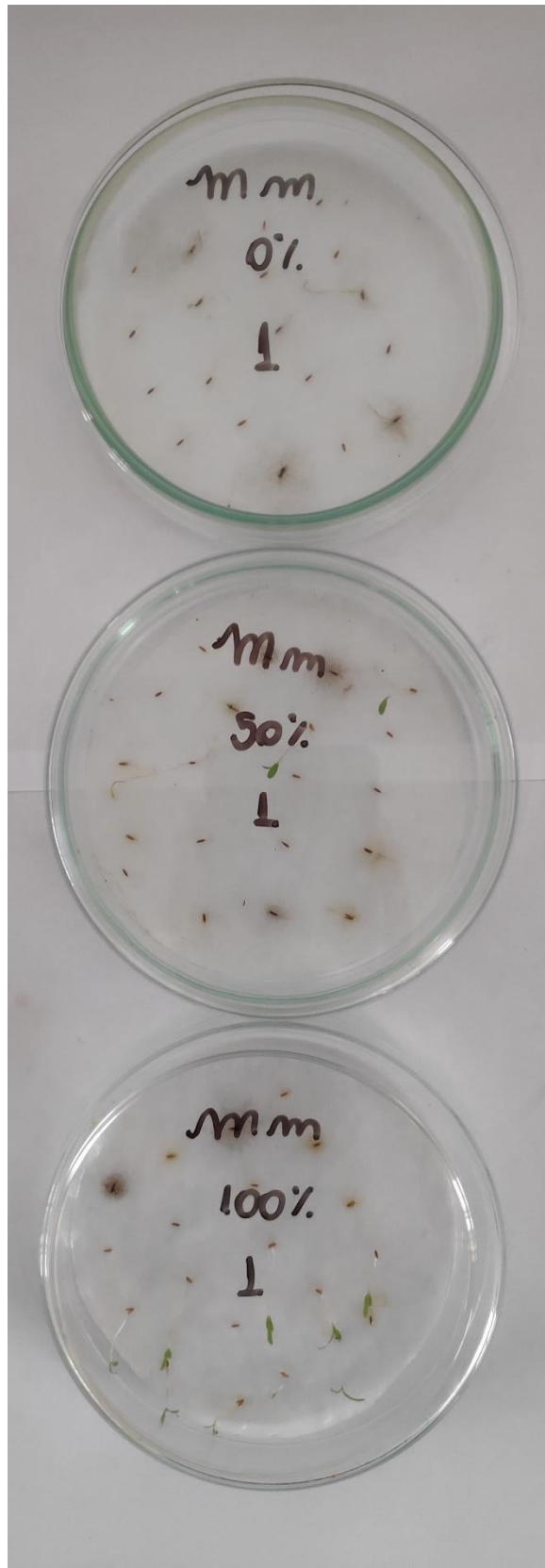
**APÊNDICE G – Resultado do experimento dos três tratamentos de
luminosidade em *D. insularis*. Réplica 1.**



**APÊNDICE H – Resultado do experimento dos três tratamentos de
luminosidade em *H. rufa*. Réplica 1.**



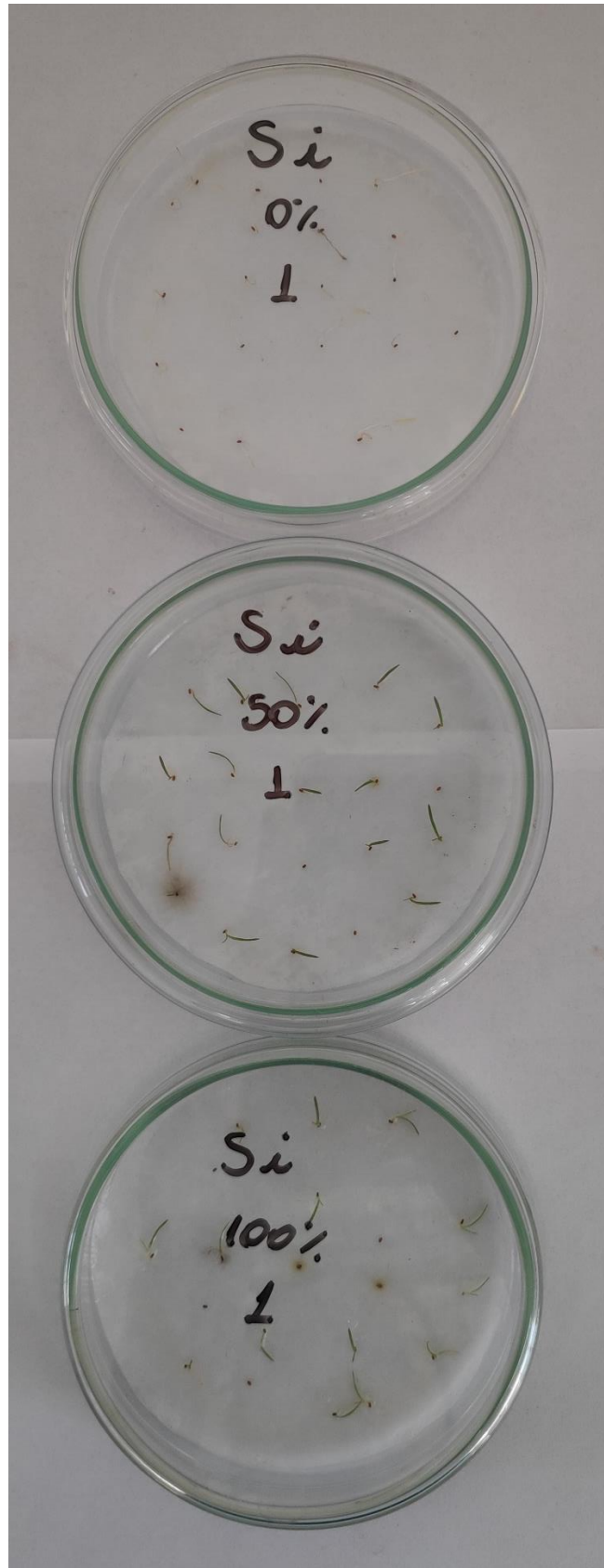
APÊNDICE I – Resultado do experimento dos três tratamentos de luminosidade em *M. minutiflora*. Réplica 1.



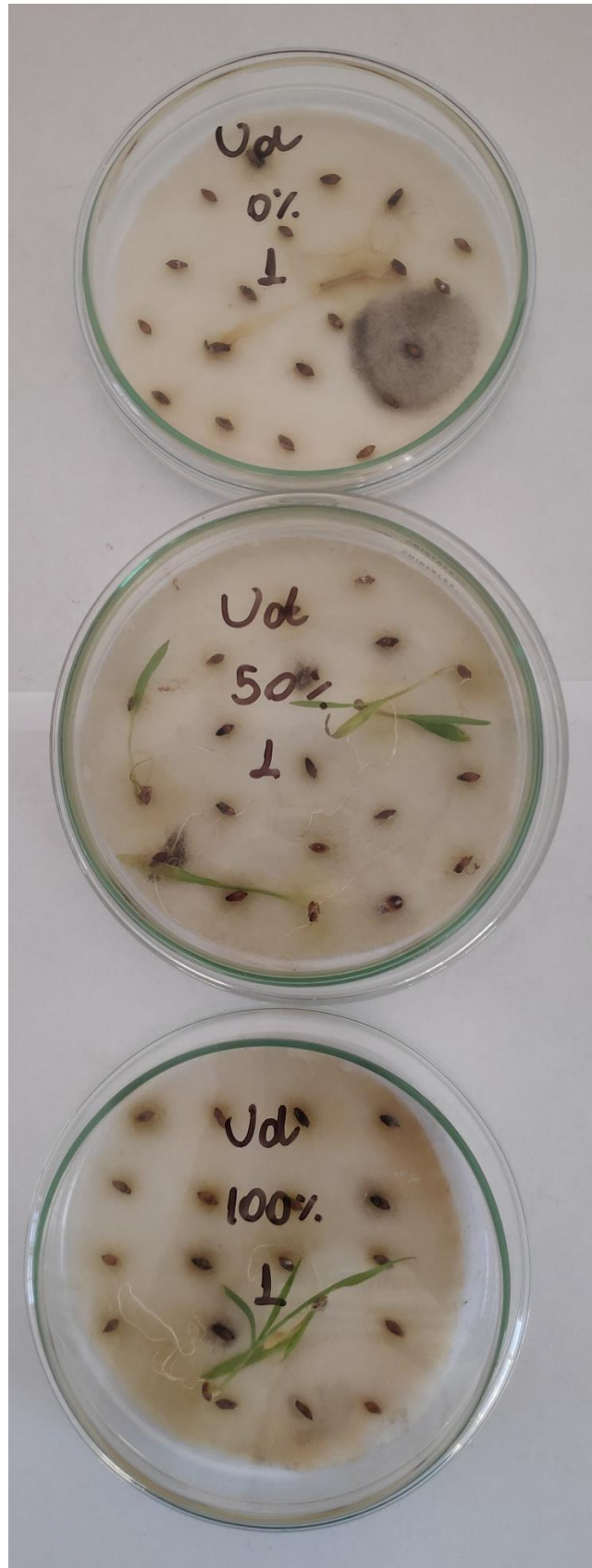
**APÊNDICE J – Resultado do experimento dos três tratamentos de
luminosidade em *S. parviflora*. Réplica 1.**



**APÊNDICE K – Resultado do experimento dos três tratamentos de
luminosidade em *S. indicus*. Réplica 1.**



APÊNDICE L – Resultado do experimento dos três tratamentos de luminosidade em *U. decumbens*. Réplica 1.



APÊNDICE M – Comparação dos vasos no 1º dia, 60º dia e 128º dia do experimento.

