



**LAIS SILVA DE CASTRO**

**RESPOSTAS ESTRUTURAIS FOLIARES DE *Eremanthus*  
*incanus* (Less.) Less. (Asteraceae) OCORRENTES EM ÁREA DE  
DEPOSIÇÃO DE REJEITO DE MINERAÇÃO DE  
QUARTZITO**

**LAVRAS-MG  
2025**

**LAIS SILVA DE CASTRO**

**RESPOSTAS ESTRUTURAIS FOLIARES DE *Eremanthus incanus* (Less.) Less.  
(Asteraceae) OCORRENTES EM ÁREA DE DEPOSIÇÃO DE REJEITO DE  
MINERAÇÃO DE QUARTZITO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós Graduação em Botânica Aplicada, área de concentração em Botânica Aplicada, para a obtenção do título de Mestre.

Dr.(a) Marinês Ferreira Pires Lira

Orientadora

Dr. Vitor de Laia Nascimento

Coorientado

**LAVRAS-MG  
2025**

**LAIS SILVA DE CASTRO**

**RESPOSTAS ESTRUTURAIS FOLIARES DE *Eremanthus incanus* (Less.) Less.  
(Asteraceae) OCORRENTES EM ÁREA DE DEPOSIÇÃO DE REJEITO DE  
MINERAÇÃO DE QUARTZITO**

**LEAF STRUCTURAL RESPONSES OF *Eremanthus incanus* (Less.) Less. (Asteraceae)  
OCCURRING IN A QUARTZITE MINING TAILINGS DEPOSITION GROUNDS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós Graduação em Botânica Aplicada, área de concentração em Botânica Aplicada para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 26 de fevereiro de 2025.

Dr.(a) Marinês Ferreira Pires Lira UFLA

Dr. Jean Marcel Sousa Lira UFV

Dr.(a) Nathalle Cristine Alencar Fagundes UEMG

Dr.(a) Marinês Ferreira Pires Lira  
Orientadora

Dr. Vitor de Laia Nascimento  
Coorientado

**LAVRAS-MG  
2025**

**Ficha Catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração  
de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com  
dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Castro, Lais Silva de.

Respostas estruturais foliares de *Eremanthus incanus* (Less.) Less. (Asteraceae)  
ocorrentes em área de deposição de rejeito de mineração de quartzito / Lais Silva de  
Castro. - 2025.

45 p. : il.

Orientadora: Marinês Ferreira Pires Lira

Coorientador: Vitor de Laia Nascimento

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2025.

Bibliografia.

1. Anatomia de candeia . 2. Química foliar. 3. Química do solo. I. Ferreira Pires  
Lira, Marinês . II. de Laia Nascimento, Vitor . III. Universidade Federal de Lavras.  
IV. Título.

*A minha família.*

## AGRADECIMENTOS

Á Deus, sempre sentir que alguma coisa me protegia ou que alguém orava muito por mim!

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro.

A Universidade Federal de Lavras e ao programa de Pós-graduação de Botânica Aplicada pela oportunidade.

Ao Laboratório do Departamento de Fisiologia Vegetal da UFLA, pelas análises realizadas

Ao laboratório de Análise foliar no Departamento de Química e ao Laboratório de Solos da UFLA pelas análises realizadas.

A minha orientadora Marinês Ferreira Pires Lira pela paciência, compreensão, confiança e amizade.

Ao Jean Lira pela colaboração na coleta e participação na banca.

Ao meu coorientador Vitor de Laia Nascimento pela parceria e confiança.

A sua orientanda Tatiane Correia por me auxiliar durante o processo das análises e pela amizade construída.

Ao William dos Santos Ribeiro pela contribuição na localização e coleta das amostras.

Ao professor Diogo Tassinari pela colaboração nas análises do solo.

A técnica do Laboratório de Anatomia Vegetal Leticia Fagundes pelo auxílio e suporte durante minha pesquisa.

A minha mãe Iara que mesmo passando por dificuldades, sendo mãe solo, fez o possível e o impossível para que eu e minha irmã Leticia tivéssemos acesso a melhor educação possível. Obrigada!

A minha irmã Leticia por sempre me fazer rir nos momentos de tristeza.

As minhas tias Ione e Maria Sandra que sempre me apoiaram.

As rosquinhas da minha Vó Raquel que são as melhores!

A Professora Débora Leonardo pelo incentivo e por acreditar em mim até quando eu não acreditei.

Ao Victor Shoiti Tsujimoto pela amizade e boas risadas.

Ao amigo que fiz durante essa caminhada Luís Carlos pelos desabafos, risadas e idas para academia.

Ao Orivaldo Benedito pelos bolos, que sempre alegrava meu dia.

Aos colegas que contribuíram de forma direta e indireta para realização desse trabalho.

Aos professores que contribuíram para minha formação.

*“Quando não existem inimigos internos, os inimigos externos enfraquecem”*

*(Autor desconhecido)*

## RESUMO

Na atualidade a regeneração das áreas degradadas é uma preocupação mundial, porém o empobrecimento dos solos causado pela extração de rochas dificulta tal ação. No entanto, é possível encontrar indivíduos de *Eremanthus incanus*, também conhecida porpumente por candeia, crescendo e se estabelecendo naturalmente em pilhas de rejeito de extração de quartzito. Na literatura é descrita a facilidade em se estabelecer em ambientes adversos, porém pouco se sabe sobre as estratégias anatômicas e nutricionais que podem favorecer sua sobrevivência nestes ambientes. Para tanto, o objetivo do trabalho foi analisar características estruturais de folhas de *E. incanus* presente em solos com deposição de rejeito da extração de quartzito e compará-las com as plantas de ocorrência natural em Campo rupestre. O estudo foi realizado no município de Luminárias (MG) em duas áreas distintas: região ocupada por pilhas de rejeito de quartzito e uma formação nativa de Campo rupestre. Na qual foram delimitadas cinco parcelas por área, e amostrados três indivíduos por parcela. Para tanto, em cada árvore amostrada foram mesuradas características morfométricas. Além disso, foram analisadas anatomia foliar, área foliar específica (AFE), estimativa de clorofila (SPAD), química das folhas e químicas do solo. Os dados foram submetidos ao teste Welch Two Sample ou de Wilcox, a 5% de probabilidade. Parâmetros anatômicos e morfométricos como área do vaso do xilema e espessura de tricomas e DAP e CAP apresentaram diferença estatística entre as áreas de estudo. A área do vaso do xilema foi maior na área com deposição de rejeito, sendo uma adaptação para evitar embolia nos vasos. A quantidade de matéria orgânica foi estatisticamente maior na área de Campo rupestre. Compostos químicos foliares como K, Ca, Mg, Mn, Zn, Fe tiveram maior concentração em plantas coletadas sobre o rejeito de rochas, enquanto S, B, Cu, foram maiores na área de Campo rupestre. Assim, *E. incanus* tem bom desempenho no aproveitamento dos nutrientes disponíveis no rejeito, sem necessidade de grandes ajustes estruturais (dentre os analisados) foliares, tendo potencial para revegetação destas áreas.

Palavras-chave: anatomia de candeia; química foliar; química do solo.

## ABSTRACT

Currently, the regeneration of degraded areas is a global concern, but soil impoverishment caused by rock removal makes such action difficult. However, it is possible to find individuals of *Eremanthus incanus*, also known as “candeia”, growing and establishing themselves naturally in piles of quartzite extraction waste. The literature describes their ease of establishing themselves in adverse environments, but little is known about the anatomical and nutritional strategies that may favor their survival in these environments. Therefore, the objective of this study was to analyze the structural characteristics of *E. incanus* leaves present in soils with deposition of quartzite destruction waste and compare them with plants naturally occurring in Campo rupestre. The study was carried out in the municipality of Luminárias (MG) in two distinct areas: a region occupied by quartzite waste piles and a native formation of Campo rupestre. In which five plots were delimited per area, and three individuals were sampled per plot. For this purpose, morphometric characteristics were measured in each sampled tree. In addition, leaf anatomy, specific leaf area (SLA), chlorophyll estimation (SPAD), leaf chemistry and soil chemistry were analyzed. The data were submitted to the Welch Two Sample or Wilcoxon test, at 5% probability. Anatomical and morphometric parameters such as xylem vessel area and trichome thickness and DBH and CAP showed statistical difference between the study areas. The xylem vessel area was larger in the area with waste deposition, being an adaptation to avoid embolism in the vessels. The amount of organic matter was statistically higher in the Campo rupestre area. Foliar chemical compounds such as K, Ca, Mg, Mn, Zn, and Fe had higher concentrations in plants collected on rock waste, while S, B, and Cu were higher in the Campo rupestre area. Thus, *E. incanus* performs well in the use of nutrients available in the waste, without the need for major structural adjustments (among those analyzed) in the leaves, and has potential for revegetation of these areas.

Keywords: candeia anatomy; leaf chemistry; soil chemistry.

## INDICAÇÕES DE IMPACTO

Este trabalho visa compreender como são as características anatômicas de *Eremanthus incanus*, ocorrente de modo predominante em áreas de rejeito de mineração de quartzito. Considerando, a importância ecológica da espécie e seu potencial uso em recuperação de áreas degradadas, as informações trazidas neste trabalho comprovam a capacidade de tolerância da espécie a ambientes pobres em nutrientes, incluindo áreas impactadas pela mineração de quartzito. Com isso, os resultados encontrados têm potencial de impacto em estudos de conservação de *E. incanus* e de outras espécies em condições semelhantes, em trabalhos de recuperação de áreas degradadas por meio do reflorestamento com espécies nativas e em trabalhos de propagação da espécie para diferentes fins. Portanto, estudos como este não apenas enriquecem o conhecimento científico sobre uma espécie de importância ecológica e comercial, mas também pode ter aplicações práticas que beneficiam a sociedade e o meio ambiente.

## INDICATIONS OF IMPACT

This study aims to understand the anatomical characteristics of *Eremanthus incanus*, which occurs predominantly in areas of quartzite mining waste. Considering the ecological importance of the species and its potential use in the recovery of degraded areas, the information provided in this study proves the species' ability to tolerate nutrient-poor environments, including areas impacted by quartzite mining. Therefore, the results found have the potential to impact conservation studies of *E. incanus* and other species in similar conditions, in work to recover degraded areas through reforestation with native species, and in work to propagate the species for different purposes. Therefore, studies such as this one not only enrich scientific knowledge about a species of ecological and commercial importance, but may also have practical applications that benefit society and the environment.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	15
<b>2.1 <i>Eremanthus incanus</i> (Less.) Less. (Asteraceae)</b> .....	15
<b>2.2 Cerrado</b> .....	17
<b>2.3 Mineração</b> .....	18
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	20
<b>3.1 Área de estudo</b> .....	20
<b>3.2 Análise química do solo</b> .....	23
<b>3.3 Obtenção do material vegetal</b> .....	24
<b>3.3.1 Caracterização morfométrica dos indivíduos</b> .....	24
<b>3.3.2 Massa seca das folhas e Área foliar específica (AFE)</b> .....	25
<b>3.3.3 Análise nutricional das folhas</b> .....	25
<b>3.3.4 Estimativa de clorofila</b> .....	25
<b>3.3.5 Anatomia foliar</b> .....	26
<b>3.3.6 Análise estatística</b> .....	27
<b>4 RESULTADOS</b> .....	27
<b>4.1 Análise química do solo</b> .....	27
<b>4.2 Características morfométricas e área foliar específica</b> .....	28
<b>4.3 Características nutricionais das folhas</b> .....	29
<b>4.4 Estimativa de clorofila</b> .....	30
<b>4.5 Características qualitativas da anatomia foliar</b> .....	30
<b>4.6 Características quantitativas da anatomia foliar</b> .....	31
<b>5 DISCUSSÃO</b> .....	36
<b>6 CONCLUSÃO</b> .....	38
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	39

## 1 INTRODUÇÃO

A mineração é uma atividade de grande importância econômica para diversos setores de desenvolvimento no Brasil, e dentre os Estados mineradores se destaca Minas Gerais, o qual é conhecido historicamente pela alta extração de minério (Pinto-Coelho, 2021). Segundo registros do Sistema de Informações Geográficas da Mineração, em 2017, o Estado foi responsável por 16,8% da produção da indústria mineira, possuindo 39.565 processos minerários, sendo 2.044 concessões de lavra e 620 minas ativas (Estado De Minas Gerais, 2020).

A extração de minério é uma atividade danosa ao meio ambiente, capaz de promover alterações, muitas das quais irreversíveis, ao ecossistema, incluindo alterações físicas, químicas, microbiológicas e edáficas (Mechi;Sanches,2010). Atualmente, a busca por alternativas para restauração das áreas degradadas, com baixos custos e mais próximas da condição nativa é crescente, fazendo-se necessário ter conhecimento do solo local e de espécies colonizadoras em área de mineração em processo de regeneração natural (Amaral *et al.*, 2020). Nesse contexto, observou-se grande ocorrência de indivíduos do gênero *Eremanthus* em áreas de pilha de rejeito de mineração de rochas de quartzito, se desenvolvendo naturalmente e de forma predominante em comparação a outras espécies vegetais. E apesar da facilidade em se estabelecer em ambientes adversos, pouco se sabe os mecanismos destas espécies que favorecem tal sobrevivência.

*Eremanthus incanus* (Less.) Less. é uma espécie arbórea, conhecida popularmente por candeia, e pertencente à família Asteraceae Bercht. & J. Presl. Essa espécie possui características que geram grande interesse entre pesquisadores e ecólogos, uma vez que se desenvolvem rapidamente em campos abertos e se distribuem em povoamentos, possuindo alta produção de sementes com dispersão anemocórica e alta taxa de regeneração natural com ciclo de vida longo (Junior *et al.*, 2017). São amplamente distribuídos em alguns países da América do Sul, como na Argentina e Paraguai. No Brasil, a candeia é facilmente encontrada em regiões de Cerrado, em florestas secundárias da Caatinga e em áreas de transição entre as matas semidecíduas e campos abertos, com registros nos estados da Bahia, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo e Minas Gerais (Junior *et al.*, 2017;Silva, 2020).

Os indivíduos de *E. incanus* possuem grande importância no comércio nacional e internacional, na produção de óleo essencial, no qual é destilado para se obter o componente alfa bisabolol (possui propriedades antibacteriana e cicatrizante), gerando assim interesse das

indústrias na produção de fármacos e cosméticos (Scolforo *et al.*, 2002). A espécie *E. incanus* apresenta grande resistência natural aos ambientes adversos, sendo capaz de germinar, crescer e se estabelecer em solos pedregosos, rasos e de baixa fertilidade, demonstrando ser uma alternativa viável para recuperação de áreas degradadas (Silva, 2018).

Características estruturais, nutricionais e bioquímicas das folhas facilitam a compreensão do funcionamento do organismo vegetal em meio aos ambientes adversos. Os indivíduos de *E. incanus* podem apresentar modificações anatômicas nas folhas em decorrência as diferentes condições de solos ricos de rejeito de rocha de quartzito, a fim de garantir a sobrevivência

Dessa forma, é importante compreender alguns aspectos como anatomia das folhas de *E. incanus* podem estar relacionados com as estratégias de sobrevivência da espécie, permitindo sua ampla ocorrência em solo rico em rejeito de mineração de rochas de quartzito, localizado em formações rupestres do Cerrado. Com isso, o objetivo do trabalho é analisar características anatômicas de folhas de *Eremanthus incanus* presente em solo com deposição de rejeitos da mineração de rochas de quartzito e compará-las com plantas de ocorrência natural em Campo rupestre preservado.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 *Eremanthus incanus* (Less.) Less. (Asteraceae)

Asterales é uma das ordens dentro das eucotiledôneas que inclui 11 famílias de acordo com a APG IV (Angiosperm Phylogeny Group, 2016). Essa ordem é monofilética, sustentada por dados moleculares e morfológicos, como a presença de pétalas valvares, polinização do tipo êmbolo e presença de oligossacarídeo como carboidrato de reserva (Judd *et al.*, 2009). Dentro das famílias correspondentes a essa ordem se destaca a família Asteraceae.

A família Asteraceae Bercht. & J. Presl é considerada uma das maiores dentro das angiospermas e a mais distinta. Apresenta grande diversidade de indivíduos, podendo ser ervas lianas, arbustos e raramente árvores e arvoretas (Nakajima; Semir, 2001; Keeley; Robinson, 2009), sendo essa composta por 1.600 gêneros, 17 tribos, 3 subfamílias compreendendo cerca de 25.000 a 30.000 espécies. Apresenta distribuição cosmopolita, com concentração em áreas temperadas, semiáridas e nos trópicos (Roque; Teles; Nakajima, 2017). Ocorre em ambientes abertos e montanhosos, sendo raramente encontrada em áreas florestais (Bremer, 1994; Funk *et al.*, 2005). Já no Brasil é possível encontrar 196 gêneros e 1.900 espécies da família Asteraceae (Hattori; Nakajima, 2008).

Asteraceae é um grupo monofilético, sendo suas principais características morfológicas: a inflorescência em capítulo racemoso, com flores sésseis inseridas no receptáculo floral com 18 brácteas formando o involúcro, anteras conatas, ovário ínfero, bicarpelar, com um óvulo de placentação basal, estilete bífido, anteras sinânteras e o cálice altamente modificado em papilhos que está envolvido no sucesso evolutivo e dispersão de suas espécies (Roque; Bautista, 2008; Soares, 2012).

As espécies de Asteraceae possuem grande importância econômica, relacionada às culturas de alimentos sendo altamente produzidas devido as suas folhas, caules e sementes. Além disso, apresentam compostos fitoquímicos muito utilizados na medicina e na produção de fármacos, e que garantiram o sucesso evolutivo dos indivíduos evitando a herbivoria e auxiliando na sobrevivência em novos habitats (Nakajima; Semir, 2001; Keeley; Robinson, 2009).

Entre as tribos pertencentes à família Asteraceae se destacam Vernoniae Cass., composta por cerca de 1.500 espécies e 125 gêneros (Keeley; Robinson, 2009), sendo encontrada facilmente pelos trópicos, tendo maior concentração de indivíduos e diversidade no continente africano e no Brasil, (Bremer, 1994; Keeley; Robinson, 2009). As principais características morfológicas que facilitam o reconhecimento de Vernoniae são folhas geralmente alternas, capítulos discoides homógamos, flores purpúreas a lilás, as vezes vermelhas ou brancas, estilete com ápice agudo e piloso, cipsela sem fitomelanina com 3-20 costas, estilete com ramos agudos e pilosos, pápus cerdosos e duplos (Keeley; Robinson, 2009). Entre os gêneros pertencentes à tribo Vernoniae, destaca-se *Eremanthus* Less. É o mais representativo, sendo seus indivíduos conhecidos popularmente por “candeia”, e geralmente com espécies arbóreas e arbustivas. As espécies *E. erythropappus* (DC.) Macleish, *E. incanus* (Less.) Less. e *E. glomerulatus* Less., apresentam grande ocorrência no estado de Minas Gerais (Ribeiro, *et al.*, 2010).

*Eremanthus incanus* (Less.) Less. é uma espécie endêmica do Brasil e encontra-se nos domínios fitogeográficos da Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica, e sua área de ocorrência está restrita nos estados da Bahia e Minas Gerais. Tal espécie se desenvolve em formações campestres e em formações menos densas de florestas, uma vez que é uma espécie heliófila, que necessita da exposição à luz solar (Junior *et al.*, 2017). Algumas de suas características são: epiderme unisseriada com paredes anticlinais ligeiramente onduladas, a cutícula é delgada e lisa, a folha é dorsiventral e anfiestomática com poucos estômatos adaxiais, os estômatos são em geral anomocíticos e alguns poucos são anisocíticos, possui tricomas

glandulares capitados e unicelulares em ambas as faces da folha e possui tricomas tectores na face abaxial com ramificações aladas apicais (Dutra *et al.*,2010; Silva,2018).

Devido às propriedades antibacterianas, antimicóticas, dermatológicas e cicatrizantes, muitos utilizam o alfa bisabolol para produção de protetores solares, loções pós barba, sabonetes, shampoo, batons e entre outros (Pedralli,1997). Além da aplicação do óleo, os caules são utilizados como mourões de cerca devido à alta durabilidade (Scolforo *et al.*,2002).

## 2.2 Cerrado

O Cerrado é o segundo maior domínio fitogeográfico brasileiro, responsável por ocupar mais de 20% da área do país, recobre dez estados brasileiros e o Distrito Federal (Anjos, 2023). Esse domínio geralmente é encontrado sobre um relevo suave a suave ondulado, sendo uma savana tropical típica, cujo sua vegetação é compreendida por árvores tortuosas e esparsa, com casca do tronco espessa e folhas grossas, entremeadas com uma vegetação graminóide bastante evidente (Borges, 2002; Felfili *et al.*, 2007).

O Cerrado apresenta distintas fitofisionomias. Essa variação se dá de acordo com estrato lenhoso de árvores a arbustos, com as árvores predominando em uma fisionomia florestal conhecida como Cerradão, o estrato arbustivo-herbáceo nas fisionomias de campo cerrado e campo rupestre, e o estrato herbáceo nas fisionomias de campo limpo e campo sujo (Ribeiro;Walter,2008). Nas situações intermediárias a essas fisionomias ocorre o cerrado *stricto sensu* (Oliveira-Filho; Fluminaham-Filho, 1999).

O Campo rupestres, uma das fitofisionomias do Cerrado, ocupa uma área inferior a 0,8% (Fernandes *et al.*,2020) do território brasileiro. Possui uma vegetação sazonal com área central situada ao longo da Serra do Espinhaço nos Estados da Bahia e Minas Gerais (Silveira *et al.*, 2016). Além disso, os Campos rupestres também podem ser encontrado sob rochas quartzíticas, como na Serra de Ibitipoca e Serra da Canastra em Minas Gerais (Nakajima; Semir,2001), e na região da Chapada dos Veadeiros e Serra dos Pirineus, Goiás (Mendonça *et al.*,1998). Os Campos rupestres podem ser caracterizados como um mosaico de vegetação aberta, (Fernandes *et al.*,2020) como formações herbáceo-arbustivas associadas a afloramentos rochosos ou solos geralmente rasos e pouca matéria orgânica. A vegetação é constituída por estrato herbáceo mais ou menos contínuo, entremeado por pequenos arbustos perenifólios e esclerofilos, que sofre variações de acordo com topografia, declividade, microclima e natureza do substrato (Giulietti *et al.*,2000).

Os solos do Cerrado apresentam alterações quanto a sua composição química, profundidade e drenagem, sendo predominante a classe dos solos Latossolo Vermelho-

Amarelo e Latossolo Vermelho-Escuro, que são caracterizados por apresentarem acidez com pH variando entre 4,5 e 5,5, possuem deficiência de nutrientes como fósforo e nitrogênio, com alta concentração de alumínio. Esses fatores ambientais geralmente provocam mudanças estruturais e funcionais nas plantas, para se adaptarem a essas condições (Machado *et al.*, 2008).

O pH ácido influencia na redução da formação de nitratos e sulfatos, importantes para liberação de nutrientes como fósforo, boro, cobre e zinco, além de favorecer o aumento das concentrações de alumínio, ferro e manganês sendo capaz de chegar a concentrações tóxicas a planta. O ideal para crescimento de microorganismo no substrato é manter pH o próximo de 7, considerado neutro. Os organismos como fungos e bactérias apresentam melhor crescimento em pH ligeiramente ácido e alcalino (Alexopoulos *et al.*, 1996).

As características climáticas do Cerrado, segundo os preceitos de Köppen predomina-se Aw, clima tropical, com chuva de verão e mês mais frio com temperatura média superior a 18°C. Nos extremos sudoeste e sudeste do bioma, da tipologia Cwa clima subtropical, com chuva de verão e verão quente, sendo o mês mais frio com temperatura média entre -3°C e 18°C e o mês mais quente com temperatura média maior do que 22°C (Nascimento; Novais, 2020).

### **2.3 Mineração**

A mineração é uma importante atividade econômica do Brasil, na qual é extraído matéria-prima para exportação e produção. Dentre os Estados produtores de quartzitos destaca-se Minas Gerais, sendo já registrados quatro centros de lavras de quartzitos localizados nos municípios de São Thomé das Letras, Alpinópolis, Ouro Preto e Diamantina (Fernandes *et al.*, 2003). É estimado que a maior parte das exportações de quartzitos foliados (cortado em placas finas) são provenientes do Centro produtor de São Thomé das Letras, cujo termo “Pedra São Thomé” é utilizado para designar quartzitos plaqueados (cortado em placas grossas) comercializados no Brasil (Chiodi, 2003; Lopes *et al.*, 2013).

A extração do quartzito apresenta grande potencial econômico, havendo relatos de sua extração no início da década de 50, ocasionando maior exploração das jazidas na Serra de São Thomé das Letras na década de 70. Os quartzitos extraídos são amplamente utilizados em construções, como piso, revestimento de paredes, alvenaria estrutural e até como telha, são também utilizados na confecção do artesanato local. Além disso, tal atividade é considerada uma das principais fontes de renda da cidade (Fernandes *et al.*, 2003).

As rochas quartzitas extraídas ao Sul de Minas Gerais, possuem características próprias, como os planos das placas constituindo superfícies antiderrapantes e homeotermos, os quartzitos apresentam características distintas a depender do local de extração. Em São Thomé das Letras são caracterizados por uma coloração clara, geralmente branco, amarelo ou róseo, enquanto em Luminárias apresentam tonalidade verde-escuro com manchas avermelhadas, podendo ser encontrado também nos municípios de Carrancas e Carranquinha (Lopes, 2015).

As rochas, de maneira geral, apresentam diferentes colorações devido às condições de pressão e temperatura submetidas durante o seu processo de formação e esfriamento do magma, e da composição. Quartzitos extraídos no município de Luminárias (MG) apresentam coloração esverdeada e manchas avermelhadas devido à elevada quantidade de muscovita na sua composição, além de cristais de granada (Fernandes *et al.*, 2003).

Tal mineral é composto por quartzo (65-70%) e muscovita (25-30%), magnetita (2%), rutilo (1%), microclínio (tr), turmalina (tr), ilmenita (tr), granada (tr), zircão (tr), e plagioclásio (tr). Já os quartzitos extraídos em São Thomé das Letras (MG) que apresentam coloração clara branco apresentam em sua composição, quartzo (90-95%) e muscovita (5-10%), além de plagioclásio (tr), turmalina (tr), zircão (tr), magnetita (tr) e rutilo (tr). Enquanto, nos quartzitos amarelos é possível observar alteração intempérica durante a percolação de fluidos principalmente de água meteórica (água que chega à superfície terrestre na forma de precipitação) nos planos de foliação da rocha. Essa percolação resulta na oxidação do  $Fe^{+2}$ , presente nos minerais opacos (magnetita+rutilo) resultando em uma coloração amarelada a avermelhada (Lopes, 2015; Mofati *et al.*, 2013).

Os quartzitos de coloração rosa, são encontrados em menor escala em comparação com os quartzitos brancos e amarelos, são observados intercalados entre os quartzitos de cor amarelada. As rochas rosas apresentam em sua estrutura foliada/laminada marcada pelo bandamento metamórfico paralelizada ao bandamento composicional (Fernandes *et al.*, 2003).

A extração de rochas ornamentais, como o quartzito, vem afetando negativamente o Campo rupestre (chegando a ser considerado o ecossistema mais ameaçado de Minas Gerais) causando inúmeros impactos ambientais (Miguel, 2022). O principal é a produção de resíduos e rejeitos, gerados pela extração e beneficiamento das rochas em função da quebra das peças durante o corte. Muitos são estocados em pilhas gerando, além do impacto ambiental, problemas de saúde aos trabalhadores devidos as partículas finas de pó emanadas pela ação dos ventos (Mofati *et al.*, 2013). De acordo com a Agência Nacional de Mineração, na Resolução ANM nº 85/2021, o rejeito corresponde à porção associada ao minério descartada

durante e/ou após o processo de beneficiamento. O estéril consiste no material descartado diretamente na operação de lavra, sem ser processado na usina de beneficiamento.

A extração dos recursos minerais vem sendo alvo de debate devido aos problemas ambientais e socioeconômicos gerando alterações biológicas, geomorfológicas, hídricas e atmosféricas, entre os quais se destacam: modificação irreversível nas paisagens pela remoção da vegetação e superfície economicamente viável nas áreas de extração, poluição e assoreamento dos recursos hídricos, crescimento dos processos erosivos, poluição atmosférica e sonora, e evasão forçada de animais silvestres previamente existentes na área de extração mineral (Ferreira, 2022). Dessa forma, se faz necessário a recuperação das áreas de Campo rupestre impactadas pela extração de quartzito.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Área de estudo**

A coleta ocorreu no município de Luminárias em Minas Gerais (MG), em duas áreas de zona rural distintas: uma em pilha de deposição rejeito de rochas de quartzito (Figura 1 e 2) seguindo as coordenadas 21°32'19.2"S 44°47'51.2"W, e em ambiente vegetação nativa de Campo rupestre conhecida como Pico do Cruzeiro (Figura 3 e 4), de acordo com as coordenadas 21° 32' 17.2" S, 44° 49' 34.39" W.

O município de Luminárias se encontra entre os municípios de Carrancas e São Thomé das Letras, no Campo das Vertentes, sendo localizado a 303 km de Belo Horizonte, 388 km de São Paulo e 36 km de Lavras.

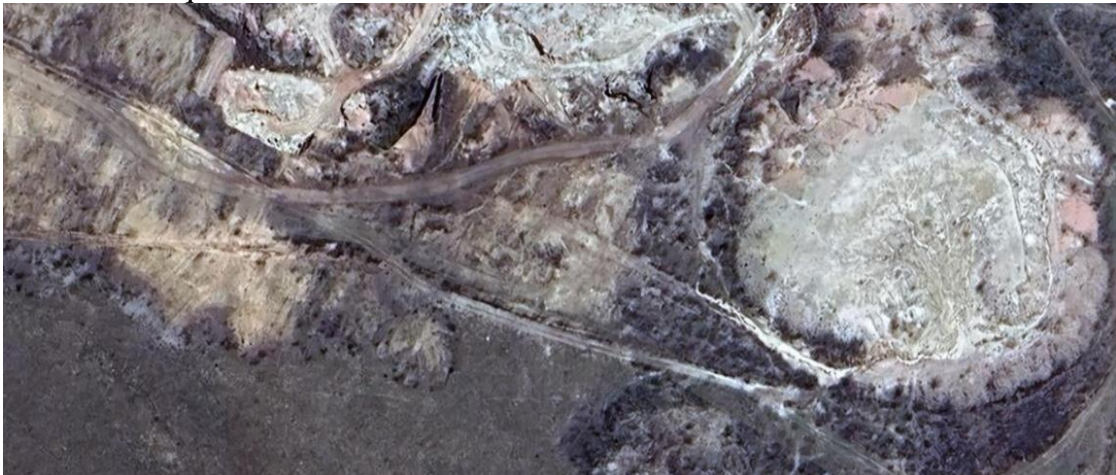
Luminárias possui vegetação do tipo Floresta Estacional Semidecidual Montana, com formações campestres e savânicas naturais que se encontram como manchas localizadas nas porções íngremes ou de elevada altitude das serras (Carvalho *et al.*, 2020). O município faz parte do Complexo de Serras da Bocaina-Carrancas e Ouro Grosso (BCOG) que se localiza no Planalto Alto Rio Grande e com cerca de 17.609km<sup>2</sup>. O Complexo de Serras BCOG se estende desde a extremidade sul do estado de Minas Gerais, se aproxima do Planalto do Itatiaia, até a região de São João Del Rei e Barbacena, onde se inicia a bacia do rio São Francisco, e abrange as cidades de Lavras, Itumirim, Ingáí, Itutinga, Carrancas e parte de Minduri (Radambrasil, 1983). A formação montanhosa é caracterizada por apresenta cristas monoclinais moldadas em quartzito que formam elevações aplainadas rodeadas por um entorno rebaixado (Neto *et al.*, 2011).

Segundo a classificação de Köppen o clima é do tipo Aw, tropical, com invernos secos e verões chuvosos. Com precipitação anual de 1.594 mm, enquanto a temperatura média anual

de 17,8°C. De acordo com INMET, as seguintes condições meteorológicas no mês de coleta, (janeiro) foram de média de 23,4°C de temperatura, sendo 30,5°C de temperatura máxima e 19,1°C de temperatura mínima, média de 83,5% de umidade, de 910,4 hPa de pressão, de 1,0 m/s de velocidade do vento, de 6,2h de insolação e 9,8mm de chuva diária.

Pelo município passam três rios: Cervo, Ingaí e Capivari. Luminárias se encontra a 943m de altitude, com seu ponto mais alto a 1.444 m de altitude, com extensão territorial de 498 km<sup>2</sup> (Carvalho *et al.*, 2020; Vilela *et al.*, 2021). A região é conhecida como zona turística devido a sua paisagem natural, serras, cavernas e o complexo de cachoeiras. No entanto, apesar da sua importância paisagística para o turismo a região não apresenta status de conservação. A alta concentração da atividade agrária e extração de rochas de quartzito são as ações que mais ameaçam a preservação da vegetação nativa do local (Vilela *et al.*, 2021).

Figura 1- Zona rural do Município de Luminárias (MG). Área 1. Rejeito de mineração de quartzito.



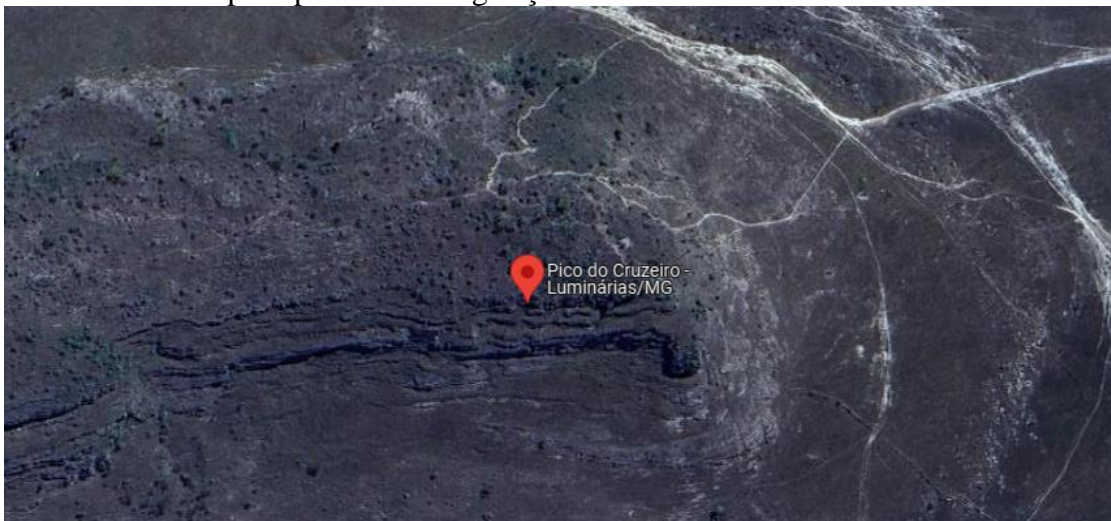
Fonte: Google Maps, 2024.

Figura 2-Zona rural do município de Luminárias (MG). Área 1. Indivíduos de candeia (*Eremanthus incanus*) em pilha de rejeito de mineração de quartzito.



Autor: William dos Santos Ribeiro (2024)

Figura 3-Zona rural do município de Luminárias (MG). Área 2. Pico do Cruzeiro, área de Campo rupestre com vegetação nativa.



Fonte: Google Maps, 2024.

Figura 4- Zona rural do município de Luminárias (MG). Área 2. Indivíduos de candeia (*Eremanthus incanus*) no Pico do Cruzeiro, em área de Campo rupestre.



Autor: William dos Santos Ribeiro (2024)

### 3.2 Análise química do solo

Para análise química do solo foram retiradas amostras de solo próximas às árvores de candeia selecionadas, em raio de 1,5 m, presentes em cada uma das parcelas. A coleta seguiu em desenho cruzado, com a primeira amostra coletada no centro e as outras quatro sendo retiradas a 1,5 m no meio de cada linha transversal, resultando em cinco amostras compostas. Para obtenção das amostras de solo foi removida a camada de serrapilheira posteriormente, foi coletado em profundidade de 0-10 cm de solo. Por fim, as cinco amostras foram homogeneizadas em uma única amostra.

Em seguida, cada amostra de solo foi armazenada em sacos plásticos transparentes e encaminhados ao Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no qual foram realizadas análises físico-químicas de cada amostra. Foram avaliadas

os seguintes parâmetros: pH, KCl e CaCl<sub>2</sub> - Relação 1:2,5; Ca - Mg- Al- Extrator: KCl - 1 mol/L; SB= Soma de Bases Trocáveis; CTC (T) - Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0; m= Índice de Saturação de Alumínio; P-rem: Fósforo Remanescente; S - Extrator - Fosfato monocálcio em ácido acético; P- Na - K- Fe - Zn- Mn- Cu- Extrator Mehlich 1; H + Al- Extrator: SMP; CTC (t) - Capacidade de Troca Catiônica Efetiva; V= Índice de Saturação de Bases; Mat. Org. (MO) - Oxidação: Na<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 4N+ H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 10N.

O pH do solo foi avaliado em água (1:2,5) KCl e CaCl<sub>2</sub>, e teores disponíveis de potássio (K<sup>+</sup>), fósforo (P), sódio Na<sup>2+</sup>, boro (B), Zn (zinco), manganês (Mn<sup>2+</sup>), ferro (Fe<sup>2+</sup>) e cobre (Cu<sup>2+</sup>) extraído pela solução Mehlich-1 (MEHLICH, 1953); cálcio (Ca<sup>2+</sup>), magnésio (Mg<sup>2+</sup>) e alumínio (Al<sup>3+</sup>) extraídos por 1 mol L<sup>-1</sup> KCl (Mclean, et.al., 1958.); acidez potencial (H+Al) por extrator SMP (Shoemaker; Mclean; Pratt, 1961); soma de bases trocáveis (SB), capacidade de troca catiônica em pH 7,0 CEC (T), extraída por Ca 0,5 mol L<sup>-1</sup> de acetato; e enxofre disponível (S) extraído por fosfato monocálcico em ácido acético (Walkley; Black, 1934). Textura (conteúdo de areia, silte e argila) classificados em solo tipo 1 referente a textura arenosa, solo tipo 2 respectivo a textura média e o solo do tipo 3 caracterizada pela textura argilosa foram estimados pelo método Bouyoucos (Bouyoucos, 1951). Saturação de bases (V%) e Índice de saturação de alumínio (m%) também foram calculadas.

### 3.3 Obtenção do material vegetal

O material vegetal foi obtido a partir de indivíduos adultos previamente identificados, seguindo a classificação de angiospermas APG IV (2016). A coleta das amostras ocorreu durante a estação chuvosa, no mês de janeiro. Para tanto, foram determinadas, pela facilidade ao acesso, cinco parcelas de 20m<sup>2</sup> (20x20) em cada área de estudo. O material foi obtido de três indivíduos adultos por parcela (identificados com placas de alumínio) na face leste da copa, a partir do terceiro nó do ramo da planta, no qual, foram selecionadas folhas completamente expandidas e livres de patógenos e herbivoria. Obtendo assim, um total de 15 amostras por área.

#### 3.3.1 Caracterização morfométrica dos indivíduos

Para obtenção dos dados morfométricos foi mensurada a circunferência à altura do peito (CAP), diâmetro a altura do peito (DAP), altura total (h), conforme Burger (1939).

Com auxílio da fita métrica foi mensurado a Circunferência a altura do peito (CAP) à 1,30 m enquanto o Diâmetro a altura do peito (DAP) cm e obtida através da aplicação da fórmula:

$$DAP: CAP/\pi \quad (1)$$

De modo que,  $\pi$ : possui o valor aproximado de 3,14.

As árvores foram mensuradas com trena graduada, dessa forma obtido altura total (h).

### 3.3.2 Massa seca das folhas e Área foliar específica (AFE)

Em campo foram coletadas cinco folhas, completamente expandidas e livre de herbivoria, por indivíduo amostrado em cada parcela. Posteriormente, as folhas foram armazenadas em sacos de papel e levadas ao laboratório para obtenção da área foliar. Para tal, foi utilizado o software de imagens ImageJ® versão 1.5. Em seguida, o material vegetal foi colocado em sacos de papel e levado para estufa de circulação forçada a 60 °C, até atingir massa constante e então pesado em balança analítica, Shimadzu (AY220), com precisão de 0,0001g. Por fim, os dados de massa seca e área foliar foram utilizados para o cálculo da área foliar específica (AFE) (Garnier *et al.*, 2001) de forma que:

$$AFE = AF:MSF, \text{ onde:} \quad (2)$$

AFE, está em  $\text{cm}^2 \text{ g}^{-1}$ , AF, área foliar, em  $\text{cm}^2$  MSF, e massa seca das folhas, em  $\text{g}^{-1}$ .

### 3.3.3 Análise nutricional das folhas

Para a realização da análise química foliar, o material foi encaminhado para o Laboratório de Análise Foliar do Departamento de Química da Universidade Federal de Lavras, respeitando-se os prazos da metodologia aplicada. Foram determinados macronutrientes: nitrogênio (N), fosforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S); e os micronutrientes: boro (B), cobre (Cu), manganês (Mn), zinco (Zn) e ferro (Fe) por espectrometria de absorção atômica, após a digestão ácida das amostras, seguindo metodologia descrita por Malavolta e colaboradores (1997).

### 3.3.4 Estimativa de clorofila

Em campo, foi utilizado medidor portátil de clorofila SPAD-502 [Soil-Plant Analysis Development (SPAD) Section, Minolta Camera Co., Ltd, Japan] no qual, seguindo a metodologia padrão de laboratório (Arnon, 1949) foi determinado de forma indireta os teores

de clorofila das folhas de candeia. As avaliações ocorreram em três árvores por parcela e dos valores obtidos foi calculada a média de cada parcela.

### 3.3.5 Anatomia foliar

As cinco folhas completamente expandidas foram fixadas em F.A.A. (1:1:8 v/v, formaldeído, ácido acético, etanol a 70%) por um período de 72 horas, em seguida transferidas para álcool etílico a 70% (Kraus; Arduin, 1997). As análises anatômicas foram realizadas no Laboratório de anatomia vegetal do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras, onde foram realizadas secções paradérmicas e transversais das folhas.

Para as secções paradérmicas foi realizado o processo de dissociação com hipoclorito de sódio (NaClO a 2,1% m/v de concentração) (Bersier; Bocquet, 1960). A fim de eliminar o máximo possível de tricomas foi realizada a raspagem da porção mediana da folha e selecionados cortes de cada folha. Posteriormente, foi colocado no reagente (NaClO a 2,1% m/v de concentração) e postas em estufa no período de sete dias. Em seguida, os foram separadas a mão com auxílio de pinça as faces adaxial e abaxial da epiderme e realizada a coloração com Safranina 1% e montadas as lâminas com glicerina 50% (Kraus; Arduin, 1997), cobertas com lamínula.

As secções transversais foram obtidas de fragmentos de 2 cm<sup>2</sup> retirados das regiões mediana das folhas, contendo nervura central. Para as análises, o material foi submetido a uma série etanólica crescente para desidratação (70, 80, 90 e 100%), a temperatura ambiente de acordo com Johansen (1940), com modificações. Em seguida, o material foi imerso em solução de pré-infiltração, composta por etanol 100% e resina base (1:1), no qual foi seguido as instruções do fabricante (Kit Historesina Leica) por 24 horas. Após esse período, prosseguindo-se a infiltração em resina base por mais 24 horas à 4 °C. Para a polimerização utilizou-se o kit Historesina (Hidroxietilmetacrilato, Leica, Heidelberg). Por fim foram realizadas secções transversais em micrótomo rotativo semiautomático, em espessura de 7 µm e coradas com Azul de Toluidina 1%, Ph 6,7 (Feder; O'brien, 1968).

Para realização das análises anatômicas, as secções paradérmicas e transversais foram fotografadas em microscópio óptico com câmera digital acoplada. E as feitas por meio do software ImageJ® versão 1.5 permitindo a medição dos tecidos foliares. Nas secções paradérmicas foram analisadas a densidade estomática (DE – número de estômatos/mm<sup>2</sup>) na face abaxial da epiderme e observados as células da epiderme na face adaxial. Nas secções transversais foliares do mesofilo foram analisados os seguintes parâmetros: espessuras da epiderme na face adaxial (EAD) e abaxial (EAB) e cutícula (Cut), do parênquima paliçádico

(PP), do parênquima esponjoso (PE), feixe vascular (FV), células da bainha (Eb) e da camada de tricomas na face abaxial da epiderme (ET). Já nas secções transversais na nervura central foram observados a área da nervura central, de floema (AF), de xilema (AX) e número de feixes vasculares (NF).

### 3.3.6 Análise estatística

Os dados quantitativos foram submetidos a teste de normalidade. Os dados com distribuição normal foram submetidos ao teste Welch Two Sample a 5% de probabilidade. Enquanto, os dados que não atenderam aos pressupostos de normalidade foram analisados pelo teste de não paramétrico wilcox. As análises foram realizadas por meio do software RStudio® versão 4.0.0.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Análise química do solo

A análise química do solo demonstrou pouca variação entre as duas áreas de estudo. Apenas a concentração de P, matéria orgânica, H + Al- Extrator: SMP, Índice de Saturação de Bases (V) variaram entre as áreas. A concentração de P e H + Al- Extrator: SMP foram maiores na área preservada. Enquanto, V tiveram maiores valores na área de deposição de rejeito de quartzito, já a matéria orgânica foi maior na área preservada de Campo rupestre. Ambos os solos são do tipo 1, com maior concentração de areia, em comparação à argila e silte.

Tabela 1- Análise química do solo das duas áreas de estudo em Luminárias, MG.

A1=área com solo com deposição de rejeito de quartzito; A2=área preservada de Campo rupestre. Parâmetros de compostos inorgânicos. (Continua)

Parâmetros	A1	A2	p-valor
pH	4,56 a	4,14 a	0,2062
K (mg/dm <sup>3</sup> )	16,22 a	38,16 a	0,07246
P (mg/dm <sup>3</sup> )	2,08 b	6,78 a	0,05556
Na (mg/dm <sup>3</sup> )	2,00 a	4,2 a	0,1798
Ca (cmolc/dm <sup>3</sup> )	0,71 a	0,98 a	0,1467
Mg (cmolc/dm <sup>3</sup> )	0,44 a	0,51 a	0,2096
Al (cmolc/dm <sup>3</sup> )	0,21 a	0,41 a	0,2563
H +Al (cmolc/dm <sup>3</sup> )	1,28 b	7,12 a	0,01597

Tabela 1- Análise química do solo das duas áreas de estudo em Luminárias, MG.  
A1=área com solo com deposição de rejeito de quartzito; A2 = área preservada de Campo rupestre. Parâmetros de compostos inorgânicos. (Conclusão)

SB (cmolc/dm <sup>3</sup> )	1,19 a	1,53 a	0,2563
t (cmolc/dm <sup>3</sup> )	1,41 a	1,99 a	0,2065
T (cmolc/dm <sup>3</sup> )	2,48 b	8,70 a	0,007937
V%	49,08 a	28,08 b	0,05555
m%	14,80 a	19,85 a	0,3965
M.O (dag/kg)	0,58 a	4,42 b	0,007937
P-Rem (mg/L)	54,50 a	45,44 a	0,4786

pH em água, KCl e CaCl<sub>2</sub> (Relação 1:2,5); Ca - Mg- Al- Extrator: KCl - 1 mol/L; SB= Soma de Bases Trocáveis; CTC (T) - Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0; m%= Índice de Saturação de Alumínio; P-rem: Fósforo Remanescente; S - Extrator - Fosfato monocálcio em ácido acético; P- Na - K- Fe - Zn- Mn- Cu- Extrator Mehlich 1; H + Al- Extrator: SMP; CTC (t)-Capacidade de Troca Catiônica Efetiva; V%= Índice de Saturação de Bases; Mat. Org. (MO) - Oxidação: Na<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 4N+ H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 10N; B- Extrator água quente.

Fonte:Autora.

Tabela 2-Análise química do solo das duas áreas de estudo em Luminárias, MG.  
A1=área com solo com deposição de rejeito de quartzito; A2 = área preservada de Campo rupestre.

Parâmetros	A1	A2	p-valor
Argila (dag/kg)	8,00	9,20	-
Silte (dag/kg)	2,20	1,80	-
Areia (dag/kg)	89,80	89,00	-
Tipo de solo	Tipo 1	Tipo 1	-

Solo Tipo 1: Textura Arenosa. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. As médias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelos testes de Welch Two Sample ou de Wilcox, a 5% de probabilidade.

Fonte:Autora.

## 4.2 Características morfométricas e área foliar específica

Os dados morfométricos AFE, DAP e CAP dos indivíduos de *Eremanthus incanus* apresentaram diferença significativa entre as áreas de estudo. As árvores localizadas na área preservada apresentaram maior DAP e CAP. Enquanto as árvores estabelecidas sob rejeito de rochas de quartzito, apresentaram maior AFE.

Tabela 3-Dados morfométricos dos indivíduos de *Eremanthus incanus* amostrados nas duas áreas de estudo, em Luminárias, MG. A1= área com solo com deposição de rejeito de rochas de quartzito; A2 = área preservada de Campo rupestre. Parâmetros morfológicos.

Fontes de variação	A1	A2	p-valor
<b>AFE (cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>)</b>	85,75 a	73,22 b	0,02938
<b>H (m)</b>	3,43 a	3,27 a	0,4961
<b>DAP (cm)</b>	6,27 b	9,58 a	0,01647
<b>CAP (cm)</b>	19,71 b	28,95 a	0,01952

AFE = Área foliar específica; H = Altura total; DAP= Diâmetro à altura do peito; CAP = Circunferência à altura do peito. As médias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelos testes de Welch Two Sample ou de Wilcoxon, a 5% de probabilidade.

Fonte: Autora.

### 4.3 Características nutricionais das folhas

A composição nutricional apresentou grande variação entre as folhas coletadas nas diferentes áreas de estudo, sendo que apenas a concentração de Zn e Fe não diferiram. Os macronutrientes N, P, K e S, e os micronutrientes Mn e Cu tiveram maiores concentrações nas folhas coletadas na área de rejeitos. Enquanto, os macronutrientes Ca e Mg, e o micronutriente B foram mais concentrados nas folhas das plantas do Campo rupestre.

Tabela 4- Análise nutricional de folhas de *Eremanthus incanus* amostrados nas duas áreas de estudo, em Luminárias, MG. A1= área com solo com deposição de rejeito de quartzito; A2 = área preservada de Campo rupestre. Parâmetros macro e micronutrientes. (Continua)

Macro e micronutrientes	A1	A2	p-valor
<b>N (g/Kg)</b>	18,87 a	16,03 b	0,010
<b>P (g/Kg)</b>	1,16 a	0,84 b	0,015
<b>K (g/Kg)</b>	18,68 a	11,98 b	0,000001695
<b>Ca (g/Kg)</b>	4,97 b	6,64 a	0,012
<b>Mg (g/Kg)</b>	0,43 b	1,49 a	0,00001332
<b>S (g/Kg)</b>	1,02 a	0,92 b	0,027
<b>B (mg/Kg)</b>	21,99 b	38,77 a	0,0007251
<b>Cu (mg/Kg)</b>	13,97 a	8,72 b	0,00116
<b>Mn (mg/Kg)</b>	450,65 a	211,72 b	0,002403

Tabela 4- Análise nutricional de folhas de *Eremanthus incanus* amostrados nas duas áreas de estudo, em Luminárias, MG. A1= área com solo com deposição de rejeito de quartzito; A2 = área preservada de Campo rupestre. Parâmetros macro e micronutrientes.

	(Conclusão)		
<b>Zn (mg/Kg)</b>	58,32 a	47,39 a	0,394
<b>Fe (mg/Kg)</b>	142,45 a	174,63 a	0,072

Macronutrientes: nitrogênio = N, fósforo = P, potássio = K, cálcio = Ca, magnésio = Mg e enxofre = S. Micronutrientes: boro = B, cobre = Cu, manganês = Mn, zinco = Zn e ferro = Fe. As médias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelos testes de Welch Two Sample ou de Wilcoxon, a 5% de probabilidade.

Fonte: Autora.

#### 4.4 Estimativa de clorofila

O parâmetro avaliado de índice indireto de clorofila (SPAD) para ambas as áreas não apresentaram diferença estatística.

Tabela 5-Dados de estimativa de clorofila foliar em *Eremanthus incanus* amostrados nas duas áreas de estudo, em Luminárias, MG. A1 = área com solo com deposição de rejeito de quartzito; A2 = área preservada de Campo rupestre.

Parâmetro	A1	A2	p-valor
<b>SPAD (unidades)</b>	45,92 a	52,35 a	0,231

SPAD = índice indireto de clorofila. As médias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelos testes de Welch Two Sample ou de Wilcoxon, a 5% de probabilidade.

Fonte: Autora.

#### 4.5 Características qualitativas da anatomia foliar

A lâmina foliar de *E. incanus* possui epiderme unisseriada, com células em formato tubular. A cutícula é delgada, revestindo ambas as faces. A folha é dorsiventral e hipoestomática, observa-se a presença de estômatos anomocíticos e alguns poucos são anisocíticos, sua face abaxial. Suas células epidérmicas em vista frontal, na face adaxial, são anticlinais e retas com formato irregular. Em ambas as faces apresentam tricomas tectores em formato de T e alguns glandulares, porém na face abaxial sua densidade é, aparentemente maior em relação a face adaxial.

O mesofilo contém parênquima paliçádico formado por duas a três camadas de células longas e estreitas, e duas a três camadas de parênquima esponjoso. Possuem poucos espaços intercelulares e inúmeros feixes vasculares do tipo colateral ao longo do mesofilo. Estes se encontram à face abaxial da folha e envolvidos por uma bainha de células parenquimáticas.

As folhas de *E. incanus* encontradas na área de rejeito apresentaram uma densidade de tricomas menor em relação às folhas dos indivíduos presentes na área de Campo rupestre. Na região da nervura central, o sistema vascular central é composto por feixes, de três a sete, classificados como colateral aberto.

Como demonstrado na Figura 7, as folhas de *E. incanus* apresentam tricomas em ambas as faces, sendo, em maior quantidade na face abaxial. Suas células epidérmicas são poliédricas e irregulares.

#### 4.6 Características quantitativas da anatomia foliar

As características anatômicas foliares variaram pouco em relação às áreas de ocorrência de *Eremanthus incanus*. Apenas área de feixe vascular, diâmetros dos vasos de xilema, espessura da camada de tricomas e diâmetro polar dos estômatos variaram entre os indivíduos. Na área de rejeito, observou-se folhas com maior área de feixe vascular, maior área de xilema, maior diâmetro dos vasos e diâmetro polar dos estômatos (Fig. 6C-H). Enquanto, a espessura da camada de tricomas foi maior nas folhas coletadas na área preservada. Foi observado a presença de grandes tricomas do tipo tector e glandulares e esclereides. A elevada densidade estomática foi observada em plantas de ambas as áreas, não apresentando diferença estatística entre os indivíduos.

Figura 5- Secções transversais da folha de *Eremanthus incanus*, coletadas em Luminárias (MG). (Continua)

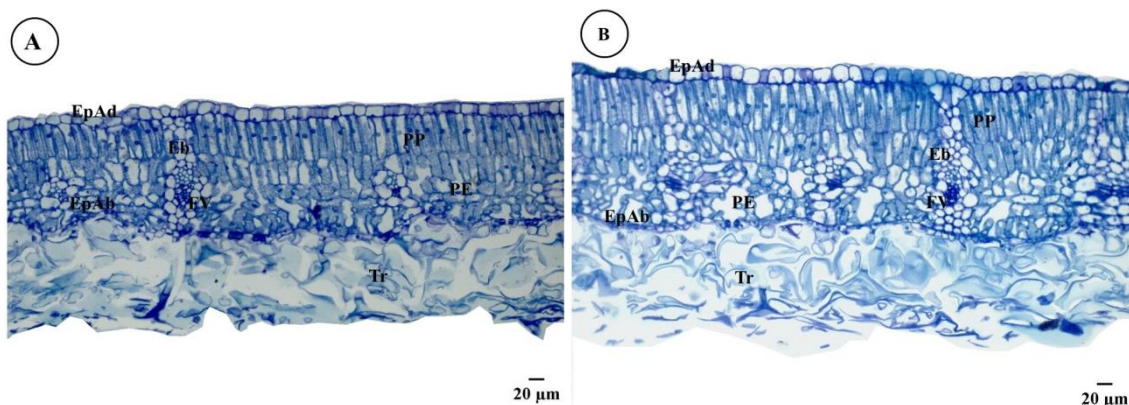
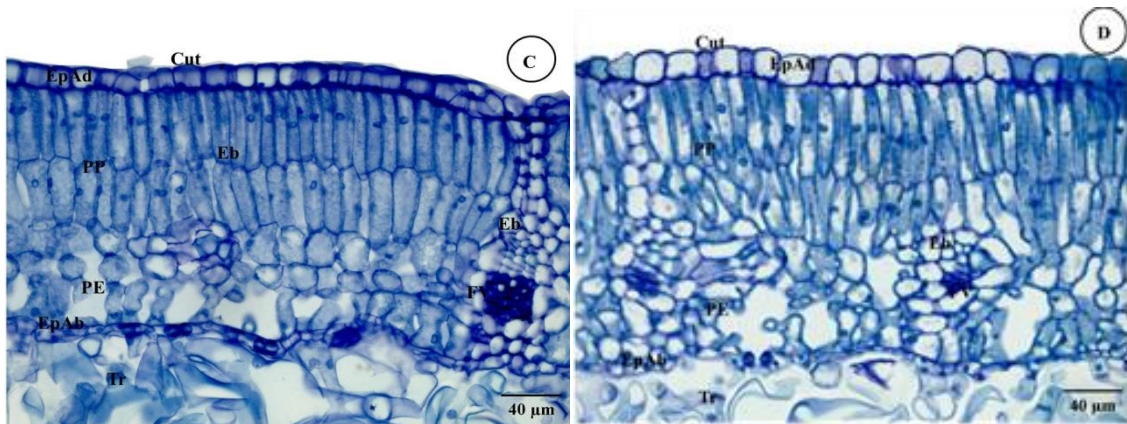


Figura 5- Secções transversais da folha de *Eemanthus incanus*, coletadas em Luminárias (MG). (Conclusão)



Legenda: **A e C**: Secção do mesofilo da folha coletada em solo com deposição de rejeito de quartzito; **B e D**: Secção do mesofilo da folha coletada em Campo rupestre preservado. **EpAd** = Epiderme adaxial; **EpAb** = Epiderme abaxial; **Eb** = Células da bainha; **Cut** = Cutícula; **PP** = Parênquima paliçádico; **PE** = Parênquima esponjoso; **FV** = Feixe vascular; **Tr** =tricomos tector.

Fonte:Autora.

Figura 6 - Secções transversais da nervura da folha de *Eremanthus incanus*, coletadas e em Luminárias (MG). (Continua)

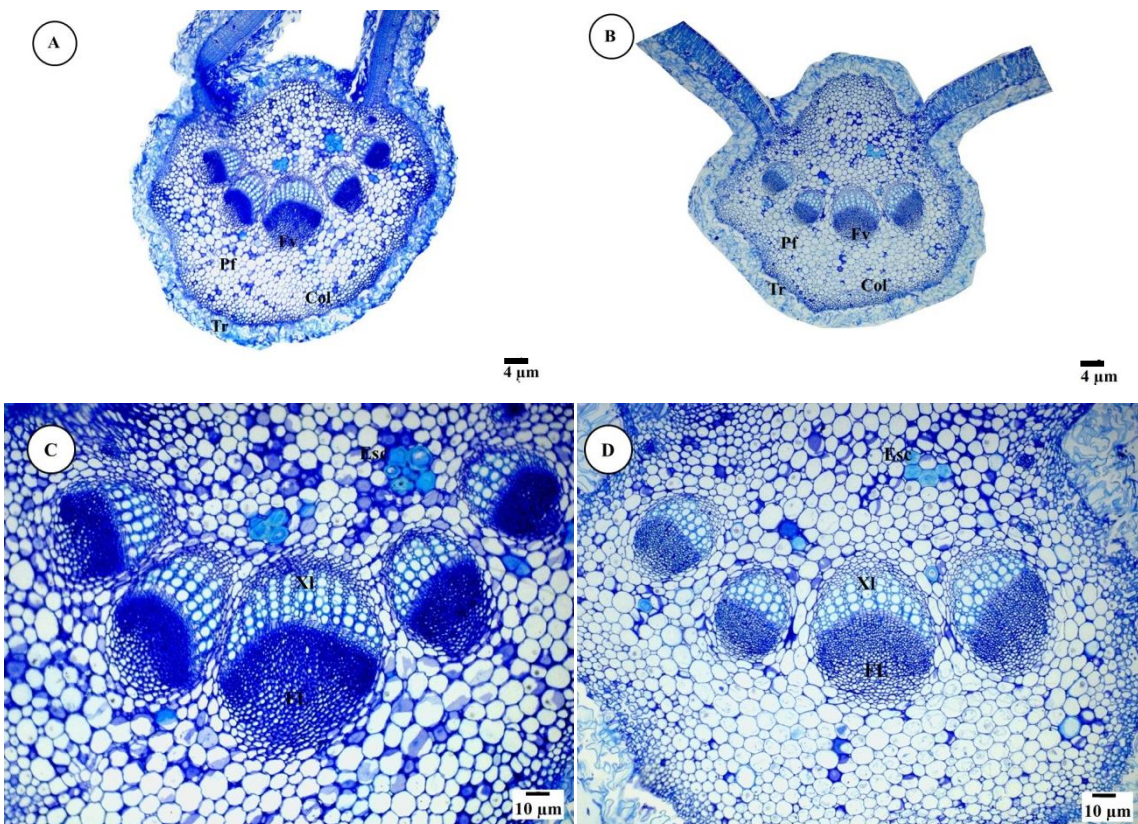
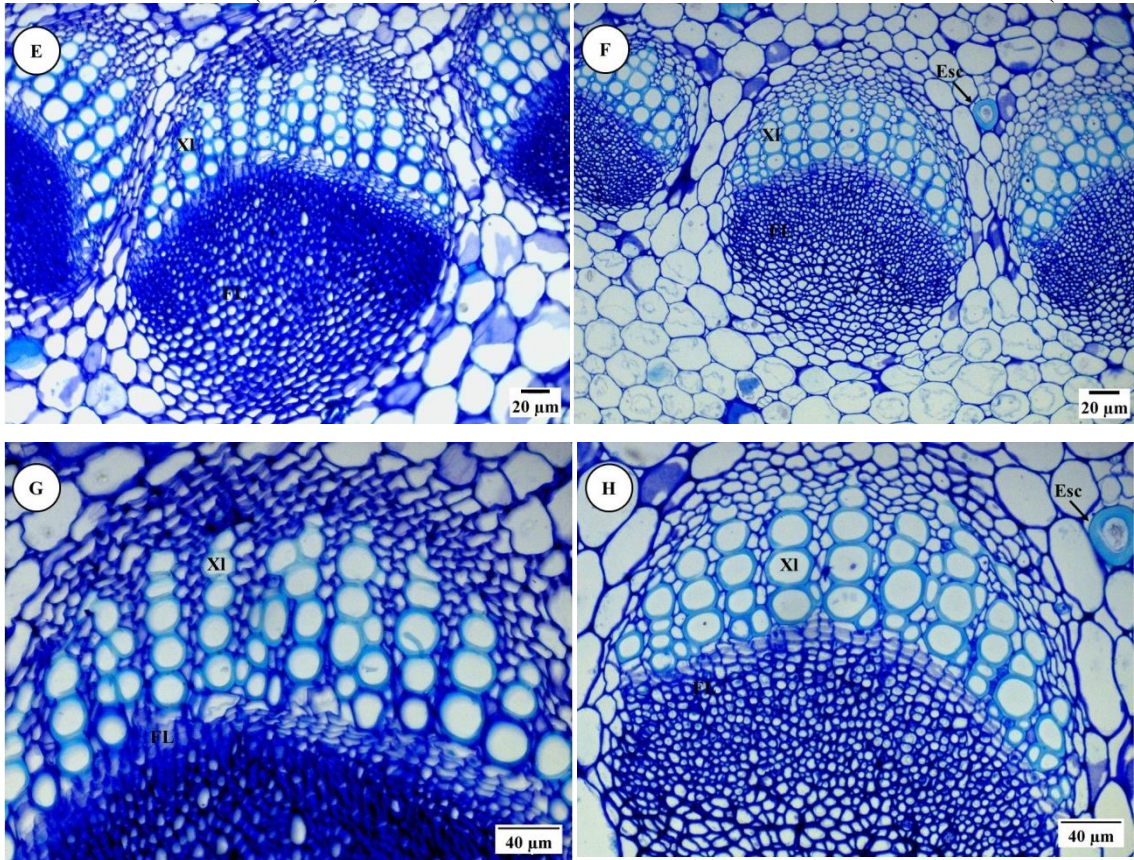


Figura 6 - Secções transversais da nervura da folha de *Eremanthus incanus*, coletadas e em Luminárias (MG). (Conclusão)



Legenda: A e C: Secção da nervura central da folha coletada em solo com deposição rejeito de quartzito; B e D: Secção da nervura central da folha coletada em Campo rupestre preservado; E e G: Secção da nervura central da folha coletada em solo com deposição rejeito de quartzito, evidenciando os feixes vasculares, xilema, floema e os esclereídes; F e H: Secção da nervura central da folha coletada em Campo rupestre preservado, detalhando os feixes vascular evidenciando feixes vasculares, xilema, floema e os esclereídes. Pf = Parênquima fundamental; Col = Colênquima; Esc = Esclereídeo; Tr = Tricoma; FV = Feixe vascular, XI = xilema, FL= floema.

Fonte: Autora.

Figura 7- Secções parádérmicas da folha de *Eremanthus incanus*, coletadas em Luminárias, (MG). (Continua)

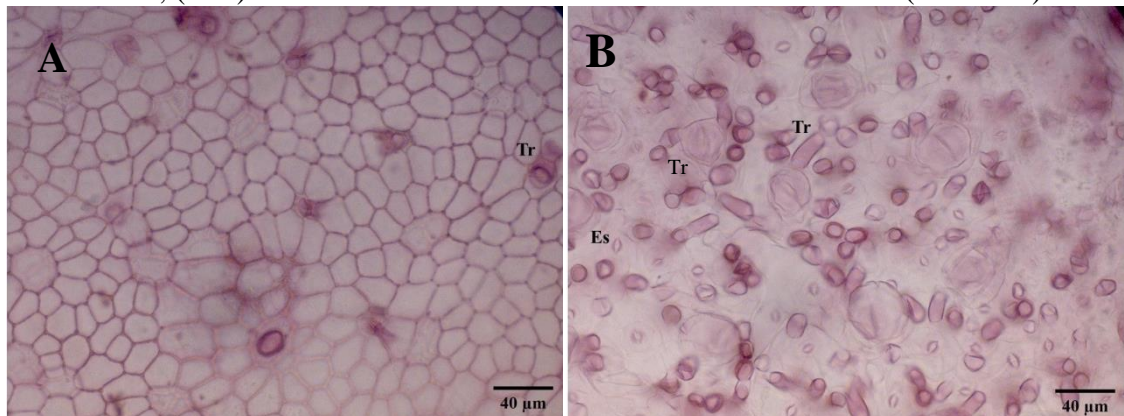
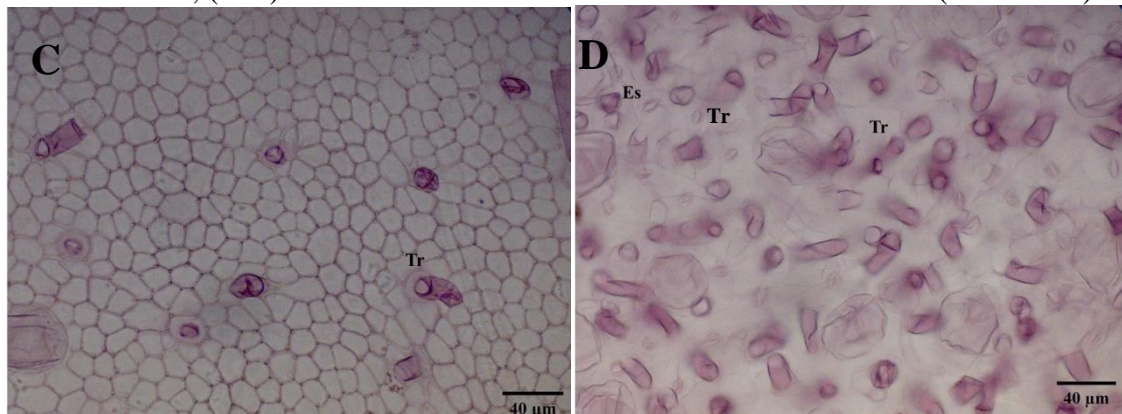


Figura 7- Secções paradérmicas da folha de *Eremanthus incanus*, coletadas em Luminárias, (MG). (Conclusão)



Legenda: **A:** Face adaxial da epiderme da folha coletada em solo com deposição rejeito de quartzito; **B:** Face adaxial da epiderme coletada em Campo rupestre preservado; **C:** Face abaxial da epiderme da folha coletada em solo com deposição rejeito de quartzito; **D:** Face abaxial da epiderme coletada em Campo rupestre preservado. **Es** = Estômato; **Tr** = Tricoma tector e glandular.

Fonte: Autora.

Tabela 6- Parâmetros anatômicos da nervura central de folhas de *Eremanthus incanus* amostrados nas duas áreas de estudo, em Luminárias, MG. A1 = área com solo com deposição de rejeito de quartzito; A2 = área preservada de Campo rupestre.

Parâmetros	A1	A2	p-value
Número de feixes vascular	5 a	5 a	0,7863
Área do feixe vascular ( $\mu\text{m}^2$ )	64.886,07 a	48.404,76 b	0,04892
Área da nervura central ( $\mu\text{m}^2$ )	265.962.271 a	232.580.530 a	0,2239
Área do xilema ( $\mu\text{m}^2$ )	24261,00 a	18829,22 a	0,06484
Número de vasos do xilema	54 a	49 a	0,465
Diâmetro do vaso do xilema ( $\mu\text{m}$ )	21,37a	18,12b	0,005
Área do floema ( $\mu\text{m}^2$ )	37983,21 a	28565,24 a	0,09717

As médias seguidas pela mesma letra, na linha não diferem estatisticamente entre si, pelos testes de Welch Two Sample ou de Wilcoxon, a 5% de probabilidade.

Fonte: Autora.

Tabela 7- Parâmetros anatômicos da lâmina foliar de *Eremanthus incanus* amostrados nas duas áreas de estudo, em Luminárias, MG. A1 = área com solo com deposição de rejeito de quartzito; A2 = área preservada de Campo rupestre.

<b>Parâmetros</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>p-value</b>
<b>Cutícula (µm)</b>	3,12 a	3,17 a	0,762
<b>Epiderme Abaxial (µm)</b>	13,52 a	14,73 a	0,090
<b>Epiderme Adaxial (µm)</b>	6,13 a	6,09 a	0,912
<b>Densidade estomática (est./mm<sup>2</sup>)</b>	267 a	285 a	0,479
<b>Diâmetro polar dos estômatos (µm)</b>	3,74 a	3,41 b	0,05547
<b>Diâmetro equatorial dos estômatos (µm)</b>	2,66 a	2,45 a	0,2513
<b>Parênquima paliçádico (µm)</b>	87,30 a	88,35 a	0,877
<b>Parênquima esponjoso (µm)</b>	69,03 a	63,43 a	0,231
<b>Tricomas (µm)</b>	108,48 b	124,92a	0,012

As médias seguidas pela mesma letra, na linha não diferem estatisticamente entre si, pelos testes de Welch Two Sample ou de Wilcox, a 5% de probabilidade.

Fonte: Autora.

## 5 DISCUSSÃO

As características químicas dos solos variaram pouco entre as áreas de estudo. Isso ocorreu devido às similaridades edáficas de ambas as áreas, localizadas em formações de Campo rupestre, caracterizados por serem pobres em nutrientes, com textura arenosa e com elevados teores de alumínio trocável. Porém, aspectos importantes foram distintos entre a área de rejeito e a área preservada, como a concentração de matéria orgânica, as concentrações de fósforo (P), acidez potencial (H+Al) e capacidade de troca catiônica a pH (T) (Tabela 1.).

Na área preservada de Campo Rupestre, os solos têm maior concentração de matéria orgânica, em comparação à área com deposição de rejeito de rochas de quartzito. A deposição de rejeito se sobrepõe ao solo original dificultando a sobrevivência de microrganismos e a retenção de água.

Na área de rejeito, também se observou maiores V%, que indica a proporção da capacidade de troca catiônica ocupada pelas bases. O valor observado na área de rejeito (49,08 cmolc/dm<sup>3</sup>) indica menor ocupação por componentes da acidez H ou Al (acidez potencial).

Manter níveis adequados de matéria orgânica no solo é fundamental para as plantas, pois essa matéria influencia diretamente a absorção de nutrientes. Em solos com baixo pH e baixa fertilidade natural, a matéria orgânica contribui para o aumento da capacidade de troca catiônica (CTC) e para a correção da acidez, ajudando a estabilizar o pH próximo à neutralidade (Marques *et al.*, 2022). Solos ricos em matéria orgânica apresentam uma melhor distribuição de tamanhos de poros, o que facilita a circulação e a infiltração de água. Além disso, a matéria orgânica tem uma alta capacidade de retenção de água, podendo absorver de 5 a 6 vezes seu peso em água. A umidade do solo é essencial para que os nutrientes se tornem disponíveis na solução do solo (Chiodini *et al.*, 2013).

Dessa forma, na área preservada, por possuir maior concentração de matéria orgânica e por sua vez, maior infiltração de água, possibilitou que as plantas apresentassem maior DAP, CAP e diâmetro polar dos estômatos, em contra partida pela baixa retenção de água pelo solo os indivíduos presentes no solo com rejeito apresentaram maior diâmetro dos vasos aumentando os riscos de embolia.

Pode se inferir que as plantas no Campo rupestre apresentaram maior absorção de nutrientes (Chiodini *et al.*, 2013). Tais diferenças implicam alterações na movimentação de água no solo, na suscetibilidade à erosão, na penetração de raízes, na absorção de nutrientes, e

na mecanização que devem ser consideradas nos programas de recuperação dessas áreas (Longo;Ribeiro; Melo, 2005).

Além disso, solos que apresentam deficiência nutricional, como é o caso das áreas estudadas, tendem a ter maior liberação de íons  $H^+$  ocasionando maior capacidade redutora das células das raízes. Em plantas naturalmente adaptadas aos solos com baixo teor de nutrientes possuem maior capacidade de absorção do K, por se tratar de um íon móvel, em contrapartida possuem menor capacidade de absorção para íons imóveis como o Ca.

Provavelmente, a maior assimilação de nutrientes num ambiente com mais matéria orgânica, tenha relação com a ocorrência de maior AFE, que é um fator importante na maximização do ganho de carbono por unidade de massa foliar (Almeida; Sanches, 2021). Maior AFE indica uma maior quantidade de cloroplastos por unidade de área foliar, proporcionando uma maior taxa fotossintética por unidade de área foliar (Santos; Silva-Neto;Trevisan, 2024; Villar *et al.*,2005), embora não tenha ocorrido maior espessamento dos parênquimas fotossintetizantes ou na estimativa de clorofila.

Além disso, a área foliar específica é considerada um fator relevante do ponto de vista fisiológico e ecológico por indicar a alocação da biomassa da folha por unidade de área, refletindo o *trade-off* entre rápida produção de biomassa e eficiente conservação de nutrientes (Avelino *et al.*, 2021) Segundo Scalon e Franco (2007), a área foliar específica pode estar também correlacionada com o ponto de perda de turgor das folhas, um parâmetro de relações hídricas (Campelo *et al.*, 2018; Bucci *et al.*, 2004) e a concentração foliar de N, P e K (Laviola, *et al.* ,2008)

As plantas encontradas na área preservada apresentaram maior DAP e CAP, talvez pela maior disponibilidade de matéria orgânica embora não tenham variado em altura, em comparação a área de rejeito de rochas de quartzito. Scolforo e colaboradores (2002) caracterizou *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish com DAP com valor médio de 7,6 cm. Embora sendo outra espécie, isso é um indicativo de que os valores de DAP observados para *E. incanus* estão no padrão esperado para estas espécies.

Isso fornece indícios sobre competição por espaço entre as plantas, o que, aparentemente, é menor nessa área. Porém, apesar de algumas variações morfométricas em ambas as áreas, de modo geral, as plantas são de porte menor que o relatado na literatura. Davide e colaboradores, (2012) em estudos de caracterização da candeia descreve uma árvore de *Eremanthus incannus*, quando adulta, com altura média entre 5 e 7 m, enquanto neste estudo as plantas apresentaram em média 3,38 m de altura.

Em relação a anatomia foliar, as folhas da área preservada apresentaram duas características interessantes: menor diâmetro dos vasos de xilema e maior espessura da camada de tricomas. O menor diâmetro dos vasos pode ser relacionado ao maior risco de ocorrência de embolia nesta área, onde há maior altitude e, possivelmente, menor retenção hídrica no solo. Ou seja, vasos maiores são mais propensos à formação de bolhas, que vasos de menor diâmetro, que favorecem maior densidade de vasos por área e maior resistência à embolia (Davis; Sperry; Hacke, 1999; Nardini *et al.*, 2011). As plantas necessitam de um sistema hidráulico eficiente para evitar o ressecamento do mesofilo durante o as trocas gasosas, através da abertura dos estômatos (Costa ;Marenco, 2007).

Quanto aos tricomas, considerados uma adaptação a indisponibilidade de água e elevadas temperaturas, atuam reduzindo a taxa de transpiração e a temperatura no limbo, foliar devido ao aumento da reflexão da radiação solar. Além disso, facilita a manutenção da assimilação de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) em períodos de elevada temperatura e baixa disponibilidade de água. (Dutra *et al.*, 2010). Dessa forma, a maior espessura da camada de tricomas encontradas nas folhas de candeia, indica que na área de Campo rupestre preservada pode oferecer condições xéricas mais intensas. Essa modificação dos tricomas já foi observada por Silva *et al.*, (2023) em plantas de *E. incanus* sob condições ambientais variáveis, e demonstra que essa estrutura anatômica é plástica e fundamental para o bom desempenho fisiológico da espécie.

As demais características anatômicas não variaram entre as folhas dos dois ambientes amostrados, exibindo padrão conforme o descrito por Silva (2018) para esta espécie. Isso indica que a capacidade de *E. incanus* se estabelecer em área de rejeito de mineração de quartzito não envolve muitos ajustes estruturais foliares.

## 6 CONCLUSÃO

Indivíduos de *Eremanthus incanus* ocorrentes em área de rejeito de mineração de quartzito apresentam poucas diferenças morfométricas e estruturais de folhas, em comparação às plantas da área de Campo rupestre preservada. Por outro lado, diferenças nutricionais foliares foram mais evidentes, com maiores concentrações de macro e micronutrientes nas plantas do ambiente de rejeito, mesmo com a similaridade edáfica entre as áreas. Provavelmente, a variação nutricional foliar decorre da maior disponibilidade de nutrientes nos solos de Campo rupestre, que possuem maior concentração de matéria orgânica, capacidade de troca catiônica a pH e maior acidez potencial. Essa espécie apresenta potencial para possível aporte de matéria orgânica e auxílio na ciclagem de nutrientes na área com

deposição de rejeito, além de promover sombreamento, o que pode modificar as condições do ambiente, tornando-o propício para a colonização por outras espécies. Assim, *E. incanus* tem bom desempenho no aproveitamento dos nutrientes disponíveis no rejeito, sem necessidade de grandes ajustes estruturais (dentre os analisados) foliares, tendo potencial para revegetação destas áreas.

## REFERÊNCIAS

ALEXOPOULO, C. J., MIMS, C. W. **Introductory Mycology**,. New York, John Wiley e Sons, 4th ed p. 899. 1996.

ALMEIDA, L. B., SANCHES, M. C. **Atividade Fotossintética e Crescimento Inicial em espécies lenhosas do Bioma Cerrado: Implicações para recuperação de áreas degradadas**. 2021. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal), Universidade Federal de Uberlândia, p.57, 2021.

AMARAL, W. G., PERRREIRA, I.M., MACHADO, E.L.M., AMARAL, C.S. Correlação das espécies colonizadoras com o substrato em áreas abandonadas por mineração. **Ciência Florestal**, v. 30, n. 3, p. 718–729, jul. 2020.

ANJOS, A.F dos. As regiões geoeconômicas do Cerrado. Élisée. **Revista de Geografia da UEG**. Élisée, Rev. Geo. UEG – Goiás, v.12, n.1, p.2-26, jan/dez.2023.

ARNON DI. Cooper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxydase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**. v. 24, p. 1-15, 1949.

AVELINO, N. R., SCHILLING, A. C., DALMOLIN, Â. C., SANTOS, M. S. D., & MIELKE, M. S. Alocação de biomassa e indicadores de crescimento para a avaliação da qualidade de mudas de espécies florestais nativas. **Ciência Florestal**, v. 31 n.4, 1733-1750,2021.

BERSIER, J. D.; BOCQUET, G. Les méthodes d'éclaircissement en vascularisation et en morphogénie végétales compare es. Arch. Sci., **Geneve**, , p. 555-66, 1960.

BORGES, C. L. **Cerrado: extração da flora nativa para fins ornamentais e medicinais e o desenvolvimento sustentável**. 2002. Centro Universitário de Brasília Faculdade de Ciências da Saúde, Brasília-DF. p.34, 2002.

BOUYOUCOS, G. J. A Recalibration of the Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of Soils. **Agronomy Journal**, Nova Jersey, v. 43, n. 9, p. 434–438, 1951.

BREMER, K (1994) Asteracea e—cladistics and classification. Timber Press, Portland.

BUCCI, S. J., GOLDSTEIN, G., MEINZER, F. C., SCHOLZ, F. G., FRANCO, A. C. AND BUSTAMANTE, M. Functional convergence in hydraulic architecture and water relations of tropical savanna trees: from leaf to whole plant. **Tree Physiology**, v. 24: p.891-899,2004.

BURGER, H. Baumkrone und zuwachs in zwei hiebsreifen fichtenbeständen. **Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt für das Forstliche Versuchswesen**, v.21, p.147-176, 1939.

CAMPELO, D. D. H., LACERDA, C. F. D., SOUSA, J. A. D., BEZERRA, A. M. E., ARAÚJO, J. D. M., NEVES, A. L. R., & CARVALHO, C. H. Morphophysiological leaf characteristics and nutritional status of six woody species as a function of the soil water availability. **Ciência Florestal**, v.28,n.3,p. 924-936,2018.

CARVALHO, V.C.; SILVEIRA-JR, W.J.; SOUZA, C.R.; FERNANDES, T.M, FONTES, M.A.L. A percepção autóctone sobre os ambientes naturais com potencial ecoturístico em Luminárias (MG): dinâmica e consequências. **Revista Brasileira de Ecoturismo**, São Paulo, v.13, n.1, p.49-68, 2020.

CHIODI, D. K. **Os quartzitos de São Tomé das Letras, Minas Gerais: principais demandas para o desenvolvimento sustentável da atividade produtiva**. Seminário Sobre arranjos arodutivos de base mineral, 2003, Brasília. Ministério de Minas e Energia, p.9,2003.

CHIODINI, B. M., DA SILVA, A. G., NEGREIROS, A. B., & MAGALHÃES, L. B Matéria orgânica e a sua influência na nutrição de plantas. **Revista Cultivando o Saber**, v. 6, n. 1, p. 181-190, 2013.

COSTA, G. F. D., & MARENCO, R. A. Fotossíntese, condutância estomática e potencial hídrico foliar em árvores jovens de andiroba (*Carapa guianensis*). **Acta amazônica**, v.37, p.229-234.2007.

DAVIS, S. D., SPERRY, J. S., & HACKE, U. G. The relationship between xylem conduit diameter and cavitation caused by freezing. **American journal of botany**, v.86, n.10, p.1367–1372,1999.

DAVIDE, A. C., MELO, L. A., SCOLFORO, J. R., OLIVEIRA, A. D., & DAVIDE, A. C., José Roberto Soares; LOEUILLE, Benoît Francis Patrice; ALTOÉ, Thiza Falqueto. Caracterização da candeia. **O manejo sustentável da candeia: o caminhar de uma nova experiência florestal em Minas Gerais**. Lavras: UFLA, p. 19-27, 2012.

DUTRA, R. C., FERRAZ, S. O., PIMENTA, D. S. SOUSA, O. V. Caracterização morfoanatômica das folhas de *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeisch, Asteraceae. **Rev Bras Farmacogn**, v.20, p. 818-824, 2010.

ELICEIRI, K. (2021). ImageJ Ops [Software] Disponível em:  
<https://imagej.softonic.com.br/>. Acesso :15 de dezembro de 2024.

ESTADO DE MINAS GERAIS. DIAGNÓSTICO DO SETOR MINERAL DE MINAS GERAIS- Documento-base para Formulação do Plano Estadual da Mineração. Belo Horizonte, 2020. Disponível em:

<https://www.agenciaminas.mg.gov.br/noticia/governo-de-minas-publica-diagnostico-do-setor-mineral-no-estado>. Acesso em: 20 de fevereiro, 2024.

FEDER, N. & O'BRIEN, T. P. Plant microtechnique: some principles and new methods. **American Journal of Botany**, v. 55, n.1, p. 123-142. 1968.

FELFILI, J.M.; REZENDE, A.V.; SILVA JÚNIOR, M.C. **Biogeografia do bioma do Cerrado: vegetação e solos da Chapada dos Veadeiros**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, p.44-96. 2007.

FERNANDES, G. Wilson et al. Biodiversity and ecosystem services in the Campo Rupestre: A road map for the sustainability of the hottest Brazilian biodiversity hotspot. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 18, n. 4, p. 213-222, 2020.

FERNANDES, T. M. G., GODOY, A. M., & FERNANDES, N. H. Aspectos geológicos e tecnológicos dos quartzitos do centro produtor de São Thomé das Letras (MG). **Geociências**, v. 22, n. 2, p. 129-141, 2003.

FUNK V.A., BAYER R.J., KEELEY. S., CHAN. R, WATSON L., GEMEINHOLZER B., SCHILLING E., PANERO J.L., BALDWIN B.G., GARCIA-JACAS N, SUSANNA A., JANSEN R.K. Every where but Antarctica: using a supertree to understand the diversity and distribution of the Compositae. **Biologiske Skrifter** v.55, p.343–374, 2005.

GARNIER, E.; SHIPLEY, B.; ROUMET, C., & LAURENT, G. A standardized protocol for the determination of specific leaf area and leaf dry matter content. **Functional ecology**, p. 688-695, 2001.

GIULIETTI, A. M., HARLEY, R. M., QUEIROZ, L. P., WANDERLEY, M. G. L. & PIRANI, J. R. GIULIETTI, A. M. Caracterização e endemismos nos campos rupestres da Cadeia do Espinhaço. **Tópicos Atuais em Botânica. Brasília, SBB/Embrapa**, p. 311-318, 2000.

HATTORI, ERIC KOITI OKIYAMA; NAKAJIMA, JIMI NAOKI. A família Asteraceae na estação de pesquisa e desenvolvimento ambiental galheiro, perdizes, Minas Gerais, Brasil. **Rodriguésia**, v. 59, p. 687-749, 2008.

INMET- Instituto Nacional de Meteorologia. Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa - BDMEP. Brasília, DF, Brasil. Disponível em:  
<https://portal.inmet.gov.br/>. Acesso em: 16 de fevereiro, de 2025.

JOHANSEN, D. A. **Plant microtechnique** New York: Mcgraw-Hill Book, p.523,1940.

JUDD, W. S.; CAMPBELL, C. S.; KELLOGG, E. A.; STEVENS, P. F.; DONOGHUE, M. J. **Sistemática vegetal: um enfoque filogenético**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

JUNIOR, M. S., MACHADO, E. L. M., PEREIRA, I. M. MOTA, S. D. L. L. Distribuição espacial de *Eremanthus incanus* (Less.) Less. (Asteraceae) em duas áreas com diferentes níveis de conservação. *Revista Brasileira de Biociências*, v. 15, n.1, 2017.

KEELEY, S.C. & ROBINSON, H. Vernonieae. In: FUNK, V.A., eds. **Systematics, Evolution, and Biogeography of Compositae**. Austria: IAPT, p. 439-469. 2009.

KRAMER, P.J.; KOZLOWSKI, S. **Fisiologia da árvore**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, p.745, 1972.

KRAUS, J. E., ARDUIN, M. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. Rio de Janeiro: EDUR, 198 p, 1997.

LAGE, P., DE B. S. E., FERREIRA, E. A., MACIEL, J. C., & CABRAL, C. M. Deficiências de micronutrientes no estado nutricional de *Physalis*. **Research, Society and Development**, v.11, n.8, e27511830415-e27511830415, 2022.

LAVIOLA, B. G., MARTINEZ, H. E. P., SALOMÃO, L. C. C., CRUZ, C. D., MENDONÇA, S. M., & ROSADO, L. Accumulation in fruits and variation in the contents in leaf of NPK in coffee plant cultivated in four altitudes. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 24, n. 1, p. 19-31, 2008.

LONGO, R. M., RIBEIRO, A. Í., MELO, W. J. DE Caracterização física e química de áreas mineradas pela extração de cassiterita. **Bragantia**, v. 64, n. 1, p. 101–107, 2005.

LOPES, G. R. C. **Modelagem do uso e conservação dos recursos da geodiversidade no município de São Thomé das Letras-MG**. 2015. Dissertação (mestrado)-Universidade Federal de Minas Gerais-Departamento de cartografia. f.99, 2015.

LOPES, R. M. F.; FREITAS, V.L. O.; BARBOSA, P. M.M. Estrutura do componente arbóreo em áreas de cerrado no município de São Tomé das Letras, MG. **Revista Árvore**, v. 37, p. 801-813, 2013.

MACHADO, R.; AGUIAR, L.; FARIAS, C. A.; NOGUEIRA, C.; BARROSO, M. Savanas-desafios e estratégias para o equilíbrio entre a sociedade, agronegócio e recursos naturais. **Caracterização da fauna e flora do Cerrado**. Embrapa Cerrado, cap.9, p-285-300, 2008.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C. e; OLIVEIRA, S. EBASTIÃO A. L. BERTO DE. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS, 1997.

- MARQUES, A. R., BADOTTI, F., & SILVA, C. A. Caracterização química do solo do Campo rupestre ferruginoso da Serra da Piedade, Minas Gerais. **Dados Internacionais de Catalogação na Publicação** Tecnologia Ambiental. p.235, 2022.
- MECHI, A., SANCHES, D. L. Impactos ambientais da mineração no Estado de São Paulo. **Estudos Avançados**, v. 24, n. 68, p. 209–220, 2010.
- MEHLICH, A. **Determination of P, Ca, Mg, K, Na, NH<sub>4</sub>**. **Short Test Methods Used in Soil Testing Division**, Oxford, n. 1, p. 8, 1953.
- MENDONÇA, R. C.; FELFILI, J. M., WALTER, B. M. T., SILVA JÚNIOR, M. C., REZENDE, A. V., FILGUEIRAS, T. S. & NOGUEIRA, P.E. Flora Vascular do Cerrado. *In*: Sano, S. M. & Almeida, S. P. **Cerrado ambiente e flora.**, EMBRAPA-CPAC, Planaltina. p. 289-556, 1998.
- MIGUEL, L. H. F. **A mineração em Minas Gerais e a responsabilização perante a Lei face aos efeitos negativos na Biodiversidade**. 2022. Repositório de Trabalhos de Conclusão de Curso. p.43, 2022.
- MOFATI, L. M., VIDAL, F. W. H., SILVA, R. E. C. D., CORREIA, J. C. G., & RIBEIRO, R. C. D. C. **Estudo do aproveitamento de resíduos e rejeitos na cadeia produtiva de rochas ornamentais**. *In*: IV Congresso brasileiro de rochas ornamentais. viii Simpósio de rochas ornamentais do Nordeste. Anais. Rio de Janeiro. 2013.
- NAKAJIMA, J. N., SEMIR, J. Asteraceae do Parque Nacional da Serra da Canastra, Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**. v.24, n.4, p. 471-478, 2001.
- NARDINI, A., LO GULLO, M. A.; SALLEO, S. Refilling embolized xylem conduits: Is it a matter of phloem unloading? **Plant Science**, v. 180, n. 4, p. 604–611, 2011.
- NASCIMENTO, D.T. F., NOVAIS, G, T. Clima do Cerrado: dinâmica atmosférica e características, variabilidades e tipologias climáticas: Cerrado climate: atmospheric dynamics and features, variability and climatic typologies. **Élisée - Revista de Geografia da UEG**, v. 9, n. 2, p. e922021, 2020.
- NETO, R.M., PEREZ FILHO, A. & VIADANA A.G., Superfícies Geomórficas no Planalto Do Alto Rio Grande (MG): Região Das Cristas Quartzíticas. **Revista de Geografia-PPGEO-UFJF**, v.1, n.2, 2011.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T., FLUMINHAN-FILHO, M. Ecologia da vegetação do parque florestal Quedas do Rio Bonito. **Cerne**, v. 5, n. 2, p. 51–64, 1999.
- PEDRALLI, G., FREITAS, V. L. D. O., MEYER, S. T., TEIXEIRA, M. D. C. B., & GONÇALVES, A. P. S. 1997. Levantamento florístico na Estação Ecológica do Tripuí, Ouro Preto, MG. **Acta Botanica Brasilica**, v.11, p.191-213, 1997.

PINTO-COELHO, R. M., VIEIRA, E. M., PIO, F. P. B., DE ALMEIRA, V. F., & SANTOS, R. E. Atlas das barragens de mineração em Minas Gerais. **Cad. Geogr.**, v. 31, n. 260, p. 2318-2962, 2021.

R Core Team (2024) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <https://www.R-project.org/>.

RADAMBRASIL. Ministério das Minas e Energia. Folha SF-23, p. 775, Vitória/Rio de Janeiro. Projeto RADAMBRASIL, Rio de Janeiro, 1983.

RIBEIRO, J. F., WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (Edit.). Cerrado: ecologia e flora. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, cap. 6, p.151-212. 2008.

RIBEIRO, J. F., WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: Embrapa-CPAC p. 86-166, 1998.

ROQUE, N., BAUTISTA, H. P. **Asteraceae: caracterização e morfologia floral**. Editora da Universidade Federal da Bahia, Salvador. p. 69, 2008.

ROQUE, N., TELES, A.M.; NAKAJIMA, J.N. **A família Asteraceae no Brasil: classificação e diversidade**. Salvador: EDUFBA, 260 p. 2017.

SANTOS, L. A. C., DE MELO SILVA-NETO, C., & TREVISAN, A. C. D.Traços Funcionais de Plantas Nativas do Bioma Cerrado: Uma Revisão Sistemática. **Fronteira: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, v. 13, n. 2, p. 50-69, 2024.

SCALON, M. C., & FRANCO, A. C. Influência dos fatores ambientais na área foliar específica de espécies lenhosas do cerrado. **In Anais do VIII Congresso de Ecologia DO BRASIL**, CAXAMBU, MG, 2007.

SCOLFORO, J. R. S., OLIVEIRA, A. D., DAVIDE, A. C., MELLO, J. M., & ACERBI JUNIOR, F. W. (2002). **Manejo sustentado das candeias *Eremanthus erythropappus* (DC.) Mc Leisch e *Eremanthus incanus* (Less.) Less.** Lavras, UFLA/FAEPE, 214. 2002.

SCOLFORO, J. R. S., PÉREZ, J. F. M., DE MELLO, J. M., DE OLIVEIRA, A. D., CAMOLESI, J. F., BORGES, L. F. R., & JÚNIOR, F. W. A. (2004). Volume estimation, dry weight, oil content and quantity of fenceposts of candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC) MacLeish). **Cerne**, v.10, n.1(1), p.087-102. 2004.

SILVA, E. R. da. **Modificações estruturais e funcionais da folha de *Eremanthus Incanus* (less.) Less. (Asteraceae) em diferentes ambientes no parque ecológico quedas do Rio Bonito**. 2018. Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, p.64, 2018.

SILVA, E. R., RIBEIRO, A. O., & LIRA, M. F. P. Characterization of leaf morphology of three species of *Eremanthus* (Vernonieae, Asteraceae): Untangling similar species. **Phytotaxa**, v.595, n.1, p.089-098,2023.

SILVA, L. F. M. **Variabilidade genética para caracteres de sementes e mudas em matrizes de candeia (*Eremanthus incanus* (Less.) Less)**. 2020. 75 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2020.

SILVEIRA, F.A.O 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.

SIMPSON, B.B. Economic importance of Compositae. In: FUNK, V.A. et al. Systematics, Evolution, and Biogeography of Compositae. Viena: IAPT, 2009.  
SOARES, P. N. **Taxonomia de *Acilepdopsis*, *Chrysolaena*, *Echynocoryne*, *Stenocephalum* e *Vernonanthura* (Vernonieae, Asteraceae) de Minas Gerais, Brasil**. Dissertação de Mestrado da Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, 2012.

VILELA, H. T. F., GONÇALVES, A. F. A., DE JESUS FRANÇA, L. C.; JÚNIOR, F. W. A. Conflitos de uso do solo em Áreas de Preservação Permanente em uma região do Alto Rio Grande, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 9, n. 1, 2021.

VILLAR, R.; MARAÑÓN, T., QUERO, J.L.; PANADERO, P., ARENAS, F. & LAMBERS, H. Variation in relative growth rate of 20 *Aegilops* (Poaceae) in the field: The importance of net assimilation rate or specific leaf depends on the time scale. **Plant and Soil**. v.272, p. 11-27,2005.