



**HUGO BONÉZIO**

**GANHOS NO CRESCIMENTO  
INICIAL DE *Eragrostis polytricha*  
PELA APLICAÇÃO DE GIBERELINA EM SEMENTES**

**LAVRAS-MG  
2024**

**HUGO BONÉZIO**

**GANHOS NO CRESCIMENTO  
INICIAL DE *Eragrostis polytricha* Ness.  
PELA APLICAÇÃO DE GIBERELINA EM SEMENTES**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Universidade Federal de  
Lavras, como parte das exigências do  
Curso de Ciências Biológicas, para a  
obtenção do Título de Bacharel.

**Orientador: Prof. Dr. Vitor L. Nascimento**

**Coorientadora: MSc. Eduarda Santos de Andrade**

**LAVRAS-MG  
2024**

**HUGO BONÉZIO**

**GANHOS NO CRESCIMENTO  
INICIAL DE *Eragrostis polytricha* Ness.  
PELA APLICAÇÃO DE GIBERELINA EM SEMENTES**

**GAINS IN THE INITIAL  
GROWTH OF *Eragrostis polytricha* Ness.  
BY APPLYING GIBBERELLIN TO SEEDS**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Universidade Federal de  
Lavras, como parte das exigências do  
Curso de Ciências Biológicas, para a  
obtenção do Título de Bacharel.

APROVADO em 24 de julho de 2024.  
Dr. Vitor de Laia Nascimento - UFLA  
Dr. Paulo Eduardo Ribeiro Marchiori - UFLA  
Dr. Leandro Elias Morais – IFMG

Prof. Dr. Vitor de Laia Nascimento  
Orientadora: MSc. Eduarda Santos de Andrade

*A minha família, amigos e professores,  
Por todo apoio e compreensão.*

***Dedico.***

## **Agradecimentos**

Especialmente a Deus pela vida e saúde.

A mim, por acreditar e persistir nos meus sonhos.

As minhas mães Sandra e Elaine, fonte de inspiração.

As minhas tias Sylvana e Lucivane pelo apoio.

Ao meu primo Luan pelo apoio e acolhimento durante os anos de UFLA.

Aos meus colegas de apartamento Victor Henrique, João Lucas, e Nicolas Alecrim pela amizade e companheirismo.

Ao Prof. Dr. Vitor de Laia Nascimento, pela dedicada orientação, pela paciência e compreensão.

À Msc. Eduarda Santos de Andrade, pela dedicada coorientação, pelos ensinamentos, pela paciência, pelo apoio durante a realização do trabalho e pela amizade.

Ao Nascimento Lab por toda vivência e aprendizado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (Fapemig) pelo financiamento.

Por fim, agradeço à Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Biologia, pelos ensinamentos durante a graduação.

## RESUMO

O crescimento inicial é fundamental no ciclo de vida das plantas, e os estudos voltados para esses processos são importantes para melhorar a produção de mudas durante a restauração de áreas degradadas. Isso é especialmente verdadeiro para as espécies de campo rupestre, um ecossistema em que a recuperação após o distúrbio é fortemente limitada pela produção de mudas. O objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento inicial de *Eragrostis polytricha*, uma gramínea importante para a recuperação de áreas degradadas, tratada com níveis de giberelina. As sementes foram embebidas em 4 concentrações (0, 10, 50 e 100  $\mu\text{M}$ ) de giberelina e semeadas em um tubo de 180 mL com substrato comercial. As plantas foram cultivadas em uma estufa por aproximadamente 120 dias, com a umidade mantida na capacidade de campo. O tratamento com 10  $\mu\text{M}$  de giberelina aumentou os parâmetros de crescimento e a alocação de biomassa. Esse resultado pode estar associado ao papel da giberelina na ativação de genes envolvidos no crescimento das plantas. Diante dos resultados descritos acima, o tratamento com giberelina via embebição de sementes melhorou os atributos morfológicos das mudas de *E. polytricha*, o que pode aumentar o estabelecimento em áreas degradadas e contribuir para a descrição da biologia dessa espécie nativa.

**Palavras-chave:** *Eragrostis polytricha*, giberelina, revegetação, campus rupestres.

## ABSTRACT

Initial growth is fundamental in the life cycle of plants, and studies focused on these processes are important to improve seedling production during the restoration of degraded areas. This is especially true for campo rupestre species, an ecosystem in which recovery after disturbance is strongly limited by seedling production. The objective of this work was to evaluate the initial growth of *Eragrostis polytricha*, an important grass for the recovery of degraded areas, treated with levels of gibberellin. The seeds were soaked in 4 concentrations (0, 10, 50 and 100  $\mu\text{M}$ ) of gibberellin and sown in a 180 mL tube with commercial substrate. Plants were grown in a greenhouse for approximately 120 days, with humidity maintained at field capacity. Treatment with 10  $\mu\text{M}$  gibberellin increased growth parameters and biomass allocation. This result may be associated with the role of gibberellin in activating genes involved in plant growth. Given the results described above, treatment with gibberellin via seed imbibition improved the morphological attributes of *E. polytricha* seedlings, which may increase establishment in degraded areas and contribute to the description of the biology of this native species.

**Keywords:** *Eragrostis polytricha*, gibberellin, revegetation, rupestrian campuses.

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	8
2	REFERENCIAL TEÓRICO .....	11
	GIBERELINA .....	11
	CAMPUS RUPESTRES .....	12
	FAMÍLIA POACEA .....	13
	<i>ERAGROSTIS polytricha</i> .....	15
	REVEGETAÇÃO X RESTAURAÇÃO .....	16
3	METODOLOGIA .....	17
	CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO .....	17
	DESENHO EXPERIMENTAL .....	17
	ANÁLISE DE CRESCIMENTO .....	28
	ANÁLISE DE METABÓLITOS .....	18
	ANÁLISE DE DADOS.....	19
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	19
5	CONCLUSÃO.....	25
6	REFERÊNCIAS.....	25

## 1 INTRODUÇÃO

A mineração, em um âmbito geral, acompanha a evolução humana e tem desempenhado um papel importante tanto do ponto de vista econômico quanto social, sendo, no Brasil, responsável por um considerável aumento no PIB (Produto Interno Bruto) e por geração de empregos diretos (IBRAM 2015). Entretanto, a expansão das atividades antrópicas, sobretudo a mineração, vem ocasionando uma drástica redução na vegetação do campo rupestre, áreas que possuem uma grande importância ecológica devido ao seu elevado grau de endemismo (Fernandes et al., 2018; Gastauer et al., 2019). No cenário nacional, a exploração de ferro é uma das principais atividades do setor minerário (IBRAM 2015, DNPM 2016) e os Campos Rupestres Ferruginosos, designados também como vegetação de canga, são ecossistemas normalmente associados aos depósitos de minério de ferro e por isso intensamente impactados pela ação mineradora (Jacobi & Carmo 2008). Essas áreas detêm uma grande diversidade de espécies vegetais com elevado endemismo, porém estão entre as regiões mais ameaçadas e menos estudadas na atualidade (Jacobi *et al.* 2007, Jacobi & Carmo 2008, Mendonça 2013).

As características edafoclimáticas destes ambientes associadas a presença de metais pesados oriundos da mineração dificultam a revegetação natural do local. Dessa forma, a aplicação de técnicas de restauração ecológica é uma das estratégias para mitigar os impactos da mineração; somada a implementação de práticas de conservação, como a proteção dessas áreas em unidades de conservação para impedir a perda de espécies endêmicas (Benites et al., 2007; Fernandes et al., 2016; Le Stradic et al., 2018; Pontara et al., 2018; Rios et al., 2017; Saraiva et al., 2020a).

Dentre as espécies potenciais para a revegetação de áreas degradadas, as gramíneas têm se destacado pois promovem a completa e perene cobertura do solo, fornecendo proteção a este de maneira eficiente (Gylssels & Poesen 2003, Bindle 2003). Dados fornecidos pela (IPBES 2019), indicam que apenas um terço de todas as plantas conhecidas atualmente estão ameaçadas de extinção ou carecem de informação a este respeito. As gramíneas possuem um alto potencial para uso na recuperação de áreas degradadas pois são espécies que apresentam um rápido crescimento, que contribui no aumento da cobertura do solo impedindo o escoamento de água e nutrientes tornando possível o estabelecimento de outras espécies (Caldeira et al., 2021; Cao et al., 2015).

Nos últimos anos muitos estudos abordando ajustes metabólicos em respostas à toxicidade por metais pesados foram realizados utilizando gramíneas nativas de campo rupestre (Araújo et al., 2014; Araújo et al., 2020; Rios et al., 2017; Rios et al., 2020;

Siqueira-Silva et al., 2019). Estudos recentes se concentraram na germinação, crescimento e metabolismo de carboidratos dessas gramíneas, entretanto, estudos como esses ainda são escassos (Andrade, 2022; Andrade et al., 2022).

A germinação é uma das etapas mais importantes no ciclo de vida de uma planta e pode ser regulada por inúmeros fatores exógenos e endógenos, como o balanço hormonal entre giberelinas e ácido abscísico (Bewley et al., 2013). O crescimento da planta está frequentemente relacionado ao aumento no número de células, alongamento e expansão dos órgãos bem como a alocação de biomassa resultante da assimilação de carbono (Hilty et al., 2021). O tratamento de sementes com giberelinas vem sendo amplamente utilizado em diversas espécies a fim de aumentar a germinação e crescimentos de mudas (Ma et al., 2018), e a utilização dessa metodologia em sementes de gramíneas nativas pode ser de extrema importância para a produção de mudas visando a restauração de áreas degradadas.

As giberelinas são uma classe de fitormônio que pertence aos terpenóides e estão envolvidas na regulação de inúmeros processos essenciais no crescimento e desenvolvimento de uma planta, tais como a germinação, crescimento, florescimento e desenvolvimento de frutos, além de estar relacionada com a indução de respostas de tolerância a diferentes estresses abióticos (Martínez et al., 2016; Omena-Garcia et al., 2019). Durante a germinação as giberelinas atuam na mobilização de reservas, promovem a ativação de enzimas que atuam na degradação da parede celular do endosperma diminuindo a resistência e, por consequência, possibilitando a protusão da radícula (Bewley et al., 2013). A aplicação de fitormônios pode modificar o crescimento e desenvolvimento vegetal, e tais modificações incluem a regulação da partição de fotoassimilados (carboidratos não-estruturais) (Meléndez et al., 2021; Múrcia et al., 2015).

As giberelinas podem alterar metabolismo central (primário) e regular a mobilização de fotoassimilados, e por consequência, determinar a partição de biomassa das plantas (Omena-Garcia et al., 2019; Wen et al., 2018; Ribeiro et al., 2012). Os produtos da fotossíntese são fonte de energia para o crescimento vegetal e a mobilização destas moléculas reflete na alocação de biomassa da planta e pode desempenhar papel importante na tolerância a diversos estresses ambientais (Smith; Zeeman, 2020; Thalmann; Santelia, 2017). Existem poucos estudos voltados para avaliar o potencial de gramíneas nativas como ferramenta para revegetação de áreas degradadas pela mineração (Jacob et al. 2008). A caracterização do metabolismo de plantas nativas em resposta ao tratamento de sementes

com giberelinas, e como este se relaciona com os parâmetros de crescimento, ainda é pouco descrito na literatura. Devido ao pouco conhecimento disponível para produção de mudas de gramíneas nativas, e o envolvimento das giberelinas em diversos processos do crescimento e desenvolvimento vegetal, o tratamento de sementes com este fitormônio pode ser uma técnica promissora para melhorar a viabilidade e disponibilidade de propágulos para a revegetação de áreas degradadas.

*Eragrostis polytricha* é uma gramínea nativa de campo rupestre com alto potencial para a recuperação dessas áreas pois contribui com o aumento da cobertura do solo. Estudos recentes demonstraram que essa espécie apresentou um alto índice de valor de importância em bancos de sementes de topsoil de campo rupestre demonstrando a importância da utilização desta espécie em programas de restauração ecológica e de estudos que possam elucidar quais melhores condições de germinação e crescimento, incluído respostas à aplicação exógena de fitormônios e com isso gerar informações sobre a biologia da espécie, que ainda é escassa (Saraiva et al., 2020; Saraiva et al., 2020). Por isso, espera-se que o tratamento de sementes de *E. polytricha* com níveis de giberelinas possam gerar ganhos de produtividade primária, via alteração da participação de biomassa e no metabolismo destas plantas.

## 2. REFERÊNCIAL TEÓRICO

### Giberelina

A descoberta do fungo *Gibberella gujikuro* e do efeito dos seus metabólitos nas plantas foi muito importante, pois permitiu com que posteriormente fosse possível isolar o composto que causa o crescimento exagerado dos órgãos infectados conhecidos atualmente como ácido giberélico ou giberelina (GA) (Yabuta & Sumiki, 1938; Hedden, 2015). Após sua descoberta, a giberelina foi identificada em diversas plantas e hoje se conhece diferentes tipos de GAs (MacMillan & Suter, 1958).

Segundo Castro et al., (2014), a germinação é composta pela etapa de embebição, ativação do metabolismo necessário para o crescimento e a iniciação do crescimento do embrião. Além disso, muitos fatores interferem na germinação das sementes, dentre eles estão os níveis de hormônios endógenos que influenciam na quebra da dormência, fenômeno evolutivo responsável pela baixa porcentagem de germinação de algumas espécies (Taiz & Zeiger, 2004). Estudos realizados com a espécie de gramínea africana *Melinis minutiflora* apresenta elevado grau de dormência primária (Carmona, 2015). Para que haja uma melhor eficiência na fase germinativa das sementes, se faz necessário o estudo da aplicação de hormônios endógenos (Carvalho & Rosseto, 2000).

A giberelina é um fitohormônio diterpenóide tetracíclico produzido principalmente em folhas em desenvolvimento e nos ápices caulinares (Paixão, 2021). Dentre as principais funções da giberelina destaca-se o alongamento do caule, crescimento dos frutos sem folhas e a germinação das sementes (Achard, 2009). A presença de giberelina permite o alongamento das células e a divisão celular, permitindo com que o órgão cresça e, além disso, possui a capacidade de mobilizar enzimas que afrouxam a parede celular permitindo com que proteínas do tipo expansivas, entre e alongue a célula (Sachs, 1965). A giberelina estimula a produção de endo- $\alpha$ -manases e  $\alpha$ -amilase, enzimas hidrolíticas com a capacidade de quebrar o amido localizado nas reservas energética do endosperma, gerando energia para a retomada do processo de germinação e propiciando assim a protrusão da radícula (Ferreira et al., 2005; Taiz et al., 2017).

Cientistas observaram, que o GA promove a expansão das folhas, mas inibe o crescimento das raízes, a partir do qual concluíram que o GA altera a proporção raiz-parte aérea. Sabe-se agora que a ação do GA é essencial para o alongamento da raiz, mas altas concentrações de GA são inibitórias e, na maioria dos casos, as raízes contêm níveis de GA próximos à saturação (Tanimoto,

2012). Dados obtidos de experimentos em que se observa o efeito de altas concentrações de giberelina nas plantas, sugerem que altas doses podem causar efeitos inibitórios no crescimento de algumas espécies de plantas (Tanimoto, 2012). Estudos realizados com giberelina demonstraram que além de interferir na germinação, amadurecimento dos frutos e expansão foliar, também pode agir de forma a impulsionar, retardar ou inibir a floração (Pharis & King 1985; Zeevaart 1976).

As giberelinas podem atuar na síntese de proteínas e RNA específicos na germinação, tanto na quebra de dormência como no controle da hidrólise de reservas. Deste modo, elas estimulam a síntese de hidrólises como a  $\alpha$ -amilase, que degradam amido, liberando energia para o desenvolvimento dos embriões (Taiz & Zeigerz, 2009). Pesquisas a respeito da ação da giberelina em grãos de cereais (Jacobsen, 1995), afirmam que as GAs atuam no DNA controlando a expressão de genes responsáveis por sintetizar enzimas capazes de hidrolisar o endosperma da semente, propiciando assim a protusão da radícula (Weiss, 2007; Taiz & Zeigerz, 2009).

### **Campus Rupestres**

Os Campus Rupestres são ecorregiões localizadas em lugares de altitude, geralmente topo de montanhas, e compostas por várias vegetações de pequeno e médio porte onde se predominam gramíneas e árvores caduciformes que se instalam sobre um solo pedregoso, pobre em nutrientes e com concentrações significativas de ferro em sua composição (Eiten, 1983; Miola et al. , 2021; Silveira *et al.* , 2016; Jacobi *et al.* , 2007; Brown *et al.* , 2020; Vasconcelos *et al.* , 2020).

No Brasil, as duas principais regiões onde os Campos Rupestres Ferruginosos podem ser encontrados são a Serra de Carajás no Estado do Pará e o Quadrilátero Ferrífero (QF) no Estado de Minas Gerais (Silva *et al.* 1996; Silveira et al. 2016).

O campus rupestre é uma região importante pois fornece abrigo para animais que são forçados a deixarem o lugar onde vivem, por conta de eventos que coloquem em risco sua existência como, por exemplo, ações antrópicas. Além disso, por conter características geográficas únicas, o campus rupestre favorece o isolamento reprodutivo, fator que pode levar à especiação alopátrica das espécies que lá se estabeleceram aumentando assim a diversidade de espécies nesses locais (Brown *et al.*, 2020; Vasconcelos *et al.*, 2020).

Este tipo de vegetação é parte de um dos ecossistemas mais ameaçados e menos estudados de Minas Gerais, principalmente devido à presença de depósitos de minério de ferro associados ao substrato, à distribuição bastante limitada em termos de área de ocorrência e à dificuldade de acesso (Jacobi & Carmo, 2008).

Sabe-se que muitos atributos tornam o campus rupestres uma ecorregião única e com alta taxa de endemismo, porém atividade antrópica, em especial a mineração, ocasiona uma drástica perda da camada superficial do solo e junto acarreta a destruição do habitat de muitas espécies de plantas e animais tornando ainda mais fácil a extinção de espécies ameaçadas nesses locais (Jacobi & Carmo, 2008; Jacobi et al., 2007)..

### **Família Poaceae**

A família das gramíneas (Poaceae Barnhart) ou Gramineae, uma das plantas mais importantes para a economia humana, surgiu entre 55 e 70 milhões de anos atrás, contém cerca de 12 mil espécies descritas atualmente e aproximadamente 800 gêneros catalogados (Hodkinson 2018; Pardo & VanBuren, 2021). As gramíneas sempre foram um componente importante na indústria alimentícia, pois ela é a principal fonte de alimento de animais criados para o consumo humano como, por exemplo, gado leiteiro e de corte. Além de ser usada para aumentar a produtividade do gado, as gramíneas têm sua importância na produção de alimentos como cereais (milho, trigo e arroz) e na construção civil onde se observa, por exemplo, a utilização de espécies de gramíneas do subgênero Bambusoideae ou popularmente conhecido como “bambu” (Hodkinson 2018; Pardo & VanBuren, 2021). Além disso, segundo Peterson (2013), a característica mais importante dessa família é um fruto indeiscente de uma só semente indeiscente (o revestimento da semente é fundido com a parede do ovário), conhecido como cariopse ou grão.

Segundo Peterson e Soreng (2013), a lista de espécies de gramíneas ameaçadas de extinção vem crescendo cada vez mais e isso é um fator preocupante, tendo em vista que na América do Norte existem 2015 espécies ameaçadas de extinção, enquanto na América do Sul foi catalogado apenas 80 espécies. Apesar da América do Sul ter apenas três quartos do tamanho da América do Norte, ela contém o dobro de espécies de gramíneas ameaçadas por quilômetro quadrado.

A flora de regiões montanhosas é composta por uma grande quantidade de gramíneas que se distribuem desde a base até os pontos mais altos da montanha (Tzvelev, 2014). Em estudos realizados em Campus Rupestres Ferruginoso da região de Ouro Branco-MG, foi constatado a família Poacea como uma das mais representativas (Saraiva *et al.* 2020). Provavelmente isso se deve ao fato de que os representantes deste grupo se desenvolvem, preferencialmente, em fisionomias campestres (como os Campos Rupestres) e apresentam uma frequência menor em ambientes florestais (Funk *et al.* 2005). Nesse mesmo contexto, Poaceae também apresentou posição de destaque no presente estudo, sendo a segunda família melhor ranqueada nesse

parâmetro. As gramíneas possuem grande amplitude ecológica e se desenvolvem tanto em áreas florestais quanto campestres (Kawakita *et al.* 2016), no entanto também são encontradas predominantemente em ambientes abertos (Boldrini *et al.* 2008).

As gramíneas, especialmente as C4, podem oferecer tolerância superior à seca, baixos nutrientes do solo e outras tensões climáticas (Caldeira *et al.*, 2021). As raízes das gramíneas são fibrosas que podem retardar a erosão e suas tendências de formação de solo eventualmente produzem uma camada de solo orgânico, estabilizam o solo, conservam a umidade do solo e podem competir com espécies de ervas daninhas (Cao *et al.*, 2015). A cobertura inicial deve permitir o desenvolvimento de diversas comunidades vegetais autossustentáveis (Shu *et al.*, 2002; Singh *et al.*, 2002; Hao *et al.*, 2004).

### ***Eragrostis polytricha***

Segundo Ferreira (2012), *Eragrostis polytricha* são plantas perenes, cespitosas, 28–65 cm; colmos eretos, 1-3 nós. Contém folhas concentradas na base da planta, eglandulosas; bainhas foliares mais longas que os entrenós, esparsa a densamente pilosas, lineares, geralmente planas, convolutas ou involutas, rijas, sempre eretas, com tricomas longos, esparsos ou densamente dispostos em ambas as faces da lâmina; lígula 0,2-0,3 mm compr., ciliada. Panícula geralmente aberta ou subaberta, 7-31x 2-27 cm, ramos predominantemente alternos, alguns opostos, desprovidos de espiguetas na base entre 1/6 a 1/3 do seu comprimento; axilas glabras ou com tricomas delicados, com protuberâncias pulviniformes evidentes; pedicelos eglandulosos, pulviniformes, axilas glabras ou pilosas. Espiguetas 2,3-6x1-2,5 mm, palhete-escuras ou verde-oliváceas, ovais a lanceoladas, 3-8 floras; ráquila não aparente ou às vezes parcialmente aparente, tenaz, lemas caducos da base para o ápice, páleas persistentes; glumas caducas, lanceoladas, a inferior 0,8-1x0,4-0,5 mm, a superior 1,2-1,5x0,5-0,7 mm, ambas 1-nervadas, escabras na nervura central; 49 lemas 1,2-1,8x0,7-1 mm, caducos, ovados, 3-nervados, escabros no ápice da nervura central; páleas 1,3-1,6x0,4-0,5mm, persistentes, oblanceoladas, escabras na 1/2 ou 2/3 superiores das quilhas. Estames 3, anteras castanhas, 0,3-0,4 mm compr. Cariopse 0,6-0,7 mm compr., zona do embrião mais longa que a metade do comprimento do fruto, castanha, truncada no ápice e na base, sulcada, superfície reticulada.

Popularmente conhecida como “palha-voadora” (Burkart 1969), *Eragrostis polytricha* pode ocorrer em diversos ambientes como pastagens, beira de estradas, restingas,

campos úmidos, pedregoso ou arenosos. De acordo com Boechat & Longhi-Wagner (2000) ela é uma espécie que apresenta um rápido crescimento e alta produtividade, sendo um grande potencial no que diz respeito à revegetação de áreas degradadas.

## **2.4 Restauração x Recuperação**

O artigo 2º da lei nº 9.985 de 18/07/2000, que fundou o Sistema Nacional de Unidade e Conservação, define a recuperação como a restituição de uma população ou ecossistema degradado em um não degradado, que pode ser diferente da sua condição original. Segundo a mesma lei, a restauração é a “restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada o mais próximo possível de sua condição original”. Portanto, a recuperação pode ser considerada medidas que visem a restituição de uma área degradada ao estado natural ou a um ponto em que ela possa ser usada novamente (MARTINS, 2007; SMALL, 2018)

De acordo com Coppin et al. (2000), a revegetação é definida como o processo de estabelecimento da vegetação e cuidados posteriores realizados como parte da recuperação, reabilitação ou restauração de uma área degradada. A vegetação é um fator importante no que tange a proteção do solo, pois as plantas são capazes de melhorar as condições nutricionais do solo, evitar erosão eólica e hidráulica e, de acordo com (Tordoff et al. 2000), a revegetação é a melhor opção para a recuperação ao longo prazo de solos degradados.

A vegetação tem um papel importante na proteção da superfície do solo contra a erosão e permitindo o acúmulo de partículas finas (Tordoff et al., 2000; Conesa et al., 2007). Eles podem reverter o processo de degradação estabilizando os solos através do desenvolvimento de extensos sistemas radiculares. Uma vez estabelecidas, as plantas aumentam a matéria orgânica do solo, diminuem a densidade aparente do solo e moderam o pH do solo e trazem nutrientes minerais para a superfície e os acumulam na forma disponível. Seus sistemas radiculares permitem que atuem como necrófagos de nutrientes que não estão prontamente disponíveis. As plantas acumulam estes nutrientes e depositam-nos novamente na superfície do solo em matéria orgânica, a partir da qual os nutrientes estão muito mais facilmente disponíveis através da decomposição microbiana (Li, 2006; Conesa et al., 2007). Portanto, a restauração da cobertura vegetal pode ser eficaz em fornecer a estabilidade de superfície necessária para evitar o sopro do vento de partículas contaminadas e em reduzir a poluição da água pela interceptação de uma proporção substancial de precipitação incidente (Wong, 2003).

### **3. METODOLOGIA**

#### **Condução do experimento**

O estudo foi conduzido na área experimental do no Setor Fisiologia Vegetal (21°13'40" S e 44°57'50" W GRW), Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no município de Lavras-MG, entre os meses de setembro de 2022 e fevereiro de 2023. Foram utilizadas sementes de *Eragrostis polytricha* provenientes de doação da Unidade de Pesquisa e Inovação em Campos Rupestres Ferruginoso da Gerdau (UPICRFG), Ouro Branco -MG.

#### **Desenho Experimental**

As sementes foram esterilizadas numa solução de hipoclorito de sódio (2% v/v) durante 30 minutos, seguida de tripla lavagem em água destilada. Em seguida, as sementes foram embebidas em diferentes concentrações de ácido giberélico - GA3 (0, 10, 50 e 100  $\mu\text{M}$ ) numa placa de Petri durante a noite (12 h), no escuro à temperatura ambiente. No dia seguinte, as sementes foram mantidas em câmara de crescimento a 35-15 °C alternadas sob fotoperíodo de 12h (40  $\mu\text{mol}$  fótons  $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) Após um período de 15 dias as plântulas foi realizado o transplântio das plântulas para um tubo de 180 ml contendo substrato sólido comercial (Bioplant Plus® - composto por turfa Sphagnum, fibra de coco, casca de arroz, casca de Pinus, vermiculite, gesso agrícola, carbonato de cálcio, termofosfato de magnésio e aditivos (fertilizantes); pH 6,2; densidade 150  $\text{kg m}^{-3}$ ); Os tubos foram mantidos em estufa por aproximadamente 120 dias (outubro de 2022 a fevereiro de 2023).

#### **Análises de crescimento**

O efeito do tratamento com giberelina na germinação das sementes foi quantificado pelo parâmetro emergência das plântulas, no qual foi contado o número de plântulas que emergiram nas placas e sobreviveram após 15 dias. Para quantificação dos parâmetros biométricos foram avaliados o número de folhas e perfilhos, área foliar, comprimento de raiz e altura da parte aérea. Em seguida esses órgãos foram armazenados em sacos de papel e secos em estufa a 65 °C, até atingirem peso constante, para determinar a massa seca de folhas, de caule, de raiz e a partir destes parâmetros foram obtidos a biomassa total e a razão raiz:parte área.

## **Análises do perfil de metabólitos**

Para as análises bioquímicas foram utilizadas as amostras secas provenientes da análise de crescimento. Amostras foliares foram submetidas à extração etanólica, a quente, determinando-se, na fração solúvel em etanol, sacarose e aminoácidos solúveis totais, enquanto na fração insolúvel os teores de amido e proteínas. A quantificação de açúcares redutores foi feita pelo método antrona, descrito por Dische (1962) e os açúcares não redutores por meio do método DNS, proposto por Miller (1959). Para o amido, coletado da fração insolúvel, foi feita outra extração pelo método proposto por Zanandrea *et al.* (2010) e posteriormente quantificado, também, pelo método antrona. A quantificação de aminoácidos foi feita pelo método de ninhidrina conforme o descrito por Yemm e Cocking (1955). Enquanto a quantificação de proteínas foi realizada pelo protocolo de Bradford (1976).

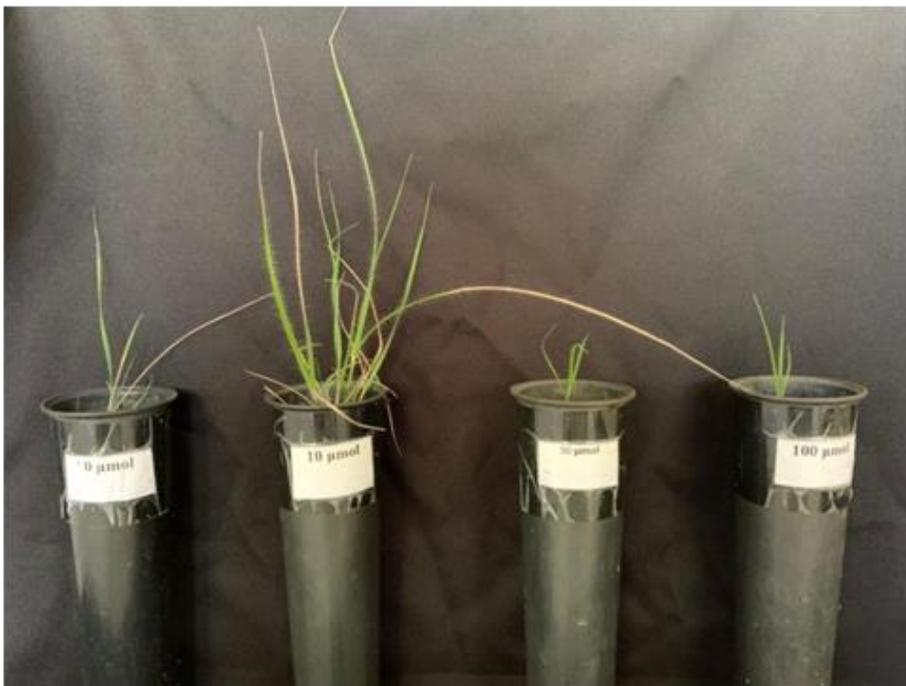
## **Análise dos dados**

A análise estatística foi realizada através de amostras compostas com três repetições por tratamento onde cada repetição era composta por 5 unidades experimentais. Os dados obtidos foram analisados pelo software R, versão 4.0.0 (R Core Team, 2020). As características avaliadas foram submetidas a análise da variância (ANOVA) pelo Teste F, quando houve efeito significativo nos parâmetros analisados foi aplicado o Teste Tukey ( $p \leq 0,05$ ), no pacote ExpDes.pt (Ferreira *et al.*, 2013). Todas as figuras foram feitas no pacote ggplot2 (Wickham, 2016).

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Plantas de *E. polytricha* responderam positivamente ao tratamento com diferentes concentrações de giberelina na fase de sementes como pode ser visto na **Figura 1**. O tratamento com 10  $\mu\text{M}$  visualmente apresenta o melhor fenótipo.

**Figura 1.** Efeito fenotípico do tratamento com giberelina (0, 10, 50 e 100  $\mu\text{M}$ ) em sementes no crescimento inicial de plantas de *Eragrostis polytricha*.

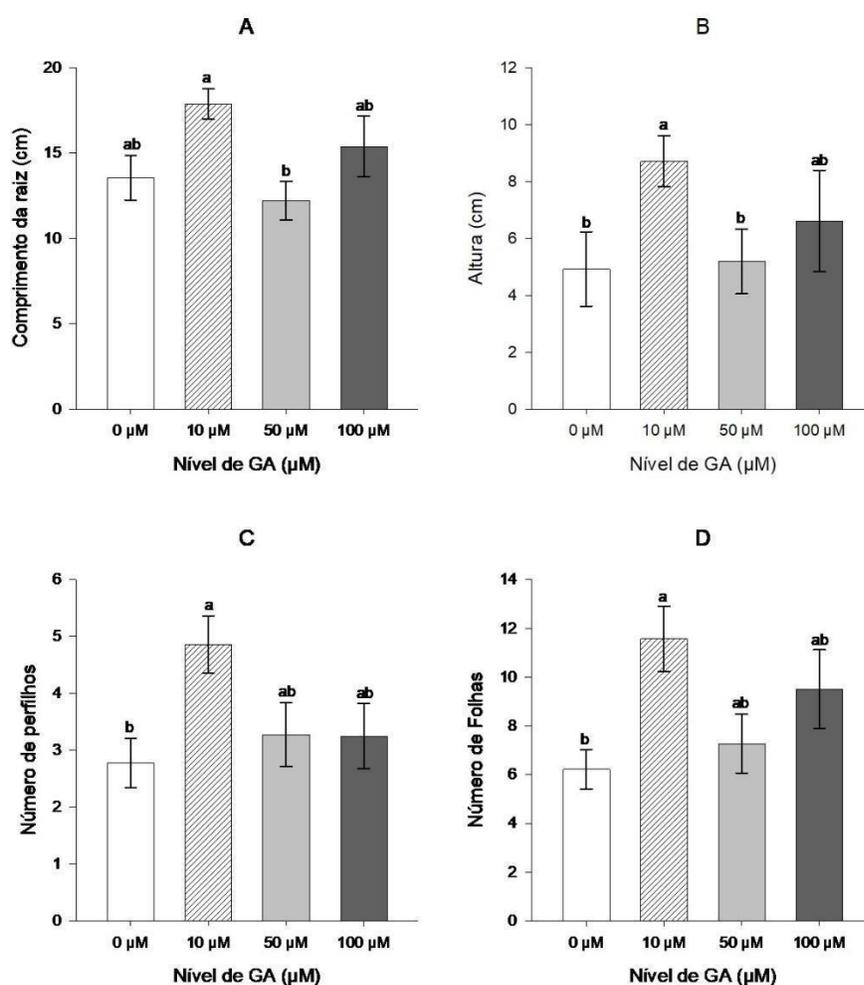


Fonte: Hugo Bonézio (2024)

A altura da planta, comprimento da raiz, o número de perfilhos e de folhas dos tratamentos com 10  $\mu\text{M}$  de giberelina é estatisticamente maior quando comparado aos demais tratamentos (**Figura 2**). O aumento nos parâmetros de crescimento pode estar relacionado ao papel das giberelinas na promoção do alongamento celular (Depuydt & Hardtke 2011; Hedden 2020). O aumento do número de perfilhos (**Figura 2C**) em plântulas de *E. polytricha* devido à aplicação de 10  $\mu\text{M}$  de giberelina pode levar ao desenvolvimento de uma quantidade maior de perfilhos reprodutivos (Klimešová et al. 2019), contribuindo principalmente para o aumento da produção e do pool de sementes em áreas degradadas, o que pode ajudar a superar o desafio de manter e produzir propágulos em grande escala para garantir e acelerar o processo de revegetação e recuperação (Fujita et al. 2014). Da mesma forma, o tratamento com giberelina promoveu maior crescimento em outras espécies de

gramíneas, como *Triticum aestivum* (Abnavi & Ghobadi 2012), *Zea mays*, *Pisum sativum* e *Lathyrus sativus* (Tsegay & Andargie 2018); no entanto, as concentrações de fitohormônios são diversas e pode haver especificidade em cada espécie (Ma et al. 2018). Assim, podemos supor que o tratamento de sementes com concentrações específicas de giberelina pode promover o crescimento de diferentes gramíneas, o que justifica a necessidade deste estudo.

**Figura 2.** Valores médios do comprimento de raiz (A); altura (B); número de perfilhos (C) e número de perfilhos (D) em plantas de *E. polytricha* tratadas com concentrações crescentes de giberelina (0, 10, 50 e 100  $\mu\text{M}$ ). Barras indicam o desvio padrão da média e letras diferentes representam diferenças significativas pelo teste Tukey  $p \leq 0,05$ .



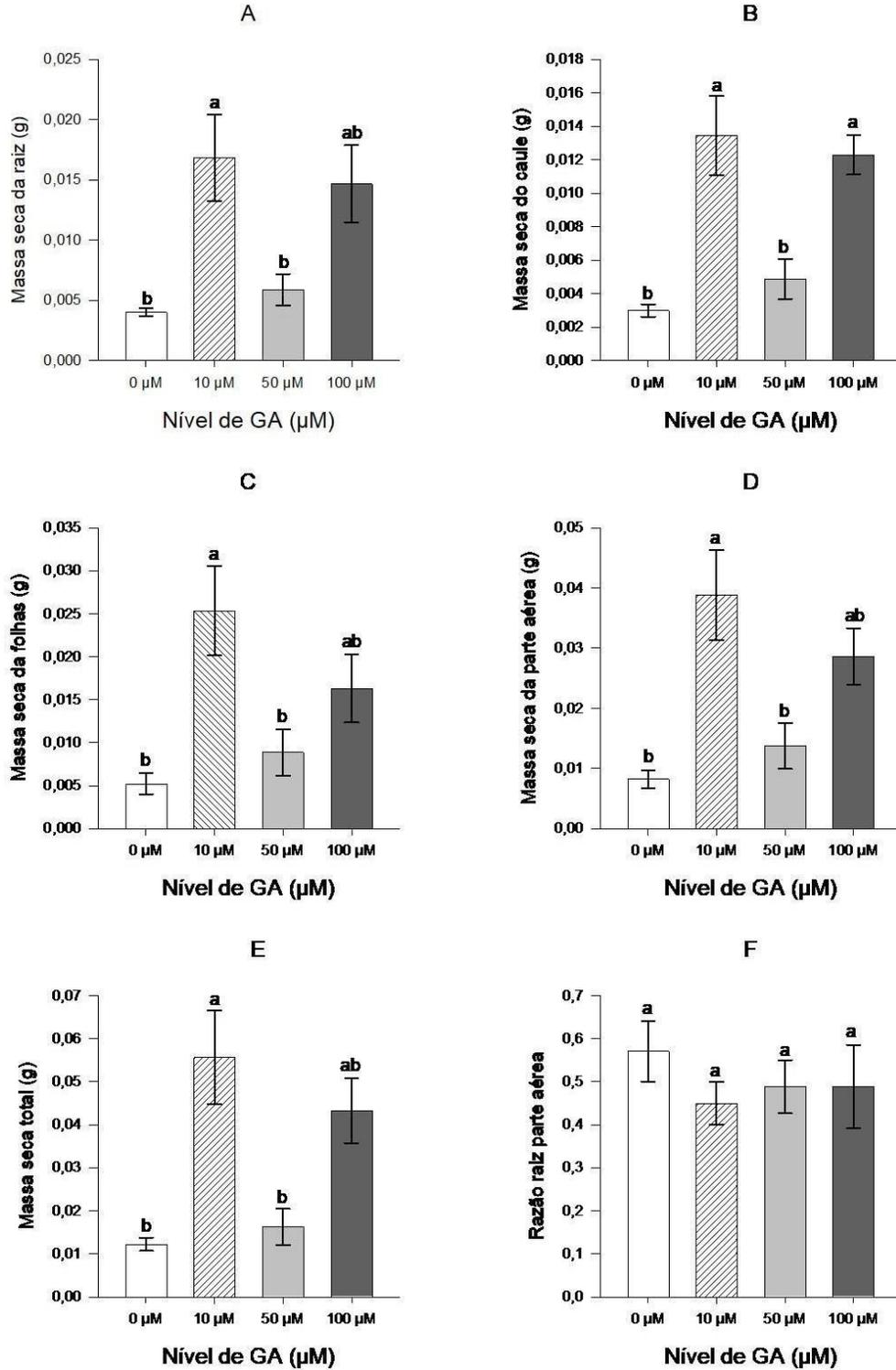
Fonte: Hugo Bonézio (2024)

Para os parâmetros de massa seca foi possível observar os efeitos significativos dos tratamentos utilizados (**Figura 3**). A aplicação de 10  $\mu\text{mol}$  de giberelina nas sementes de *E. polytricha* promoveu um aumento significativo na massa seca da parte aérea (**Figura 3B**), porém, no entanto o aumento na concentração para 50  $\mu\text{M}$ , desencadeou uma drástica redução dos valores de massa seca da raiz, do caule e foliar (**Figuras 3A, 3B e 3D**). Sendo assim, a aplicação de altas doses de giberelina em sementes de *E. polytricha* não é viável pois isso pode prejudicar seu crescimento inicial.

A expansão dos órgãos da planta promovida pela giberelina resulta em um aumento no fluxo de assimilados e um aumento na alocação de biomassa para esses órgãos (Bultynck & Lambers, 2004; Sugiura et al. 2016; Martins et al. 2019; Omena-Garcia et al. 2019). Esses resultados sugerem um papel maior para a giberelina na expansão do tecido vegetal do que na alocação de biomassa em *E. polytricha*.

Em gramíneas perenes, como a *E. polytricha*, o aumento da biomassa da raiz (**Figura 3A**) promovido pela giberelina (10  $\mu\text{M}$ ), conforme observado neste estudo, pode estimular a alocação de fotoassimilados em órgãos subterrâneos e fornecer maiores quantidades de água e nutrientes para a parte aérea (Wasava et al. 2018). Assim, a giberelina pode ser usada para a produção de mudas de *E. polytricha*, pois pode proporcionar uma maior capacidade de lidar com múltiplos fatores de estresse (por exemplo, seca e/ou baixa disponibilidade nutricional) em uma área degradada, uma vez que a grande partição de biomassa na raiz atuaria como uma reserva de energia e melhoraria a exploração do solo (Faucon et al. 2017).

**Figura 3.** Valores médios das massas secas de raiz (**A**), caule (**B**), folha (**C**), parte aérea (**D**), total (**E**) e razão raiz: parte aérea (**F**) em plantas *Eragrostis polytricha* tratadas com concentrações crescentes de giberelina (0, 10, 50, 100  $\mu\text{M}$ ). Barras indicam o desvio padrão da média e letras diferentes representam diferenças significativas pelo teste Tukey  $p \leq 0,05$ .

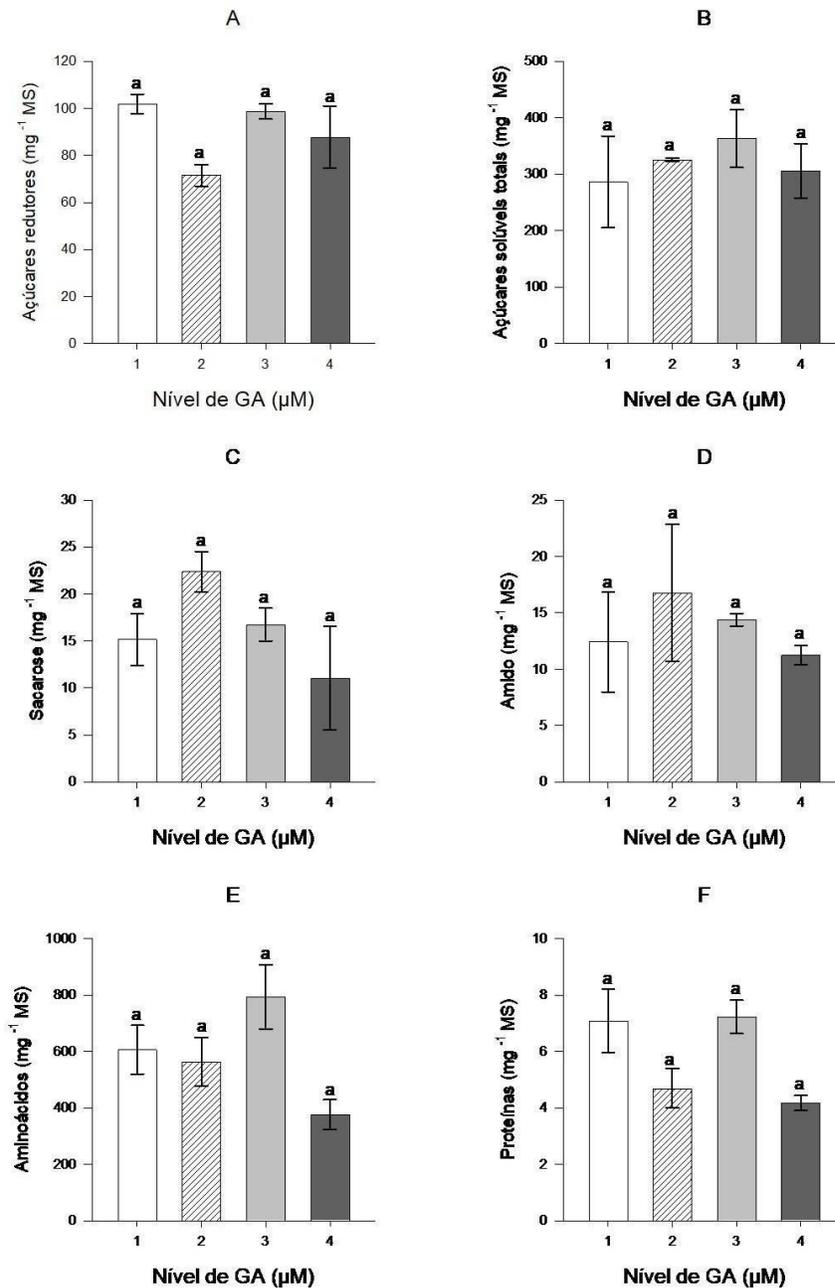


Fonte: Hugo Bonézio (2024)

Em relação às análises bioquímicas (**Figura 4**), não houve diferença estatística entre os diferentes tratamentos. Portanto, o aumento no crescimento da *E. polytricha* pela aplicação de

giberelina não está relacionado com alterações no metabolismo de carbono e nitrogênio.

**Figura 4.** Valores médios do conteúdo de açúcares redutores (A), açúcares solúveis totais (B), sacarose (C), amido (D), aminoácidos (E) e proteínas (F) em plantas *Eragrostis polytricha* tratadas com concentrações crescentes de giberelina (0, 10, 50, 100  $\mu\text{M}$ ). Barras indicam o desvio padrão da média e letras diferentes representam diferenças significativas pelo teste Tukey  $p \leq 0,05$ .



## 5 CONCLUSÃO

Diante do exposto, é possível concluir que o tratamento das sementes com giberelina promoveu o crescimento de *Eragrostis polytricha*, com valores mais altos de vários parâmetros de crescimento encontrados para o tratamento com 10 µM de giberelina. As informações obtidas aqui são importantes para a produção de mudas de gramíneas nativas que podem ser usadas na restauração do campo rupestre e para auxiliar na descrição da biologia básica dessa espécie pouco estudada.

## REFERÊNCIAS

ABNAVI, Mehdi Shafiei; GHOBADI, Mokhtar. The effects of source of priming and post-priming storage duration on seed germination and seedling growth characteristics in wheat (*Triticum aestivum* L.). **Journal of Agricultural Science**, v. 4, n. 9, p. 256, 2012.

Andrade ES, Dias GS, Ferreira AMO, Bonezio H, Souza BCOQ, Contreras-Garcias AM, Santos LVSS, Bicalho EM, Nascimento VL. Integration between temperature and hormonal signaling on the germination of *Eragrostis polytricha* Ness. (Poaceae). In: **XVIII BRAZILIAN CONGRESS OF PLANT PHYSIOLOGY**, 2022, Porto Alegre- RS. Annals of the Brazilian Congress of Plant Physiology and Ibero-latinamerican Congress of Plant Biology, 2022.

Andrade ES. Caracterização morfofisiológica de duas gramíneas nativas de campo rupestre em diferentes ambientes de luminosidade. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) -Universidade Federal de Lavras, 2022

VAN DE VELDE, Karel et al. Exploiting DELLA signaling in cereals. **Trends in plant science**, v. 22, n. 10, p. 880-893, 2017.

DE ARAÚJO, Talita Oliveira et al. Tolerance to iron accumulation and its effects on mineral composition and growth of two grass species. **Environmental science and pollution research**, v. 21, p. 2777-2784, 2014.

BENITES, Vinicius M. et al. Soils associated with rock outcrops in the Brazilian mountain ranges Mantiqueira and Espinhaço. **Brazilian Journal of Botany**, v. 30, p. 569-577, 2007.

BEWLEY, J. Derek et al. **Seeds: physiology of development, germination and dormancy**. Springer Science & Business Media, 2012.

BOLDRINI, Ilsi Iob. Morfologia e taxonomia de gramíneas sul-rio-grandenses. UFRGS, 2005.

BRADFORD, Marion M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical biochemistry**, v. 72, n. 1-2, p. 248-254, 1976.

BRASILEIRO, Anuário Mineral. DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral). **Ministério de Minas e Energia. 2006a**, 2006.

BRINDLE, Frances A. Use of native vegetation and biostimulants for controlling soil erosion on steep terrain. **Transportation research record**, v. 1819, n. 1, p. 203-209, 2003.

BRONDÍZIO, Eduardo Sonnewend et al. Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. 2019.

BROWN, Stuart C. et al. Persistent Quaternary climate refugia are hospices for biodiversity in the Anthropocene. **Nature Climate Change**, v. 10, n. 3, p. 244-248, 2020.

BULTYNCK, Lieve; LAMBERS, Hans. Effects of applied gibberellic acid and paclobutrazol on leaf expansion and biomass allocation in two *Aegilops* species with contrasting leaf elongation rates. **Physiologia plantarum**, v. 122, n. 1, p. 143-151, 2004.

Caldeira CF, Lima MO, Ramos SJ, Gastauer M. 2021. Native Amazonian Canga Grasses Show Distinct Nitrogen Growth Responses in Iron Mining Substrates. *Plants* 10: 849.

CAO, Longxi et al. Grass hedge effects on controlling soil loss from concentrated flow: A case study in the red soil region of China. **Soil and Tillage Research**, v. 148, p. 97-105, 2015.

CARMONA, Ricardo; MARTINS, Carlos Romero. Dormência e armazenabilidade de sementes de capim-gordura. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, p. 71-79, 2010.

CASTRO, RD de; BRADFORD, K. J.; HILHORST, H. W. M. Embebição e reativação do metabolismo. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, p. 149-162, 2004.

DEPUYDT, Stephen; HARDTKE, Christian S. Hormone signalling crosstalk in plant growth regulation. **Current biology**, v. 21, n. 9, p. R365-R373, 2011.

DISCHE, Z. Methods in carbohydrate chemistry. by **RL Whistler and ML Wolfrom**, Academic Press Inc., New York, v. 1, p. 507, 1962.

EITEN, George. Classificação da vegetação do Brasil. (**No Title**), 1983. FAUCON, Michel-Pierre; HOUBEN, David; LAMBERS, Hans. Plant functional traits: soil and ecosystem services. **Trends in plant science**, v. 22, n. 5, p. 385-394, 2017.

FERNANDES, G. Wilson et al. The deadly route to collapse and the uncertain fate of Brazilian rupestrian grasslands. **Biodiversity and Conservation**, v. 27, p. 2587-2603, 2018.

FERNANDES, G. Wilson et al. Challenges in the restoration of quartzitic and ironstone rupestrian grasslands. **Ecology and conservation of mountaintop grasslands in Brazil**, p. 449-477, 2016

FERREIRA, Eric Batista; CAVALCANTI, Portya Piscitelli; NOGUEIRA, Denismar Alves. ExpDes: experimental designs package. **R package version**, v. 1, n. 2, p. 2013, 2013.

FERREIRA, Gisela et al. Efeito de arilo na germinação de sementes de *Passiflora alata* Curtis em diferentes substratos e submetidas a tratamentos com giberelina. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, p. 277-280, 2005. FERREIRA, João Paulo Ramos et al. Diversidade das tribos Eragrostideae stapf e Zoysaeae benth (Poaceae-Chloridoideae) na Ilha de Santa Catarina, Brasil. 2012.

FUJITA, Yuki et al. Low investment in sexual reproduction threatens plants adapted to phosphorus limitation. **Nature**, v. 505, n. 7481, p. 82-86, 2014.

FUNK, Vicki Ann et al. Everywhere but Antarctica: using a supertree to understand the diversity and distribution of the Compositae. **Biol. Skr.** 55: 343-373, 2005.

GASTAUER, Markus et al. Mine land rehabilitation in Brazil: Goals and techniques in the context of legal requirements. **Ambio**, v. 48, n. 1, p. 74-88, 2019.

GUITTONNY-LARCHEVÊQUE, Marie; MEDDEB, Yasmine; BARRETTE, Dominique. Can graminoids used for mine tailings revegetation improve substrate structure?. **Botany**, v. 94, n. 11, p. 1053-1061, 2016.

GYSSELS, Gwendolyn; POESEN, Jean. The importance of plant root characteristics in controlling concentrated flow erosion rates. **Earth Surface Processes and Landforms: The Journal of the British Geomorphological Research Group**, v. 28, n. 4, p. 371-384, 2003.

HEDDEN, Peter; SPONSEL, Valerie. A century of gibberellin research. **Journal of plant growth regulation**, v. 34, p. 740-760, 2015.

HILTY, Jonas et al. Plant growth: the what, the how, and the why. **New Phytologist**, v. 232, n. 1, p. 25-41, 2021.

IBRAM (Instituto Brasileiro de Mineração). 2015. Informações sobre a economia mineral brasileira. Disponível em <http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00005836.pdf>

JACOBI, Claudia M. et al. Plant communities on ironstone outcrops: a diverse and endangered Brazilian ecosystem. **Biodiversity and Conservation**, v. 16, p. 2185-2200, 2007.

JACOBI, Cláudia M.; CARMO, FF do. Diversidade dos campos rupestres ferruginosos no Quadrilátero Ferrífero, MG. **Megadiversidade**, v. 4, n. 1-2, p. 24-32, 2008.

JACOBI, Claudia Maria; CARMO, Flávio Fonseca do; VINCENT, Regina de Castro. Estudo fitossociológico de uma comunidade vegetal sobre canga como subsídio para a reabilitação de áreas mineradas no Quadrilátero Ferrífero, MG. **Revista Árvore**, v. 32, p. 345-353, 2008.

JACOBI, Claudia Maria; DO CARMO, Flávio Fonseca. The contribution of ironstone outcrops to plant diversity in the Iron Quadrangle, a threatened Brazilian landscape. **AMBIO: A Journal of the Human Environment**, v. 37, n. 4, p. 324-326, 2008.

KAWAKITA, Kazue; RODRIGUES, Rodrigo S.; FILGUEIRAS, Tarciso S. Poaceae em uma planície de inundação no Brasil: listagem florística e novas ocorrências. **Hoehnea**, v. 43, p. 203-216, 2016.

KLIMEŠOVÁ, Jitka et al. Handbook of standardized protocols for collecting plant modularity traits. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 40, p. 125485, 2019.

KLUGHAMMER, Christof; SCHREIBER, Ulrich. Complementary PS II quantum yields calculated from simple fluorescence parameters measured by PAM fluorometry and the Saturation Pulse method. **PAM application notes**, v. 1, n. 2, p. 201-247, 2008.

KRAMER, David M. et al. New fluorescence parameters for the determination of QA redox state and excitation energy fluxes. **Photosynthesis research**, v. 79, p. 209-218, 2004.

MA, Hong-Yuan et al. A multi-year beneficial effect of seed priming with gibberellic acid-3 (GA3) on plant growth and production in a perennial grass, *Leymus chinensis*. **Scientific reports**, v. 8, n. 1, p. 13214, 2018.

MACMILLAN, J.; SUTER, P. J. The occurrence of gibberellin A1 in higher plants: Isolation from the seed of runner bean (*Phaseolus multiflorus*). 1958.

MARTÍNEZ, Cristina; ESPINOSA-RUIZ, Ana; PRAT, Salomé. Gibberellins and plant vegetative growth. **Annual Plant Reviews, Volume 49: Gibberellins, The**, p. 285-322, 2016.

MARTINS, Auxiliadora O. et al. Differential root and shoot responses in the metabolism of tomato plants exhibiting reduced levels of gibberellin. **Environmental and experimental botany**, v. 157, p. 331-343, 2019.

MARTINS, Sebastião Venâncio. **Recuperação de matas ciliares**. Aprenda Fácil Editora, 2007.

MELÉNDEZ, Laura Raquel Orozco et al. Does the application of growth bioregulators improve the foliar concentration of nutrients, non-structural carbohydrates and yield in pecan?. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 45, p. e004721, 2021

MENDONÇA, M. P. O. Resgate da Flora da Canga. **Valor Natural, Belo Horizonte**, 2013.

MENSAH, Albert K. Role of revegetation in restoring fertility of degraded mined soils in Ghana: A review. **International journal of biodiversity and conservation**, v. 7, n. 2, p. 57-80, 2015.

MILLER, Gail Lorenz. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical chemistry**, v. 31, n. 3, p. 426-428, 1959.

MIOLA, Deise TB; RAMOS, Vladimir DV; SILVEIRA, Fernando AO. A brief history of research in campo rupestre: identifying research priorities and revisiting the geographical distribution of an ancient, widespread Neotropical biome. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 133, n. 2, p. 464-480, 2021.

MURCIA, Germán et al. ABA and GA3 increase carbon allocation in different organs of grapevine plants by inducing accumulation of non-structural carbohydrates in leaves, enhancement of phloem area and expression of sugar transporters. **Physiologia Plantarum**, v. 156, n. 3, p. 323-337, 2016.

ROSSETO, C. A. V. et al. Germinação de sementes de maracujá-doce (*Passiflora alata* Dryand) em função de tratamento pré-germinativo. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 22, n. 1, p. 247-252, 2000.

OLIVEIRA RIOS, Camilla et al. Assessment of iron toxicity in tropical grasses with potential for revegetating mined areas. **Polish Journal of Environmental Studies**, v. 26, n. 5, 2017.

OMENA-GARCIA, Rebeca Patrícia et al. Growth and metabolic adjustments in response to gibberellin deficiency in drought stressed tomato plants. **Environmental and experimental botany**, v. 159, p. 95-107, 2019.

OKADA, K. A. Axonopus in A. Burkart. **Fl. II. Entre Rios**, v. 2, p. 411-418, 1969.

PAIXÃO, Marcus Vinicius Sandoval et al. Ácido giberélico na germinação de sementes e desenvolvimento inicial de plântulas de mamoeiro. 2021.

PARDO, Jeremy; VANBUREN, Robert. Evolutionary innovations driving abiotic stress tolerance in C4 grasses and cereals. **The Plant Cell**, v. 33, n. 11, p. 3391-3401, 2021.

PENG, Jinrong; HARBERD, Nicholas P. The role of GA-mediated signalling in the control of seed germination. **Current opinion in plant biology**, v. 5, n. 5, p. 376-381, 2002. PETERSON, Paul M. Poaceae (Gramineae). eLS: Encyclopedia of Life Sciences, 2013.

PHARIS, Richard P.; KING, Rod W. Gibberellins and reproductive development in seed plants. **Annual review of plant physiology**, v. 36, n. 1, p. 517-568, 1985.

PONTARA, Vanessa et al. Evolutionary history of campo rupestre: an approach for conservation of woody plant communities. **Biodiversity and Conservation**, v. 27, p. 2877-2896, 2018.

RIBEIRO, Dimas M. et al. Action of gibberellins on growth and metabolism of Arabidopsis plants associated with high concentration of carbon dioxide. **Plant Physiology**, v. 160, n. 4, p. 1781-1794, 2012.

RIOS, Camilla Oliveira; SIQUEIRA-SILVA, Advanio Inácio; PEREIRA, Eduardo Gusmão. How does drought affect native grasses' photosynthesis on the revegetation of iron ore tailings?. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 28, p. 14797-14811, 2021.

SARAIVA, Diogo Felcar et al. Gramíneas nativas potenciais para revegetação de áreas degradadas, a partir da avaliação de topsoil de Campo Rupestre Ferruginoso. **Hoehnea**, v. 47, 2020.

SARAIVA, Diogo F. et al. Seed germination and dormancy break in *Eragrostis polytricha*, a native Brazilian grass species with potential for recovery of degraded lands. **Acta Botanica Brasilica**, v. 34, p. 497-504, 2020.

SARAIVA, Diogo Felcar et al. Native Brazilian grass species with potential for revegetation of degraded lands, surveyed from a Ferruginous Campo Rupestre topsoil. **Hoehnea**, v. 47, p. e1122019, 2020.

SHEORAN, V.; SHEORAN, A. S.; POONIA, P. Soil reclamation of abandoned mine land by revegetation: a review. **International journal of soil, sediment and water**, v. 3, n. 2, p. 13, 2010.

SILVA, Manoela FF da; SECCO, Ricardo de S.; LOBO, Maria da Graça A. Aspectos ecológicos da vegetação rupestre da Serra dos Carajás, Estado do Pará, Brasil. **Acta amazônica**, v. 26, n. 1-2, p. 17-44, 1996.

SILVEIRA, Fernando AO et al. Ecology and evolution of plant diversity in the endangered campo rupestre: a neglected conservation priority. **Plant and soil**, v. 403, p. 129-152, 2016.

SILVEIRA, Fernando AO et al. Ecology and evolution of plant diversity in the endangered campo rupestre: a neglected conservation priority. **Plant and soil**, v. 403, p. 129-152, 2016.

SIQUEIRA-SILVA, Advanio Inácio; RIOS, Camilla Oliveira; PEREIRA, Eduardo Gusmão. Iron toxicity resistance strategies in tropical grasses: the role of apoplastic radicular barriers. **Journal of Environmental Sciences**, v. 78, p. 257-266, 2019.

SMALL, Christina C.; DEGENHARDT, Dani. Plant growth regulators for enhancing revegetation success in reclamation: A review. **Ecological engineering**, v. 118, p. 43-51, 2018.

SMITH, Alison M.; ZEEMAN, Samuel C. Starch: a flexible, adaptable carbon store coupled to plant growth. **Annual Review of Plant Biology**, v. 71, p. 217-245, 2020.

SUGIURA, Daisuke; KOJIMA, Mikiko; SAKAKIBARA, Hitoshi. Phytohormonal regulation of biomass allocation and morphological and physiological traits of leaves in response to environmental changes in *Polygonum cuspidatum*. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, p. 206-159, 2016.

TAIZ, Lincoln et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora, v. 6, p. 888, 2017.

Taiz. L.; Zeiger, E. Fisiologia Vegetal. Artmed Editora S.A., Porto Alegre, Brasil, p. 719, 2004.

TAIZ. L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal Porto Alegre: Artmed, 819p, 2009.

TANIMOTO, Eiichi. Tall or short? Slender or thick? A plant strategy for regulating elongation growth of roots by low concentrations of gibberellin. **Annals of Botany**, v. 110, n. 2, p. 373-381, 2012.

THALMANN, Matthias; SANTELIA, Diana. Starch as a determinant of plant fitness under abiotic stress. **New Phytologist**, v. 214, n. 3, p. 943-951, 2017.

TSEGAY, Berhanu Abraha; ANDARGIE, Melkamu. Seed Priming with Gibberellic Acid (GA 3) Alleviates Salinity Induced Inhibition of Germination and Seedling Growth of *Zea mays* L., *Pisum sativum* Var. *abyssinicum* A. Braun and *Lathyrus sativus* L. **Journal of Crop Science and Biotechnology**, v. 21, p. 261-267, 2018.

TZVELEV, NNNº. The system of grasses (Poaceae) and their evolution. **The Botanical Review**, p. 141-204, 1989.

VASCONCELOS, Thais NC et al. Fast diversification through a mosaic of evolutionary histories characterizes the endemic flora of ancient Neotropical mountains. **Proceedings of the Royal Society B**, v. 287, n. 1923, p. 20192933, 2020.

WASAYA, Allah et al. Root phenotyping for drought tolerance: a review. **Agronomy**, v. 8, n. 11, p. 241, 2018.

WEISS, David; ORI, Naomi. Mechanisms of cross talk between gibberellin and other hormones. **Plant physiology**, v. 144, n. 3, p. 1240-1246, 2007.

WEN, Yue et al. Effects of gibberellic acid on photosynthesis and endogenous hormones of *Camellia oleifera* Abel. in 1st and 6th leaves. **Journal of Forest Research**, v. 23, n. 5, p. 309-317, 2018.

WICKHAM, Hadley; WICKHAM, Hadley. **Data analysis**. Springer International Publishing, 2016.

WONG, Ming Hung. Ecological restoration of mine degraded soils, with emphasis on metal contaminated soils. **Chemosphere**, v. 50, n. 6, p. 775-780, 2003.

YABUTA, T.; SUMIKI, Y. Communication to the editor.(In Japanese). **Jour. Agr. Chem. Soc. Japan**, v. 14, p. 1526-1526, 1938.

YAMAGUCHI, Shinjiro. Gibberellin metabolism and its regulation. **Annu. Rev. Plant Biol.**, v. 59, p. 225-251, 2008.

YEMM, E. W.; COCKING, E. C.; RICKETTS, R. E. The determination of amino-acids with ninhydrin. **Analyst**, v. 80, n. 948, p. 209-214, 1955.

ZANANDREA, Ilisandra et al. Tolerance of *Sesbania virgata* plants to flooding. **Australian Journal of Botany**, v. 57, n. 8, p. 661-669, 2010.

ZEEVAART, Jan AD. Physiology of flower formation. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 27, n. 1, p. 321-348, 1976.