



ÉMERSON RODRIGUES PIMENTEL

**COMPORTAMENTO DE ESPÉCIES VEGETAIS EM SUBSTRATO DE
LEUCOFILITO PARA RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA PELA
MINERAÇÃO DE ARGILA**

BAMBUÍ-MG

2017

ÉMERSON RODRIGUES PIMENTEL

**COMPORTAMENTO DE ESPÉCIES VEGETAIS EM SUBSTRATO DE
LEUCOFILITO PARA RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA PELA
MINERAÇÃO DE ARGILA**

Versão final de Dissertação de Mestrado apresentada à banca examinadora do Mestrado Profissional em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental, Área de Concentração: Tecnologia Ambiental.

Orientador: Dr. Bruno Senna Corrêa

Co-orientador: Dr. Ricardo Monteiro Corrêa

BAMBUÍ-MG

2017



FICHA DE APROVAÇÃO

Dissertação de Mestrado, intitulada “*Comportamento de Plantas em Casa de Vegetação para Recuperação de Área Degradada pela Mineração de Filito, no município de Bambuí-MG*”, de autoria do mestrando em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental Émerson Rodrigues Pimentel, aprovada pela Banca Examinadora de Defesa, em 11/08/2017, com a média de pontuação de 60,0.

Título do Trabalho – houve alteração (X) Sim () Não

Se sim, qual o novo título Comportamento de espécies vegetais em
substrato de leucofilito para a recuperação de áreas degradadas pela mineração
de argila.
APROVADO COM RESSALVAS

Bambuí (MG), 11 de agosto de 2017.

Bruno Senna Corrêa
Prof^o. Dr. Bruno Senna Corrêa (CEFET/MG) – Orientador

Fernanda Carla Wasner Vasconcelos
Prof^a. Dra. Fernanda Carla Wasner Vasconcelos (UNA-BH)

Paulino da Cunha Leite
Prof^o. Dr. Paulino da Cunha Leite (IFMG-Bambuí)

Ricardo Monteiro Corrêa
Prof^o. Dr. Ricardo Monteiro Corrêa (IFMG-Bambuí)

Ricardo Sousa Cavalcanti
Prof^o. Dr. Ricardo Sousa Cavalcanti (IFMG-Bambuí)

Gustavo Augusto Lacorte
Prof. Dr. Gustavo Augusto Lacorte
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental do IFMG

P644c Pimentel, Êmerson Rodrigues.
Comportamento de espécies vegetais em substrato de leucofilito para recuperação de área degradada pela mineração de argila. / Êmerson Rodrigues Pimentel. – 2017.
68 f.; il.; color.

Orientador: Prof. Dr. Bruno Senna Corrêa.
Dissertação (Mestrado) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, MG, Curso Mestrado Profissional em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental, 2017.

1. Degradação ambiental. 2. Resposta fisiológica. 3. Resistência ambiental. 4. Fitoestabilidade. I. Corrêa, Bruno Senna. II. Título.

CDD 627.5

ÉMERSON RODRIGUES PIMENTEL

**COMPORTAMENTO DE ESPÉCIES VEGETAIS EM SUBSTRATO DE
LEUCOFILITO PARA RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA PELA
MINERAÇÃO DE ARGILA**

Versão final de Dissertação de Mestrado apresentada à banca examinadora do Mestrado Profissional em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental, Área de Concentração: Tecnologia Ambiental.

Émerson Rodrigues Pimentel

Aprovada em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Bruno Senna Corrêa (CEFET-MG)

Co-orientador: Prof. Dr. Ricardo Monteiro Corrêa (IFMG)

Examinadora: Prof.^a Dra. Fernanda Carla Wasner Vasconcelos (UNA)

Examinador: Prof. Dr. Ricardo Sousa Cavalcanti (IFMG)

Examinador: Prof. Dr. Paulino da Cunha Leite (IFMG)

BAMBUÍ-MG

2017

À memória do meu velho pai.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus.

Ao IFMG, pela oportunidade.

Aos professores do programa de Mestrado em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental, em especial aos meus orientadores, Prof. Dr. Bruno Senna Corrêa e Prof. Dr. Ricardo Monteiro Corrêa.

Às vinte águias (primeira turma do mestrado do IFMG) em especial aos amigos Lorrany Penoni e Frederico Pahlm (pelas parcerias e pela certeza de que deveríamos realmente ter nos reencontrado nesta empreitada).

Aos colegas de IFMG- *Campus* Bambuí, Dr. Cássio Roberto Silva Noronha, Dr. Paulino da Cunha Leite, Konrad Passos e Silva, Ronaldo dos Reis Barbosa, Dr. Ricardo Alexandre, Dra. Maria Carolina Botrel e Dra. Sheila Isabel do Carmo Pinto, pelas contribuições no universo das ideias.

À equipe da Nordeste Reflorestamento, na pessoa da Sra. Neusa Falco e Rodrigo, à equipe do IEF (Instituto Estadual de Florestas), na pessoa da Engenheira Florestal Yustane Leirissa Veiga Lopes.

À equipe da empresa Filitus Ltda-ME, na pessoa do sócio proprietário Sr. Ademir Machado e do gestor ambiental André Xavier.

À direção da ESMA (Escola Superior em Meio Ambiente de Iguatama/ MG), em especial à equipe da viveiricultura e do herbário.

Aos alunos assistentes do IFMG- Jorge, Sheine, Cambraia, Ronaldo e Marcos.

Aos amigos Carlos Henrique Ramos de Melo Filho e Renison Teles Vargas.

Ao amigo Sérgio Domingos Simão.

Aos meus pais Sra. Maria Aparecida Pimentel Rodrigues e ao Sr. Maurício Rodrigues da Cunha (*in memoriam*), este último em especial, que soube plantar a semente da indignação e do desejo de mudança tão necessários no mundo contemporâneo.

Ao Nilson.

Aos inspiradores Jackeline, Luiz e João. Souberam me apoiar e entenderam as ausências.

Combati o bom combate...
(2 Tim 4, 7)

RESUMO

A mineração é uma importante atividade geradora de impactos ambientais. A retirada da cobertura vegetal, a alteração da geomorfologia e da pedologia local, a poluição hídrica e atmosférica, além de interações com a fauna são eventos frequentemente lembrados. As minas, quando esgotadas, a exemplo do que acontece nas áreas degradadas pela exploração de argilas e de minério de leuconilito (filito branco) no município de Bambuí-MG, apresentam cavas ou bancadas irregulares, expondo o corpo rochoso do solo, marcado por grande dureza, baixa permeabilidade e altas concentrações de fitotóxicos o que impossibilita o ressurgimento espontâneo de uma vegetação de cobertura. Este trabalho buscou o desenvolvimento de uma técnica de revegetação para a área minerada em questão a partir de experimento em casa de vegetação, objetivando avaliar o crescimento das espécies de plantas em suas relações com diferentes substratos para a identificação da relação mais viável a ser usada na recomposição vegetal em áreas degradadas pela mineração de leuconilito. Para o experimento, foram escolhidas quatro espécies (*Acacia mangium*- Acácia australiana, *Syzygium cumini*- Jambolão, *Tapirira guianensis*- Pau-pombo e capim Vetiver- *Chrysopogon zizanioides*). Foram preparados vasos (25dm³ de capacidade) com diferentes proporções de solo (*topsoil* da área minerada), minério de leuconilito, hidrogel e fertilizante, a saber: (o S₁- leuconilito 100%, S₂- filito mais *topsoil* da área minerada na proporção de 50%, o S₃- leuconilito com o *topsoil* na proporção de 50% mais 100g de NPK formulação 4-14-8 sendo adicionados, aos 90 dias, 2g de sulfato de amônio e o S₄- 100% *topsoil* da área). O experimento foi conduzido na casa de vegetação do Laboratório de Biotecnologia do IFMG- Campus Bambuí (LABIOTEC), organizado em DBC (Delineamento em Blocos Casualizados) com dezesseis tratamentos, quatro blocos e parcelas duplicadas, objetivando a minimização da perda de parcelas completas, totalizando 128 vasos. O crescimento das espécies foi acompanhado, registrado e quantificado no sentido de se encontrar a melhor relação espécie/substrato para a revegetação e recuperação da área minerada. As análises dos resultados evidenciaram as dificuldades de recuperação da área, tendo em vista as características físico-químicas do substrato da área minerada. Resultados positivos foram verificados na resposta do capim Vetiver na relação da espécie com o substrato adubado, que apresentou o maior crescimento do sistema radicular, da matéria foliar e ainda os melhores resultados de N e K na matéria foliar. Para o Jambolão, foi verificado o maior crescimento do diâmetro do caule e o maior crescimento radicular dentre as arbóreas testadas. A Acácia se destacou por apresentar características de nodulação, notadamente na sua interação com o substrato adubado, com maior concentração de N na raiz. O Pau-pombo apresentou as piores respostas aos tratamentos. Do ponto de vista técnico, as respostas das interações plantas/substratos apresentadas neste trabalho, podem ser úteis para orientar a recomposição vegetal de áreas mineradas similares às de exploração de argilas e leuconilito.

Palavras-chave: Degradação ambiental, Resposta fisiológica, Resistência ambiental, Fitoestabilidade, Espécie tolerante.

ABSTRACT

The mining is an important activity that promotes environmental impacts. The suppression of vegetation cover, changes in geomorphology and local pedology, water and atmospheric pollution and interactions with fauna are frequently recorded. Mines finalized, as in the areas degraded by the exploitation of clays and leucophyllite ore (white phyllite) in the municipality of Bambuí-MG, present irregular pitches or benches, exhibiting sterile horizons of the soil, which are marked by its great hardness, low permeability, high concentrations of phytotoxics, what makes impossible the spontaneous resurgence of vegetal cover. This paper sought for the development of a technic of revegetation for the present degraded area in a greenhouse experiment, aiming to value the growth of species in its interactions with various substrates for identification of the most viable relationship to be used in vegetal recomposition of areas degraded by the mining of leucophyllite. Four species were selected for the experiment (Acacia- *Acacia mangium*, Jambolão- *Syzygium cumini*, Pau-pombo- *Tapirira guianensis* and Vetiver grass- *Chrysopogon zizanioides*). Containers (25dm³) were prepared with different proportions of soil (topsoil of the mined area), phyllite ore, hidrogel and fertilizers, namely (S1: phyllite 100%, S2: phyllite and topsoil from the mined area in the proportion of 50%, S3: phyllite with topsoil from the mined area in the proportion of 50% and 100g of NPK 4-14-8 and added 2g of ammonium sulfate in the ninetieth day, S4 : 100% topsoil from the area). The experiment was conducted in the greenhouse of IFMG's Biotechnology Laboratory (LABIOTEC), organized in Completely Randomized Designs with sixteen treatments, four blocks and duplicated plots aiming the minimization of losses of complete plots, totalizing 128 containers. The growth of the species was accompanied, recorded, and quantified aiming to find the best relation between specie and substrate for revegetation and recovery of the mined area. The analysis of the results pointed out the difficulties for the recuperation of the area, taking into account the physical and chemical characteristics of the substract in the mined area. Positives results were recorded in the response of Vetiver grass in the relation of this specie with the fertilized substract, witch presented the best growth in the root system, leaf material and the best results of N and K in the leaf material. For the Jambolão, were verified the biggest growth of the stalk diameter and the biggest growth of root amongst the arboreal species tested. The Acácia stood out for present characteristics of nodulation, notably in its interaction with the fertilized substract, with bigger concentration of N in the root. Pau-pombo presented the worst response for the treatments. From the technical point of view, the response of the interactions between plants and substract presented in this work can be useful to guide the vegetal recomposition of mining areas similar to those areas of clay and phyllite exploitation.

Keywords: environmental degradation, physiological response, environmental resistance, phytostability, species tolerant.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Perfil esquemático de solo com ocorrência de leucofilito em Bambuí- MG.....	23
Figura 2- Localização da área de mineração de leucofilito em Bambuí-MG.....	24
Figura 3- Mapa geológico da região	25
Figura 4- Imagem da jazida de leucofilito.....	26
Figura 5- Foto com perfil parcialmente exposto do solo da área	27
Figura 6- Esquema da montagem do experimento em casa de vegetação.....	33
Figura 7- Teste físico-químico dos substratos.....	34
Figura 8- Valores médios de altura da parte aérea (cm) para as diferentes espécies dentro de cada substrato pelo teste Scott-Knott	41
Figura 9- Valores médios de altura da parte aérea para as diferentes épocas de amostragem dentro de cada espécie	41
Figura 10- Valores médios de altura da parte aérea para as diferentes épocas de amostragem dentro de cada substrato	42
Figura 11- Valores médios de diâmetro do caule para os diferentes substratos dentro de cada época de amostragem.....	43
Figura 12- Valores médios de número de perfilhos do desdobramento de substratos dentro de época de amostragem.....	44
Figura 13- Valores médios do número de par de folhas para cada espécie de planta dentro dos diferentes substratos	44
Figura 14- Valores médios do número de par de folhas para as diferentes espécies dentro de época de amostragem.....	45
Figura 15- Valores médios do número de par de folhas para os diferentes substratos dentro de época de amostragem.....	46
Figura 16- Valores médios de comprimento das raízes (cm) para as diferentes espécies de plantas.....	47
Figura 17- Valores médios de comprimento das raízes (cm) nos diferentes substratos.....	47
Figura 18- Valores médios de matéria seca da parte aérea para os diferentes substratos dentro de cada espécie de planta.....	48
Figura 19- Valores médios de matéria seca das raízes para os diferentes substratos dentro de cada espécie de planta.....	49
Figura 20- Valores médios de nitrogênio na folha (%) para as diferentes espécies de plantas	50
Figura 21- Valores médios de fósforo na folha (%) para as diferentes espécies de plantas.....	50
Figura 22- Valores médios de fósforo na folha (%) nos diferentes substratos.....	51
Figura 23- Valores médios de potássio na folha (%) para as diferentes espécies de plantas ...	51
Figura 24- Valores médios de potássio na folha (%) nos diferentes substratos	52
Figura 25- Valores médios de nitrogênio na raiz (%) para as diferentes espécies de plantas ..	53

LISTA DE TABELAS

TABELA 1- Substratos utilizados no plantio das mudas no experimento	33
TABELA 2-Testes físico-químicos dos substratos	39

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

% - Por cento

°C - graus Celsius

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

Al - Alumínio

Al³⁺ - Alumínio trivalente

Al₂O₃ - Óxido de alumínio

Ca - Cálcio

cm - centímetro (s)

Cwa - clima mesotérmico úmido com inverno seco e verão quente

COMIG - Companhia Mineradora de Minas Gerais

DBC - Delineamento em Blocos Casualizados

EIA- Estudo de Impacto Ambiental

dm³ - Decímetro cúbico

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

CTC - Capacidade de Troca catiônica

DNPM- Departamento Nacional de Produção Mineral

g - Grama(s)

g.dm³- gramas por decímetro cúbico

H - Hidrogênio

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IBRAM - Instituto Brasileiro de Mineração

IEF - Instituto Estadual de Florestas

IFMG - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais

H₀ - Hipótese nula

H₁ - Hipótese alternativa

H₂O - água

Ha - Hectare

K - Potássio

Km - Quilômetros

LABIOTEC - Laboratório de Biotecnologia do IFMG- *Campus Bambuí*

L - Litro (s)

LMG - Rodovia Estadual de Ligação

Ltda. - Limitada

m - Metro (s)

ME - Microempresa

Mg - Magnésio

MG - Minas Gerais

mL - Mililitro(s)

mm - Milímetro(s)

N - Nitrogênio

NP2sb - Paraconglomerado Samburá/diamictito Carrancas.

NP2bp - Grupo Bambuí- Subgrupo Paraopeba indiviso.

P - Fósforo

PCA - Plano de Controle Ambiental

pH - Potencial Hidrogeniônico

PRAD - Plano de Recuperação de Áreas Degradadas

R\$ - Real (ais)

RIMA - Relatório de Impacto Ambiental

S - Sul

S/A - Sociedade Anônima

SGB - Serviço Geológico do Brasil

Si - Silício

SiO₂ - Óxido de silício.

S_x - Substrato número

SIGMINE - Sistema de Informações Geográficas da Mineração

T - tonelada (s)

t/ ano - Toneladas por ano

UFLA - Universidade Federal de Lavras

US\$ - Dólar americano

W - Oeste

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 Objetivo geral.....	18
1.2 Objetivos específicos	18
2 REVISÃO GERAL DE LITERATURA	19
2.1 Mineração no Brasil e degradação ambiental.....	19
2.2 O minério de filito (leucofilito)	21
2.3 Caracterização da área de exploração do minério de leucofilito	24
2.4 Caracterização dos impactos ambientais na área.....	27
2.5 Revegetação de áreas degradadas	28
2.5.1 <i>Acacia mangium</i> (Acácia australiana)	29
2.5.2 <i>Syzygium cumini</i> (Jambolão)	30
2.5.3 <i>Tapirira guianensis</i> (pau- pombo)	30
2.5.4 <i>Chrysopogon zizanioides</i> (capim Vetiver)	31
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	32
3.1 Visitação à mineradora	32
3.2 Levantamento botânico e visitação aos viveiros de mudas	32
3.3 Experimento em casa de vegetação	33
3.4 Ensaio físico-químico dos substratos utilizados.....	34
3.5 Delineamento experimental	34
3.6 Variáveis analisadas.....	35
3.7 Métodos	35
3.8 Hipóteses.....	38
4 RESULTADOS.....	39
4.1 Análise dos resultados do ensaio físico-químico dos substratos utilizados.....	39
4.2 Análise de variância.....	39
4.3 Altura da parte aérea	40
4.3.1 <i>Comparação espécies e substratos</i>	40
4.3.2 <i>Comparação espécies e épocas de amostragem</i>	41
4.3.3 <i>Comparação substratos e épocas de amostragem</i>	42
4.4 Diâmetro do caule	42
4.4.1 <i>Comparação diâmetro do caule das espécies nos substratos</i>	43
4.4.2 <i>Comparação diâmetro do caule das espécies e época de amostragem</i>	43
4.4.3 <i>Comparação diâmetro do caule, substratos e época de amostragem</i>	43

4.5 Número de perfilhos do capim Vetiver	43
4.5.1 Comparação do número de perfilhos do capim Vetiver, substratos e época de amostragem	43
4.6 Número de par de folhas	44
4.6.1 Comparação número de par de folhas das espécies nos substratos	44
4.6.2 Comparação número de par de folhas das espécies e época de amostragem.....	45
4.6.3 Comparação número de par de folhas, substratos e época de amostragem	46
4.7 Comprimento das raízes	46
4.7.1 Comparação comprimento das raízes das espécies nos substratos	46
4.7.2 Comparação comprimento das raízes	46
4.7.3 Comparação comprimento das raízes, espécies e substratos (Efeito dos substratos)	47
4.8 Matéria seca parte aérea	48
4.8.1 Relação matéria seca (parte aérea), espécies, substratos (Efeito espécies x substratos)	48
4.9 Matéria seca das raízes	48
4.9.1 Relação matéria seca das raízes, espécies e substratos (Efeito de espécies x substratos)	48
4.10 Teor de NPK parte aérea.....	49
4.10.1 Teor de nitrogênio na folha (%).....	49
4.10.2 Teor de fósforo na folha (%)	50
4.10.3 Teor de potássio na folha (%)	51
4.11 Teor de nitrogênio na raiz (%).....	52
5 DISCUSSÃO	54
5.1 Altura da parte aérea	54
5.2 Diâmetro do caule	54
5.3 Relação número de perfilhos do capim Vetiver	55
5.4 Número de par de folhas	55
5.5 Comprimento das raízes	56
5.6 Matéria seca da parte aérea.....	56
5.7 Matéria seca das raízes	56
5.8 Teor de NPK na parte aérea	57
5.9 Teor de N na raiz.....	58
6 CONCLUSÕES.....	59
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
ANEXOS:	68
ANEXO A- Análise do filito no Laboratório de Solos do IFMG.	68
ANEXO B- Análise do filito no Laboratório do SENAI.	69

1 INTRODUÇÃO

A mineração é uma atividade significativa no contexto histórico-econômico do Brasil onde se destaca o estado de Minas Gerais. Resolver os impactos ambientais decorrentes da atividade minerária se tornou, para as empresas, uma questão premente, seja por adequação da atividade à crescente legislação ou por necessidade da empresa em assumir as externalidades objetivando a sustentabilidade da atividade (DIAS; MANCIN; PIOLI, 2013).

O desenvolvimento de tecnologias para revegetação e recuperação de áreas degradadas pela mineração é um desafio, como o que acontece com a exploração de argilas e do minério de leuconilito, também referido como filito cerâmico ou filito branco, no município de Bambuí, no Centro-Oeste de Minas Gerais (CADERNOS DE TERMINOLOGIA, 2011).

Geopolímero de uso industrial alternativo, o filito branco é uma rocha metassedimentar abundante na crosta terrestre, constituída predominantemente por quartzo, caulinita e sericita (Al e Si). De granulação fina, geologicamente associada ao metamorfismo de baixo grau do período Proterozoico, é um dos recursos utilizados na geopolimerização (MELO; THAUMATURGO, 2012).

[...] A utilização do filito como precursor geopolimérico, é incentivada por sua abundância, baixo custo, e o fato de já ser aplicado nas indústrias cerâmicas como substituto parcial do caulim. É empregado em massas cerâmicas de *grés* sanitário, indústrias de argamassa, plastificante, ração animal, pigmentos, aglutinantes, concretos especiais, e materiais à prova de água devido à baixa permeabilidade.¹

Na mineração do leuconilito, a profundidade da cava varia de acordo com as propriedades químicas e físicas do minério. Enquanto estas propriedades se mantiverem dentro das especificações de pureza, continua-se o processo de lavra. Minérios menos puros apresentam alteração na coloração para o vermelho ou amarelo e não interessam tanto para a indústria. Quando se chega a essa fase, interrompe-se a escavação iniciando o processo em outra área. A operação de cava atinge de 12 a 15m de profundidade, podendo chegar a 20m. Um fato importante para o encerramento da frente de lavra é a chegada ao lençol freático. O dano ambiental em termos de geração de resíduos, estéreis e rejeitos é pequeno. Porém, à medida que se aprofunda no terreno, há que se considerar limitações de ordem técnica, também observada em termos de segurança do trabalho e de legislação (BRASIL, 2001).

Findada a exploração da mina, além do surgimento de uma cava irregular, há a exposição de um solo de textura argilosa, adensado, marcado por baixa permeabilidade com altas concentrações de Si e, principalmente de, Al (ANEXOS A e B).

¹ (SANTOS, 1992; MOTTA et al., 1998; MORETO, 2006; GARZÓN et al., 2010 *apud* MELO; THAUMATURGO, 2012).

Com o desnível entre a área original e a cava, o escoamento superficial das águas pluviais gera carreamento do material inconsolidado provocando assoreamento da cava abandonada e ainda o voçorocamento/ravinamento das encostas (ALMEIDA, 2016).

Desse modo esse solo não permite o ressurgimento espontâneo de uma vegetação de cobertura primária, secundária (arbustiva) e climácica. Surge, então, a necessidade do desenvolvimento de técnicas para recuperar a vegetação visando à obtenção de uma estabilidade do meio ambiente (BRASIL, 1989).

A vegetação característica da área, o Cerrado, é adaptado a solos pouco férteis, mas não às adversidades presentes nos solos de áreas mineradas. Diante disso há a necessidade de alteração das características adversas dos substratos, pois as concentrações de nutrientes neles existentes encontram-se aquém dos teores mínimos necessários para o desenvolvimento das espécies.

Neste trabalho, optou-se pela adubação usando fertilizante NPK na formulação (4,14,8) e pelo uso de hidrogel.

A adubação resulta em aumento do vigor da planta e ocasiona aumento em sua velocidade de crescimento (CORRÊA, 2007).

Já o uso de hidrogel se justifica por este ser um polímero sintético hidrorretentor. Quando seco, é um grânulo de cor branca e quando hidratado assume a forma de um gel transparente, com grande capacidade de armazenar água. Dentre as vantagens dessa utilização, enumera-se: a redução da frequência da irrigação, redução das perdas de água e nutrientes por lixiviação, redução da evaporação de água no solo, favorece o crescimento das plantas, visto que água e nutrientes estão à disposição no sistema radicular diminuindo a possibilidade de se atingir o ponto de murcha permanente (AOUADA et al., 2008; BOGARIM, 2014; ALVES; CLEMENTE; RODRIGUES, 2015).

Para a recuperação da área, uma vez que as espécies nativas podem apresentar alguns problemas de desenvolvimento, pode-se optar pelo plantio de exóticas consorciado ou não com espécies nativas. Espécies exóticas, num estágio inicial, podem ser utilizadas com sucesso, uma vez que, apresentado crescimento mais rápido com a cobertura de parte da área pelas copas e a deposição de serapilheira, aumentam os teores de matéria orgânica no solo, a absorção de N atmosférico, possibilitando posteriormente maior eficiência na introdução de espécies nativas. (COSTA et al., 2004).

1.1 Objetivo geral

Avaliar em casa de vegetação o crescimento das espécies de plantas e suas relações com diferentes substratos para a identificação da relação mais viável a ser usada na recomposição vegetal em áreas degradadas pela mineração de leuconilito no município de Bambuí-MG.

1.2 Objetivos específicos

- Caracterizar as espécies adequadas à recomposição vegetal em áreas de exploração mineral de filito;
- Quantificar o crescimento das espécies escolhidas para a recomposição vegetal;
- Identificar a tolerância das espécies às propriedades do minério de leuconilito;
- Identificar a composição adequada de substratos para ser utilizada nas mudas quando estas forem cultivadas em campo.

2 REVISÃO GERAL DE LITERATURA

2.1 Mineração no Brasil e degradação ambiental

A atividade minerária é considerada uma importante atividade econômica para o Brasil, país de dimensões continentais com uma grande diversidade de formações geológicas e de minérios. Os recursos minerais estão na base da produção de agregados para a construção civil, nas matérias primas para uso industrial (cimento, alumínio e aço), na produção de energia e de *commodities* (minério de ferro, bauxita, manganês e fertilizantes) (BARRETO, 2001).

Para se ter uma ideia do crescimento do setor mineral, o saldo gerado na balança comercial que em 2001, foi de US\$ 7,7 bilhões, chegando em 2012 a US\$ 29,5 bilhões. Neste ano, a produção mineral brasileira alcançou o recorde de US\$ 51 bilhões, um crescimento de 550% em pouco mais de uma década (DIAS; MANCIN; PIOLI, 2013).

Em 2015 o comércio exterior do setor mineral brasileiro alcançou *superavit* de US\$ 15,3 bilhões. (MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA, 2017).

No entanto, dentro da atividade são gerados impactos muitas vezes irreversíveis. Sendo frequentemente lembrados: a retirada da cobertura vegetal original, alteração da geomorfologia local com abertura das frentes de lavra, poluição hídrica, poluição atmosférica, do solo e sonora (VIANA; BURSZTYN, 2010).

Os impactos da mineração geralmente ocorrem pontualmente, especialmente quando comparados a outras atividades antrópicas, tais como a agricultura e a pecuária. No entanto, seus efeitos ambientais são mais marcantes e profundos na paisagem (FONSECA, 1995, BACCI; LANDIM; ESTON, 2006).

Até os anos 1980, a principal preocupação do Código de Minas era com o aproveitamento dos recursos minerais e seu fomento. Com a introdução da variável ambiental, essa concepção está sendo gradativamente modificada (FOSCHINI; RIBEIRO; SALVADOR, 2009).

O PRAD (Programa de Recuperação de Áreas Degradadas), por exemplo, que teve sua origem no artigo 225 da Constituição Federal de 1988 (ALMEIDA, 2016), tem sua elaboração disciplinada pela Norma ABNT 13030, deve ser apresentado de forma conceitual no início do empreendimento, por ocasião do Licenciamento Prévio no EIA/ RIMA (Estudo de Impacto

Ambiental/Relatório de Impacto Ambiental)² e de forma detalhada, na etapa de Licença e Instalação, como parte do PCA (Plano de Controle Ambiental) (MINAS GERAIS, 2012).

Conforme o Guia Técnico para Atuação do Ministério Público no Licenciamento Ambiental de Atividades de Mineração, o PRAD, estabelece medidas como reconformação física, drenagem e revegetação a serem empregadas para recuperação das áreas que foram afetadas pelas atividades de implantação e de operação do empreendimento de mineração. (MINAS GERAIS, 2012).

No início, o PRAD era aplicado apenas na atividade mineradora, em seguida na década de 1990, foi estendido como forma de condicionante e ajustes de conduta ambiental para outras atividades degradadoras (ALMEIDA, 2106).

De acordo com Dias; Mancin; Pioli (2013), o atual contexto de avanço da Legislação Ambiental ou mesmo das políticas corporativas, tem demandado das empresas de mineração ações para aplicação de diferentes tecnologias mitigadoras dos impactos ambientais em diversas fases de sua atividade.

Tonidandel, 2011 registra que:

Minas Gerais foi o primeiro estado do país a antecipar a legislação ambiental federal nos procedimentos que disciplinam a etapa de fechamento de mina, por meio da publicação da Deliberação Normativa COPAM nº 127, de 27 de novembro de 2008. Essa ação pioneira, no caso específico de Minas Gerais, se deve ao grande número de empreendimentos minerários instalado no estado, que geram no caso de Minas um potencial de riscos ambientais maior do que os registrados em outros estados, necessitando, assim, de procedimentos e ações associadas ao controle ambiental na etapa de desativação desses empreendimentos.

Em escala nacional, as atividades minerárias são disciplinadas pelas Normas Reguladoras da Mineração (NRM). Por exemplo, a geração de estéreis e rejeitos, o tratamento de efluentes (NRM-19), e a necessidade de recomposição vegetal para recuperação das áreas degradadas (NRM-21), (BRASIL, 2001).

Os danos provocados pela atividade minerária, constituem, portanto, um passivo ambiental com impactos na economia, na sociedade e na imagem das empresas (DIAS; MANCIN; PIOLI, 2013).

Mesmo com a evolução da legislação, ainda existe um grande número de mineradores que sequer sabem como fechá-las. Existem empreendedores abandonando a área minerada ou implantando medidas ineficazes e insatisfatórias para o adequado fechamento de mina, por não terem recursos financeiros suficientes, uma vez que na fase de fechamento não há mais

² Se necessário, algumas atividades minerárias podem não ser consideradas, segundo o artigo 225 da CF, potencialmente causadoras de significativa degradação do meio ambiente.

geração de receita e não se fez, durante a operação do empreendimento, uma provisão de recursos. Existem muitas atividades que se encerram, as minas são abandonadas e seu titular é desconhecido (minas órfãs)³. Neste caso, Taveira (2003), Foschini; Ribeiro, e Salvador (2009), registram que a sociedade e o governo acabam arcando com as extremidades.

Em pequenos e médios empreendimentos mineradores, as práticas de recuperação de áreas degradadas pela mineração não são eficientes no Brasil notadamente aqueles que produzem recursos minerais com mais baixo valor agregado. Neste caso, percebe-se a falta de planejamento de lavra e com o esgotamento da exploração, os danos costumam ser mais severos e de recuperação mais complicada (BORGES, 2009).

Neste sentido, RODRIGUES, 2013, avaliando a recuperação ambiental de áreas degradadas, argumenta:

[...] é necessário enfatizar que o plantio inicial de um projeto de recuperação de área degradada deve ser bem orientado, com utilização de todos os recursos e conhecimentos possíveis para cada situação (tipo de degradação, existência de sementes e maciços florestais nas proximidades, alta diversidade e a sucessão natural [...]). O plantio inicial é apenas um início do processo que recebe contribuições do acaso, cujos ajustes mais finos devem ocorrer por conta da própria natureza.

2.2 O minério de filito (leucofilito)

O filito ou filádio é uma rocha metassedimentar de baixo grau (DICIONÁRIO LIVRE DE GEOCIÊNCIAS, 2016), proveniente de material argiloso por dinamometamorfismo e recristalização, de granulometria intermediária entre a ardósia e o micaxisto (BIONDI; MARCZYNSKI, 2004).

Filossilicato de pequeno tamanho de grão (VALERA et al., 2002) tem como fórmula química $(\text{Si}_4\text{O}_{10})\text{Al}_2(\text{OH})_2$ e uma composição aproximada de 28,3% de Al_2O_3 , 66,7% de SiO_2 (ANEXO B) e 5,0% H_2O . Constitui o chamado silicato de alumínio hidratado, com densidade relativa entre 2,8 e 2,9, brilho perláceo e cor branca, verde, cinza ou parda (MUSEU DE MINERALOGIA DA UNESP, 2016).

O material creme, comercializado para cerâmica branca, é o de melhor valor agregado (MORETO, 2006).

É comercializado por nomenclaturas diversas tais como caulim branco, pirofilito, filito branco, silicato de alumínio, argila (MINERAÇÃO ITAPEVA, 2016).

Por apresentar alguma dificuldade para sua classificação, (PÉREZ; ARDISSON; BONATTO, 2013) argumentam que essa confusão de nomenclaturas pode significar que

³ Reis e Barreto (2001) *apud*. Foschini; Ribeiro, e Salvador (2009).

argilas nobres estejam sendo utilizadas em produtos de menor valor agregado em que suas propriedades estejam sendo subestimadas.

Fundente da indústria cerâmica é um minério de alta qualidade, utilizado em indústrias de diversos tipos de materiais, desde louças sanitárias, de mesa, de revestimento e na produção de outros artefatos de cerâmicos (VÉRTICA PARTICIPAÇÕES, 2016).

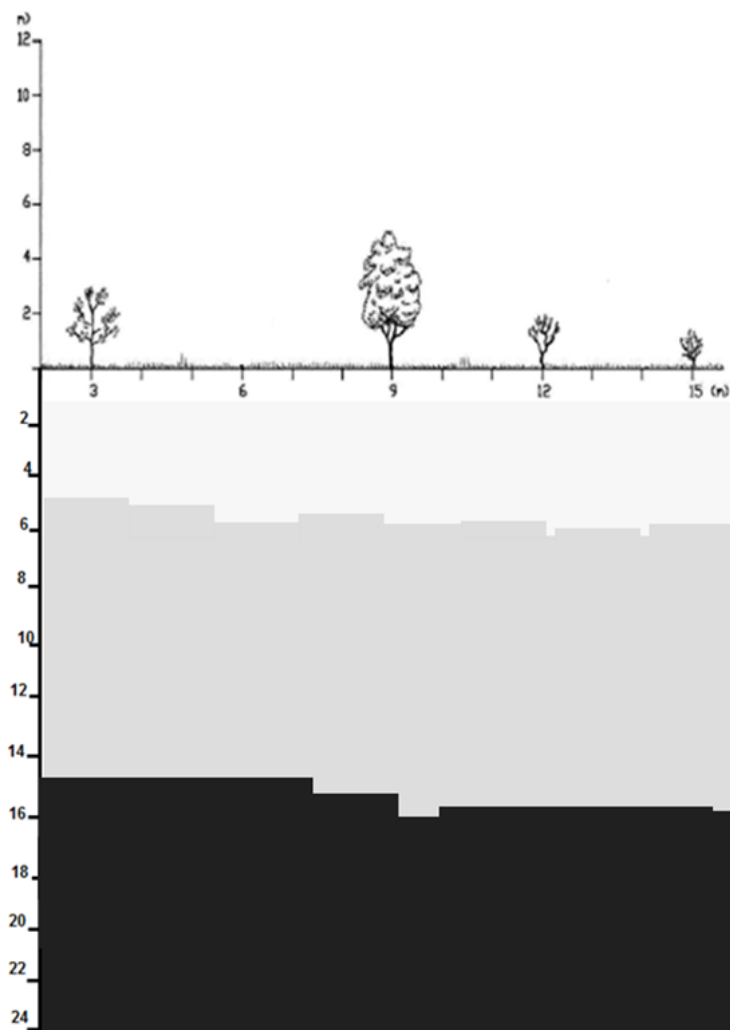
De acordo com o Serviço Geológico do Brasil (REVISTA MINÉRIOS, 2016), o filito, o talco e outras cargas minerais (agalmatolito, pirofilita e serpentinito) apresentaram uma produção total de 1.098.248t, um valor de R\$ 16.512.129,00. A maior mineradora de filito em operação no Brasil é Vila Olímpia do grupo Votorantim Cimentos com uma exploração de 397 mil t no ano fiscal de 2014. A Mineração Itapeva no sudoeste de São Paulo minera 370 mil t/ano, comercializados *in natura*, usados como carga mineral inerte, em indústrias de ração, adubo, sal mineral, fertilizantes, inseticidas, borracha, plástico e como componente plastificante para argamassa (MINERAÇÃO ITAPEVA, 2016).

Em um estudo sobre argamassas, avaliou-se a influência da adição de filito no desempenho de argamassas utilizadas em serviços de assentamento de blocos cerâmicos e no revestimento de alvenarias. O filito se mostrou um material que pode ser uma alternativa à cal que é o aglomerante mais usado até hoje (COELHO; BATALIONE, 2010).

Pérez, Ardisson e Bonatto (2013) descrevendo a exploração de caulim branco em condição análoga à ocorrência do leucofilito em Bambuí- MG (Figura 1) registram que:

Argilas residuais ou primárias são aquelas que permanecem no local em que se formaram, devido às condições adequadas de intemperismo, topografia e natureza da rocha matriz. [...]. Encontram-se principalmente em áreas planas próximas a cursos de água. Não são típicos depósitos de várzea, pois têm pouquíssima influência da deposição de materiais transportados de áreas topograficamente mais elevadas. Essas argilas alteradas são, também, observáveis nas encostas dos morros, abaixo do solo de coloração avermelhada. [...] O perfil de alteração mais comumente encontrado no topo [...] é constituído por sílica e outros minerais resistentes originados da decomposição das rochas subjacentes. Abaixo [...] está a argila “gorda” ou plástica [...]. Trata-se de uma argila caulínica, de granulometria muito fina. Os solos desses locais são chamados de “*terra branca*” pelos moradores locais.

Figura 1- Perfil esquemático de solo com ocorrência de leucofilito em Bambuí- MG



Fonte: Adaptado de Almeida e Sanches (2005).

Nota: Entre 0 e 5m solum superficial (Horizontes A e B).

Entre 5 e 15m maior concentração de minério de leucofilito.

A partir de 15/20m, rocha matriz.

A mineração do leucofilito, feita em cava, termina com a exposição de solos estéreis marcados em geral por grande dureza, baixa permeabilidade, com altas concentrações de fitotóxicos (como o Al^{3+}) que não permitem o ressurgimento espontâneo de uma vegetação de cobertura (primária), secundária (arbustiva) e climácica. Surge, então, a necessidade do desenvolvimento de técnicas para recuperar a vegetação, visando à obtenção de uma estabilidade do meio ambiente (BRASIL, 1989). A mitigação dos impactos relacionados aos processos de formação de ravinas e voçorocas, bem como de outros que resultam na perda de água e solo e interações com a flora e fauna local, buscam o cumprimento da legislação (BRASIL, 2001).

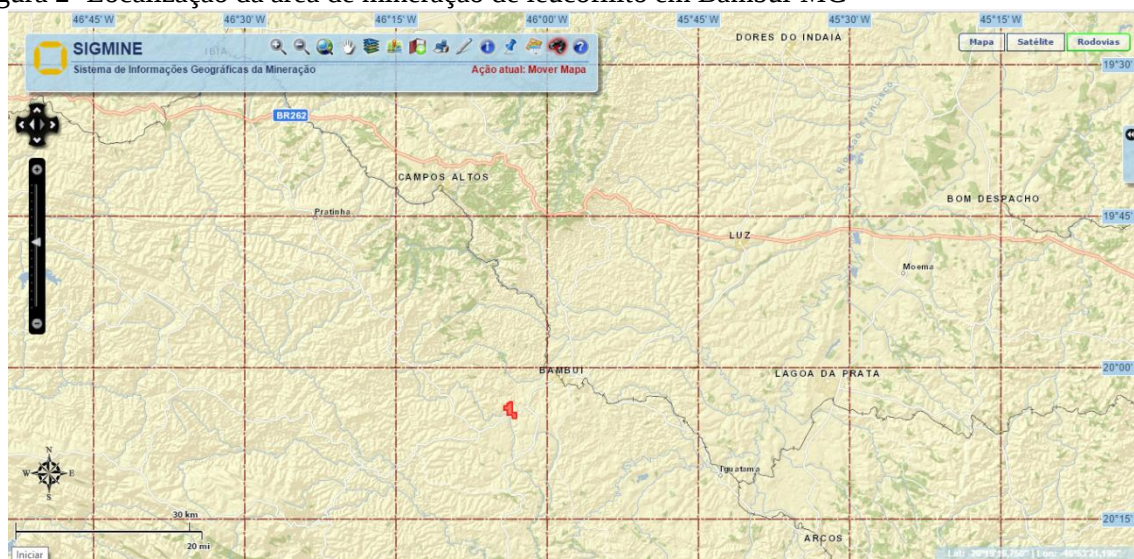
2.3 Caracterização da área de exploração do minério de leucofilito

A empresa pesquisada é um empreendimento minerador localizado no município de Bambuí-MG, cidade da mesorregião Centro Oeste de Minas Gerais, microrregião de Piumhi. Trata-se de um município com 22.909 habitantes, área total de 1.453,99km² distando 270km de Belo Horizonte-MG. Apresenta uma economia baseada na agricultura, com destaque para as culturas tradicionais de café, milho, soja, feijão e na pecuária (IBGE, 2010).

Com a implantação da Usina Bambuí Bioenergia S/A⁴, a paisagem local tem sido modificada. Originalmente marcada pela agricultura tradicional, vai cedendo espaço para o processo de modernização gerado pela cultura da cana-de-açúcar (BARBOSA, 2011).

O registro dos direitos minerários e da exploração mineral foi obtido há 37 anos, sendo o último registro de exploração datado do ano de 2013 (SIGMINE-DNPM, 2016). A mineração, de forma geral, não é uma atividade econômica significativa ou tradicional no município.

Figura 2- Localização da área de mineração de leucofilito em Bambuí-MG



Fonte: SIGMINE- DNPM. Sistema de Informações Geográficas da Mineração. Disponível em: <www.sigmine.dnmp.gov.br/webmap>.

Do ponto de vista climático, Nimer e Brandão (1989) caracterizaram a região de Bambuí-MG na tipologia clima úmido, com pouco déficit de água, a temperatura média anual é de 22°C, sendo que os meses mais quentes atingem médias em torno de 28,5°C e o mês mais frio em torno de 16°C. Seu clima é considerado mesotérmico, embora sujeito a grandes quedas de temperatura no inverno, devido à penetração de massas de ar frio na região. Na classificação climática de Köppen-Geiger, o clima é do tipo Cwa, mesotérmico úmido com

⁴ A razão social da empresa Total Bioenergia foi alterada em 27/02/2013, passando a ser denominada Bambuí Bioenergia S/A (Disponível em: <http://www.bambuibioenergia.com.br/>, acesso em 22/08/2017).

cor), seguidos de Latossolos Vermelhos Distróficos (com horizonte subsuperficial uniforme em cor, textura e estrutura, muito lixiviados, ocupando as superfícies mais velhas e estáveis da paisagem) e Neossolos nas encostas mais erodidas (solos pouco evoluídos, jovens, constituídos por material mineral ou por material orgânico, com menos de 20cm de espessura), (BATISTA, PAIVA e MARCOLINO, 2014).

Há outras tipologias em menor escala, como o Latossolo Vermelho-Escuro Distrófico e o Glei Pouco Húmico Distrófico. Os solos distróficos apresentam saturação de bases trocáveis abaixo de 50% e álicos, ou seja, apresentam índice de saturação com Al^{3+} acima de 50%. A acidez também é elevada com índices de pH em torno de 5. Às vezes são solos com pedregosidade e textura silto-argilosa. Estes fatores, a princípio indicam baixa fertilidade, alta suscetibilidade à erosão e a necessidade de um manejo criterioso para não exacerbar as restrições naturais (OLIVEIRA, 2009).

Do ponto de vista da biota, as áreas avaliadas no presente estudo, encontram-se dentro do complexo do Cerrado em suas diversas variações (RIZZINI, 1997), além de outras formações com menor extensão.

A jazida da empresa encontra-se localizada na Fazenda Chapadão e Meio (Figura 4). Apresentava uma vocação agropecuária usada para pecuária leiteira de baixa eficiência, com baixa lotação e baixa produtividade por animal.

Figura 4- Imagem da jazida de leucofilito



Fonte: Imagens Google, 2016.

O acesso à jazida é feito pela LMG 827, km 12, zona rural da cidade.

Os principais cursos d'água são Rio São Francisco, o Rio Bambuí e outros cursos de menor volume. A área da jazida está inserida na bacia do Alto São Francisco na sub-bacia do Rio Ajudas, afluente da margem esquerda do Rio São Francisco.

2.4 Caracterização dos impactos ambientais na área

O processo de extração começa com a supressão de remanescentes da vegetação do Cerrado, decapeamento das camadas iniciais do solo até chegar aos horizontes onde a concentração mineral aumenta (Figura 5). Nessa operação são usadas máquinas escavadeiras, retroescavadeiras e pás carregadeiras. O minério lavrado é separado pelo teor de pureza, armazenado e empilhado em áreas próximas às frentes de lavra (FERNANDES; PESSOA, 2011).

Figura 5- Foto com perfil parcialmente exposto do solo da área



O leucofilito ou filito branco é o mais valorizado pela indústria principalmente de cerâmicas sanitárias. A extração do filito é a céu aberto com bancadas de 4 a 15m de altura.

No processo, o minério passa pelas etapas de decapeamento, desmonte, carregamento e transporte.

A expedição do produto em estado bruto é realizada nas dependências da própria empresa. O leucofilito (filito branco, variedade mais pura) é comercializado a R\$117,00 a tonelada, enquanto que para o filito comercial o valor aproximado é de R\$42,00 a tonelada. O minério é carregado em caminhões com capacidade de 14t ou carretas com 27t, contratadas pelas empresas compradoras. Os principais clientes são a Fiori, Icasa, Deca, Kohler, Santa Clara, dentre outros.

Variedades menos puras e menos valorizadas são utilizadas de forma direta na construção civil. A CaO do Brasil é o cliente mais próximo, estas variedades são negociadas em média a R\$30,00 a tonelada.

Apesar de a expedição ser constante, ao longo do ano existe, no período chuvoso, uma entressafra da atividade de mineração.

A profundidade da cava varia de acordo com as propriedades químicas e físicas do minério. Enquanto estas propriedades se mantiverem dentro das especificações de pureza, continua-se a cavar.

Freitas (2012) argumenta que a mineração em cavas apresenta riscos de desmoronamento dos taludes que aumentam de acordo com a profundidade da operação. Vale observar que existem restrições tanto em termos de segurança do trabalho nas minas e, principalmente, por órgãos ambientais (BRASIL, 2001).

Com o fim da operação de mina, observa-se no fundo da cava a exposição de um subsolo duro, de textura argilosa e adensado. Marcado pela escassez de nutrientes, com baixos teores de matéria orgânica (ANEXOS A e B) o que dificulta o desenvolvimento das plantas.

Apresenta-se como hipótese da dificuldade de desenvolvimento das plantas para a revegetação da área, as altas concentrações de Al presentes no minério de filito que apresentam um efeito fitotóxico e a acidez deste solo com o pH em torno de 5,2 (de acordo com a análise de solo do fundo da cava fornecida pelo laboratório de Análise de Solos do IFMG- *Campus Bambuí*, ANEXO A).

2.5 Revegetação de áreas degradadas

A reabilitação ambiental de uma área degradada é o retorno desta área a um estado biológico apropriado. Este conceito engloba a recuperação e a restauração (BARROS, 2014).

O termo recuperação, segundo Reis (2006), está associado à ideia de que o local minerado seja trabalhado objetivando que as condições ambientais se situem próximas às condições anteriores à intervenção, devolvendo o equilíbrio dos processos ambientais ali atuantes anteriormente. Consiste na busca de uma condição ambiental mais estável, a ser obtida em conformidade com os valores estéticos e sociais da circunvizinhança.

Já termo restauração se refere à série de tratamentos que buscam recuperar a forma original do ecossistema: topografia, vegetação, fauna, solo, hidrologia, etc. Trata-se de um objetivo praticamente inatingível, técnica e economicamente questionável (BITAR, 1997).

Para a reabilitação de áreas mineradas degradadas, um dos fatores mais importantes para o sucesso de projetos de revegetação é a seleção de espécies (AQUINO et al., 2009).

Um dos fatores mais importantes para o sucesso de projetos de revegetação é a seleção de espécies. Vários atributos autoecológicos e sinecológicos das espécies têm que ser considerados na seleção das plantas para recuperação do local. As espécies têm que ser adaptadas para o estabelecimento, crescimento e sobrevivência

sob as condições do meio e de acordo com o tipo de manejo proposto. Também têm que ser capazes de estabelecer-se rapidamente sob condições ambientais temporariamente modificadas. Precisam ser aceitáveis sinecologicamente tanto em termos da coexistência com outras espécies desejáveis quanto no nicho sucessional existente. Finalmente, as espécies deveriam possuir valor utilitário em termos de sua função ecológica ou dar suporte para os usos desejados da terra.⁶

Por essa razão, na seleção de espécies, os projetos de recuperação devem encontrar plantas que acelerem o desenvolvimento da comunidade vegetal.

As áreas degradadas são comumente dominadas por espécies serais ou ruderais pioneiras altamente competitivas na obtenção dos recursos do local, tais como água, nutrientes, luz e espaço. Deve-se buscar que o estágio ruderal de sucessão seja ultrapassado por meio do uso de espécies altamente competitivas que poderiam ser normalmente encontradas em uma comunidade seral tardia.⁷

Para este estudo foram escolhidas 32 mudas de cada uma das seguintes espécies: *Acacia mangium* (Acácia australiana), *Syzygium cumini* (Jambolão), *Tapirira guianensis* (Pau-pombo) e *Chrysopogon zizanioides* (o capim Vetiver) provenientes do Viveiro de Mudas do IFMG- Campus Bambuí em virtude de apresentarem melhores condições sanitárias e maior uniformidade.

As características gerais das espécies escolhidas estão descritas a seguir.

2.5.1 *Acacia mangium* (Acácia australiana)

Originária da Austrália e Malásia, leguminosa do gênero *Acacia*, pertencente à família Fabaceae, possui rápido crescimento e grande rusticidade nas condições de clima tropical (LORENZI, 2003).

A *Acacia mangium* vem despertando a atenção dos técnicos e pesquisadores pela rusticidade, rapidez de crescimento e, principalmente, por ser espécie nitrificadora (VEIGA; CARVALHO; BRASIL, 2000).

As folhas são simples e alternas, em ramos verdes e alados, dispostos espiraladamente, ovalado-lanceoladas. Elas são filódios permanentes que não evoluíram, não dando origem às folhas verdadeiras que deveriam ser pinadas (LORENZI, 2003).

A *Acacia mangium*, inoculada com fungos micorrízicos arbusculares em área degradada pela extração de argila, apresentou elevada sobrevivência e rápido crescimento, promoveu alterações nas propriedades químicas e na qualidade da matéria orgânica do solo

⁶ Redente, McLendon e DePuit, 1993 *apud* REIS, 2006.

⁷ Redente, McLendon e DePuit, 1993 *apud* REIS, 2006.

sendo observado aumento no estoque de carbono, bem como do caráter fúlvico da matéria orgânica do solo (SCHIAVO, 2005).

É uma espécie indicada para recuperação de áreas de encostas e de mineração, adaptável para uma ampla gama de solos ácidos, pH 4,5–6,5, inclusive tolerando solos de baixa fertilidade ou com baixa drenagem, cresce em solos com teor de P muito baixo, sendo pouco adaptada a solos calcários (SCHIAVO; MARTINS, 2003).

Trata-se de uma planta que apresenta uso econômico diversificado (madeira precoce, forrageira, tanino, mel) (ROSSI; AZEVEDO; SOUZA, 2003).

2.5.2 *Syzygium cumini* (Jambolão)

O Jambolão, também conhecido como jamelão, cereja, jalão, kambol, jambu, azeitona-do-nordeste, ameixa roxa, murta, baga de freira, guapê, jambuí, azeitona-da terra, entre outros nomes (CAVALCANTI, 2011). É uma árvore da família *Mirtaceae* apresenta frutos agradáveis ao paladar, mesmo que um pouco adstringentes. Pequenos, de coloração roxa, de polpa pouco carnosa, o fruto do jamboleiro envolve um caroço único e grande (LEITE et al., 2010). Originária da Ásia tropical, apresenta propriedades medicinais, é adaptada às condições brasileiras. Sua área de ocorrência é principalmente a Indonésia, China mas se adaptou muito bem à outras regiões como Madagascar e Antilhas.⁸

Botelho e Davide (2002) relatam o Jambolão como espécie clímax, exigente de luz, melhor adaptada a solos úmidos. Arbórea, com potencial para utilização em implantação de mata ciliar na região do Alto e Médio Rio Grande/MG. Quanto ao potencial para recuperação de áreas degradadas, o Jambolão se apresenta como planta indicada para áreas de deposição, baixadas úmidas e taludes estáveis (FERREIRA; FERREIRA, 2009).

2.5.3 *Tapirira guianensis* (pau- pombo)

O Pau-pombo é uma planta de preenchimento, precisa de sol e apresenta rápido crescimento em altura e copa (RIGUEIRA; SANTANA, 2015). A árvore pode ser empregada com sucesso nos reflorestamentos heterogêneos de áreas degradadas e de matas ciliares, visando à produção de frutos que são altamente procurados pela fauna em geral (LORENZI, 2002).

⁸ VIZZOTTO; ROSA; FETTER *apud* CAVALCANTI, 2011.

Botelho e Davide (2002) relatam o pombeiro com uma planta pioneira, melhor adaptada a sítios úmidos (fundos de vales), e sítios métricos (encostas e topos) apresentando-se indiferente quanto à fertilidade dos solos. Árvore encontrada na mata ciliar, na mata de galeria, na mata seca, no cerradão, no cerrado sentido restrito e na vereda (OLIVEIRA et al., 2016), da família *Anacardiaceae*, é uma árvore perenifólia, pioneira e heliófita, característica da floresta ombrófila de planície. É também encontrada em formações secundárias de solos úmidos como os de várzeas e beira de rios. Embora possa ser amplamente encontrada em ambientes secos de encostas, cresce rapidamente em condições de campo (LORENZI, 2002).

2.5.4 *Chrysopogon zizanioides* (capim Vetiver)

O *Chrysopogon zizanioides*, Vetiver, é uma planta herbácea perene, da família das gramíneas, nativa da Ásia. Na Índia, é usado para delimitar fronteiras de terrenos. Apresenta propriedades medicinais, possui um sistema radicular complexamente ramificado que promove um grampeamento natural do solo, além de possuir características fisiológicas que permitem tolerar diversas condições edáficas e climáticas (MARQUES et al., 2014).

São plantas estéreis e não se reproduzem através de rizomas ou estolões, multiplicam-se através de perfilhos, de forma vegetativa assexuada, sem potencial para se tornar invasora, uma vez estabelecida na área não é afetada por secas e inundações. Trata-se de espécie com características fitorremediadoras, promovendo a reabilitação de áreas contaminadas, principalmente por apresentar tolerância à acidez (pH 3,0) e a alta porcentagem saturação de alumínio (68%). Tem sido muito utilizado na reabilitação de áreas mineradas na Austrália, no Chile, na China, na África do Sul e na Venezuela (PEREIRA, 2006).

Utilizado para a formação de cordões vegetados, o Vetiver é eficiente por possuir sistema radicular profundo, rusticidade e adaptabilidade a variadas condições de solo e clima (CHAVES; ANDRADE, 2013). Segundo o trabalho de Pereira (2006a), pela relação parte aérea/sistema radicular, pode ser usado com vantagens nas áreas dos taludes da mineração de leucofilito em Bambuí-MG.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Visitação à mineradora

Este trabalho se iniciou com uma visita à área de mineração de leuconilito para reconhecimento das atividades da empresa, para a realização de um levantamento dos impactos ambientais na área da jazida e identificação de espécies vegetais de ocorrência local ou introduzidas, viáveis para a recuperação da área em questão, descritas a seguir.

3.2 Levantamento botânico e visita aos viveiros de mudas

Realizou-se um levantamento fitobotânico na área objetivando reconhecer as espécies de ocorrência local com potencial para recuperação de áreas degradadas mineradas pelo leuconilito, sendo identificadas, as seguintes espécies:

- . Gramíneas: *Paspalum notatum* (grama Boiadeira), *Brachiaria brizantha* (Braquiária), *Cyperus rotundus* (Tiririca), *Sida* sp (Vassoura), *Imperata brasiliensis* (Sapé), *Echinolaena inflexa* (Capim nativo do Cerrado ou Capim flecha).
- . Pioneiras: *Baccharis dracunculifolia* (Alecrim-do-campo), *Vernonanthura phosphorica* (Assa-peixe), *Myrsine umbellata* (Pororoca), *Solanum lycocarpum* (Lobeira), *Luehea divaricata* (Açoita-cavalo), *Solanum paniculatum* (Jurubeba), *Tibouchina granulosa* (Quaresmeira), *Ricinus communis* (Mamona), *Cordia trichotoma* (Louro-pardo).
- . Arbustivas: *Tapiririra guianensis* (Pau-pombo), *Byrsonima crassifolia* (Murici), *Xylopia aromática* (Pimenta de macaco), *Annona cacans* (Araticum).
- . Arbóreas: *Myrcia tomentosa* (Goiaba brava), *Enterolobium contortisiliquum* (Tamboril), *Lithraea molleoides* (Aroeira brava).
- . Exóticas: *Acacia mangium* (Acácia australiana), *Leucaena leucocephala* (Leucena), *Syzygium cumini* (Jambolão), *Chrysopogon zizanioides* (capim Vetiver).

Durante a análise inicial de literatura, para a escolha das espécies, foram realizadas visitas a viveiros da região: Viveiro de Mudas do IFMG- Campus Bambuí, IEF (Instituto Estadual de Florestas) e Nordeste Reflorestamento buscando plantas viáveis para o desenvolvimento do experimento.

A seleção de espécies vegetais para a elaboração do experimento se baseou na convergência entre as espécies estudadas na literatura em recuperação de áreas degradadas pela mineração e na disponibilidade das mesmas nos viveiros de mudas visitados.

3.3 Experimento em casa de vegetação

O experimento foi conduzido na casa de vegetação do LABIOTEC - Laboratório de Biotecnologia do IFMG- *Campus* Bambuí por 120 dias, entre julho e dezembro de 2016, objetivando identificar a melhor relação planta/substrato e a resiliência das espécies a serem utilizadas na revegetação da área degradada pela mineração de filito no município de Bambuí (Figura 6).

As quatro espécies de plantas foram cultivadas em vasos com 25dm³ de capacidade com diferentes composições de substratos (Tabela 1).

TABELA 1- Substratos utilizados no plantio das mudas no experimento

Substrato	Proporção	Composição
Substrato 1- (S ₁)	100%	Filito
Substrato 2- (S ₂)	50%	Filito+solo
Substrato 3- (S ₃)	50% - 50%+NPK*+Gel**	Filito+solo+hidrogel+NPK
Substrato 4- (S ₄)	100%	Solo***

*100 g de NPK formulação 4-14-8 por vaso de 25dm³. Aos 90 dias foram adicionados 2g de sulfato de amônio; ** Hidrogel; *** Solo da local da lavra (*topsoil*).

Nos vasos do substrato 3 (filito+solo+hidrogel+NPK), o hidrogel utilizado foi o da marca Nutrigel. Foram preparados sob a forma de solução na proporção 10g/dm³. As raízes, antes do cultivo, foram embebidas nesta solução e, ainda, adicionado 200mL da solução de hidrogel nas covas por ocasião do plantio. Nestes tratamentos, aos 90 dias, foram adicionados 2g de sulfato de amônio.

Figura 6- Esquema da montagem do experimento em casa de vegetação



Durante o desenvolvimento do experimento, as parcelas foram submetidas aos tratos culturais, combate de pragas e ervas invasoras.

3.4 Ensaio físico-químico dos substratos utilizados

Foi realizado conforme Takane; Siqueira e Kämpf (2012), o teste físico-químico dos substratos (Figura 7). As amostras foram secas ao ar, destorroadas e peneiradas em malha de 5mm sendo, a seguir, executados os testes (físicos: percentual de volume total dos poros, a relação poros/sólidos, a densidade, o percentual da capacidade de retenção de água, o percentual do espaço de aeração e químicos: sendo estes, o pH e a condutividade elétrica).

O ensaio foi conduzido nas instalações do Viveiro de Mudanças do IFMG- *Campus Bambuí*.

Figura 7- Teste físico-químico dos substratos



Nota: Etapa do teste físico-químico dos substratos.

* S₁- substrato 1: Filito 100%

**S₂- substrato 2: 50% Filito+solo

***S₃- substrato 3: 50% Filito+solo+NPK+hidrogel

****S₄- substrato 4: Solo 100%

3.5 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi em blocos casualizados (DBC) em esquema fatorial (4x4) com quatro espécies, quatro substratos e quatro blocos.

A unidade amostral foi duplicada (sendo, portanto, cada parcela composta por 8 plantas).

No total foram 128 vasos, avaliados mensalmente, durante os meses de agosto a dezembro de 2016.

3.6 Variáveis analisadas

As variáveis avaliadas foram: altura da parte aérea (cm), diâmetro do caule (mm), número de par de folhas (mensalmente no período de agosto a dezembro de 2016); ainda: matéria seca da parte aérea (g), matéria seca das raízes (g), comprimento das raízes (cm), nitrogênio na folha (%), fósforo na folha (%) e potássio na folha (%), teor de nitrogênio na raiz (%), ao final do experimento.

Para o Vetiver, foi avaliado o número de perfilhos.

Para as medições foram utilizados: trena, paquímetro e balança analítica.

Na fase final do experimento, para a determinação da matéria seca, as partes de raiz e aérea das plantas foram secas em três estufas por 72h à 80°C. Sendo então determinadas suas massas.

A seguir foram selecionadas amostras secas (parte aérea e raiz) sendo estas encaminhadas para análise de teor de N na raiz e NPK na parte aérea no Laboratório de Análise Foliar da UFLA onde foram realizados os testes de acordo com metodologia apresentada por de Malavolta, Vitti e Oliveira, 1997.

3.7 Métodos

Para as variáveis: altura da parte aérea (cm) e número de par de folhas a análise de variância foi realizada em delineamento em blocos ao acaso (DBC) em esquema fatorial (4x4x5), com quatro espécies de planta, quatro substratos e cinco épocas de amostragem.

A variável diâmetro do caule (mm) foi em DBC em esquema fatorial (3x4x5), com 3 espécies de plantas (Acácia, Jambolão e Pau-pombo), 4 substratos e cinco épocas de amostragem sendo utilizada a mesma metodologia da variável altura da parte aérea (cm).

Para a variável número de par de folhas, realizou-se a transformação logarítmica, pois a variável é proveniente de contagem. Os testes foram realizados com a variável transformada e, no final, foram utilizadas as médias observadas.

Para a análise destas variáveis utilizou-se a função *fat3.dbc* do pacote *ExpDes.pt* do programa estatístico R (R CORE TEAM, 2017). O teste de médias Scott-Knott foi utilizado o pacote *ScottKnott* do programa estatístico R.

As análises das variáveis: matéria seca parte aérea (g), matéria seca das raízes (g) e comprimento das raízes (cm) foi feita em DBC em esquema fatorial (4x4), com 4 espécies de planta e 4 substratos. A análise de variância foi realizada utilizando a função *fat2.dbc* do

pacote *ExpDes.pt* e o teste de médias utilizado foi o Scott-Knott do pacote *ScottKnott* (R CORE TEAM, 2017).

Para a variável número de perfilhos realizou-se a transformação logarítmica, pois a variável é oriunda de contagem, os perfilhos foram contados apenas na espécie Vetiver, por ser uma gramínea. Os testes foram realizados com a variável transformada e, no final, foram utilizadas as médias observadas. Foi realizada a análise de variância da variável número de perfilhos do delineamento em blocos ao acaso em esquema fatorial (4x5), com 4 substratos e cinco épocas de amostragem sendo a mesma metodologia da variável matéria seca da parte aérea.

Para as variáveis: nitrogênio da raiz (%), nitrogênio na folha (%), fósforo na folha (%) e potássio na folha (%) a análise de variância foi realizada utilizando a função *aov* do pacote *car* do programa estatístico R (R CORE TEAM, 2017). O teste de médias utilizado foi o Scott-Knott do pacote *ScottKnott*.

O modelo estatístico para o esquema fatorial em DBC para a variável altura da parte aérea (cm) e número de par de folhas é o mesmo, descrito a seguir:

$$y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \delta_k + \alpha\beta_{ij} + \alpha\delta_{ik} + \beta\delta_{jk} + \alpha\beta\delta_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

em que,

y_{ijk} é o valor observado para a variável altura da parte aérea (cm) da i -ésima espécie no j -ésimo substrato na k -ésima época de amostragem no l -ésimo bloco, com $i=1,2,3,4$, $j=1,2,3,4$, $k=1,2,3,4,5$ e $l=1,2,3,4$;

μ é uma constante inerente a todas as observações;

γ_l é o efeito do l -ésimo bloco;

α_i é o efeito da i -ésima espécie;

β_j é o efeito do j -ésimo substrato;

δ_k é o efeito do k -ésima época de amostragem;

$\alpha\beta_{ij}$ é o efeito da interação espécie x substrato;

$\alpha\delta_{ik}$ é o efeito da interação espécie x época de amostragem;

$\beta\delta_{jk}$ é o efeito da interação substrato x época de amostragem;

$\alpha\beta\delta_{ijk}$ é o efeito da interação espécie x substrato x época de amostragem;

ε_{ijkl} é o erro experimental.

A variável diâmetro do caule (mm) foi organizada em DBC em esquema fatorial (3x4x5), com 3 espécies de plantas (Acácia, Jambolão e Pau-pombo), 4 substratos e cinco

épocas de avaliação. O modelo estatístico para o esquema fatorial em DBC para a variável diâmetro do caule (mm) é o seguinte:

$$y_{ijkl} = \mu + \gamma_l + \alpha_i + \beta_j + \delta_k + \alpha\beta_{ij} + \alpha\delta_{ik} + \beta\delta_{jk} + \alpha\beta\delta_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

em que,

y_{ijkl} é o valor observado para a variável diâmetro do caule da i -ésima espécie no j -ésimo substrato na k -ésima época de avaliação no l -ésimo bloco, com $i=1,2,3$, $j=1, 2,3,4$, $k=1,2,3,4,5$ e $l=1,2,3,4$;

μ é uma constante inerente a todas as observações; γ_l é o efeito do l -ésimo bloco;

α_i é o efeito da i -ésima espécie; β_j é o efeito do j -ésimo substrato;

δ_k é o efeito do k -ésima época de avaliação;

$\alpha\beta_{ij}$ é o efeito da interação espécie x substrato;

$\alpha\delta_{ik}$ é o efeito da interação espécie x época de avaliação;

$\beta\delta_{jk}$ é o efeito da interação substrato x época de avaliação;

$\alpha\beta\delta_{ijk}$ é o efeito da interação espécie x substrato x época de avaliação;

ε_{ijkl} é o erro experimental.

A análise das variáveis matéria seca parte aérea (g), matéria seca das raízes (g) e comprimento das raízes (cm) em delineamento em blocos ao acaso em esquema fatorial (4x4), com 4 espécies de plantas e 4 substratos. O modelo estatístico em esquema fatorial em DBC para as variáveis matéria seca parte aérea (g), matéria seca das raízes (g) e comprimento das raízes (cm) é o descrito a seguir:

$$y_{ijk} = \mu + \delta_k + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

em que,

y_{ijk} é o valor observado para a variável matéria seca parte aérea (gramas) da i -ésima espécie no j -ésimo substrato no k -ésimo bloco, com $i=1,2,3,4$, $j=1, 2,3,4$ e $k=1,2,3,4$;

μ é uma constante inerente a todas as observações;

δ_k é o efeito do k -ésimo bloco;

α_i é o efeito da i -ésima espécie;

β_j é o efeito do j -ésimo substrato;

$\alpha\beta_{ij}$ é o efeito da interação espécie x substrato;

ε_{ijk} é o erro experimental.

A análise de variância do número de perfilhos foi em DBC em esquema fatorial (4x5), com 4 substratos e cinco épocas de avaliação sendo a mesma metodologia da variável matéria seca da parte aérea (g).

3.8 Hipóteses

H₀- não existe relação espécie/substrato adequada, entre as testadas, que permita o crescimento de plantas para a recuperação de áreas degradadas pela mineração de leucofilito.

H₁- existe relação espécie/substrato adequada, entre as testadas, que permita o crescimento de plantas para a recuperação de áreas degradadas pela mineração de leucofilito.

4 RESULTADOS

4.1 Análise dos resultados do ensaio físico-químico dos substratos utilizados

Conforme metodologia proposta por Takane; Siqueira; Kämpf (2012), os resultados dos testes físicos (percentual de volume total dos poros, a relação poros/sólidos, a densidade, o percentual da capacidade retenção de água, o percentual do espaço de aeração) e químicos (pH e a condutividade elétrica) encontram-se resumidos na TABELA 2.

O substrato S₁ (minério de filito-100%) devido à baixa granulometria ocupou posições extremas dentre os substratos utilizados: como a densidade mais elevada, baixa relação poros/sólidos, bem como o menor espaço de aeração e capacidade de retenção de água. Foi o substrato que se apresentou com maior acidez.

O substrato S₂ (50% solo, 50% minério de filito) e S₃ (filito+solo+hidrogel+NPK) apresentaram posições intermediárias em todos os testes físicos e de pH.

Destaca-se a superioridade na condutividade elétrica do substrato S₃, reflexo da adição do fertilizante NPK (4-14-8) e da dosagem de sulfato de amônio.

Oposto ao substrato S₁ (filito- 100%) aparece o S₄ (solo da área). Este substrato, menos denso dentre os utilizados, apresentou-se com a melhor relação poros/sólidos, maior capacidade de retenção de água e espaço de aeração e ainda, maior alcalinidade, características físicas próximas de um bom solo agrícola. Porém o solo é pobre, com baixa condutividade elétrica.

TABELA 2-Testes físico-químicos dos substratos

SUBSTRATO	Vol. total de poros (%)	Relação poros/sólidos	Densidade	Cap. de retenção de água (%)	Esp. de aeração (%)	pH	Conduct. Elétrica (µS/m)
S ₁ -Filito (F)	36	0,562	1,175	24,72	11,3%	5,94	160
S ₂ -F + S	42	0,724	1,135	27,52	14,5%	6,50	256
S ₃ -F+S+gel+NPK	44	0,785	1,125	28,65	15,4%	6,33	539
S ₄ -Solo (S)	56	1,272	0,860	34,81	21,2%	7,82	93,1

Nota: Realizado conforme Takane; Siqueira e Kämpf (2012)

Fonte: O autor (2016).

4.2 Análise de variância

Não foi observada diferença para a interação espécies x substratos x época de amostragem para as variáveis analisadas.

Para a variável diâmetro do caule não houve diferença para a interação espécies x substratos e para a interação espécies x época de amostragem.

As variáveis altura da parte aérea e número de par de folhas: a interação espécies x substratos e espécies x época de amostragem apresentaram diferença ($P < 0,05$).

Também foi observado efeito significativo para espécies, substratos e épocas de amostragem para as três variáveis analisadas (altura da parte aérea, diâmetro do caule e número de par de folhas referente às épocas de amostragem) ($P < 0,05$).

Houve diferença entre espécies e substratos para as variáveis: comprimento das raízes, matéria seca da parte aérea e matéria seca das raízes ($P < 0,05$).

Houve diferença para a interação espécies *versus* substratos para as variáveis matéria seca da parte aérea e matéria seca das raízes ($P < 0,05$).

Para a variável comprimento das raízes, a interação espécies x substratos não foi verificada diferença.

A interação substratos *versus* época de amostragem para a variável número de perfilhos do Vetiver apresentou diferença. Também houve diferença para os substratos e as épocas de amostragem ($P < 0,05$).

Para as variáveis: nitrogênio na raiz (%) e nitrogênio na folha (%) os resultados mostram que houve diferença entre as espécies e não houve diferença entre os substratos.

Para as variáveis fósforo na folha (%) e potássio na folha (%) os resultados mostram que houve diferença entre as espécies e entre os substratos ($P < 0,05$).

A seguir são apresentados o teste de médias de Scott-Knott para cada variável apresentada na seção material e métodos.

4.3 Altura da parte aérea

4.3.1 Comparação espécies e substratos

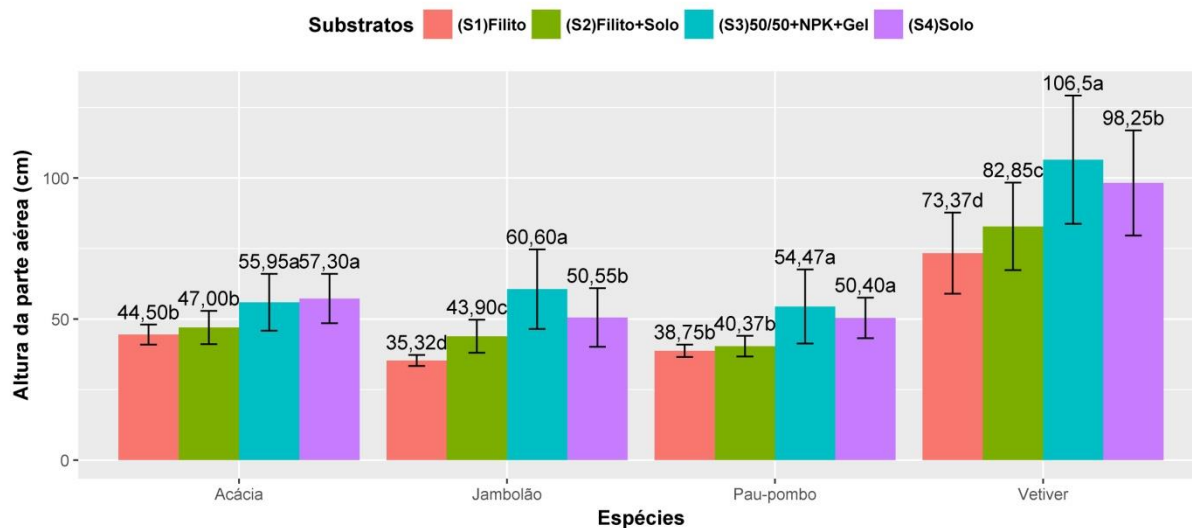
Os valores médios de altura da parte aérea (cm) para as diferentes espécies de plantas dentro de cada substrato estão representados na Figura 8⁹.

Todas as plantas apresentaram um crescimento menor na sua relação com o substrato S₁ (filito).

Mesmo neste substrato, as mudas da gramínea Vetiver tiveram um crescimento superior às demais quando comparadas ao crescimento das mesmas em suas interações com os outros substratos.

⁹ Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas são semelhantes estatisticamente pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade ($P < 0,05$) para todas as variáveis apresentadas. Os intervalos mostrados nos gráficos representam o erro padrão da média.

Figura 8- Valores médios de altura da parte aérea (cm) para as diferentes espécies dentro de cada substrato pelo teste Scott-Knott

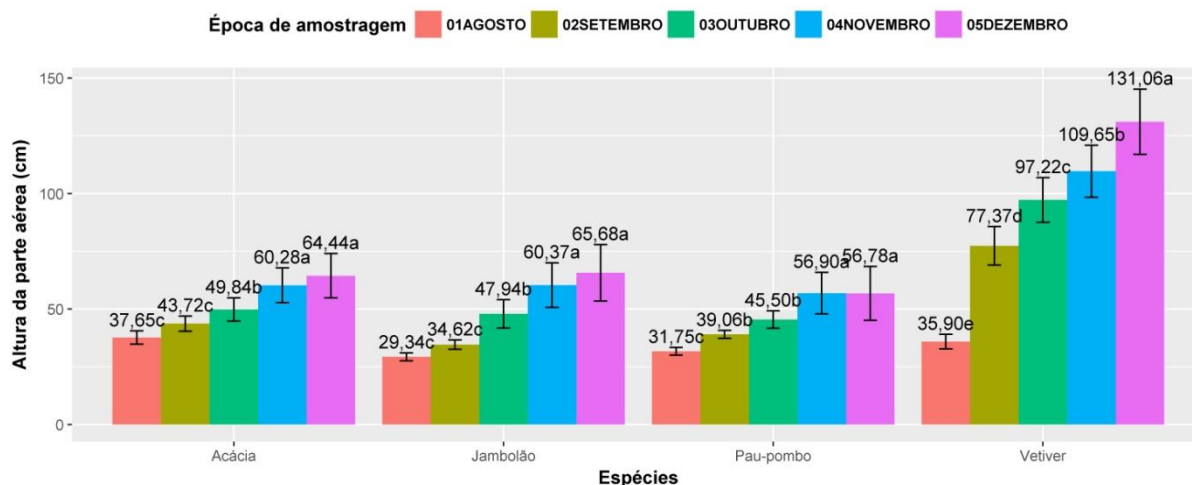


Os resultados deste desdobramento indicam que a Acácia e o Pau-pombo, na interação com os substratos S₃ (filito+solo+NPK+gel) e S₄ (solo), apresentaram maior altura da parte aérea em comparação aos demais substratos (S₁- filito e S₂- solo+filito).

4.3.2 Comparação espécies e épocas de amostragem

Os valores médios de altura da parte aérea de cada espécie para as diferentes épocas de amostragem estão representados na Figura 9.

Figura 9- Valores médios de altura da parte aérea para as diferentes épocas de amostragem dentro de cada espécie



Mesmo tendo apresentado incremento de altura ao longo do desenvolvimento do experimento, as espécies testadas cresceram em diferentes taxas.

Os resultados mostram que o Vetiver, já a partir do segundo mês de avaliação (setembro), passou a apresentar crescimento mais expressivo ao longo do período avaliado.

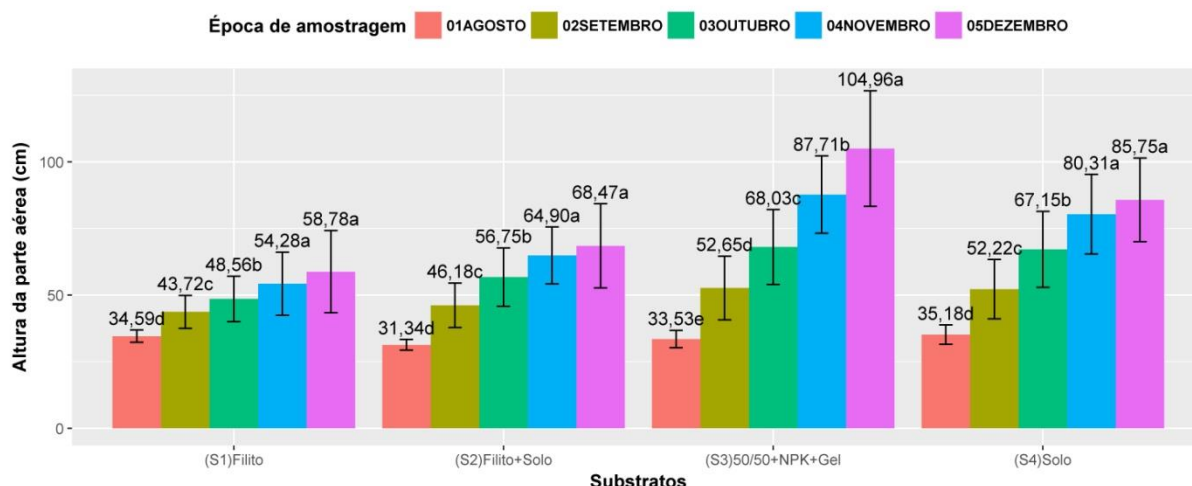
A Acácia, Jambolão e Pau-pombo, nos meses de novembro e dezembro, apresentaram valores de altura da parte aérea semelhantes e superiores aos meses de agosto, setembro e outubro.

O Vetiver, no mês de dezembro, apresentou maior altura da parte aérea do que os outros meses demonstrando um crescimento mais consistente desta gramínea ao final do ensaio.

4.3.3 Comparação substratos e épocas de amostragem

Na Figura 10, são apresentados os valores médios de altura da parte aérea das plantas para os diferentes substratos dentro de cada época de amostragem.

Figura 10- Valores médios de altura da parte aérea para as diferentes épocas de amostragem dentro de cada substrato



As plantas testadas nos substratos filito, filito+solo e solo (S₁, S₂ e S₄), nos meses de novembro e dezembro apresentam valores de altura da parte aérea semelhantes e superiores aos meses de agosto, setembro e outubro.

Na avaliação do mês de dezembro as plantas, na interação com o substrato S₃ (50% filito+50% solo+NPK+gel), apresentaram valores de altura da parte aérea maiores do que nos meses iniciais do ensaio.

4.4 Diâmetro do caule

Na avaliação deste parâmetro, foram consideradas apenas as três espécies arbóreas (Acácia, Jambolão e Pau-pombo). Para a gramínea Vetiver, foi analisado, em separado, o número de perfilhos (descrito no item 4.5).

4.4.1 Comparação diâmetro do caule das espécies nos substratos

Na avaliação do diâmetro do caule das três espécies arbóreas observaram-se valores semelhantes no desdobramento de espécies dentro de substratos de acordo com o teste de F da análise de variância.

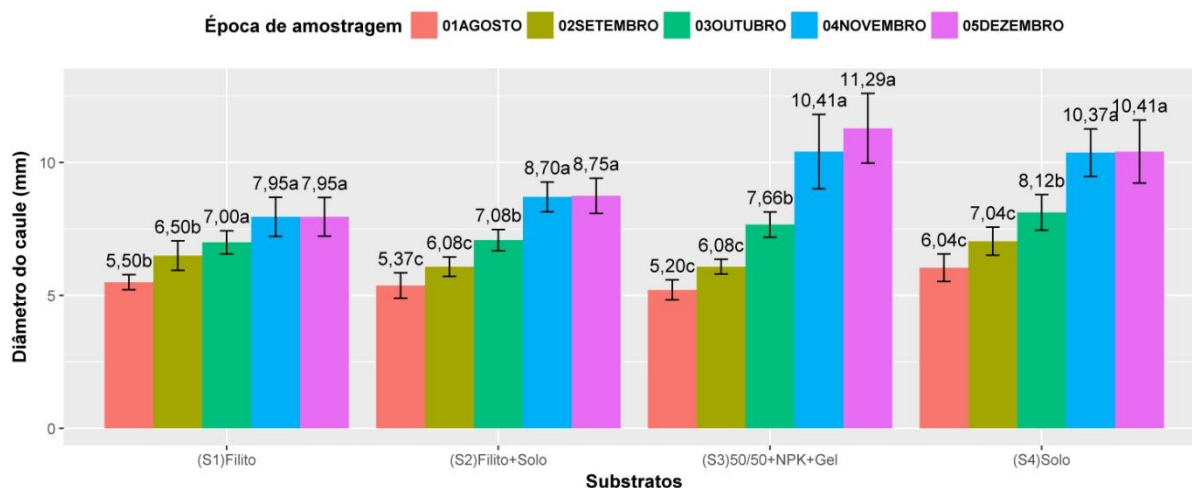
4.4.2 Comparação diâmetro do caule das espécies e época de amostragem

As médias do diâmetro do caule são semelhantes no desdobramento de espécies dentro de cada época de amostragem de acordo com o teste de F da análise de variância.

4.4.3 Comparação diâmetro do caule, substratos e época de amostragem

Na Figura 11 estão representadas as médias da variável diâmetro do caule (mm) das três espécies arbóreas no desdobramento de substratos dentro de cada época de amostragem.

Figura 11- Valores médios de diâmetro do caule para os diferentes substratos dentro de cada época de amostragem



As plantas, na interação com o substrato S₁ (filito), apresentam nos três meses finais, os maiores valores de diâmetro do caule.

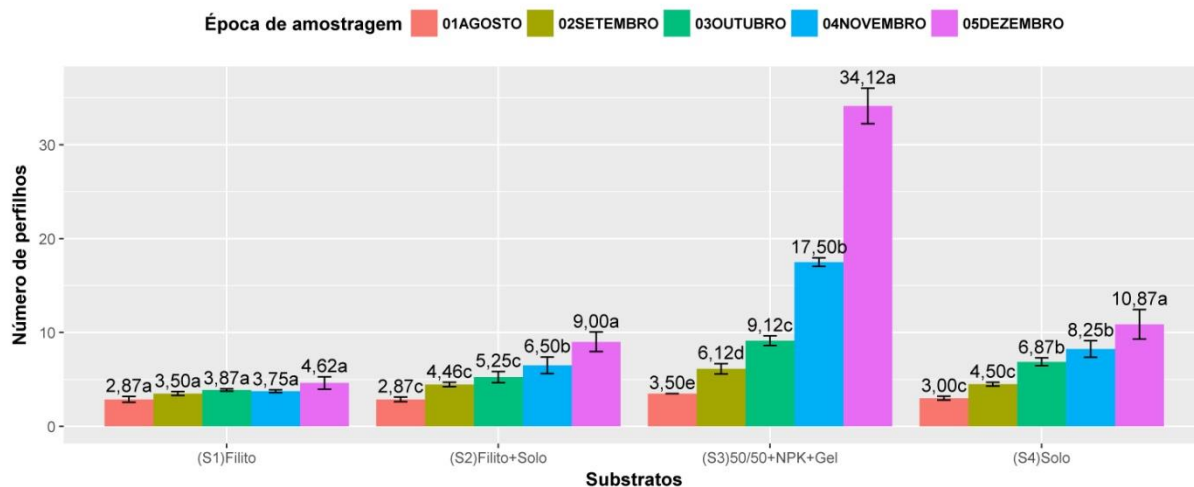
Nos demais substratos, as plantas apresentam nos meses de novembro e dezembro os maiores valores de diâmetro do caule do que nos meses agosto, setembro e outubro.

4.5 Número de perfilhos do capim Vetiver

4.5.1 Comparação do número de perfilhos do capim Vetiver, substratos e época de amostragem

Na Figura 12, estão as médias da variável do número de perfilhos com o desdobramento de substratos dentro de cada época de amostragem.

Figura 12- Valores médios de número de perfilhos do desdobramento de substratos dentro de época de amostragem



As plantas de Vetiver cultivadas no S₁ (filito) não apresentaram evolução do número de perfilhos no período amostrado.

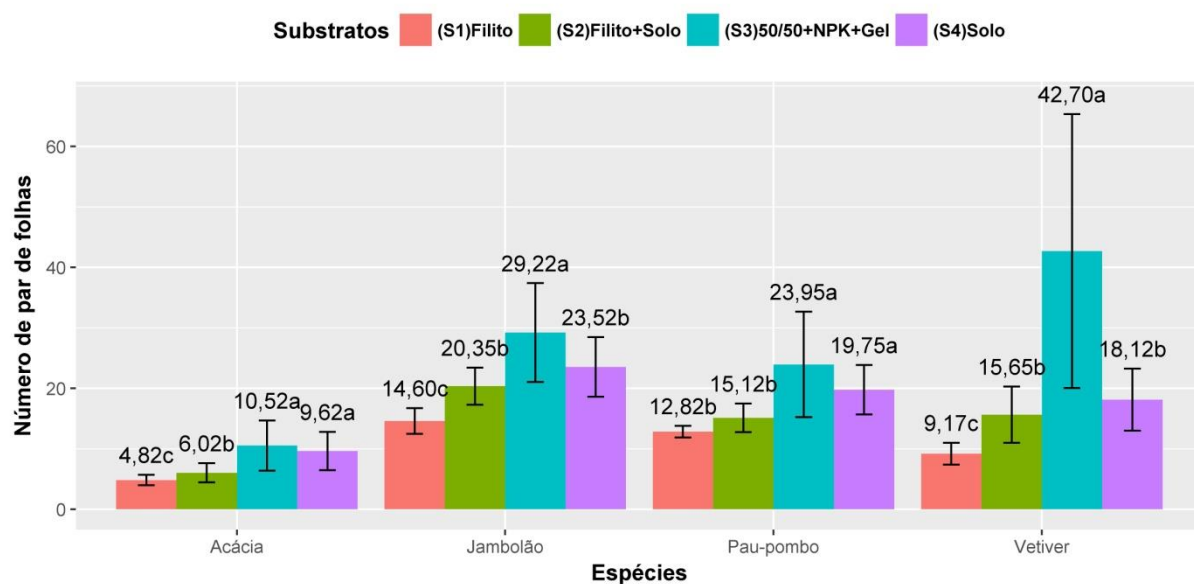
Para os demais substratos, o maior número de perfilhos foi observado no mês de dezembro, notadamente na interação com o substrato adubado S₃.

4.6 Número de par de folhas

4.6.1 Comparação número de par de folhas das espécies nos substratos

A Figura 13, demonstra os valores médios do número de par de folhas para cada espécie de planta dentro dos diferentes substratos.

Figura 13- Valores médios do número de par de folhas para cada espécie de planta dentro dos diferentes substratos



O desdobramento representado na Figura 13, indica que a Acácia e o Pau-pombo na

interação com os substratos 50% filito+50% solo+NPK+gel e solo (S₃ e S₄) apresentaram maior número de par de folhas do que em comparação aos demais substratos: filito (S₁) e solo+filito (S₂).

Para o Jambolão e Vetiver, a maior número de par de folhas foi observado na interação com o S₃.

Os resultados apresentam que para o filito (S₁) o Jambolão e o Pau-pombo tiveram maiores valores do número de par de folhas do que a Acácia e o Vetiver.

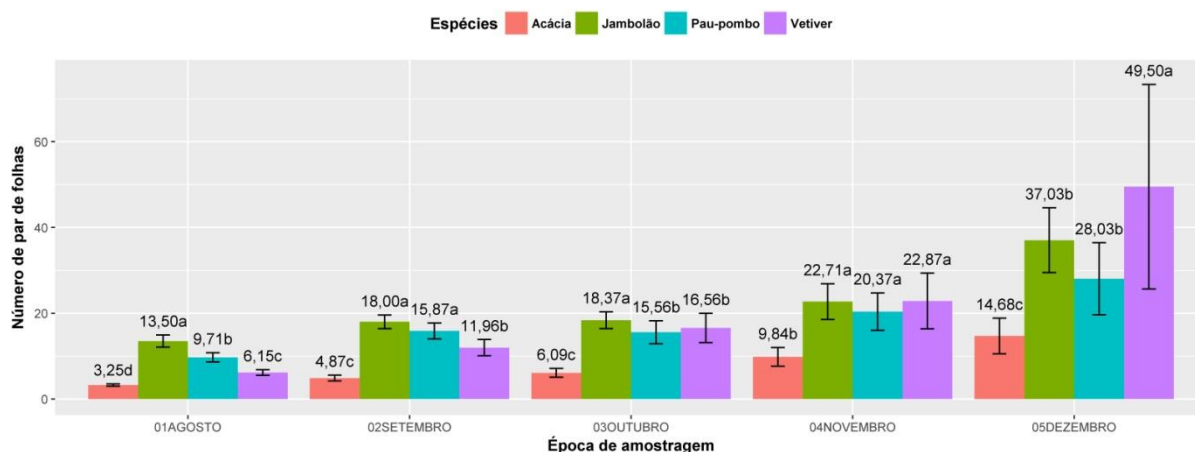
Nos substratos filito+solo (S₂) e solo (S₄), o Jambolão apresentou maior número de par de folhas do que a Acácia, Pau-pombo e Vetiver.

No S₃ (50% filito+50% solo+NPK+gel), o Vetiver obteve maior número de par de folhas do que as demais espécies.

4.6.2 Comparação número de par de folhas das espécies e época de amostragem

O desdobramento da época de amostragem dentro de cada espécie está representado na Figura 14.

Figura 14- Valores médios do número de par de folhas para as diferentes espécies dentro de época de amostragem



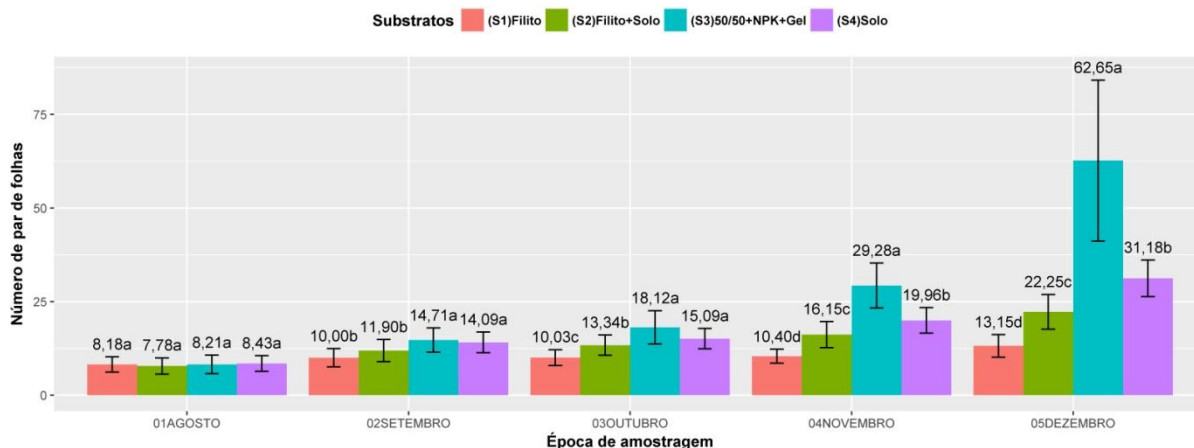
Pelos resultados, nos meses de agosto a outubro o Jambolão obteve maior número de par de folhas do que as demais espécies. No mês de setembro Jambolão e Pau-pombo apresentaram estatisticamente o maior número de par de folhas. No mês de dezembro, o Vetiver se mostrou superior às demais espécies no incremento do número de par de folhas.

O teste de Scott-Knott ($P < 0,05$) mostrou que as espécies testadas têm, em dezembro, maior número de par de folhas.

4.6.3 Comparação número de par de folhas, substratos e época de amostragem

Na Figura 15 estão representados os valores médios do número de par de folhas das plantas para os diferentes substratos dentro das épocas de amostragem.

Figura 15- Valores médios do número de par de folhas para os diferentes substratos dentro de época de amostragem



Os resultados deste desdobramento indicam que em agosto, as plantas se mostravam com o número de par de folhas uniforme validando a semelhança estatística das mesmas por ocasião da implantação do experimento.

Em setembro e outubro, as plantas, nos substratos 50% filito+50% solo+NPK+gel (S₃) e solo (S₄) se apresentaram com maiores valores do número de par de folhas do que em comparação aos demais substratos (S₁- filito e S₂- solo+filito).

As plantas, nos meses de novembro e dezembro, no substrato 3 (50% filito+50% solo+NPK+gel), apresentaram maior valor do número de par de folhas (Figura 15).

4.7 Comprimento das raízes

4.7.1 Comparação comprimento das raízes das espécies nos substratos

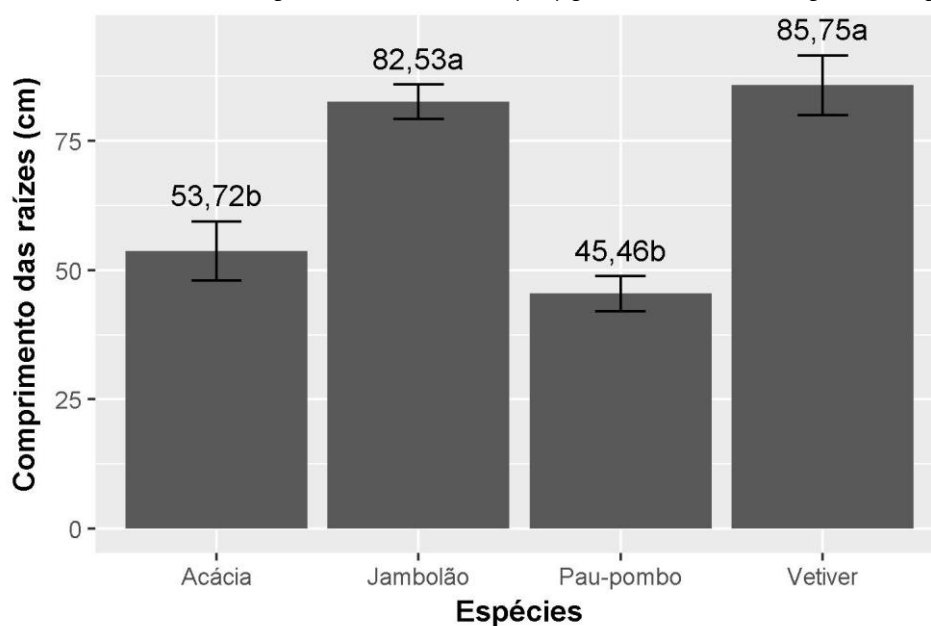
Na avaliação do comprimento das raízes foram observados valores semelhantes no desdobramento de espécies dentro dos substratos de acordo com o teste de F da análise de variância.

4.7.2 Comparação comprimento das raízes

Na Figura 16 estão as médias da variável comprimento das raízes (cm) para as diferentes espécies de plantas.

Pelos resultados apresentados o Vetiver e o Jambolão são semelhantes e apresentam valores médios de comprimento das raízes superiores quando comparados a Pau-pombo e Acácia.

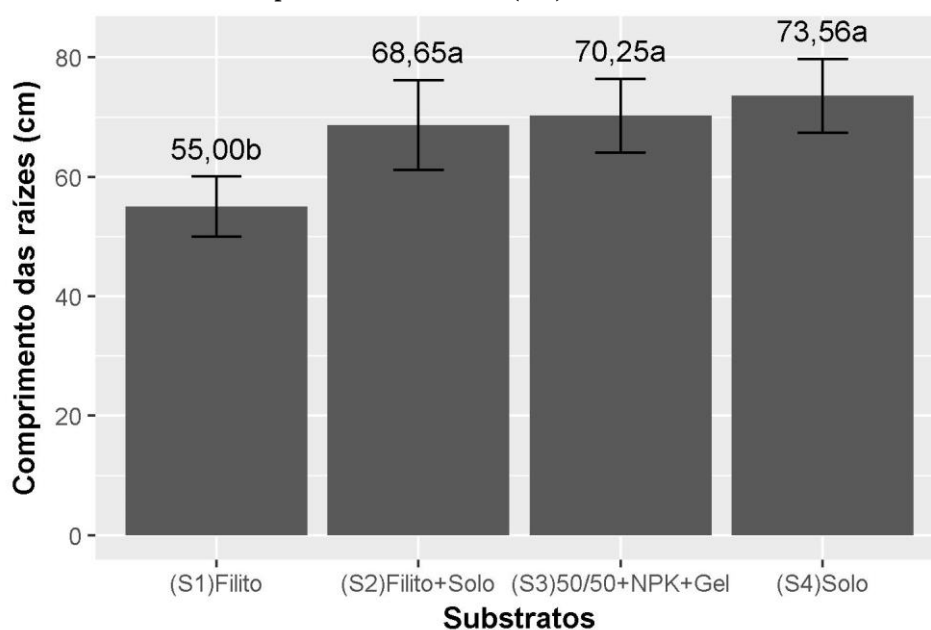
Figura 16- Valores médios de comprimento das raízes (cm) para as diferentes espécies de plantas



4.7.3 Comparação comprimento das raízes, espécies e substratos (Efeito dos substratos)

Na Figura 17, estão as médias do comprimento das raízes para os diferentes substratos.

Figura 17- Valores médios de comprimento das raízes (cm) nos diferentes substratos



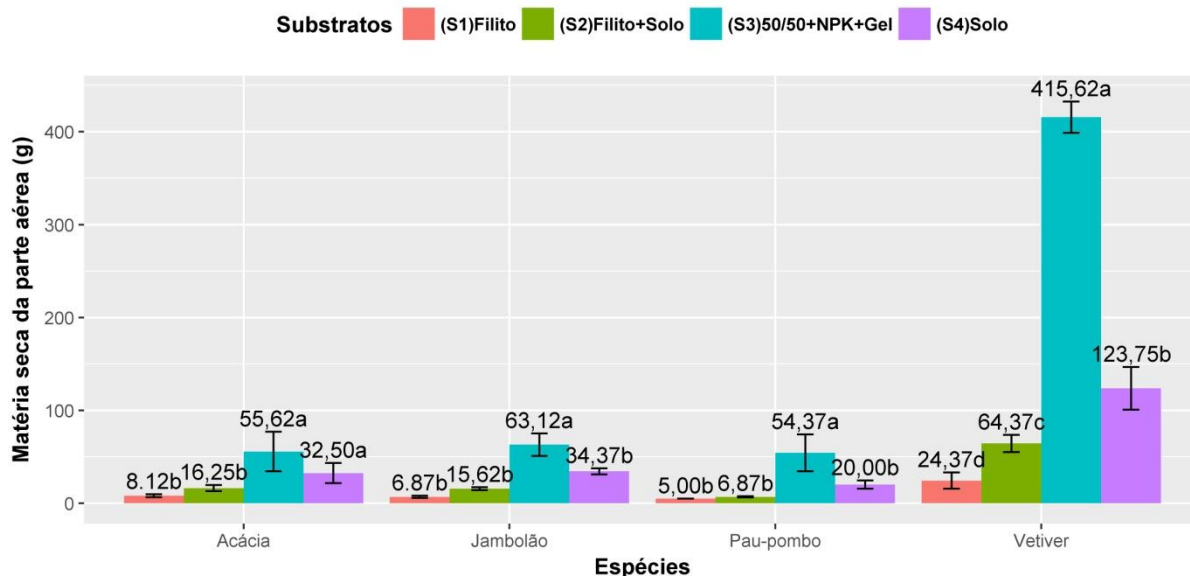
Os resultados da Figura 17 mostram que os substratos S₂, S₃ e S₄ (filito+solo, 50% filito+50% solo+NPK+gel e solo) apresentam-se semelhantes e com maiores comprimentos das raízes do que o substrato 1 (filito).

4.8 Matéria seca parte aérea

4.8.1 Relação matéria seca (parte aérea), espécies, substratos (Efeito espécies x substratos)

Na Figura 18, estão as médias da variável matéria seca da parte aérea (g) do desdobramento de espécies dentro de substratos.

Figura 18- Valores médios de matéria seca da parte aérea para os diferentes substratos dentro de cada espécie de planta



Para a Acácia os valores apresentados nos substratos S₃ (50% filito+50% solo+NPK+gel) e S₄ (solo) são semelhantes e com valores superiores aos apresentados pelo filito (S₁) e o filito+solo (S₂).

As plantas, na interação com o substrato 3, se destacam pelo maior valor de matéria seca da parte aérea apresentada do que na relação destas com os demais substratos.

Os menores valores de matéria seca da parte aérea foram verificados na interação das plantas com o substrato 1 (filito).

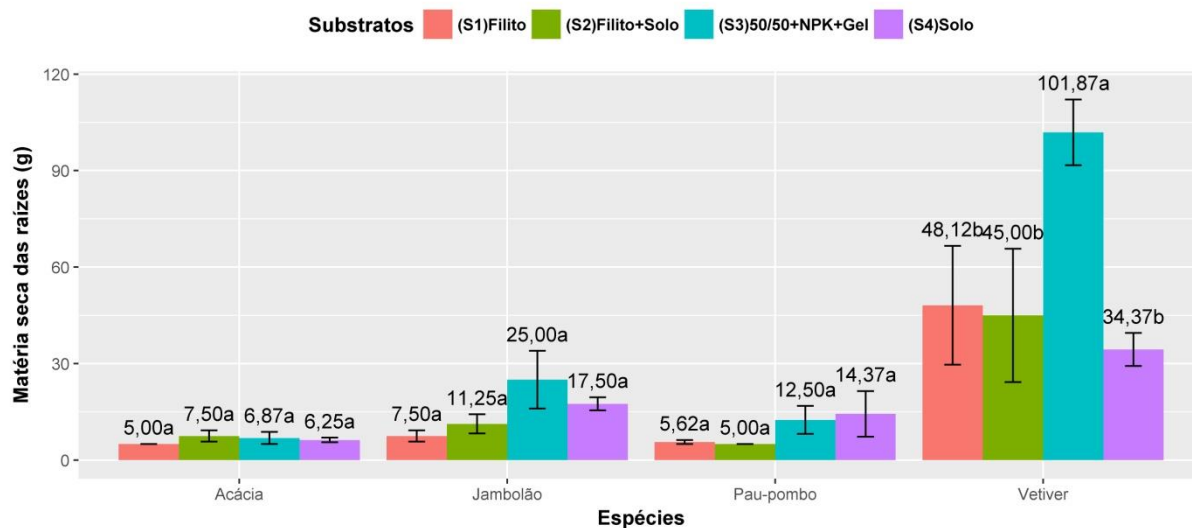
O Vetiver apresenta maior valor de matéria seca da parte aérea na interação desta gramínea com o S₃.

4.9 Matéria seca das raízes

4.9.1 Relação matéria seca das raízes, espécies e substratos (Efeito de espécies x substratos)

Os valores médios de matéria seca das raízes das plantas para os diferentes substratos estão apresentados na Figura 19.

Figura 19- Valores médios de matéria seca das raízes para os diferentes substratos dentro de cada espécie de planta



Pelos resultados, a Acácia, Jambolão e Pau-pombo são iguais estatisticamente em todos os substratos testados.

A relação do Vetiver com o substrato adubado S₃ se destacou em comparação aos demais substratos.

Na interação do Vetiver com todos os substratos foram observados os maiores valores de matéria seca das raízes do que a Acácia, Jambolão e Pau-pombo.

4.10 Teor de NPK parte aérea

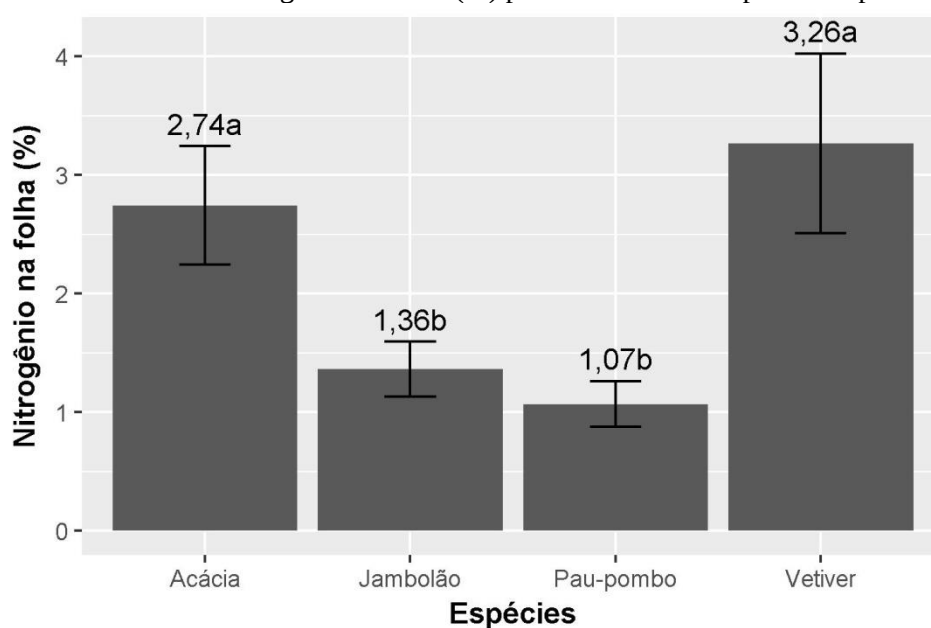
4.10.1 Teor de nitrogênio na folha (%)

Os valores médios percentuais de nitrogênio na folha para as diferentes espécies estão representados na Figura 20.

Os resultados mostram que o Vetiver e a Acácia apresentam valores médios de nitrogênio na folha (%) estatisticamente superiores quando comparados ao Pau-pombo e Jambolão.

Dentro dos diferentes substratos, não houve diferença significativa de N na folha das espécies testadas de acordo com o teste F da análise de variância.

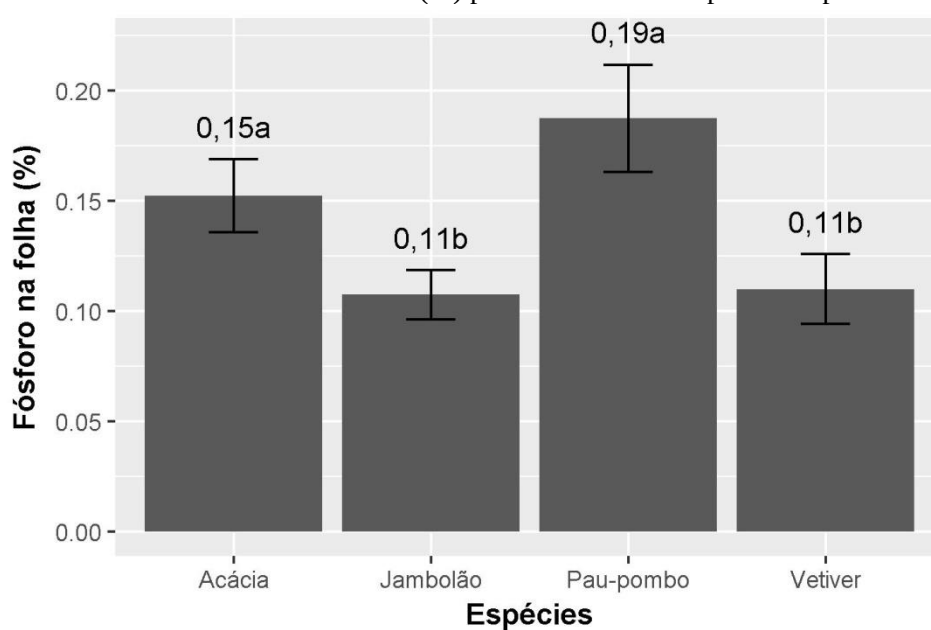
Figura 20- Valores médios de nitrogênio na folha (%) para as diferentes espécies de plantas



4.10.2 Teor de fósforo na folha (%)

Os valores médios de fósforo na folha, para as diferentes espécies estão na Figura 21.

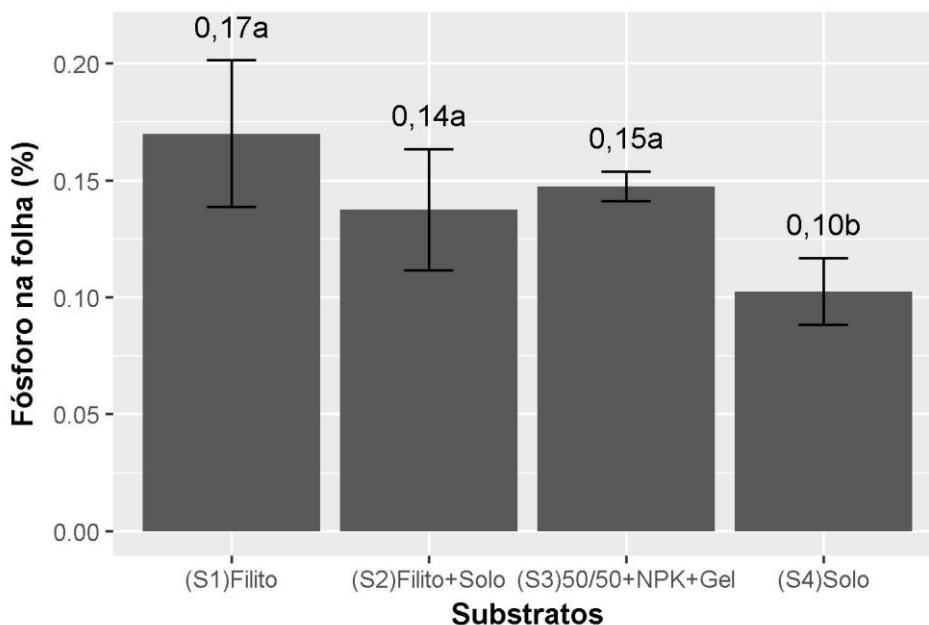
Figura 21- Valores médios de fósforo na folha (%) para as diferentes espécies de plantas



Os resultados mostram que o Pau-pombo e a Acácia apresentam valores médios de fósforo na folha superiores quando comparados ao Jambolão e do Vetiver.

Na Figura 22, os valores médios de fósforo na folha (%) nos diferentes substratos.

Figura 22- Valores médios de fósforo na folha (%) nos diferentes substratos

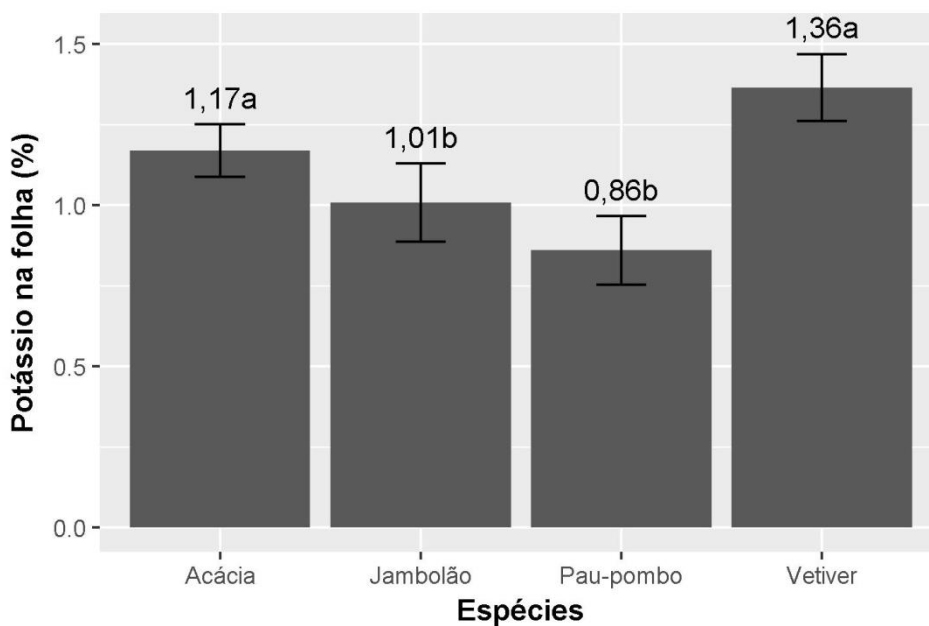


De acordo com os resultados as plantas cultivadas nos substratos 1, 2 e 3 (filito, filito+solo e 50% filito+ 50% solo+NPK+gel) apresentam maiores valores de fósforo na folha do que o S₄ (solo).

4.10.3 Teor de potássio na folha (%)

Os valores médios de potássio na folha para as diferentes espécies estão na Figura 23.

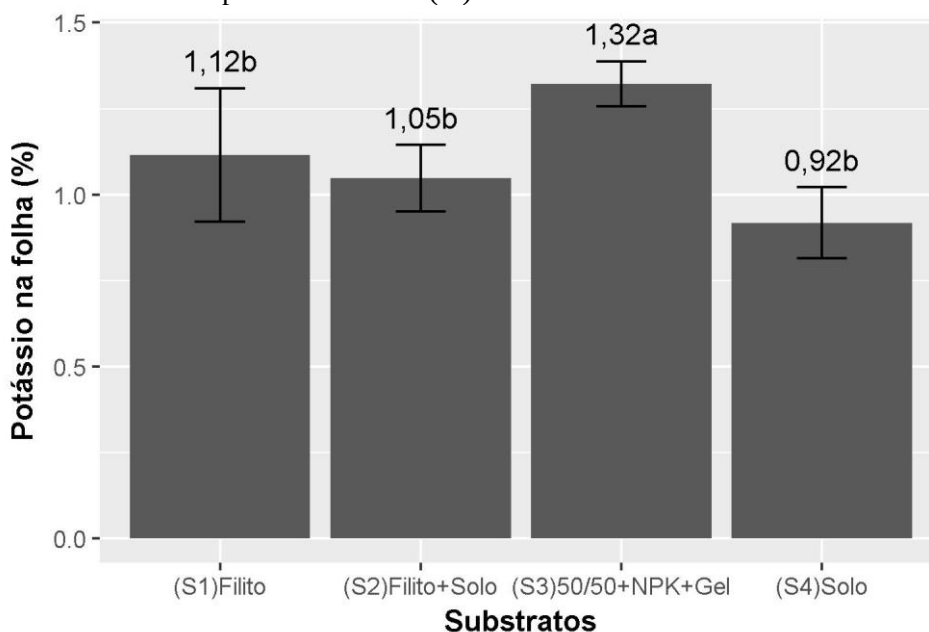
Figura 23- Valores médios de potássio na folha (%) para as diferentes espécies de plantas



Pelas análises, o Vetiver e Acácia apresentam valores de potássio na folha (%) superiores quando comparados a Jambolão e Pau-pombo.

Na Figura 24, as médias de potássio na folha (%) para os diferentes substratos.

Figura 24- Valores médios de potássio na folha (%) nos diferentes substratos



Nota-se que as plantas, no substrato 3 (50% filito+50% solo+NPK+gel), apresentam maiores valores de potássio na folha (%) do que nos substratos 1, 2 e 4 (filito, filito+solo e solo).

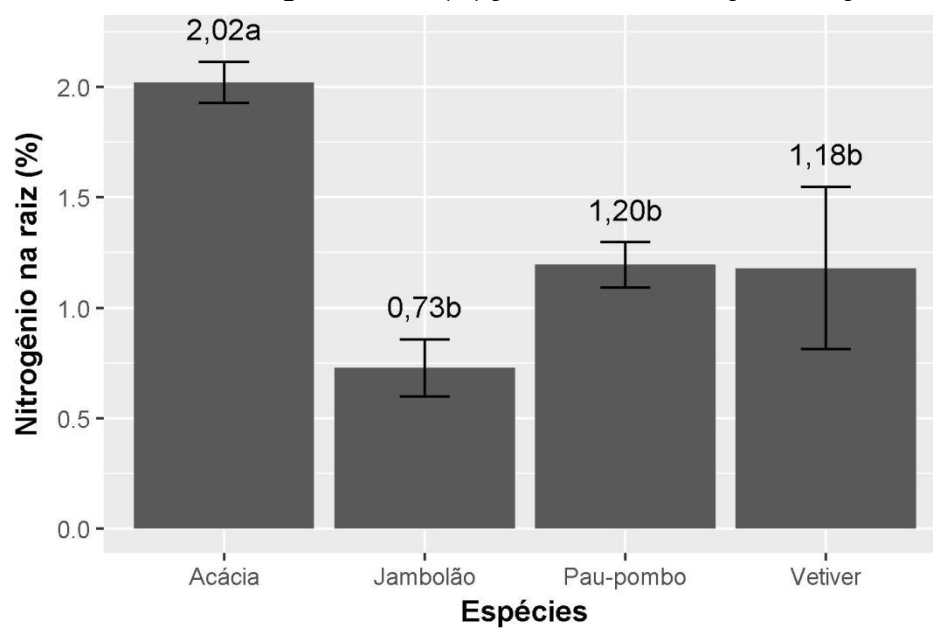
4.11 Teor de nitrogênio na raiz (%)

Os valores médios de nitrogênio na raiz (%) para as diferentes espécies de plantas na Figura 25, a seguir.

De acordo com a Figura 25, os resultados mostram os valores de N na raiz para a Acácia são superiores quando comparados às demais espécies.

Nos substratos testados não foi observada diferença significativa dos percentuais de N na raiz das plantas de acordo com o teste F da análise de variância (Tabela 6).

Figura 25- Valores médios de nitrogênio na raiz (%) para as diferentes espécies de plantas



As discussões dos resultados apresentados, nesta seção, encontram-se descritas a seguir.

5 DISCUSSÃO

5.1 Altura da parte aérea

Os dados deste trabalho comprovam que as características físicas do substrato S₁ (filito) comprometeram o crescimento da altura na parte aérea das plantas de maneira geral.

As espécies testadas responderam positivamente às alterações promovidas pela adubação e pela adição de hidrogel no substrato S₃, principalmente o capim Vetiver.

Em relação ao maior crescimento do Vetiver na interação com o substrato S₃ (filito+solo+NPK+gel), Pereira (2006b), apresenta que esta resposta está associada ao volumoso sistema radicular fasciculado da planta, que a torna mais eficiente na absorção dos nutrientes afetando positivamente no crescimento da parte aérea.

Resultados semelhantes à resposta do Vetiver foram encontrados em Abraão e outros (2015), estes, apresentam que as classes texturais do solo influenciaram na produção de biomassa do Vetiver, solos com textura arenosa apresentaram melhores resultados, propiciando mais biomassa da parte aérea que o solo argiloso (ver TABELA 2).

5.2 Diâmetro do caule

A avaliação desta variável pode não ter se mostrado eficiente para diferenciar as respostas dos tratamentos dado o pouco tempo disponível para o experimento.

Resultados semelhantes para a resposta da Acácia foram registrados por Junio e outros (2012). Estes autores registraram uma redução do incremento do diâmetro do caule da espécie com o aumento das doses de pó-de-rocha de marmoraria aplicados ao solo.

A resposta do Jambolão ao substrato adubado (S₃) corrobora com os resultados apresentados por Cavalcanti (2011). No experimento deste trabalho, plântulas cultivadas em areia, solo e esterco bovino foram favorecidas por maior incremento do diâmetro do caule, 16,1mm contra os 14,7mm verificado no substrato composto por areia e solo apenas.

Fernandes e outros (2000), observaram que o Jambolão apresentou aumento do diâmetro do caule com doses crescentes de adubação fosfatada. Com o fornecimento de P na dosagem de 150 mg kg⁻¹, as plantas atingiram 4mm de diâmetro, atingindo valores próximos a 10 mm quando a dosagem era de 600 mg kg⁻¹. Estes autores ainda apresentam o Jambolão como mais exigente do que as demais espécies testadas no experimento, a Aroeirinha (*Schinus terenbinthifolius* Raddi) e Paineira (*Chorisia speciosa* St. Hill.), sendo indicado para solos com maior disponibilidade de P.

5.3 Relação número de perfilhos do capim Vetiver

A análise da evolução do perfilhamento do capim Vetiver se mostrou interessante visto que possivelmente se correlacionou com as diferentes características dos substratos utilizados no experimento.

O número de perfilhos desta gramínea apresentou um aumento significativo durante o período de 120 dias do experimento. A espécie respondeu bem à adubação e ao hidrogel presentes no substrato S₃, assim como teve seu crescimento afetado pelas adversidades físico-químicas presentes no filito (S₁).

Abraão e outros (2015) destacam que a idade da planta interfere no número de perfilhos. Estes autores observaram que foram necessários mais 60 dias para estabelecer a diferença estatística observada. Nos ensaios destes autores, as mudas cultivadas em solo franco-argiloso apresentaram um maior perfilhamento do que quando comparadas às mudas cultivadas em solo argiloso.

5.4 Número de par de folhas

Em relação ao total de folhas, a Acácia foi a planta que mais sentiu as limitações físico-químicas do substrato 1 (filito).

Tanto no que tange ao incremento do número de par de folhas como do número de perfilhos, a amostragem de dezembro indica que o Vetiver respondeu bem à adição de 2g de sulfato de amônio no substrato adubado (S₃).

Este resultado corrobora com Marques (2011). Este autor apresenta que o Vetiver e outra gramínea testada, a *Echinolaena inflexa* (Capim-flecha), responderam positivamente à adição de nutrientes, especialmente de N. Nos ensaios deste autor, o Vetiver apresentou alto potencial para revegetação em colúvio de voçoroca.

Duboc e Guerrini (2006), apresentam que o desenvolvimento foliar do Pau-pombo foi afetado pela aplicação de N, indicando elevado requerimento nutricional do pau pombo para o este elemento.

Quanto ao Jambolão, Cavalcanti (2011) argumenta que a espécie se beneficiou dos nutrientes fornecidos pelo substrato composto por areia+solo+esterco, com 12 folhas por planta enquanto no substrato composto por areia e solo apresentou apenas 8 folhas por planta. Este fato coincide possivelmente às exigências fisiológicas apresentadas pela espécie e coincide com as respostas apresentadas pelo crescimento do Jambolão no substrato 3 (50% filito+50% solo +NPK+gel).

5.5 Comprimento das raízes

Nesta fase do experimento, destacou-se a superioridade do comprimento das raízes do Jambolão e do Vetiver em todos os substratos.

O sistema radicular do jambolão e vetiver tiveram crescimento reduzido no substrato S₁ (filito) devido às características físico-químicas do mesmo, notadamente a densidade e a alta concentração de alumínio.

Machado et al., (2014) ressaltam em seus estudos com Pata-de-vaca (*Bauhinia variegata* L.) que o alumínio presente no substrato testado diminuiu a elongação radicular relativa em até 88,6%, na maior dose e a taxa de crescimento relativo da raiz decresceu conforme o incremento das doses de Al.

Nesta fase do experimento, por ocasião da limpeza das raízes para a avaliação das parcelas, os tratamentos com a espécie *Acacia mangium* se destacaram por ter apresentado características de nodulação notadamente na sua interação com o substrato 3. Tal fato tem relação com as características da espécie, uma leguminosa, e sua interação aos nutrientes presentes no S₃, conforme será demonstrado mais adiante.

5.6 Matéria seca da parte aérea

Na avaliação da variável matéria seca parte aérea, as plantas também tiveram seu aumento de massa atingido pelas limitações físico-químicas presentes no filito (S₁).

A gramínea Vetiver se destaca com maior valor de matéria seca da parte aérea do que as demais espécies especialmente na sua interação com o substrato adubado (S₃).

Abreu e outros (2014), descrevendo a resposta do Vetiver em rejeito de mineração de ferro, demonstraram que os substratos compostos por rejeito+fertilizante (NPK formulação 4-14-8) e adubação orgânica apresentaram valores mais elevados para altura do colmo, massa fresca e massa seca (parte aérea) e comprimento da raiz.

5.7 Matéria seca das raízes

Esta etapa do experimento foi marcada pela superioridade do vigor da raiz do Vetiver principalmente na interação da espécie ao S₃. (50% filito+ 50% solo+NPK+gel)

As demais espécies tiveram seu crescimento em volume de raiz afetado pelas limitações físico-químicas do filito (S₁).

Diversos estudos apresentam limitações no desenvolvimento das plantas provocados pelo alumínio fitotóxico como o que acontece nas áreas mineradas pelo leucoxilito.

Em um experimento com mudas de goiabeira (*Psidium guajava* L.), os sintomas visuais de fitotoxidez, associados à diferentes dosagens de Al, apresentaram-se pela menor altura das plantas, ausência de ramificação, menor diâmetro do caule (SALVADOR et al., 2000).

Pedrotti e outros (2003) argumentam que o Al é o terceiro elemento mais abundante na crosta terrestre. Importante componente das rochas e dos solos, incluindo-se minerais de argila, tais como: caulinita ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$), gibbsita ($\text{Al}(\text{OH})_3$) entre outros. É um dos principais fatores que reduzem o crescimento das plantas em solos ácidos. Embora seja geralmente inofensivo para o crescimento das plantas em solos de pH neutro, a concentração em solos ácidos de Al^{3+} aumenta o nível de cátions e inibe o crescimento da raiz. A maioria dos solos ácidos estão saturados de alumínio ao invés de íons de hidrogênio.

De acordo com Macedo e outros (2011), a presença de Al perturbou o desenvolvimento de mudas de Pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.) afetando o crescimento da planta pelo escurecimento nos pontos de crescimento das raízes pela ação do Al^{3+} .

5.8 Teor de NPK na parte aérea

Em relação aos teores de N nas folhas da Acácia, Rossi, Azevedo e Souza (2003) registram que a Acácia apresenta simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium* que promove a fixação de nitrogênio, por meio da conversão do N molecular em amônia, fato que também aumenta a absorção fósforo, zinco, cobre, amônio, potássio, sulfato.

Schiavo, Martins e Rodrigues (2009) argumentam que as leguminosas apresentam teores foliares de N obtidos, provavelmente, por meio da fixação biológica de nitrogênio. Estes pesquisadores ressaltam *Acacia mangium* como espécie com potencial de utilização para a recuperação de áreas degradadas visto que as folhas e galhos dessa leguminosa constituirão o material formador da serapilheira, que, depositado sobre o solo, poderá disponibilizar os nutrientes nela presentes.

No tangente às respostas apresentadas pelo Vetiver, os resultados corroboram com Grimshaw, 1990. Este autor sugere que a espécie tenha associado nitrogênio fixando micorrizas, o que explicaria seu crescimento. Neste sentido, Castro (2007) apresenta que a espécie promove fixação biológica de N e do P, através da associação de bactérias e fungos simbióticos presentes no sistema radicular, permitindo a ele vegetar em praticamente qualquer

tipo de terreno, tolerando solos de baixa fertilidade, e com valores extremos de pH, salinidade e toxidez.

5.9 Teor de N na raiz

A superioridade da *Acacia mangium* em relação ao percentual de N na raiz se deve às características fisiológicas da espécie como à nodulação conforme demonstram (JACOB NETO; GOI; SPRENT, 1998) e (TAVARES; FRANCO; SILVA, 2016).

Esse comportamento e a interação natural relacionada podem ser considerados como argumentos que justifiquem seu uso para em um posterior projeto de recuperação da área degradada em questão.

Segundo trabalhos de Balieiro e outros (2004), a Acácia é capaz de mitigar os efeitos da degradação do solo estabelecendo condições para que o processo de sucessão vegetal tenha continuidade, sobretudo, em solos pobres, ácidos e degradados. Neste trabalho foram avaliados a concentração e o conteúdo de N, P, K, Ca e Mg nos tecidos da parte aérea da espécie e na serapilheira acumulada que, devido à baixa velocidade de decomposição deste resíduo, eleva a quantidade de matéria morta sobre o solo. Para recuperação dos sítios degradados de áreas mineradas, a decomposição lenta dos filódios da Acácia somada à elevada capacidade de transferência de nutrientes para a parte aérea, tem importante função da nutrição da superfície através da serapilheira.

Schiavo, Martins e Rodrigues (2009) argumentam que a alta taxa de aporte de serapilheira ao solo por esta leguminosa permite a formação de um reservatório de material orgânico e nutrientes que é fundamental para o processo de revegetação.

6 CONCLUSÕES

O presente trabalho, ao buscar avaliar em casa de vegetação o crescimento das espécies de plantas, procurou compreender a resposta das mesmas a diferentes substratos à base de minério de leuconilito.

As plantas testadas tiveram seu crescimento geral afetado pelas adversidades físicas, químicas e biológicas presentes no leuconilito.

Tal fato comprova que a resiliência das espécies a serem implantadas precisa ser considerada, como também são necessárias alterações edáficas no substrato da área minerada, para a promoção do crescimento efetivo das espécies introduzidas.

Para a *Acacia Mangium*, mesmo com alguns resultados pouco expressivos para algumas das variáveis avaliadas, as repostas apresentadas por esta espécie não devem ser subestimadas.

Esta espécie demonstrou razoável destaque de desenvolvimento, notadamente na sua interação com o substrato adubado (S₃). Com a segunda maior concentração de N na matéria foliar, maior concentração de N na raiz.

Esta espécie apresentou ainda o segundo melhor crescimento em altura da parte aérea além de características de nodulação na raiz.

As maiores limitações de crescimento foram verificadas para a espécie *Tapirira guianensis* (Pau-pombo). Única nativa testada, a espécie, de modo geral, apresentou as piores respostas aos tratamentos como um dos menos expressivos crescimento de parte aérea e da biomassa radicular.

Mesmo com estes resultados, é preciso levar em consideração de testes com outras espécies nativas, mais resilientes, para uma reabilitação mais eficiente da área em questão.

As repostas para algumas variáveis verificadas para o *Syzygium cumini* (Jambolão) tornam, também, esta espécie viável de ser introduzida na área.

O Jambolão apresentou o maior desenvolvimento do diâmetro do caule e o maior desenvolvimento do volume radicular dentre as arbóreas testadas. Em relação ao número de folhas, no substrato adubado, a espécie ocupou a segunda colocação.

Melhoras das respostas da Acácia e do Jambolão podem ser obtidas, por exemplo, através de alterações mais severas nas propriedades adversas do substrato minerado ou da interação destas com outras espécies, testadas em pesquisas futuras.

A espécie *Chrysopogon zizanioides* (capim Vetiver) apresentou as respostas mais eficientes aos tratamentos: melhor desenvolvimento do sistema radicular e da matéria foliar

em geral e, ainda, os melhores resultados de N e K na matéria foliar principalmente no substrato alterado pela adição de fertilizante e de hidrogel.

Apesar das melhores respostas serem apresentadas pelo Vetiver, por se tratar de uma gramínea exótica, seu uso deve ser ponderado, inicialmente na promoção da melhoria das adversidades do substrato minerado.

A introdução de outras espécies em consórcio com o Vetiver, através de um manejo criterioso (principalmente cuidados com a propagação de incêndios, por se tratar de uma gramínea), pode ser interessante para a reabilitação da área minerada.

Cabe ressaltar experimento foi conduzido em casa de vegetação e precisa ser desenvolvido em campo para validar os resultados deste trabalho.

Assim, a efetiva necessidade recuperação da área degradada pela mineração de leucofilito em Bambuí abre precedentes para o teste com outras espécies, principalmente nativas e mais resilientes, como também para a promoção de alterações no substrato desta área minerada advindas de pesquisas desenvolvidas em outras áreas como a Agroecologia, por exemplo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAÃO, N. S.; PINTO, L. V. A.; PEREIRA, M. W. M.; REIS, F. Y.S.; JULIANI, M. S. Análise biométrica mensal do capim Vetiver cultivado em solos de textura argilosa e franco-argilosa. In: 7ª. JORNADA CIENTÍFICA DO IF SUL DE MINAS/4º. SIMPÓSIO DE PÓS-GRADUAÇÃO. 2015. Poços de Caldas-MG. 6p.
- ABREU, I. F. de; DISCACCIATI, G. C. P.; PAULINO, G. M.; GOMES, M. A.; SANTI, M. F. de. Desempenho de mudas *Chrysopogon zizanioides* (Vetiver) em substrato de estéril e de rejeito da mineração de minério de ferro. In: V CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL. 2014. Belo Horizonte-MG. 6p.
- ALMEIDA, D. S. **Plano de recuperação de áreas degradadas (PRAD)**. In: Recuperação ambiental da Mata Atlântica. 3ª ed. Ilhéus, BA: Editus, 2016, 20p.
- ALMEIDA, R. O. P. O. A.; SÁNCHEZ, L. E. Revegetação de áreas de mineração: critérios de monitoramento e avaliação do desempenho. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.1, p.47-54, 2005.
- ALVES, J. E. C.; CLEMENTE, C. V.; RODRIGUES, P. H. V. Polímero hidrorretentor no desenvolvimento inicial da cultura da cana-de-açúcar. **Bioenergia em Revista: Diálogos**, Piracicaba-SP, vol.5/ano5, n.1 p. 66-72. jan./jun. 2015.
- AOUADA, F. A.; MOURA, M. R. de; MENEZES, E. A.; NOGUEIRA, A. R. A.; MATTOSO, L. H. C. Síntese de hidrogéis e cinética de liberação de amônio e potássio. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa-MG, vol.32, no.4. p. 1643-1649. SEÇÃO IV- Fertilidade do solo e nutrição de plantas. jul./ago. 2008.
- AQUINO, F. G.; OLIVEIRA, M. C.; RIBEIRO, J. F.; PASSOS, F. B. **Módulos para recuperação do cerrado com espécies nativas de uso múltiplo**. Planaltina-DF: EMBRAPA Cerrados, 2009. 50 p.
- BACCI, D. L. C.; LANDIM, P. M. B.; ESTON, S. M. Aspectos e impactos ambientais de pedreira em área urbana. **REM- Revista Escola de Minas**, Ouro Preto- MG, v. 59, n.1, p. 47-54, jan./mar. 2006.
- BALIEIRO, F. C.; DIAS, L.E.; FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F. C.; FARIA, S. M. Acúmulo de nutrientes na parte aérea, na serapilheira acumulada sobre o solo e decomposição de filódios de *Acacia mangium Willd.* **Ciência Florestal**, Santa Maria-RS: v.4, n.1, p. 59-65. 2004.
- BARBOSA, R. R. **Agroindústria canavieira e desenvolvimento local, Bambuí- MG**. 2011. 105 f. Dissertação de Mestrado- Universidade Federal de Viçosa- UFV. 2011.
- BARRETO, M. L. **Mineração e desenvolvimento sustentável: Desafios para o Brasil**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2001. 215p.
- BARROS, Dalmo Arantes de. **Campos de altitude sobre interferência na mineração de bauxita no planalto de Poços de Caladas- MG**. 2014. 141 f. Tese de Doutorado- Universidade Federal de Lavras- UFLA. 2014.

BATISTA, M. de A.; PAIVA, D. W. de; MARCOLINO, A. (Org.). **Solos para todos:** perguntas e respostas. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2014. 87 p.

BIONDI, J. C.; MARCZYNSKI, E. S. Caracterização física e química dos filitos Açungui (PR) visando sua utilização pela indústria cerâmica. **Cerâmica**, Curitiba, PR. Vol.50. p. 21-32. 2004.

BITAR, O. Y. **Avaliação da recuperação de áreas degradadas por mineração na Região Metropolitana de São Paulo**. 1997. 185 f. Tese de Doutorado- Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Minas- USP. 1997.

BOGARIM, E. P. A. **Uso do hidrogel em plantas nativas, visando aplicação em áreas degradadas**. 2014. 48 f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD. 2014.

BORGES, L. A. F. **Gerenciamento ambiental de projetos de mineração** : um estudo de caso. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Ouro Preto. Departamento de Engenharia Mineral. Programa de Pós-graduação em Engenharia Mineral. 2009. 76f.

BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C. Métodos silviculturais para recuperação de nascentes e recomposição de matas ciliares. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS: ÁGUA E BIODIVERSIDADE, 5, 2002, Belo Horizonte. Anais do V Simpósio nacional sobre recuperação de áreas degradadas: água e biodiversidade. Belo Horizonte, 2002. p. 123-145.

BRASIL. **Decreto nº 97.632/1989, de 10 de abril de 1989**. Dispõe sobre a regulamentação do Artigo 2º, inciso VIII, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, e dá outras providências. Presidência da República Casa Civil Subchefia para Assuntos Jurídicos.

_____. Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). **Portaria nº 237 de 18 de outubro de 2001**- Determina a publicação das Normas Regulamentadoras da Mineração (NRM). Brasília, 18 out 2001.

CADERNOS DE TERMINOLOGIA, nº 04, 2011. Glossário de revestimento cerâmico. Disponível em:
<<http://citrat.fflch.usp.br/sites/citrat.fflch.usp.br/files/u10/Cadernos%2004%20final.pdf>>.
Acesso em 3 de dezembro de 2016.

CASTRO, P.T.C. **Cobertura vegetal e indicadores microbiológicos de solo em talude revegetado**. 2007. 52 f. Dissertação de Mestrado. Universidade federalde Viçosa- UFV, Viçosa-MG. 2007.

CAVALCANTI, N. B. Crescimento inicial de plantas de Jambolão (*Syzygium jambolanum* Lam.) em diferentes substratos. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal-SP. vol.8, n.4, p.164-182, out./dez. 2011.

CHAVES, T. A.; ANDRADE, A. G. **Capim Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*): Produção de mudas e uso no controle da erosão e na recuperação de áreas degradadas**. Niterói: Manual Técnico 39. Programa Rio Rural, 2013. 18 p.

COELHO, J. A.; BATALIONE, G. Avaliação do comportamento de argamassas de assentamento e de revestimento externo produzida com a adição de filito. In: IV SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS/IFG. 2010. Inhaúmas-GO. 4 p.

COMIG- COMPANHIA MINERADORA DE MINAS GERAIS/ CPRM- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS /SGB- SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Mapa geológico do Estado de Minas Gerais**, Belo Horizonte-MG, 2003. Escala:1:1.000.000. Belo Horizonte: COMIG, 2003.

CORRÊA, R. S. **Recuperação de áreas degradadas pela mineração no Cerrado**. Manual Para Revegetação. Brasília- DF. 2007. 173 p.

COSTA, G. S., FRANCO, A. A., DAMASCENO, R. N., FARIA, S. M. Aporte de nutrientes pela serapilheira em uma área degradada e revegetada com leguminosas arbóreas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa- MG, v.28. p. 919-927, 2004.

DIAS, C. F. S.; MANCIN, R. C.; PIOLI, M. S. M. B. (orgs.). **Gestão para a sustentabilidade na mineração: 20 anos de História**. Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM). 1ª. ed. Brasília- DF. 2013. 168 p.

DICIONÁRIO LIVRE DE GEOCIÊNCIAS, Filito. 2016. Disponível em: < <http://www.dicionario.pro.br/index.php/Filito> >. Acesso em 3 de julho de 2016.

DUBOC, E.; GUERRINI, I. A. **Desenvolvimento inicial e nutrição do Pau-pombo em resposta à fertilização com nitrogênio e fósforo**. Embrapa Cerrados, 2006. 18 p.

FERNANDES, L. A.; FURTINI NETO, A. E.; FONSECA, F. C.; VALE, F. R. Crescimento inicial, níveis críticos de fósforo e frações fosfatadas em espécies florestais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília- DF, v.35, n.6, p.1191-1198, jun. 2000.

FERNANDES, P. A.; PESSÔA, V. L. S. O cerrado e suas atividades impactantes: uma leitura sobre o garimpo, a mineração e a agricultura mecanizada. **OBSERVATORIUM: Revista Eletrônica de Geografia**, v. 3, n. 7, p. 19-37, 2011.

FERREIRA, R. R. M.; FERREIRA, V. M. (coords.). **Apostila Técnica de Estabilização de Voçorocas**. Nazareno- MG: Centro Regional Integrado de Desenvolvimento Sustentável, 2009. 20 p.

FONSECA, F. F.A. **Análise ambiental: uma visão multidisciplinar**. Mineração e ambiente: in: TAUKE-TORNISIELO, S. M.; GOBBI, N.; FOWLER, H. G. (orgs.). 1995. São Paulo: UNESP. 206 p.

FOSCHINI, Regina Célia; RIBEIRO, C. A. G.; SALVADOR, N. N. B. Legislação ambiental sobre recuperação de áreas degradadas pela exploração de minérios e o uso do mecanismo da caução. In: ANAIS DO IV CONGRESSO DE MEIO AMBIENTE DA AUGM.2009. São Carlos-SP. 14p.

FREITAS, V. L. O. **Restauração de áreas degradadas pela extração de ardósia, utilizando seus rejeitos, no município de Papagaio, Minas Gerais**. 2012. 116 f. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

FUNATURA (Fundação pró- natureza). **Estudos técnicos para subsidiar a proposta de criação do Parque Estadual Serra da Prata**. Estudos Técnicos. Meio Físico. Brasília- DF. 2012. 35 p.

GRIMSHAW, R. G. **Vetiver Grass**. The Hedge: Against. 1990. 78p

IBGE. Atlas nacional do Brasil Milton Santos. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=310510>>. Acesso em: 02/04/2016.

JACOB NETO, J; GOI, S. R.; SPRENT, J. I. Efeito de diferentes formas de nitrogênio na nodulação e crescimento de *Acacia mangium*. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, vol.5(1). p.104-110. jan./dez. 1998.

JUNIO, G. R. Z.; SAMPAIO, R. A.; PRATES, F. B.S.; FERNANDES, L. A.; NASCIMENTO, A. L. Crescimento de cedro e de leguminosas arbóreas em área degradada, adubado com pó-de-rocha. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 2, p. 159-165, mar./jun. 2012.

LEITE, G. A.; FREITAS, P. S. C.; MEDEIROS, L. F.; MEDEIROS, P. V. Q.; MENDONÇA, V. Adubação nitrogenada na produção de mudas de *Syzygium cumini* L. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável/Grupo Verde de Agricultura Alternativa**, Mossoró- RN. vol.5, n.4, p. 164 -169, out./dez. 2010.

LORENZI, Harri. **Árvores brasileiras**: Manual de identificação de plantas arbóreas do Brasil, vol.1.Nova Odessa-SP. Instituto Plantarum, 2002. 384 p.

_____. **Árvores brasileiras**: Manual de identificação de plantas arbóreas do Brasil, vol.2. Nova Odessa-SP. Instituto Plantarum, 2002. 384 p.

_____. **Árvores Exóticas no Brasil**: madeireiras, ornamentais e aromáticas. Nova Odessa, SP. 2003. 384 p.

MACEDO, F. L.; PEDRA, W. N.; SILVA, S. A.; BARRETO, M. C.V.; SILVA-MANN, R. Efeito do alumínio em plantas de Pinhão-Manso (*Jatropha curcas* L.), cultivadas em solução nutritiva. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina-PR: v. 32, n. 1, p. 157-164, jan./mar. 2011.

MACHADO, A.L.; JACOB NETO, J.; VASCONCELOS FILHO, S.C. **Efeito da toxidez de alumínio em plântulas de *Bauhinia variegata* L. (Pata-de-vaca)**. 2014.11 p. Disponível em: <<http://sbau.web2204.uni5.net/Arquivos/21295.pdf>>.

MALAVOLTA, E. VITTI, G. C. OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do Estado Nutricional das plantas**: princípios e aplicações dos autores. 2ª ed., POTAFOS, 1997. 319p.

MARQUES, T. E. D. **Uso de gramíneas em consórcio com leguminosas para recuperação de voçorocas**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Ouro Preto. Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Biomas Tropicais. 2011. 83p.

MARQUES, T. E. D.; BAÊTA, H. E.; LEITE, M. G. P.; MARTINS, S. V.; KOZOVITS, A. R. Crescimento de espécies nativas de cerrado e de *Chrysopogon zizanioides* em processos de revegetação de voçorocas. **Ciência Florestal**, Santa Maria- RS. vol. 24, n. 4, p. 843-856, out./dez. 2014.

MELO, L. G. A.; THAUMATURGO, C. Filito: Um material estratégico para fabricação de novos cimentos. **Revista Militar de Ciência e Tecnologia**, Rio de Janeiro. Volume XXIX. 2º trimestre de 2012. Rio de Janeiro. 24 p.

MINAS GERAIS. GUIA TÉCNICO PARA ATUAÇÃO DO MINISTÉRIO PÚBLICO NO LICENCIAMENTO AMBIENTAL DE ATIVIDADES DE MINERAÇÃO. Revista do Instituto Florestal (2012), pp. 1–62.

MINERAÇÃO ITAPEVA. O Filito. Disponível em:
<<http://www.mineracaoitapeva.com.br/extracao.asp>>. Acesso em: 03/12/2016.

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. Disponível em:
<http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/outras-noticas/_asset_publisher/32hLrOzMKwWb/content/setor-mineral-alcanca-superavit-comercial-de-us-15-3-bilhoes-em-2015>. Acesso 22/08/2017.

MORETO, A. L. R. **Características química, mineralógica e tecnológica dos filitos da região de Itapeva-SP empregados na indústria de cerâmica**. 2006. 106 f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná, Curitiba- PR. UFPR. 2006.

MUSEU DE MINERALOGIA DA UNESP. Os filossilicatos. Disponível em:
<<http://www.rc.unesp.br/museudpm/banco/silicatos/filossilicatos/filossilicatos.html>> Acesso em: 01/12/2016.

NIMER, E.; BRANDÃO, A. M. P. M. **Balanço Hídrico e Clima da região do Cerrado**. Rio de Janeiro- RJ: IBGE, 1989. 162 p.

OLIVEIRA, G. C. **Solos da região dos cerrados: reconhecimento na paisagem, potencialidades e limitações para uso agrícola**. Lavras- MG: Universidade Federal de - UFLA. Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão - FAEPE. Lavras/MG. 2009. 69 p.

OLIVEIRA, M. C.; OGATA, R. S.; ANDRADE, G. A.; SANTOS, D. S.; SOUZA, R. M.; GUIMARÃES, T. G.; SILVA JÚNIOR, M. C.; PEREIRA, D. J. S.; RIBEIRO, J. F. **Manual de viveiro e produção de mudas: espécies arbóreas nativas do Cerrado**. Brasília- DF: Editora Rede de Sementes do Cerrado, 2016. 128 p.

PEDROTTI, A.; FERREIRA, M. M.; CURI, N.; SILVA, M. L. N.; LIMA, J. M.; CARVALHO, R. Relação entre atributos físicos, mineralogia da fração argila e formas de alumínio no solo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa-MG. 27:1-9. SEÇÃO I - FÍSICA DO SOLO. 2003.

PEREIRA, A. R. **Como selecionar plantas para áreas degradadas e controle de erosão.** Fapi, 2006. 88p. a.

_____. Uso do Vetiver na Estabilização de Encostas e Taludes. **Boletim Técnico DeFlor.** Belo Horizonte-MG. v.1. n.3. 2006. 22 p. b.

PÉREZ, C. A. S.; ARDISSON, J. D.; BONATTO, D. Caracterização de caulim do município de Quatro Irmãos-RS. **Revista CIATEC-UPF**, Passo Fundo-RS. vol.5, p.35-43. 2013.

R CORE TEAM. R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. 2016. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em: 7 de janeiro de 2017.

REIS, L. L. **Monitoramento da recuperação ambiental de áreas de mineração de bauxita na Floresta Nacional de Saracá-Taquera, Porto Trombetas-PA.** 2006. 175 f. Tese de Doutorado. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Agronomia. 2006.

REIS, N. L.; BARRETO, M. L. **Desativação de empreendimento mineiro no Brasil.** São Paulo: Signus, 2001. 40 p.

REVISTA MINÉRIOS. Ranking geral produção em toneladas. Serviço Geológico do Brasil. Disponível:[http://revistaminerios.com.br/Conteudo/Arquivos/Mat/files/Ranking%20Geral%20Producao%20ROM\(1\).pdf](http://revistaminerios.com.br/Conteudo/Arquivos/Mat/files/Ranking%20Geral%20Producao%20ROM(1).pdf). Acesso em: 25/11/2016.

RIGUEIRA, D.; SANTANA, J. (ilustr.). **Como restaurar sua floresta.** Mucugê/BA: Conservação Internacional (CI-Brasil); Secretaria do Meio Ambiente- Governo do Estado da Bahia (Sema); Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Inema), 2015. 20 p.

RIZZINI, C. T. **Tratado de fitogeografia do Brasil**, 2a ed. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural Edições. 1997. 747p.

RODRIGUES, C. M. **Eficiência na adoção de medidas para recuperação de áreas degradadas no estado de São Paulo.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em “Sustentabilidade na Gestão Ambiental” na UFSCar *campus* Sorocaba/SP. Sorocaba 2013. 89p.

ROSSI, L. M. B. ; AZEVEDO, C. P.; SOUZA, C. R. **Acacia mangium.** Manaus-AM: Embrapa Amazônia Ocidental. Documentos; 28. 2003. 29 p.

SALVADOR, J. O.; MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E. CABRAL, C. P. Influência do alumínio no crescimento e na acumulação de nutrientes em mudas de goiabeira. **Revista Brasileira de Ciências do Solo.** Viçosa- MG, 24:787-796, 2000.

SCHIAVO, J. A.; MARTINS, M. A. Produção de mudas de Acácia colonizadas com micorrizas e rizóbio em diferentes recipientes. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília-DF. v.38, n.2, p. 173-178. fev./2003.

_____. **Revegetação de áreas degradadas pela extração de argila, com espécies micorrizadas de *Acacia mangium*, *Sesbania virgata* e *Eucalyptus camaldulensis*.** 2005. 117

f. Tese de Doutorado. Campos dos Goytacazes/RJ. Universidade Estadual do Norte Fluminense. Darcy Ribeiro – UEN. mar. 2005.

_____; MARTINS, M. A.; RODRIGUES, L. A.. Avaliação nutricional de mudas de *Acacia mangium*, *Sesbania virgata* e *Eucalyptus camaldulensis* inoculadas com fungos micorrízicos, em casa-de-vegetação e em cava de extração de argila. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 31, n. 4, p. 701-707, 2009.

SIGMINE- DNPM. Sistema de Informações Geográficas da Mineração. Departamento Nacional de Produção Mineral. Disponível em; <www.sigmine.dnpm.gov.br/webmap>. Acesso em: 03/12/2016.

SOUZA, D. A. de; RODRIGUES, S. C. Caracterização geomorfológica da Serra da Canastra e entorno-MG. In: I SIMPÓSIO MINEIRO DE GEOGRAFIA UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS, 2014, Alfenas, maio de 2014. p.88-103.

TAKANE, R.J.; SIQUEIRA, P.T.V.; KÄMPF, A.N. de. Técnicas de preparo de substratos para aplicação em horticultura (olericultura e fruticultura) LK Editora & Comunicação: Brasília, 2012. 100p.

TAVARES, S. R. L.; FRANCO, A. A.; SILVA, E. M. R. Produção de mudas de *Acacia mangium* Willd. noduladas e micorizadas em diferentes substratos. **HOLOS**, v. 4. ano 32, p. 56-66, 2016.

TAVEIRA, A. L. S. **Provisão de recursos financeiros para o fechamento de empreendimentos mineiros**. 2003. 209 f. São Paulo. Tese de Doutorado - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo. 2003.

TONIDANDEL, R. P. **Aspectos legais e ambientais do fechamento de mina no estado de Minas Gerais**. Dissertação de Mestrado. 2011. 146 f. Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte-MG, fev. 2011.

VALERA, T. S.; RIBEIRO, A. P.; VALENZUELA-DÍAZ, F. R., YOSHIGA, A.; ORMANJI, W.; TOFFOLI, S.M. The effect of phyllite as a filler for PVC plastisols. In: ANNUAL TECHNICAL CONFERENCE, SOCIETY OF PLASTICS ENGINEERS. Universidade de São Paulo. 2002. 5 p.

VEIGA, R. A. A.; CARVALHO, C. M.; BRASIL, M. A. M. Determinação de equações de volume para árvores de *Acacia mangium* Willd. **Cerne**, Lavras-MG v. 6, n. 1, p. 103-107, 2000.

VÉRTICA PARTICIPAÇÕES, O Filito. Disponível em; <<http://www.verticapar.com/>>. Acesso em: 03/12/2016.

VIANA, M. B.; BURSZTYN, M. A. A. Regularização ambiental de minerações em Minas Gerais. **REM- Revista Escola de Minas**, Ouro Preto- MG, v. 63, abr./jun. p. 363-369. 2010.

ANEXOS:

ANEXO A- Análise do filito no Laboratório de Solos do IFMG.



INSTITUTO FEDERAL
MINAS GERAIS
Campus Bambuí

INSTITUTO FEDERAL - CAMPUS BAMBUÍ
FAZENDA VARGEM HA
Estrada Bambuí / Montes, Km. 95 - Caixa Postal 05
CEP: 38.900-000 - Bambuí-MG
Telefone / Fax - Lab. Solos: (31) 3431-4841
e-mail: solos.bambui@ifmg.edu.br

LABORATÓRIO DE ANÁLISE DE SOLOS

Lauda Nº: 116/2016

Proprietário: EMERSON RODRIGUES PIMENTEL

Propriedade: FILITUS

Município: Bambuí - MG

Convênio: PARTICULAR

Data Entrada: 08/04/2016

Data Saída: 14/04/2016

Telefone: () -

Cod. Lab.	Descrição Amostra	pH	P(melh)	K	Ca	Mg	Al	H + Al
		H ₂ O	mg / dm ³	mg / dm ³	mg / dm ³	mg / dm ³	mg / dm ³	mg / dm ³
317	AMOSTRA 1	5,2	0,3	25,0	0,16	0,04	3,10	6,54

Cod. Lab.	SB	t	T	V	m	M.O.	C.O.	Ca/T	Mg/T	K/T	H+Al/T	Ca+Mg/T	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	Ca+Mg/K
	cmol/dm ³	cmol/dm ³	cmol/dm ³	%	%	dag/Kg	dag/Kg	Relações Entre Bases (T) %				Relações Entre Bases				
317	0,3	3,4	6,8	3,8	92,3	0,00	0,00	2	1	1	96	3	4	3	1	3,30

Cod. Lab.	P(rem)	B	Cu	Fe	Mn	Zn	S	Areia	Argila	Silte	Classificação
	mg/L	mg / dm ³	mg / dm ³	mg / dm ³	mg / dm ³	mg / dm ³	mg / dm ³	dag/Kg = %	dag/Kg = %	dag/Kg = %	
317	29,1	0,14	0,20	4,90	0,40	0,10	3,89	3,10	40,00	56,90	Argilosa

ns = não solicitado
P - K - Fe - Zn - Mn - Cu - Extrator Mehlich
1Ca - Mg - Al - Extrator KCl - 1 mol/L
H + Al - Extrator SMP
B - Extrator água quente
S - Extrator - Fósforo monoclásico em ácido acético
SB = Soma de Bases Trocáveis

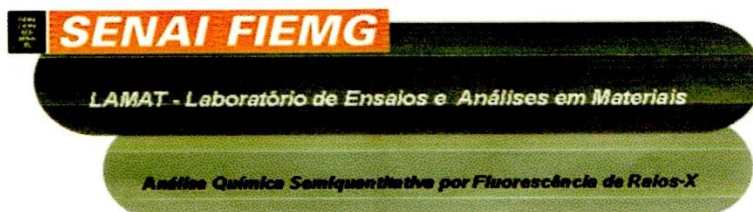
CTC (t) - Capacidade de Troca Catiônica Efetiva
CTC (T) - Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0
TV = Índice de Saturação de Bases
m = Índice de Saturação de Alumínio
Mat. Org. (M.O.) - Oxidação: $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 4N + H_2SO_4 10N
P (rem) = Fósforo Remanescente

OBS:
Consulte Engº Agrônomo para recomendação de adubação e adubação.
A amostragem de solo não é de responsabilidade do laboratório.
Este laudo não tem fins jurídicos.
Após noventa dias todas as amostras serão descartadas.

Li Chaves Miranda

Responsável Técnico
38277/D

ANEXO B- Análise do filito no Laboratório do SENAI.



Relatório nº 11151/2014

Solicitante: CÉSAR VIEIRA DE FARIAS
Endereço: Rua João Paim, 202 - Sagrado Coração - Bambui - MG
Material: Material Não Metálico
Identificação: Material: Caulim - Filito Branco
do Cliente:

Elementos	Concentração	Unidade	Elementos	Concentração	Unidade
Óxido de Silício (SiO ₂)	57,0244	%	ND	ND	%
Óxido de Alumínio (Al ₂ O ₃)	32,5686	%	ND	ND	%
Óxido de Potássio (K ₂ O)	5,5186	%	ND	ND	%
Óxido de Ferro (Fe ₂ O ₃)	1,7345	%	ND	ND	%
Óxido de Magnésio (MgO)	1,5627	%	ND	ND	%
Óxido de Titânio (TiO ₂)	1,3378	%	ND	ND	%
Óxido de Fósforo (P ₂ O ₅)	0,0614	%	ND	ND	%
Óxido de Bário (BaO)	0,0608	%	ND	ND	%
Óxido de Zircônio (ZrO ₂)	0,0383	%	ND	ND	%
Óxido de Cromo (Cr ₂ O ₃)	0,0290	%	ND	ND	%
Óxido de Rubídio (Rb ₂ O)	0,0172	%	ND	ND	%
Óxido de Manganês (MnO)	0,0165	%	ND	ND	%
Óxido de Cálcio (CaO)	0,0122	%	ND	ND	%
Óxido de Nióbio (NbO)	0,0072	%	ND	ND	%
Óxido de Estrôncio (SrO)	0,0064	%	ND	ND	%
Óxido de Níquel (NiO)	0,0045	%	ND	ND	%
ND	ND	%	ND	ND	%
ND	ND	%	ND	ND	%
ND	ND	%	ND	ND	%
ND	ND	%	ND	ND	%
ND	ND	%	ND	ND	%
ND	ND	%	ND	ND	%
ND	ND	%	ND	ND	%
ND	ND	%	ND	ND	%

Este relatório contém resultados que se referem exclusivamente às amostras enviadas pelo solicitante e só deve ser reproduzido por completo, sendo que a reprodução de partes requer aprovação escrita do LAMAT.

Observações:

- * ND - Não Determinado
- * Temperatura máxima do laboratório: 25°C.
- * Método utilizado - Espectrometria Semiquantitativa por Fluorescência de Raios-X.
- * Equipamento utilizado - Espectrômetro por Fluorescência de Raios-X.
- * Esta análise é apenas orientativa, não deve ser usada para base de cálculos.

Recepção	Realização	Emissão	Analista	Responsável
17/10/2014	21/10/2014	21/10/2014	Selene Nogueira Laboratorista-CRQ 02100443 2ª	Selene Nogueira Laboratorista-CRQ 02100443 2ª

Responsável Técnico LAMAT: João Pousa Alves Filho, CREA-MG 0000168139D

SENAI Itaúna CETEF Marcelino Corradi
Rua Lília Antunes, 99 - Bairro: Nogueira Machado - CEP: 35680-270
Itaúna - MG - Fone: (37) 3249-2400
Página 1 de 1