

ANA CLAUDIA CASARA

**RESPOSTA DO CEDRO AUSTRALIANO À INOCULAÇÃO COM
FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-graduação em Ciência do Solo do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciência do Solo.

Orientador: Prof^o. Dr. Julio Cesar Pires Santos
Coorientador: Prof^o. Dr. Osmar Klauberg Filho

LAGES, SC, 2016

Casara, Ana Claudia

Resposta do cedro australiano à inoculação com fungos micorrízicos arbusculares / Ana Claudia Casara – Lages, 2016.

104p. : il. ; 21 cm

Orientador: Julio Cesar Pires Santos

Bibliografia: p. 81-100

Dissertação (mestrado) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Lages, 2016.

1. Cedro australiano. 2. Crescimento de mudas. 3. Qualidade de mudas.
4. Fungos micorrízicos arbusculares. I. Casara, Ana Claudia. II. Santos, Julio Cesar Pires. III. Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. IV. Título

Ficha catalográfica elaborada pelo aluno

ANA CLAUDIA CASARA

**RESPOSTA DO CEDRO AUSTRALIANO À INOCULAÇÃO COM
FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Ciência do Solo, do
Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de
Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre
em Ciência do Solo.

Banca examinadora

Orientador: _____

Prof. Dr. Julio Cesar Pires Santos
Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC - Lages

Membro: _____

Prof. Dr. Silmar Primieri
Instituto Federal de Santa Catarina - IFSC - Lages

Membro: _____

Profa. Dra. Gessiane Ceola
Centro Universitário Facvest - UNIFACVEST

Lages-SC, 30/11/2016

À minha família, especialmente à
minha avó Lorina Almeida Mocelin, dedico.

AGRADECIMENTOS

Ao Centro de Ciências Agroveterinárias CAV – UDESC pela oportunidade da realização do mestrado.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

À Deus, por me abençoar muito mais do que eu mereço.

Aos meus pais José e Ivanir que, apesar de tudo, sempre estiveram ao meu lado nos momentos bons e, principalmente, nos ruins.

À minha amiga-irmã Camilla Ampessan, por toda paciência que ela tem comigo e por mostrar ser uma pessoa de caráter.

Ao professor orientador e pai Julio Cesar Pires Santos, pela oportunidade de crescimento, ensinamentos, confiança, orientação, amizade e incentivo.

À Epagri-Lages, pela estrutura e apoio para a realização de parte deste estudo, em especial os engenheiros Murilo Dalla Costa e a estagiária Cleisi pela dedicação e tempo dados para auxiliar na execução deste estudo.

Ao Técnico Matheus Machado e ao professor Ederson Rodrigues, pelo auxílio nas análises.

Às amigas especiais da Ecologia do Solo Gessiane Ceola, Janaina Mattge Bröring, Gilvani Mallmann (minha linda dupla de docência), Ana Paula Maccari, Rafela Peron e Ana Carolina Lovatel pela enorme ajuda e ensinamentos a me dar um norte.

Aos meus amigos do peito Letícia Moro, Diego Roters Gustavo de Oliveira e Luiz Rauber, pela amizade e apoio durante todo o mestrado.

Aos demais amigos dos laboratórios de Ecologia e Física e Manejo do Solo, Letícia, Priscila, Danielle, Julia, Mariana Bröring, Josieli, Camila Casaril, Camila Smaga, Pêmela, Elston,

Luana, Diego Bortolini, Cleber, Maria Izabel, Maria Tereza, Walter Júnior, Mabillin, Patricia Paulino, e Augusto, obrigada por tudo.

“Se a ciência é necessária para o aprendizado de caminhos na Terra, é preciso não esquecer que o amor traça os caminhos do céu”

Humberto de Campos

RESUMO

CASARA, Ana Claudia. **Resposta do cedro australiano à inoculação com fungos micorrízicos arbusculares.** 2016. 104f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo – Área: Biologia do Solo) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, Lages, 2016.

Em virtude do seu potencial madeireiro, rápido crescimento e adaptação às condições edafoclimáticas, o cedro australiano tem se destacado no segmento de madeira serrada. Este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito da inoculação de fungos micorrízicos arbusculares sobre o acúmulo de nutrientes, crescimento e qualidade de mudas de cedro australiano. A produção das mudas foi conduzida em casa de vegetação durante 150 dias. As mudas foram produzidas a partir de sementes semeadas diretamente no vaso. Os tratamentos contendo os FMAs foram: *Entrophospora colombiana*, *Acaulospora morrowiae*, inóculo misto (*E. colombiana* + *A. morrowiae*) e SF (controle). O transplântio foi realizado no município de Dona Emma – SC, onde o delineamento experimental foi em blocos inteiramente casualizados, com esquema fatorial 4 x 3, com 3 repetições. O primeiro fator foi o tratamento fúngico enquanto que o segundo fator foi adubação N, P e K, com três doses: 0 (sem adubação), 0,5 (22,5 kg ha⁻¹ de ureia; 67,5 kg ha⁻¹ de P₂O₅; 33,7 kg ha⁻¹ de K₂O) e 1 dose (45 kg ha⁻¹ de ureia; 135 kg ha⁻¹ de P₂O₅; 67,5 kg ha⁻¹ de K₂O). Coletou-se as 4 plantas da parcela útil após 120 dias do transplântio. Foram avaliadas as variáveis altura, matéria seca da parte aérea, matéria seca da raiz, diâmetro do caule, colonização micorrízica e os teores de N, P, K, Ca e Mg do tecido vegetal da parte aérea das mudas e calculados os

índices de qualidade de mudas. Os resultados mostraram que as mudas inoculadas com inóculo misto variaram entre 25 e 31 cm de altura, sendo observado micotrofismo. *E. colombiana* e inóculo misto proporcionaram aumento de MSPA, MSR e DC. *A. morrowiae* e inóculo misto apresentaram maior colonização micorrízica. As mudas quando inoculadas apresentaram maior H/DC e maior MSPA/MSR. *A. morrowiae* apresentou o menor IQD. *E. colombiana* mostrou-se superior na absorção de N. Os tratamentos com FMAs apresentaram influência positiva sobre P. *A. morrowiae* e sem fungo não foram eficientes na absorção de K e Ca.

Palavras-chave: FMAs, qualidade de mudas, cedro australiano, espécie florestal.

ABSTRACT

CASARA, Ana Claudia. **Response of Australian cedar to inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi.** 2016. 104s. Dissertation (Master in Soil Science - Area: soil management) - Santa Catarina State University. Graduate program in Soil Science, Lages, 2016.

Because the timber potential, rapid growth and adaptation to edaphoclimatic conditions, the Australian cedar has been outstanding in the segment of sawn wood. The goal of this work was to evaluate the effect of the inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi on the accumulation of nutrients, growth and quality of Australian cedar seedlings. The production of the seedlings was conducted in a greenhouse for 150 days. The seedlings were produced from seeds sown directly in the pot. The treatments containing the AMF were: *Entrophospora colombiana*, *Acaulospora morrowiae*, mixed inoculum (*E. colombiana* + *A. morrowiae*) and SF (control). Transplanting was carried out in the municipality of Dona Emma - SC, where the experimental design was completely randomized blocks, with factorial scheme 4 x 3. The first factor was fungal treatment, while the second factor was N, P and K fertilization, with (22.5 kg ha⁻¹ urea, 67.5 kg ha⁻¹ P₂O₅, 33.7 kg ha⁻¹ K₂O) and 1 dose (45 kg ha⁻¹ urea, 135 kg ha⁻¹ P₂O₅, 67.5 kg ha⁻¹ K₂O). The 4 plants of the useful plot were collected after 120 days of transplanting. The variables height, dry matter of shoot, root dry matter, stem diameter, mycorrhizal colonization and N, P, K, Ca and Mg contents of the plant tissue of the cedar seedlings were evaluated. The quality indexes of seedlings were calculated. The results showed that the seedlings inoculated with mixed inoculum varied between 25 and 31 cm in height, and

myotrophism was observed. *E. colombiana* and mixed inoculum provided increase of MSPA, MSR and DC. *A. morrowiae* and mixed inoculum showed greater mycorrhizal colonization. The inoculated seedlings presented higher H / DC and higher MSPA / MSR. *A. morrowiae* presented the lowest IQD. *E. colombiana* showed to be superior in the absorption of N. The treatments with FMAs showed positive influence on P. *A. morrowiae* and without fungus were not efficient in the absorption of K and Ca.

Key words: AMF, seedlings quality, Australian cedar, forest specie.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Mapa da Austrália com a divisão por Territórios (A);
distribuição da espécie, de Atherton até Ulladulla (B).
..... 37
- Figura 2. Tronco de cedro australiano, apresentando sapopemas
baixas (A) e detalhe da casca grossa e com deiscência
em placas (B) 38
- Figura 3. Detalhes de plantas de *Toona ciliata* var. *australis*,
apresentando folhas e flores (A), frutos do tipo
cápsulas (B), abertura dos frutos (C) e sementes (D).
..... 39
- Figura 4. Ataque de *Hypsipyla grandella*..... 41
- Figura 5. Madeira de cedro australiano, apresentando sua cor
avermelhada e suas belas figuras 43
- Figura 6. Multiplicação dos esporos após 15 dias (A) e aos 120
dias (B)..... 52
- Figura 7. Produção das mudas de cedro australiano em casa de
vegetação aos 30 dias (A) e aos 150 dias (B) 54
- Figura 8. Mapa do estado de Santa Catarina com a localização
do município de Dona Emma, destacado em vermelho
..... 55
- Figura 9. Disposição das unidades experimentais e seus
respectivos tratamentos..... 57
- Figura 10. Colonização micorrízica em raízes de mudas de cedro
australiano aos cento e vinte dias após
transplântio.....69

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Número de esporos em 50 g-1 de solo em cada espécie de FMA testada.52
- Tabela 2. Caracterização química do Cambissolo Háplico de textura média, localizado no município de Dona Emma, SC.55
- Tabela 3. Altura das plantas de cedro australiano em função dos fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e adubação NPK, aos cento e vinte dias após o transplântio.62
- Tabela 4. Matéria seca da parte aérea (MSPA) das plantas de cedro australiano em função dos fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e adubação NPK, aos cento e vinte dias após o transplântio.64
- Tabela 5. Matéria seca da raiz (MSR) das plantas de cedro australiano em função dos fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e adubação NPK, aos cento e vinte dias após o transplântio.66
- Tabela 6. Diâmetro do colo (DC) das plantas de cedro australiano em função dos fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e adubação NPK, aos cento e vinte dias após o transplântio.67
- Tabela 7. Relação altura e diâmetro do colo (H/DC) das plantas de cedro australiano em função dos fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e adubação NPK, aos cento e vinte dias após o transplântio.71
- Tabela 8. Relação (PA/R) das plantas de cedro australiano em função dos fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e

	adubação NPK, aos cento e vinte dias após o transplântio.	72
Tabela 9.	Índice de Qualidade de Dickson (IQD) das plantas de cedro australiano em função dos fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e adubação NPK, aos cento e vinte dias após o transplântio.....	73
Tabela 10.	Conteúdo relativo de N na parte aérea das plantas de cedro australiano em função dos fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e adubação NPK, aos cento e vinte dias após o transplântio.....	75
Tabela 11.	Conteúdo relativo de P nas plantas de cedro australiano em função dos fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e adubação NPK, aos cento e vinte dias após o transplântio.....	76
Tabela 12.	Conteúdo relativo de K nas plantas de cedro australiano em função dos fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e adubação NPK, aos cento e vinte dias após o transplântio.....	77
Tabela 13.	Conteúdo relativo de Ca nas mudas de cedro australiano em função dos fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e adubação NPK, aos cento e vinte dias após o transplântio.....	78
Tabela 14.	Anova da variável altura das plantas de cedro australiano aos cento e vinte dias após o transplântio.	101
Tabela 15.	Anova da variável matéria seca da parte aérea das plantas de cedro australiano aos cento e vinte dias após o transplântio.	101

Tabela 16. Anova da variável matéria seca da raiz das plantas de cedro australiano aos cento e vinte dias após o transplântio.....	101
Tabela 17. Anova da variável diâmetro das plantas de cedro australiano aos cento e vinte dias após o transplântio.	102
Tabela 18. Anova da variável colonização micorrízica das plantas de cedro australiano aos cento e vinte dias após o transplântio.....	102
Tabela 19. Anova da variável relação (H/DC) das plantas de cedro australiano aos cento e vinte dias após o transplântio.....	102
Tabela 20. Anova da variável relação (PA/R) das plantas de cedro australiano aos cento e vinte dias após o transplântio.....	103
Tabela 21. Anova da variável IQD das plantas de cedro australiano aos cento e vinte dias após o transplântio.	103
Tabela 22. Anova da variável N das plantas de cedro australiano aos cento e vinte dias após o transplântio.	103
Tabela 23. Anova da variável P das plantas de cedro australiano aos cento e vinte dias após o transplântio.	104
Tabela 24. Anova da variável K das plantas de cedro australiano aos cento e vinte dias após o transplântio.	104
Tabela 25. Anova da variável Ca das plantas de cedro australiano aos cento e vinte dias após o transplântio.	104

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CICG	Coleção Internacional de Cultura de Glomeromycota
EPAGRI	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
FMA	Fungos Micorrízicos Arbusculares
FURB	Universidade de Blumenau
IBÁ	Indústria Brasileira de Árvores
IBF	Instituto Brasileiro de Florestas
IFSC	Instituto Federal de Santa Catarina
UDESC	Universidade do Estado de Santa Catarina
UNIFACVEST	Centro Universitário Facvest

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
°C	Grau centígrado
pH	Potencial Hidrogeniônico
H ₂ O	Água
MO	Matéria Orgânica
P	Fósforo
mg dm ⁻³	Miligramma por decímetro cúbico
K	Potássio
Ca	Cálcio
cmol _c dm ⁻³	Centímol de carga por decímetro cúbico
Mg	Magnésio
Al	Alumínio
Na	Sódio
Fe	Ferro
Cu	Cobre
Zn	Zinco
ml	Mililitro
µm	Micrometros
cm ³	Centímetro cúbico
cm ³ tubete ⁻¹	Centímetro cúbico por tubete
cm	Centímetro
h	Altura
m	Metro
CTC	Capacidade de Troca de Cátions
H	Hidrogênio
N	Nitrogênio
kg ha ⁻¹	Quilograma por hectare
P ₂ O ₅	Pentóxido de fósforo
K ₂ O	Óxido de potássio
m ²	Metro quadrado
MSPA	Matéria seca da parte aérea

MSR	Matéria seca da raiz
H/D	Relação altura/diâmetro
IQD	Índice de qualidade de Dickson
g	Gramas
mm	Milímetro
KOH	Hidróxido de potássio
H ₂ O ₂	Peróxido de hidrogênio
HCl	Ácido clorídrico
L	Litro
PVLG	Polivinil-lacto-glicerol
DC	Diâmetro do colo
ICp	Índices de compatibilidade das plantas
CV	Coefficiente de variação
PA/R	Relação parte aérea/raiz
NH ₄ ⁺	Amônio
mg L ⁻¹	Miligrama por litro

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	31
1.1 HIPÓTESES.....	34
1.2 OBJETIVOS.....	34
1.2.1 Objetivo geral	34
1.2.2 Objetivos específicos	34
2 REFERENCIAL TEÓRICO	36
2.1 CEDRO AUSTRALIANO (<i>TOONA CILIATA</i> M. ROEM. VAR. <i>AUSTRALIS</i> (F. MUELL.) BAHADUR).....	36
2.1.1 Características da espécie	36
2.1.2 Interesse comercial	41
2.2 FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES (FMAs).....	44
2.2.1 Aspectos gerais da simbiose micorriza arbuscular	44
2.2.2 Resposta e dependência micorrízica	47
2.2.3 Os FMAs em espécies florestais	49
2.2.4 Importância da qualidade de mudas	50
3 MATERIAL E MÉTODOS	51
3.1 PREPARO DO INÓCULO.....	51
3.2 PRODUÇÃO E INOCULAÇÃO DAS MUDAS.....	53
3.3 LOCALIZAÇÃO, DELINEAMENTO E INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO À CAMPO.....	54
3.4 COLETA E ANÁLISES REALIZADAS.....	57
3.4.1 Avaliação de matéria seca e nutricional das mudas	58
3.4.2 Porcentagem de colonização micorrízica	59
3.4.3 Análise estatística	59
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	61
4.1 CRESCIMENTO DAS MUDAS.....	61
4.1.1 Altura	61
4.1.2 Matéria seca da parte aérea	63
4.1.3 Matéria seca da raiz	65

4.1.4 Diâmetro do colo.....	66
4.1.5 Colonização micorrízica.....	67
4.2 QUALIDADE DAS MUDAS	70
4.3 TEORES DE MACRONUTRIENTES (N, P, K, CA E MG) NA PARTE AÉREA DAS MUDAS	74
5 CONCLUSÃO.....	79
6 BIBLIOGRAFIA	81
APÊNDICES	101

1 INTRODUÇÃO GERAL

Os reflorestamentos com *Pinus* sp. e *Eucalyptus* sp. deram início a uma alternativa bastante viável de suprir a falta de madeira no mercado, possibilitando a produção de um material adequado para determinados usos. Porém, ao se pensar em reflorestamentos com espécies consideradas nobres, é notável a falta de recurso apropriado para suprir o mercado efetivamente (ZIECH, 2008).

As árvores plantadas para fins industriais são fonte de centenas de produtos e subprodutos tais como móveis, papel, madeira tratada, lenha, carvão e outros. Além disso, geram diversos serviços culturais, recreativos, turísticos e outros relacionados a pesquisa e a regulação do fluxo hídrico, de nutrientes e de sequestro de carbono. Por essa importante contribuição, o setor tem sido destaque na busca por soluções que atendam a crescente demanda por madeira, energia e fibras, sem esquecer-se da manutenção dos recursos florestais e a inclusão social (IBÁ, 2016; OLIVEIRA et al., 2008).

No Brasil, as áreas cultivadas com novas espécies florestais tais como cedro australiano, mogno africano, teca, entre outras, teve um incremento de 21,5% entre 2010 e 2015 e sua madeira vem sendo cada vez mais valorizada economicamente (IBÁ, 2016). A espécie *Toona ciliata* var. *australis* (F. Muell.) Bahadur da família Meliaceae, conhecida como cedro australiano, nos últimos anos tem ganhado destaque em países como Brasil, Argentina, Havaí, Porto Rico, Costa Rica, Honduras e em países africanos. Esta espécie é originária da Austrália e de parte da Ásia (BYGRAVE; BYGRAVE, 2005).

Introduzido no país pela antiga Aracruz Celulose há mais de 35 anos, o cedro australiano foi cultivado no norte do Espírito Santo, nas áreas de teste da empresa, que viu na espécie uma promessa de alta renda para produtores rurais. Através de doações de mudas a produtores e prefeituras, a Aracruz iniciou

a difusão da cultura. A partir disso, os próprios produtores de cedro prosseguiram sua disseminação, por meio de coleta de sementes feita sem critério e da introdução em outros estados, alguns com condições de solo e clima completamente diferentes da região inicial (SOUZA et al., 2010; BELA VISTA FLORESTAL, 2015).

O cultivo da espécie vem sendo amplamente difundido no Brasil em razão dos excelentes resultados obtidos em termos de crescimento e adaptação às condições edafoclimáticas. As árvores possuem um tronco predominantemente monopodial (NASSUR et al., 2013). Sua principal vantagem em relação à outras espécies é a ausência de ataques pela broca *Hypsipyla grandella*, praga que ataca a gema apical de meliáceas, fazendo com que o tronco da árvore fique bifurcado (SOUZA et al., 2010). Na Austrália, o cedro é vulnerável à *Hypsipyla robusta* (broca-de-ponteira). Porém, mesmo em condições de monocultivo, até o presente momento, não há referências da ocorrência dessa praga nas Américas (BYGRAVE; BYGRAVE, 2005).

A madeira do cedro rosa brasileiro (*Cedrela fissilis*) é muito valorizada, parecida com a do australiano, porém escassa (LORENZI et al., 2003; PINHEIRO et al., 2003). Ademais, há uma série de produtos que necessitam de madeira leve, estável e trabalhável, para serem confeccionados, seja para uso nobre ou não, podendo ser perfeitamente feitos com o cedro australiano (PAINEL FLORESTAL, 2013).

Normalmente, as espécies florestais possuem características distintas de comportamento, principalmente, quanto às exigências nutricionais. Quando se busca promover maior produtividade, economia e menores impactos ambientais nos plantios florestais, é imprescindível conhecer o comportamento nutricional de cada espécie (FOGAÇA, 2010). Nesse sentido, acerca das características silviculturais da espécie, é importante destacar que o cedro australiano depende diretamente dos vários fluxos de nutrientes no agroecossistema.

Por via de regra, as melhores respostas ao crescimento de espécies florestais tem sido obtidas pela aplicação de fósforo (RESENDE et al., 1999; RESENDE et al., 2000). Ainda assim, adubação nitrogenada e potássica, dependendo das condições locais, também respondem positivamente (VENTURIN et al., 1999; SOUZA et al., 2006).

Por se tratar de uma espécie exótica, o seu cultivo pode reduzir o desmatamento e a pressão sobre as florestas nativas. Investimentos em reflorestamento no Brasil tem se mostrado promissores porque o país tem condições adequadas para o desenvolvimento de várias espécies florestais. A produção esperada é de 250 a 300 m³ ha⁻¹, aos 20 anos, dependendo das condições locais e do nível tecnológico adotado (CIFLORESTAS, 2010).

Para aumentar a eficiência produtiva de nossas florestas, é necessário o estudo dos organismos associados às plantas que auxiliam seu desenvolvimento e estabelecimento a campo. Neste contexto, associações simbióticas mutualísticas entre espécies florestais e fungos são uma alternativa promissora para aumentar a produtividade das florestas (BRUNDRETT et al., 1996; SMITH & READ, 1997; SILVA, 2002; SILVA et al., 2003; ANDREAZZA et al., 2004).

Os fungos tem importância primordial nos diversos ambientes, estando entre os principais responsáveis pela ciclagem de nutrientes, sobretudo nos ecossistemas florestais (HYDE, 1997). Em plantações florestais, a quantidade de nutrientes existente no solo e a exportada durante a colheita florestal são de grande importância na definição do balanço de nutrientes e na eventual necessidade de aplicação de fertilizantes (SANGINGA et al., 1991). Além disso, árvores micorrizadas apresentam vantagens se comparadas àquelas não micorrizadas, pois podem apresentar melhor crescimento em solos pobres e maior tolerância às condições ambientais adversas (KRÜGNER, 1982), maior resistência ao déficit de água no solo (BROWLEE et al., 1983), proteção das raízes contra o ataque de patógenos

(SCHENCK, 1981) e maior eficiência na absorção de nutrientes (COOPER, 1984).

A associação fungo-planta só ocorre se estes forem compatíveis, por meio de mecanismos de reconhecimento. Isto significa que há uma interação intrínseca entre os parceiros, resultando em uma integração morfofisiológica e uma boa compatibilidade funcional.

Deste modo, deve-se testar diferentes espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) em uma mesma planta, sob as mesmas condições ambientais, para selecionar os fungos eficientes quanto à capacidade de promover o crescimento de seu hospedeiro (PAULA et al., 1990; SIQUEIRA & SAGGIN-JÚNIOR, 1995).

1.1 HIPÓTESES

A inoculação com fungos micorrízicos arbusculares influencia positivamente no crescimento, na qualidade e concentrações de N, P, K de mudas de *Toona ciliata* M. Roemer var. *australis* transplantadas.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Esta pesquisa teve por objetivo avaliar o efeito da inoculação de fungos micorrízicos arbusculares sobre o acúmulo de nutrientes, crescimento e qualidade de mudas de cedro australiano.

1.2.2 Objetivos específicos

- Avaliar o crescimento das mudas de cedro australiano por meio dos parâmetros altura, massa seca da parte aérea, massa seca da raiz e diâmetro do colo;

- Verificar a porcentagem de colonização micorrízica;
- Avaliar a qualidade das mudas de cedro australiano por meio dos parâmetros relação altura e diâmetro do colo, relação massa seca da parte aérea e da raiz e Índice de Qualidade de Dickson;
- Avaliar os conteúdos de macronutrientes na parte aérea das mudas (N, P, K, Ca e Mg).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CEDRO AUSTRALIANO (*Toona ciliata* M. Roem. var. *australis* (F. Muell.) Bahadur)

2.1.1 Características da espécie

O cedro australiano, pertencente à família Meliaceae, é uma espécie originária das regiões tropicais da Austrália, distribuindo-se naturalmente no leste desde Ulladulla, ao sul de Sidney no Estado de New South Wales, até Atherton, no norte do estado de Queensland (GRIJPMA; RAMALHO, 1969), ao longo de quase 3200 km de extensão (IBF, 2016) (Figura 1).

É a espécie do gênero *Toona* mais abundantemente encontrada em seu habitat natural, abrangendo o oeste da Índia e Paquistão até o sul da China e o sudoeste da Austrália (BYGRAVE, BYGRAVE, 2005). Atualmente, é uma das espécies vegetais arbóreas mais ameaçadas de desaparecimento no mundo (IBF, 2016).

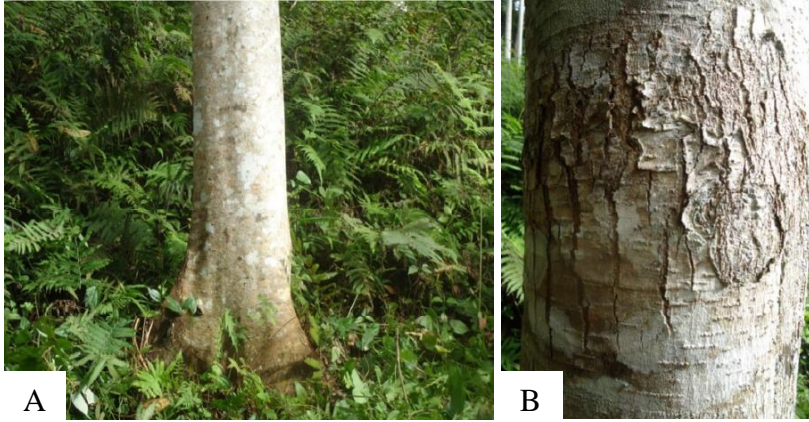
Figura 1. Mapa da Austrália com a divisão por Territórios (A); distribuição da espécie, de Atherton até Ulladulla (B). Fonte: Google Maps.



A espécie é semelhante botanicamente à outras espécies nativas brasileiras da família Meliaceae, como a *Cedrela fissilis*, a *Cedrela odorata* (espécies de cedro) e a *Swietenia macrophylla* (mogno) (LORENZI et al., 2003), muito procuradas pelas características de sua madeira, tais como cor, grã estreita e alta durabilidade. Ambas as espécies pertencem à subfamília Swietenioideae, família Meliaceae. A tribo Cedreleae abrange os gêneros *Cedrela* e *Toona* (BYGRAVE, BYGRAVE, 2005).

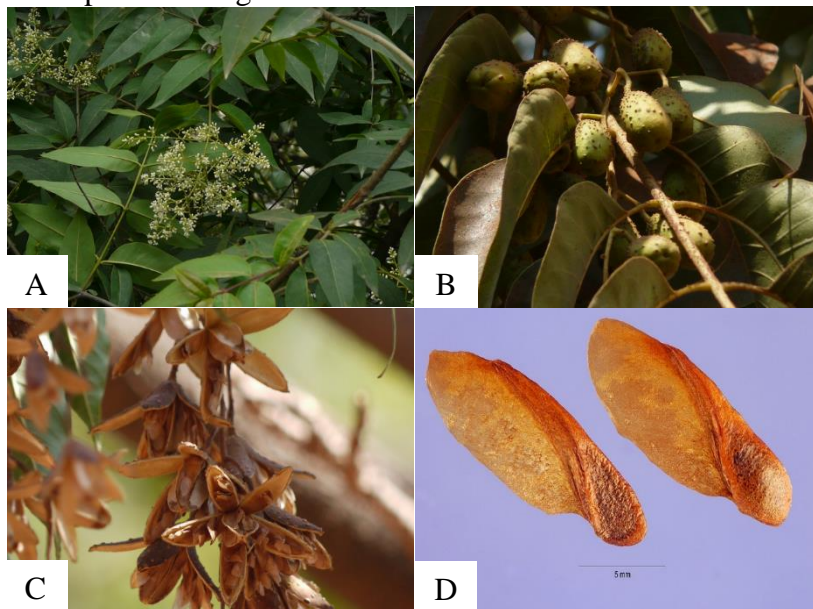
Segundo Pinheiro et al. (2006), o cedro australiano é uma árvore de grande porte, que pode atingir cerca de 50 m de altura e 2 m de diâmetro. Possui tronco retilíneo, às vezes bifurcado, apresentando sapopemas baixas, assimétricas e pouco desenvolvidas (Figura 2A). A casca é grossa, dura, com deiscência em placas retangulares e escamiformes, de coloração cinza a marrom, com manchas de líquens (Figura 2B).

Figura 2. Tronco de cedro australiano, apresentando sapopemas baixas (A) e detalhe da casca grossa e com deiscência em placas (B). Fonte: Pereira (2012).



As plantas de cedro australiano possuem folhas alternas, pecioladas, paripenadas, um pouco pendentes e, quando maceradas, exalam cheiro agradável. As flores são pendentes, de coloração branca e tamanho menor que as folhas (Figura 3A). São unissexuais com 3 a 4 mm de comprimento (PINHEIRO et al., 2003). O fruto é cápsula deiscente com 15 a 20 mm de comprimento, castanho escuro, com lenticelas, abrindo-se do ápice em direção à base (SOUZA et al., 2010) (Figura 3B e 3C). As sementes (Figura 3D) são aladas e pequenas de 10 a 20 mm de comprimento, de cor castanho-clara e germinam de 7 a 21 dias, dependendo do vigor da semente e da temperatura e umidade (GOUVÊA, 2005).

Figura 3. Detalhes de plantas de *Toona ciliata* var. *australis*, apresentando folhas e flores (A), frutos do tipo cápsulas (B), abertura dos frutos (C) e sementes (D). Fonte: www.plants.usda.gov



O cedro australiano cresce em áreas com precipitação anual entre 800 e 1800 mm com dois a seis meses de seca. Porém, não tolera longos períodos de encharcamento, o que desacelera o seu crescimento (LAMPRECHT, 1990). A temperatura média para o seu bom desenvolvimento está entre 20 e 26° C, apesar de sobreviver a temperaturas mínimas pouco abaixo de 0° C, tolerando geadas leves (RIBEIRO et al., 2011).

Em clima apropriado, a espécie apresenta rápido crescimento, quando comparado ao das espécies nativas brasileiras, chegando a atingir oito metros de altura e 15 cm de diâmetro com três anos de idade (PINHEIRO et al., 1994). Além disso, possui a capacidade de sobreviver a danos de seca, fogo e geadas, brotando prontamente de todas as partes afetadas (BYGRAVE, BYGRAVE, 2005).

No Brasil, o cedro australiano encontrou excelentes condições para o seu desenvolvimento devido às similaridades edafoclimáticas com seu ambiente natural, principalmente no sul da Bahia e em toda a Região Sudeste (PINHEIRO et al., 2003).

Essa espécie se desenvolve melhor em solos ricos em nutrientes, aluviais, com boa drenagem, profundos e eutróficos. Solos argilosos compactados e solos arenosos pobres devem ser evitados (BYGRAVE, BYGRAVE, 2005). Além disso, possui pouca tolerância a solos ácidos e a solos rasos com algum impedimento físico, o que compromete o seu estabelecimento e crescimento (PINHEIRO et al., 2003).

A altitude para o plantio varia muito, significando que a espécie consegue se estabelecer em baixas e elevadas altitudes (até 1700 m), com redução na velocidade de crescimento em altitudes mais acentuadas (LORENZI et al., 2003).

O cedro australiano possui amplo potencial para a silvicultura comercial (ARES; FOWNES, 2000), uma vez que sua madeira se destaca por ser uma das melhores da Austrália. Nesse sentido, a implantação de plantios dessa espécie é economicamente viável e proporciona um investimento lucrativo ao produtor (SOUZA et al., 2010).

No Brasil a espécie apresentou alta resistência ao ataque da broca-do-cedro (*Hypsipyla grandella*), importante praga que afeta os cedros nativos e o mogno brasileiro (BYGRAVE, BYGRAVE, 2005). A espécie é susceptível à *Hypsipyla robusta*, que causa danos semelhantes ao do ataque de *H. grandella* (Figura 4), porém não há relatos de ocorrência de *H. robusta* no Brasil (CUNNINGHAM et al., 2005). A principal praga que ataca o cedro australiano são as formigas saúvas, sendo as espécies mais importantes: *Atta sexdens rubropilosa* (saúva-limão) e *Atta laevigata* (saúva-cabeça-de-vidro).

Figura 4. Ataque de *Hypsipyla grandella*. Fonte: Wikipedia.



A propagação da espécie é exclusivamente por meio de mudas provenientes de sementes (LORENZI et al., 2003; PINHEIRO et al., 2003), porém a semente é insumo que restringe o cultivo do cedro australiano, pois a coleta é anual e difícil devido ao grande porte das árvores. Além disso, a posição dos frutos é desfavorável à coleta e a sua deiscência dispersa rapidamente as sementes (SOUZA et al., 2010).

2.1.2 Interesse comercial

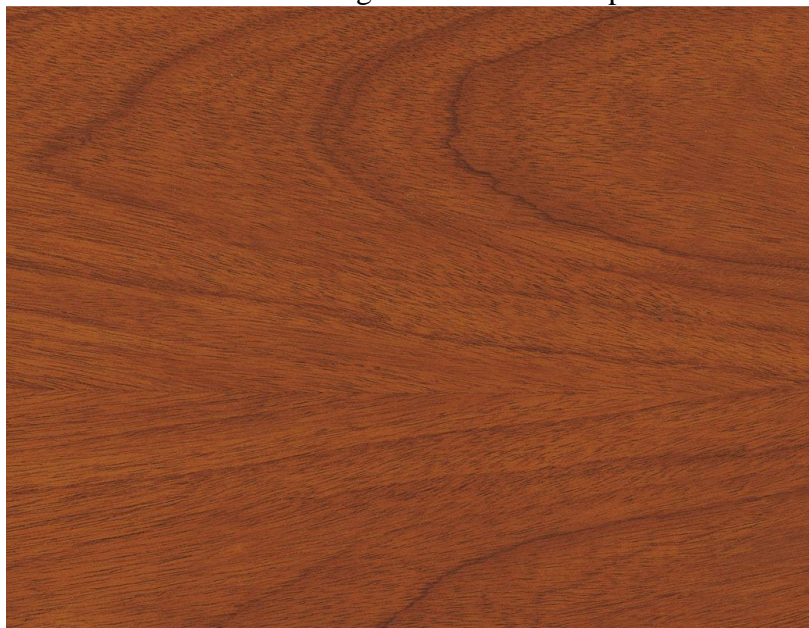
A introdução do cedro australiano no Brasil deu-se por meio de projetos de fomento florestal, há mais de 30 anos, realizados na região sudeste, mais precisamente no norte do Espírito Santo, onde encontrou condições edafoclimáticas favoráveis ao seu desenvolvimento (SOUZA et al., 2010).

As características de sua madeira são semelhantes à do cedro nativo, sendo de boa qualidade e de grande aceitação em todo o mundo para usos nobres, como fabricação de móveis e acabamentos em construção civil (LORENZI et al., 2003; PINHEIRO et al., 2003). Essa madeira atinge altas cotações no mercado interno e externo devido à alta qualidade e à diversificação de seus usos industriais, tais como compensados, esculturas, móveis, esquadrias, construção naval e aeronáutica, confecção de lápis, produção de caixas de charutos, instrumentos musicais, entre outros (BYGRAVE, BYGRAVE, 2005).

A principal vantagem em relação ao cedro brasileiro é a ausência de ataques pela broca *Hypsipyla grandella*, praga que ataca a gema apical de meliáceas, fazendo com que o tronco da árvore fique bifurcado.

A espécie possui rápido crescimento, alta qualidade e propriedades físico-mecânicas de grande valor para a indústria moveleira (PAIVA et al., 2007). Sua madeira (Figura 5) dispõe coloração avermelhada brilhante, com belas figuras; é de fácil secagem e desdobro, moderadamente resistente a cupins e tem boa durabilidade. É macia e de textura grossa, com densidade aproximada de 450 kg m^{-3} a 12% de umidade (KYNASTON et al., 2001; GONÇALVES; OLIVEIRA, 2006).

Figura 5. Madeira de cedro australiano, apresentando sua cor avermelhada e suas belas figuras. Fonte: www.placacentro.com



O cultivo do cedro australiano gera, em média, 250 m³ a 390 m³ de madeira por hectare, sendo cotada em R\$ 850,00 o m³, valor muito atraente no segmento de florestas (MURAKAMI, 2008). Nesse sentido, o corte comercial do cedro ocorre por volta dos 12 anos, podendo ser antecipado ou adiado, dependendo das condições específicas do povoamento e da finalidade da madeira. Sua produtividade média, aos 10 anos, é de 150 m³ ha⁻¹ e de 250 a 300 m³ ha⁻¹, aos 20 anos, dependendo das condições locais e nível tecnológico adotado (SOUZA et al., 2010; CIFLORESTAS, 2010).

Por esses motivos, o cultivo econômico de cedro australiano é uma alternativa imprescindível para o fornecimento de madeira de qualidade, o que auxilia na geração de mais um aporte econômico para o Brasil e na redução da

velocidade de exploração das matas nativas ainda existentes (SOUZA et al., 2010).

2.2 FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES (FMAs)

2.2.1 Aspectos gerais da simbiose micorriza arbuscular

A simbiose é definida como a associação entre organismos dissimilares que é caracterizada por contato físico, troca de metabólitos e de nutrientes, integração morfológica e fisiológica e regulação funcional entre os parceiros (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

A simbiose mutualística é uma interação que traz benefícios para ambos os parceiros (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006), como por exemplo, a simbiose micorrízica arbuscular, estabelecida entre fungos micorrízicos arbusculares e raízes de espécies vegetais (SCHÜBLER et al., 2001). Acredita-se que a micorriza é uma das mais bem-sucedidas estratégias de bioproteção, tanto para a planta quanto para o fungo (GIANINAZZI-PEARSON, 1996).

A maioria das espécies de plantas depende da associação micorrízica para a obtenção de nutrientes e água, ou seja, essa associação é obrigatória para a sobrevivência das plantas (JANOS, 1980). Segundo Trappe (1987), 95% das plantas terrestres competem a espécies que formam micorrizas e o não estabelecimento é considerado um episódio recente no processo evolutivo, uma vez que poucas famílias não formam a associação.

O estabelecimento das micorrizas arbusculares resulta de uma sequência de eventos coordenados pelo fungo e pela planta e suas interações, culminando com uma relação simbiótica caracterizada pela perfeita integração morfológica, bioquímica e funcional da associação (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

A simbiose é estabelecida antes mesmo do contato físico fungo/planta, uma vez que primeiramente ocorre uma troca de

sinais iniciando a liberação de exsudados radiculares que estimulam a ramificação das hifas e germinação dos esporos (BUEÉ et al., 2000; KIRIACHEK et al., 2009). Logo após, os fungos penetram nas células do córtex, dando origem ao micélio interno, vesículas e arbúsculos (HABT, 2000). A penetração da hifa na superfície da raiz ocorre em virtude da pressão mecânica exercida pela hifa, juntamente com a degradação da parede celular vegetal, oriunda da secreção de enzimas produzidas pelo fungo. Nessa fase do processo não há evidências de especificidade hospedeira e nem ocorrem alterações morfológicas macroscópicas nas raízes colonizadas (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Neste sentido, as micorrizas arbusculares se distinguem das demais micorrizas por apresentarem crescimento intercelular no córtex da raiz e por formarem estruturas específicas como arbúsculos na maior parte das famílias de plantas superiores (SMITH; READ, 2008).

Diversos fatores influenciam no processo de regulação tais como a disponibilidade de fósforo, que inibe o processo simbiótico (MOREIRA; SIQUEIRA 2006) e a microbiota do solo, que interfere na simbiose por atuar na translocação de nutrientes, competindo por eles, especialmente fosfatos ou, contrariamente, atuando sinergicamente com os FMA por meio de efeitos combinados sobre o crescimento da planta (SMITH; READ, 2008; MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Nas plantas, os efeitos benéficos da associação com FMAs, como o aumento na superfície de absorção radicular, visam uma maior eficiência na absorção de nutrientes (KARABAGHLI-DEGRON et al. 1998), como nitrogênio (COSTA; LOVATO, 2004), potássio e, de maneira especial, fósforo (CALVET et al., 2003), acelerando o crescimento e melhorando o vigor das mudas na sua fase de formação (LINDERMANN; DAVIES, 2001). Além disso, as micorrizas contribuem para o alívio do stress hídrico, tolerância a altas e baixas temperaturas (GUPTA et al., 2000), proteção contra

patógenos (SIKES et al., 2009), e tolerância a metais pesados (ARRIAGADA et al., 2010).

Nesse sentido, os FMAs promovem o crescimento das plantas por absorver nutrientes do solo, aumentando a resistência das mesmas, nos períodos de seca, e das mudas, na ocasião do transplante (JEFFRIES, 1987).

Em solos que se apresentam pobres, ácidos e altamente intemperizados, como os de regiões tropicais, a maioria das plantas depende da associação micorrízica para a absorção de nutrientes e água (JANOS, 1980). A resposta da planta hospedeira aos FMAs é influenciada pelo ambiente (BRUNDRETT et al., 1999) e também pela interação fungo-planta (SAGGIN JÚNIOR; SIQUEIRA, 1995).

Segundo Carneiro et al. (2004), a simbiose de fungos e espécies florestais são imprescindíveis para desenvolvimento das espécies. Sendo assim, é necessário conhecer as relações ecológicas e as exigências nutricionais das espécies, o que auxilia o desenvolvimento de tecnologias para se obter mudas vigorosas destinadas aos programas de revegetação.

Lima et al., (2015) observaram que a mistura no solo de *G. margarita*, *G. clarum* e *G. etunicatum* proporcionou incrementos significativos no desenvolvimento das mudas de cedro australiano, sugerindo que os FMAs podem promover redução na adubação fosfatada no processo de produção de mudas.

Apesar da colonização ocorrer em grande parte das plantas superiores, existe uma determinada preferência entre espécies de FMAs e espécies vegetais. Desta maneira, a resposta das plantas aos benefícios causadas pelos FMAs se dá de forma diferenciada. A inoculação intensifica a absorção de nutrientes que, por consequência, causa aumento na matéria seca e no rendimento das espécies vegetais, evento esse designado resposta micorrízica (ROCHA et al., 2006). A resposta micorrízica varia diretamente de acordo com a relação entre a espécie de FMA, a planta hospedeira, e as condições ambientais

(SAGGIN JÚNIOR et al., 1994).

A aplicação desses fungos em grandes áreas deve ser através da inoculação, que ainda é limitada pela baixa disponibilidade de inoculantes comerciais. Uma vez que não existe tecnologia adequada para produção de inoculantes de FMAs, não há grande interesse comercial pela sua produção e distribuição, restringindo o seu uso na agricultura (SAGGIN JÚNIOR; LOVATO, 1999).

A prática de inoculação é mais recomendada na produção de mudas em viveiro, visto que, para a produção de mudas, é utilizado solo esterilizado para eliminar os patógenos, que, paralelamente, também são eliminados os fungos micorrízicos arbusculares nativos. Quanto ao crescimento das mudas, a maioria das espécies arbóreas tropicais com micorriza desenvolvem-se mais rapidamente, ficando menos tempo no viveiro (LIMA et al., 2015).

2.2.2 Resposta e dependência micorrízica

A interação plantas-fungos micorrízicos é um processo biológico complexo, gerido pelos dois parceiros. Desta maneira, se presume que a extensão da resposta de plantas à micorriza varie entre diversas combinações de plantas e fungos micorrízicos (SMITH; READ, 2008).

Gerdemann (1975) define Dependência Micorrízica (DM) como sendo “*o grau pelo qual a planta é dependente à condição micorrízica para crescimento máximo em um dado nível de fertilidade do solo*”. Essa definição foi largamente aceita, mas sua aplicação foi bastante questionada, sobretudo por ser influenciada pelas condições de crescimento, como por exemplo, disponibilidade de fósforo. Janos (1988) considerou a DM como uma característica intrínseca da planta e a definiu como “*a incapacidade da planta de crescer na ausência de micorriza num determinado nível de fertilidade*”.

Janos (2007) define Resposta como sendo o “conjunto de propriedades de uma espécie vegetal que interagem com FMAs capazes de promover o crescimento da planta em condições de disponibilidade de P conhecidas”.

A resposta das plantas à micorriza varia de acordo com o tipo de solo e, principalmente, da quantidade de fósforo disponível às plantas (SIQUEIRA; COLOZZI FILHO, 1986). Nesse sentido, a resposta micorrízica depende diretamente da relação entre a espécie de FMA, a planta hospedeira e as condições ambientais (SAGGIN JÚNIOR et al., 1994).

As micorrizas arbusculares são geralmente inibidas em condições de elevada fertilidade e favorecidas pela baixa fertilidade, onde a colonização e a esporulação são geralmente máximas. A adição de P suficiente para otimizar o crescimento da planta geralmente, reduz a colonização (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Sendo assim, a dependência micorrízica se distingue da resposta, pois está diretamente vinculada ao nível de P existente no solo. A alta disponibilidade de P no solo promove restrição à infecção micorrízica e redução da porcentagem de raízes colonizadas (MELLONI et al., 2000; NOGUEIRA; CARDOSO, 2000).

Para se conhecer a resposta micorrízica de uma planta, diferentes espécies de FMAs devem ser testadas, sob as mesmas condições ambientais, para selecionar FMAs eficientes quanto à capacidade de proporcionar o crescimento de seu hospedeiro (PAULA et al., 1990; SAGGIN JÚNIOR; SIQUEIRA, 1995) e conferir à planta maior tolerância a estresses ambientais de natureza biótica e abiótica (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006), como ocorre no transplântio de mudas para o campo (VANDRESEN et al., 2007).

A eficiência simbiótica dos FMAs é o resultado de interações complexas entre a capacidade da planta em atender suas exigências de fósforo e a competência do fungo em proporcionar esse nutriente à planta hospedeira (KOIDE, 1991).

Nesse sentido, fungo eficiente é aquele que, em dadas condições de fertilidade do solo, consegue sobreviver, colonizar as raízes, competir com outros microrganismos e estabelecer relação mutualista eficiente com a planta (SIQUEIRA, 1991).

2.2.3 Os FMAs em espécies florestais

Inúmeros trabalhos relacionam a nutrição de diversas espécies florestais à presença das micorrizas arbusculares, que podem reduzir as deficiências nutricionais que ocorrem nos solos de baixa fertilidade (LACERDA et al., 2011).

A micorrização das mudas favorece o seu crescimento inicial no viveiro e, posteriormente, o seu estabelecimento no campo, pois nessa associação, a planta é beneficiada pelo aumento de absorção de água e nutrientes, principalmente de fósforo (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006), além de prolongar a vida da raiz e proteger a planta de patógenos (ABBOTT; ROBSON, 1991). Sendo assim, os FMA são de grande interesse para as regiões tropicais, especialmente para o Brasil, devido às condições ambientais e à baixa fertilidade de muitos solos (SIQUEIRA, 1994). Portanto, nestas condições, o FMA pode contribuir para a utilização de menor quantidade de fertilizantes (SAGGIN JÚNIOR; SIQUEIRA, 1996).

Para Santos (2001), em estudo realizado com cinco espécies de eucalipto, incluindo *Eucalyptus cloeziana*, observaram uma sucessão no tipo de colonização micorrízica, sendo inicialmente dominado por fungos FMAs e posteriormente por fungos ectomicorrízicos.

Andreazza (2006) observou colonização micorrízica arbuscular em plantas de grápia em florestas plantadas, que durante a produção de mudas têm suas sementes cobertas com serrapilheira, o que pode aumentar a quantidade de inóculo.

A inoculação com FMA tem amplo destaque nas espécies que passam por fase de muda, onde se utilizam substratos isentos de microrganismos (SILVEIRA; GOMES, 2007). O substrato é

um dos principais fatores que garantem a produção de plantas com qualidade, maior precocidade e baixo custo, necessárias para atender plantios comerciais (FREITAS et al., 2010).

2.2.4 Importância da qualidade de mudas

O sucesso na implantação de cultivos florestais depende da produção de mudas com qualidade desejáveis (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2011), aptas a resistirem às condições adversas no campo. Mudas de boa qualidade promovem maior chance de êxito no estabelecimento da cultura e diminuem o tempo de transplante para o campo (LIMA et al., 2008).

Mudas de melhor qualidade possuem maior potencial de crescimento, o que reduz os custos com tratamentos silviculturais, uma vez que se destacam na competição com plantas espontâneas (MORGADO, 2000). Nesse sentido, o plantio de mudas menores e com deformações radiculares inibem ou até mesmo atrasam o crescimento das plantas no campo, acarretando maiores custos e conseqüente retardo da produção esperada (FREITAS et al., 2005).

A observação de parâmetros morfológicos tais como altura, diâmetro do colo, matéria seca, robustez, equilíbrio da distribuição da biomassa da muda, entre outros, é necessária para obter mudas de qualidade antes do plantio definitivo (FONSECA, 2000).

A altura e o diâmetro do colo da parte aérea são características de fácil medição, utilizadas para estimar o padrão de qualidade de mudas de espécies florestais nos viveiros e à campo, pois reflete o acúmulo de reservas, garante maior resistência e melhor fixação no solo (D'AVILA, 2008; STURION; ANTUNES, 2000).

A matéria seca da parte aérea, fonte de nutrientes e fotoassimilados (açúcares, aminoácidos, hormônios, entre outros), fornecerá água e nutrientes para as raízes no primeiro mês de plantio (BELLOTE; SILVA, 2000).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Para melhor compreensão, o presente estudo está dividido em três partes:

- Preparo do inóculo
- Produção das mudas
- Experimento à campo

3.1 PREPARO DO INÓCULO

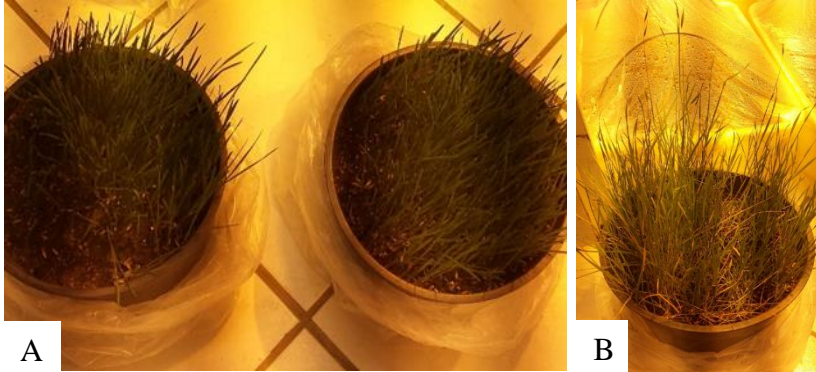
As espécies de FMAs testadas (*Entrophospora colombiana* e *Acaulospora morrowiae*) foram oriundas da Coleção Internacional de Cultura de Glomeromycota (CICG) da Universidade de Blumenau (FURB).

O substrato para a produção do inóculo foi composto por uma mistura de solo (Cambissolo Húmico distrófico de textura média - 56,6% de areia) e vermiculita expandida (20%), acondicionado em vasos de 8 litros, esterilizados em autoclave por 2 vezes, a uma temperatura de 120°C, por 1 hora. Após a esterilização foi realizada a análise química do substrato, que apresentou os seguintes atributos químicos: pH (H₂O) = 5,4; MO = 0,325%; P = 0,141 mg dm⁻³; K = 40,3 mg dm⁻³; Ca = 9,38 cmolc dm⁻³; Mg = 4,48 cmolc dm⁻³; Al = 3,26 cmolc dm⁻³; Na = 9 mg dm⁻³; Fe = 327,3 mg dm⁻³; Cu = 1,73 mg dm⁻³; Zn = 1,1 mg dm⁻³.

Para a multiplicação do inóculo foram utilizadas sementes de aveia preta (*Avena stringosa*). Após a semeadura, os vasos foram mantidos, por um período de 120 dias, em uma câmara de crescimento (Figura 6A e 6B) da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI-Lages), com intuito de evitar contaminações. Até 90 dias, os vasos foram irrigados diariamente com água destilada. Nos últimos 30 dias as plantas foram irrigadas a cada 4 dias para facilitar a esporulação dos fungos. Transcorrido este período, a parte aérea foi podada e a mistura do solo, contendo raízes

colonizadas e esporos dos FMAs, foi utilizada como inóculo, sendo conservados em câmara fria a 4°C.

Figura 6. Multiplicação dos esporos após 15 dias (A) e aos 120 dias (B). Fonte: O autor.



No momento da implantação do experimento, foi realizada a extração de esporos dos FMAs via peneiragem úmida (GERDEMANN; NICOLSON, 1968) de uma alíquota de solo (50 ml) seguido por centrifugação em gradiente de sacarose (20% e 60%). O sobrenadante de cada tubo foi então rapidamente decantado em uma peneira de 45 μm . O material coletado nesta peneira foi lavado por 1 minuto com água corrente para remover o excesso de sacarose e transferido para placas de Petri. Os esporos foram observados na lupa e contados para saber a densidade de esporos por 50 ml de solo (Tabela 1).

Tabela 1. Número de esporos em 50 ml de solo em cada espécie de FMA testada.

Espécie	Nº de esporos 50 ml de solo
<i>E. colombiana</i>	>500
<i>A. morrowiae</i>	300

Fonte: O autor.

3.2 PRODUÇÃO E INOCULAÇÃO DAS MUDAS

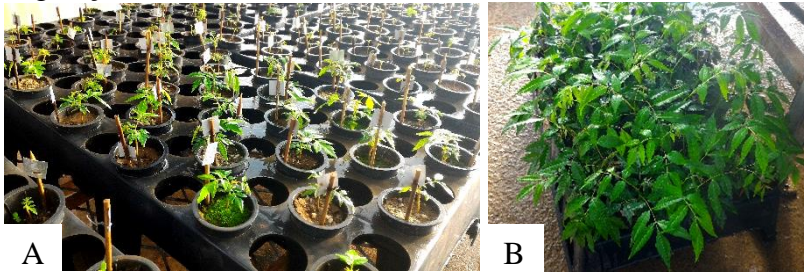
Essa etapa do experimento foi conduzida em casa de vegetação no Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, com temperatura controlada, durante 150 dias.

As sementes de cedro australiano foram adquiridas da empresa Sementes Caiçara. Estas foram pré-germinadas em BOD a 28°C, durante 7 dias. A produção das mudas foi feita em tubetes de 175 cm³, contendo solo (Associação Nitossolo Háptico distrófico, textura muito argilosa – 65% de argila) e vermiculita expandida (17,5 cm³ tubete⁻¹). O substrato apresentou os seguintes atributos químicos: pH (H₂O) = 5,8; MO = 0,232%; P = 0,163 mg dm⁻³; K = 26,7 mg dm⁻³; Ca = 7,32 cmolc dm⁻³; Mg = 2,57 cmolc dm⁻³; Al = 3,14 cmolc dm⁻³; Na = 18,67 mg dm⁻³; Fe = 450,9 mg dm⁻³; Cu = 7,07 mg dm⁻³; Zn = 2,6 mg dm⁻³.

No momento da semeadura os tratamentos contendo os FMAs foram inoculados a partir da mistura de solo e raízes colonizadas (9 cm³ tubete⁻¹ de inóculo) com: *Entrophospora colombiana* ((SPAIN; N.C. SCHENCK) KAONONGBUA, J.B. MORTON; BEVER, 2010), *Acaulospora morrowiae* (SPAIN; N. C. SCHENCK, 1984), Inóculo misto (*E. colombiana* + *A. morrowiae*) e Sem Fungo (sem inoculação). Cada inóculo fúngico foi aplicado a uma profundidade aproximada de 5 cm nos tubetes dos tratamentos correspondentes, procedendo-se em seguida a semeadura com três sementes por tubete.

Duas semanas após o plantio, quando as mudas já estavam com um par de folhas definitivas, foi feito o desbaste, deixando a planta mais vigorosa. As plantas foram irrigadas diariamente, de forma que o solo fosse mantido próximo à capacidade de campo, durante o período de condução experimental (Figura 7).

Figura 7. Produção das mudas de cedro australiano em casa de vegetação aos 30 dias (A) e aos 150 dias (B). Fonte: O autor.



3.3 LOCALIZAÇÃO, DELINEAMENTO E INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO À CAMPO

Essa etapa do trabalho foi realizada em uma propriedade rural, localizada no município de Dona Emma – SC, a uma altitude de 575 m (Figura 8). A área de estudo apresenta uma associação de Cambissolo Háplico de textura média e, anteriormente à instalação do experimento, a área era utilizada com pastagem natural até 2013, quando começou a ser usada com pastagem cultivada. As características químicas do solo estão apresentadas na Tabela 2.

Figura 8. Mapa do estado de Santa Catarina com a localização do município de Dona Emma, destacado em vermelho. Fonte: Wikipédia.



Tabela 2. Caracterização química do Cambissolo Háplico de textura média, localizado em Dona Emma, SC.

pH	Ca	Mg	Al	H + Al
	cmolc / dm ³			
6,1	9,33	3,36	0,14	2,5
M. O. %	P	Mn	Na	K
	mg / dm ³			
2,2	2,8	0	1	50
CTC pH 7,0	Cu	Zn	Fe	Bases %
	mg / dm ³			
15,32	2	0,7	229,1	83,67

Fonte: O autor.

O clima da região é subtropical húmido com verão quente e precipitação bem distribuída ao longo do ano, indicado

como Cfa, segundo a classificação de Köppen e Geiger (1948). A temperatura média anual é de 19°C e a precipitação média anual é cerca de 1500 mm.

O delineamento experimental utilizado foi em três blocos inteiramente casualizados, com esquema fatorial 4 x 3. Para o primeiro fator foram utilizadas espécies de fungos micorrízicos arbusculares em mudas previamente inoculadas. Para o segundo fator, foram utilizadas três doses de fósforo, potássio e nitrogênio (N, P, K): 0 (sem adubação), 0,5 (22,5 kg ha⁻¹ de ureia; 67,5 kg ha⁻¹ de P₂O₅; 33,7 kg ha⁻¹ de K₂O) e 1 dose (45 kg ha⁻¹ de ureia; 135 kg ha⁻¹ de P₂O₅; 67,5 kg ha⁻¹ de K₂O), totalizando assim 12 tratamentos com 3 repetições. As doses de N, P, K foram escolhidas com base no trabalho de Oliveira et al. (2011). A unidade experimental foi composta por 16 plantas, com espaçamento 3 x 2 m, dispoendo uma área de 96 m² cada, totalizando uma área experimental de 3456 m² (Figura 9).

Figura 9. Disposição das unidades experimentais e seus respectivos tratamentos. Fonte: O autor.

60m				
A1R1 96m ²	B2R1	C1R1	D2R1	A3R1
A2R1	D3R1	C3R1	B3R1	C2R1
D2R2	A3R2	D1R2	B2R2	D1R1
B3R2	B1R2	C2R2	D3R2	B1R1
A2R2	C1R2	D1R3	C3R3	B1R3
A1R2	C3R2	A1R3	D3R3	B3R3
B2R3	C2R3	C1R3	D2R3	A2R3
A3R3				

A1 - SF / 0 dose
 A2 - SF / 0,5 dose
 A3 - SF / 1dose
 B1 - F1 / 0 dose
 B2 - F1 / 0,5 dose
 B3 - F1 / 1 dose
 C1 - F2 / 0 dose
 C2 - F2 / 0,5 dose
 C3 - F2 / 1 dose
 D1 - F1 x F2 / 0 dose
 D2 - F1 x F2 / 0,5 dose
 D3 - F1 x F2 / 1 dose

A abertura das covas para o transplântio das mudas deu-se por meio de um perfurador de solo à gasolina, tomando os devidos cuidados para evitar danos ao solo e, também, para que tivessem a mesma profundidade. Em seguida, foi realizada a adubação, pesando-se previamente a quantidade de adubo a ser aplicada por cova e, por fim, fez-se o transplântio das mudas.

3.4 COLETA E ANÁLISES REALIZADAS

A coleta das plantas foi realizada aos 120 dias após o transplântio. Coletou-se as 4 plantas da parcela útil. Foram avaliadas, mensalmente, as características biométricas,

considerando: altura das plantas (determinada entre o nível do solo até a região apical por meio de uma fita métrica) e o diâmetro do colo (mensurado a 0,5 cm do solo com o auxílio de um paquímetro).

Após a separação da parte aérea, as raízes foram retiradas dos vasos e lavadas com água corrente, onde se coletou amostras de raízes mais finas para determinação da porcentagem de colonização micorrízica e o restante foi acondicionado individualmente em sacos de papel, para posterior quantificação da matéria seca da raiz. A parte aérea foi, também, acondicionada individualmente em sacos de papel, para posterior quantificação da matéria seca da parte aérea e das concentrações de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg).

3.4.1 Avaliação de matéria seca e nutricional das mudas

A parte aérea e a raiz foram acondicionadas individualmente em sacos de papel e colocadas em estufa de ventilação forçada a 65°C por 48 h e após a secagem, foram pesadas utilizando-se uma balança digital com precisão de duas casas decimais, obtendo-se a massa seca de parte aérea (MSPA) e a massa seca da raiz (MSR). A partir dessas análises foram obtidas as características que determinam a qualidade das mudas: a relação altura/diâmetro (H/D); relação MSPA/MSR; e o Índice de Qualidade de Dickson (IQD), descrito por Dickson et al. (1960), por meio da fórmula
$$IQD = \frac{MST (g)}{[H (cm) / DC (mm) + MSPA (g) / MSR (g)]}$$
.

Após a determinação da matéria seca, o material foi triturado em moinho tipo Wiley e submetido a análises químicas para determinação das concentrações de N, P, K, Ca, Mg.

Para a determinação do conteúdo relativo de N, o material vegetal foi submetido à digestão sulfúrica, no qual o nitrogênio foi determinado segundo a metodologia de Tedesco et al. (1995). As concentrações de P, K, Ca e Mg foram determinados usando o espectrômetro de emissão óptica em plasma de argônio com

acoplamento indutivo (ICP-OES) da PerkinElmer, modelo Optima™ 8300.

3.4.2 Porcentagem de colonização micorrízica

Para a avaliação da porcentagem da colonização micorrízica, as raízes foram lavadas e uma amostra de, aproximadamente, 2 g de raízes finas armazenada em álcool etílico 50%, para posteriormente ser utilizada na determinação da porcentagem de colonização micorrízica, de acordo com a metodologia descrita por Koske; Gemma (1989). Essa avaliação constou das seguintes etapas: 1º passo: imersão em KOH (10 %) duas vezes consecutivas, por 30 minutos cada, a 90° C em banho-maria, e depois lavada com água corrente; 2º passo: imersão em água oxigenada alcalina (H₂O₂), por 5 minutos, e em seguida passada em água corrente; 3º passo: imersão em ácido clorídrico (1 %), durante 10 minutos; e 4º passo: Cobrir as amostras com solução de glicerol acidificado (500 ml Glicerina, 450 ml água destilada, 50 ml HCL 1 %) contendo 0,05 % de azul de tripan (0,5 g em 1 L de solução de glicerol acidificado) e levar ao banho-maria (90° C) por 60 minutos.

Os segmentos de raízes corados foram depositados, com o auxílio de uma pinça, sobre lâminas, sendo adicionadas algumas gotas de Polivinil-Lacto-Glicerol (PVLG) sobre as raízes, sendo posteriormente cobertas por uma lamínula. As raízes foram, então, levadas ao microscópio, em lâminas contendo 10 fragmentos de raiz em cada uma, para observação da presença de estruturas de FMAs (20 pontos por fragmento), anotando em quantos pontos há presença de hifas, vesículas e arbúsculos. Em seguida, foi calculada a porcentagem de colonização.

3.4.3 Análise estatística

Os dados experimentais obtidos foram submetidos à análise de variância, respeitando-se os pressupostos da análise, e teste de Tukey a 5% de probabilidade, com o auxílio do software Minitab® versão 17.3.1.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CRESCIMENTO DAS MUDAS

4.1.1 Altura

A altura da parte aérea é uma característica de fácil medição e sempre foi utilizada para estimar o padrão de qualidade de mudas de espécies florestais nos viveiros, além de fornecer excelente estimativa da predição do crescimento no campo (GOMES; PAIVA, 2004).

Analisando a Tabela 3, observa-se que as maiores alturas foram encontradas no tratamento misto na dose 1 (29,3 cm), diferenciando estatisticamente dos demais tratamentos. Os menores valores de altura foram observados no tratamento sem fungo, porém este não diferiu estatisticamente do tratamento *A. morrowiae*.

Moretti et al. (2011) observaram que, em condições ideais de adubação para o cedro australiano, as mudas apresentaram, aos 120 dias após o transplântio, 27,9 cm de altura. No geral, no presente trabalho, as mudas inoculadas com inóculo misto aos 120 dias após o transplântio variaram entre 25 e 31 cm de altura, podendo afirmar que são necessários mais estudos utilizando os FMAs nesse sistema de produção, pois estes influenciam na redução do tempo de produção das mudas de cedro australiano.

Tabela 3. Altura das plantas de cedro australiano em função dos fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e adubação NPK, aos cento e vinte dias após o transplântio.

Tratamento	Altura (cm)			Média
	Dose NPK (kg ha ⁻¹)			
	0	0,5	1	
<i>E. colombiana</i>	19,00 bcd	20,04 bc	22,54 b	20,53
<i>A. morrowiae</i>	14,63 e	17,00 cde	18,75 bcd	16,79
Misto	18,83 bcd	22,50 b	29,29 a	23,54
Sem fungo	14,21 e	15,46 de	16,42 cde	15,36
Média	16,67	18,75	21,75	19,06
CV (%)	14,7			

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (p <0,05). Misto: *E. colombiana* + *A. morrowiae*; CV: coeficiente de variação.

Estes resultados mostram a importância dos FMAs em promover o crescimento das mudas de cedro australiano em solos com baixos teores de N, K e, principalmente, P, uma vez que, nas condições de realização do estudo, a colonização micorrízica proporciona maior estímulo no crescimento em baixa disponibilidade de P no solo (SMITH & READ, 2008).

A relação entre o teor de P na planta micorrizada e a resposta em crescimento é estabelecida por processos distintos, um benéfico, em virtude do aumento na absorção de P do solo causado pelo fungo, e outro danoso, ocasionado pelo uso de produtos fotossintetizados pelo fungo. O equilíbrio dos dois processos geralmente resulta em maior crescimento das plantas colonizadas, mas pode também resultar em redução (SILVEIRA, 2003).

Observou-se o micotrofismo para as mudas de cedro australiano na fase inicial de crescimento, pois a micorrização com o inóculo misto elimina a necessidade de adubação, permitindo que as mudas cresçam normalmente quando micorrizadas. Sugai (2010) também observou micotrofismo em mudas de angico quando usado inóculo misto (*Glomus etunicatum* + *Gigaspora margarita*), mostrando ser eficiente em promover benefícios no crescimento.

Vieira et al. (2011) observaram micotrofismo em mudas de oliveira (*Olea europea*), principalmente com fungos do gênero *Acaulospora*, evidenciando, também, que os propágulos de FMAs estavam homoganeamente distribuídos nas proximidades da rizosfera das mudas.

A não promoção do crescimento das mudas pelos FMAs pode ocorrer em função do benefício no crescimento pelos FMAs ser determinado pela compatibilidade entre isolado de FMA e hospedeiro vegetal associado às condições ambientais predominantes no meio (SOUZA et al., 2006; ANGELINI, 2008).

4.1.2 Matéria seca da parte aérea

A produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) das plantas colonizadas com o inóculo misto apresentaram maiores valores na dose 1 (57,62 g planta⁻¹), porém este não diferenciou estatisticamente do tratamento *E. colombiana* na mesma dose (55,90 g planta⁻¹). Quando comparado aos demais tratamentos biológicos, a espécie *A. morrowiae* e o tratamento sem fungo não tiveram boa eficiência para a MSPA (Tabela 4).

Tabela 4. Matéria seca da parte aérea (MSPA) das plantas de cedro australiano em função dos fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e adubação NPK, aos cento e vinte dias após o transplantio.

Tratamento	MSPA (g planta ⁻¹)			
	Dose NPK (kg ha ⁻¹)			Média
	0	0,5	1	
<i>E. colombiana</i>	53,22 bc	53,61 bc	55,90 ab	54,24
<i>A. morrowiae</i>	46,84 de	48,42 d	48,55 d	47,94
Misto	52,45 c	54,05 bc	57,62 a	54,71
Sem fungo	45,47 e	48,28 de	51,85 c	48,53
Média	49,5	51,09	53,48	51,35
CV (%)	4,07			

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (p <0,05). Misto: *E. colombiana* + *A. morrowiae*; CV: coeficiente de variação.

O aumento na produção de matéria seca pode estar ligado ao papel do fósforo na síntese de proteína, que incide no maior crescimento da planta (MARSCHNER, 1995). Esses resultados mostram o efeito das doses de NPK e dos tratamentos biológicos em mudas de cedro australiano. Lima e Sousa (2014), trabalhando com mudas de clones de eucalipto, observaram interação entre as espécies introduzidas de FMA e as plantas hospedeiras, o que favoreceu a produção de matéria seca e absorção de N, P e K. Resultados semelhantes foram relatados por Carmo et al. (2016), trabalhando com mudas de cedro australiano inoculadas com FMAs em diferentes recipientes.

Diversos outros estudos com espécies arbóreas nativas de áreas tropicais, em fase de crescimento inicial vem demonstrando efeito positivo dos FMAs na produção de matéria seca (CARNEIRO et al., 1996; SIQUEIRA et al., 1998; SIQUEIRA; SAGGIN-JÚNIOR, 2001; POUYU-ROJAS et al., 2006).

O aumento em matéria seca em plantas micorrizadas pode ser resultado do aumento da aquisição de nutrientes (MARSCHNER; DELL, 1994). Vandresen et al. (2007),

trabalhando com mudas de cinco espécies arbóreas nativas do sul do Brasil, verificou que estas exibiram efeito significativo da inoculação com FMAs, da aplicação de adubos e da interação entre esses fatores na produção da matéria seca da parte aérea (MSPA).

4.1.3 Matéria seca da raiz

Segundo Lacerda et al. (2011), para o sucesso de um programa de revegetação é necessária a adquirir mudas de boa qualidade, mais precisamente, aquelas que apresentam alta produção de raízes, o que auxilia seu estabelecimento em campo.

O maior incremento de raízes também é importante, pois pode contribuir para aumentar a biomassa microbiana e recuperar a atividade biológica do solo degradado, além de possuir papel fundamental em alguns atributos físicos do solo, tal como a estruturação (SIQUEIRA, 1994; SIQUEIRA; SAGGIN-JUNIOR, 1995; RILLIG, 2004).

Ao analisar a Tabela 5, é possível observar que as plantas inoculadas com inóculo misto na dose 1 apresentaram os maiores valores para a MSR (22,12 g planta⁻¹), porém este não apresentou diferença estatística dos demais tratamentos. O tratamento *A. morrowiae* apresentou os menores valores de MSR nas três doses.

Oliveira et al. (2013), trabalhando com mudas de leucena sob aplicação de esterco, também observaram um decréscimo na produção da matéria seca da raiz.

Tabela 5. Matéria seca da raiz (MSR) das plantas de cedro australiano em função dos fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e adubação NPK, aos cento e vinte dias após o transplântio.

Tratamento	MSR (g planta ⁻¹)			
	Dose NPK (kg ha ⁻¹)			Média
	0	0,5	1	
<i>E. colombiana</i>	20,87 ab	20,99 ab	21,03 ab	20,96
<i>A. morrowiae</i>	15,11 c	17,72 abc	17,84 abc	16,89
Misto	19,42 abc	19,58 abc	22,15 a	20,38
Sem fungo	16,92 bc	18,95 abc	21,14 ab	19,00
Média	18,08	19,31	20,54	19,31
CV (%)	18,6			

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (p <0,05). Misto: *E. colombiana* + *A. morrowiae*; CV: coeficiente de variação.

Machineski et al. (2009) observaram um acréscimo de 400 % na produção de MSR em mudas de peroba rosa (*Aspidosperma polyneuron* M. Arg.) submetidas à inoculação com FMA, quando comparadas com as mudas não inoculadas. De acordo com Sugai et al. (2010), o aumento do volume das raízes é fundamental para mudas destinadas a reflorestamento em locais de baixa fertilidade, o qual pode melhorar as condições de absorção de água e nutrientes e aumentar a sobrevivência no campo após o transplântio.

4.1.4 Diâmetro do colo

As mudas devem apresentar altos valores de diâmetros de colo (DC) para melhor equilíbrio do crescimento da parte aérea, ou seja, o maior diâmetro indica melhor captação e translocação de nutrientes na planta (GOMES; PAIVA, 2004).

Observa-se na Tabela 6 que o tratamento com inóculo misto, nas doses 1 (5,79 mm) e 0,5 (5,33 mm), e *E. colombiana* na dose 1 (5,37 mm) apresentaram os maiores valores de DC, respectivamente, porém não diferenciando entre si. Quando

comparado aos demais tratamentos biológicos, a espécie *A. morrowiae* e o tratamento sem fungo não tiveram boa eficiência para a variável DC.

Tabela 6. Diâmetro do colo (DC) das plantas de cedro australiano em função dos fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e adubação NPK, aos cento e vinte dias após o transplântio.

Tratamento	Diâmetro do colo (mm)			Média
	Dose NPK (kg ha ⁻¹)			
	0	0,5	1	
<i>E. colombiana</i>	4,71 bc	4,71 bc	5,37 ab	4,93
<i>A. morrowiae</i>	3,50 d	3,83 d	4,25 cd	4,19
Misto	4,71 bc	5,33 ab	5,79 a	5,28
Sem fungo	4,00 cd	4,12 cd	4,33cd	4,15
Média	4,48	4,5	4,94	4,64
CV (%)	11,5			

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (p <0,05). Misto: *E. colombiana* + *A. morrowiae*; CV: coeficiente de variação.

Mudas de maracujazeiro-doce também apresentaram aumento no diâmetro do colo, quando inoculadas com FMAs em em relação àquelas não inoculadas, sem ou com adição de P (VITORAZI FILHO et al., 2012). Vieira et al. (2006), demonstraram que a adubação com P é um fator importante no crescimento da espécie florestal paricá em fase de muda, pois a espécie apresentou respostas com relação ao diâmetro colo.

4.1.5 Colonização micorrízica

A porcentagem de colonização micorrízica nas raízes das mudas de cedro australiano foi significativamente influenciada pela espécie de FMA (Figura 10).

Observou-se que a espécie *E. colombiana* quando inoculada separadamente, apresentou as menores porcentagens de colonização micorrízica (62,5 %). Por outro lado, quando combinada com o *A. morrowiae* (inóculo misto), resultou na

maior porcentagem de colonização micorrízica, não diferindo do *A. morrowiae* separadamente. Brito et al. (2017) também observaram menores porcentagens de colonização micorrízica em mudas de paricá (*Schizolobium parahyba*) quando inoculadas com espécies de fungos separadamente.

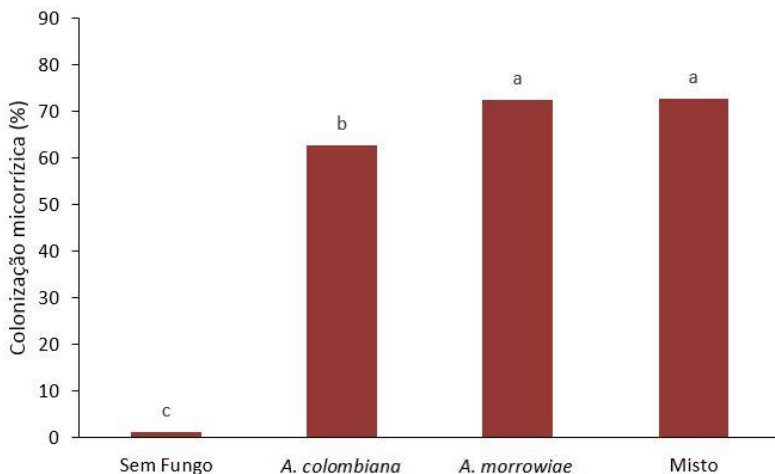
A colonização das raízes e a resposta à inoculação, para algumas espécies de plantas, podem apresentar diferenças, porque algumas espécies de FMAs podem ser mais efetivas do que outras, diferindo na extensão da colonização das raízes e na resposta à inoculação (JAKOBSEN, 1995; SANDERS et al. 1996). Estas diferenças também ocorrem dependendo da disponibilidade de P do solo (COMAS et al. 2002; MILLER et al. 1994). Nesse sentido, a eficiência da associação e a efetividade dos FMAs variam em função da colonização micorrízica e das espécies de fungos utilizadas (JANOS, 1988; POUYU-ROJAS et al., 2006). Isso significa que algumas combinações entre fungo e hospedeiro podem ser mais eficientes que outras (KIERS et al., 2000).

As mudas inoculadas com *E. colombiana* apresentaram menor porcentagem de colonização micorrízica (Figura 10). Entretanto, o crescimento das mudas em altura nas doses de adubo aplicadas não foi influenciado.

A espécie *A. morrowiae* e o inóculo misto (*E. colombiana* + *A. morrowiae*) resultaram em 72,5 e 72,7 % de colonização micorrízica, respectivamente, demonstrando alta compatibilidade. Stoffel et al. (2016) trabalhando com micorrizas arbusculares no crescimento de espécies arbóreas, observaram que a inoculação de fungos micorrízicos arbusculares propiciou elevada colonização micorrízica para a bracatinga e maricá. Pouyu-rojas et al. (2006) observaram a existência de certa seletividade e ampla variação na compatibilidade das micorrizas de espécies arbóreas tropicais. Segundo os mesmos autores, as espécies arbóreas com maiores índices de compatibilidade das plantas (ICp) apresentam maior chance de sobreviverem e competirem no campo, por terem

maiores chances de serem colonizadas pelos FMAs existentes no solo, ao contrário daquelas com baixo ICp, que são mais seletivas.

Figura 10. Colonização micorrízica em raízes de mudas de cedro australiano aos cento e vinte dias após transplantio.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5%. C.V.= 18%.

A simbiose micorrízica é intensamente afetada pelos fatores físico-químicos do ambiente, interferindo no seu desenvolvimento quando há alteração em algum deles (KLAUBERG-FILHO et al., 2005). Entretanto, para o cedro australiano, nas condições avaliadas, a porcentagem de colonização micorrízica não foi influenciada pelas dosagens de NPK, mostrando que as duas espécies de fungos podem ser utilizadas para melhorar a qualidade das mudas.

Na ausência da adubação fosfatada, as mudas colonizadas com *E. colombiana* e o inóculo misto apresentaram efeito significativo em relação ao controle, evidenciando o efeito benéfico da micorrização em condições de baixa fertilidade

(Tabela 3, 4 e 5). Stoffel et al. (2016) observaram baixa colonização micorrízica ao utilizar as espécies *E. colombiana* e *A. morrowiae* em mudas de bracinga e maricá.

De modo geral, a simbiose entre as plantas e FMAs resulta na redução de perdas por fatores de estresse (MUNIER-LAMY et al., 2007) e, conseqüentemente, maior crescimento das plantas, com economia de insumos e redução da contaminação ambiental (HUANG et al., 2009). Além disso, esses fungos podem atuar como agentes potenciais de controle biológico, amenizando os efeitos ou danos causados por fitopatógenos, pois promovem melhor nutrição das plantas e aumento da resistência do sistema radicular (FOLLI-PEREIRA, 2012).

4.2 QUALIDADE DAS MUDAS

Os parâmetros morfológicos e as relações utilizadas para avaliar a qualidade das mudas não devem ser utilizados isoladamente para classificar o padrão da qualidade de mudas, para evitar o risco de selecionar mudas mais altas, porém fracas, descartando-se as menores, mas com maior vigor (FONSECA et al., 2002).

Para a variável relação altura e diâmetro do colo (H/DC), observa-se na Tabela 7 que o tratamento com inóculo misto apresentou a maior relação (5,11), porém este não diferenciou estatisticamente dos tratamentos *E. colombiana* e *A. morrowiae*. O tratamento sem fungo apresentou os menores valores de H/DC nas três doses.

Mudas com alto valor de diâmetro de colo indicam que haverá boa taxa de sobrevivência após o transplante (ALMEIDA et al., 2005), uma vez que esse é um indicador das taxas de assimilação líquida de produtos da fotossíntese (MARANA et al., 2015).

O diâmetro do colo, sozinho ou combinado com a altura é uma das melhores características para avaliar a qualidade da

muda, e quanto maior o diâmetro, melhor será o equilíbrio do crescimento com a parte aérea, principalmente quando se exige rustificação das mudas (GOMES; PAIVA, 2004).

Tabela 7. Relação altura e diâmetro do colo (H/DC) das plantas de cedro australiano em função dos fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e adubação NPK, aos cento e vinte dias após o transplante.

Tratamento	Relação (H/DC)			
	Dose NPK (kg ha ⁻¹)			
	0	0,5	1	Média
<i>E. colombiana</i>	4,05 bc	4,27 ab	4,25 ab	4,19
<i>A. morrowiae</i>	3,28 Bc	4,46 ab	4,47 ab	4,07
Misto	4,05 bc	4,24 ab	5,11 a	4,47
Sem fungo	3,59 bc	3,82 bc	3,84 bc	3,75
Média	3,74	4,20	4,42	4,12
CV (%)	16,3			

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (p <0,05). Misto: *E. colombiana* + *A. morrowiae*; CV: coeficiente de variação.

A relação H/DC exprime o equilíbrio de desenvolvimento das mudas em viveiro. Os valores recomendados para essa relação são de 5,4 a 8,1 em *Pinus taeda* (CARNEIRO, 1995). Os valores observados neste estudo ficaram entre 3,28 e 5,11, estando abaixo do recomendado para a maioria das espécies, demonstrando um desequilíbrio no desenvolvimento da parte aérea, possivelmente causado por condições climáticas adversas. Brito et al., (2017) trabalhando com FMAs e adubação fosfatada em mudas de paricá (*Schizolobium parahyba*), observaram valores entre 5,51 e 7,39. Já Caione et al. (2012) encontraram os valores mínimo e máximo de 8,77 e 9,48, respectivamente, estudando o crescimento e qualidade de mudas de *Schizolobium amazonicum* submetidas à adubação com N, P e K.

A relação parte aérea/raiz (PA/R), mostra que as mudas inoculadas com *A. morrowiae* na dose 0 apresentaram as maiores relações (3,39), porém este tratamento não diferenciou estatisticamente dos demais. Enquanto isso, o tratamento sem fungo foi o que apresentou a menor relação PA/R (Tabela 8).

Tabela 8. Relação (PA/R) das plantas de cedro australiano em função dos fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e adubação NPK, aos cento e vinte dias após o transplantio.

Tratamento	Relação (PA/R)			
	Dose NPK (kg ha ⁻¹)			
	0	0,5	1	Média
<i>E. colombiana</i>	2,67 ab	2,58 b	2,80 ab	2,68
<i>A. morrowiae</i>	3,39 a	2,89 ab	2,78 ab	3,02
Misto	2,75 ab	2,85 ab	2,66 ab	2,75
Sem fungo	2,71 ab	2,58 b	2,47 b	2,59
Média	2,88	2,72	2,68	2,76
CV (%)	20,8			

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Misto: *E. colombiana* + *A. morrowiae*; CV: coeficiente de variação.

No presente estudo os valores dessa relação variaram entre 2,47 e 3,39. Isso significa que as raízes tiveram pouco desenvolvimento se comparadas com a parte aérea. Braga et al. (2015) observaram valores na relação (PA/R) entre 1,3 e 1,9 para mudas de cedro australiano sob aplicação de calcário e enxofre. De acordo com Gomes e Paiva (2006) a melhor relação entre massa seca da parte aérea com a massa seca das raízes deve ser de aproximadamente 2,0 para a produção de mudas de eucalipto (*Eucalipto spp.*). Para *Pinus taeda* transplantados para terrenos secos, foi recomendado um valor de 2,5, combinado com uma altura da parte aérea menor que 30 cm (BOYER; SOUTH, 1987). Entretanto, esta relação é apontada como um parâmetro

seguro e eficiente para expressar a qualidade de mudas (PARVIAINEN, 1981).

O Índice de Qualidade Dickson (IQD) permite classificar mudas quanto à qualidade, a partir das relações de parâmetros morfológicos. O maior índice representa uma muda com melhor qualidade (GOMES, 2001).

Avaliando pelo Índice de Qualidade Dickson (IQD) verifica-se que houve maiores valores de IQD nas plantas tratadas com o inóculo misto na dose 1, porém, este não diferenciou estatisticamente de *E. colombiana* e sem fungo. Por outro lado, as mudas inoculadas com *A. morrowiae* apresentaram menores IQD, quando comparado com os demais tratamentos biológicos (Tabela 9).

Tabela 9. Índice de Qualidade de Dickson (IQD) das plantas de cedro australiano em função dos fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e adubação NPK, aos cento e vinte dias após o transplântio.

Tratamento	Índice de Qualidade de Dickson (IQD)			Média
	Dose NPK (kg ha ⁻¹)			
	0	0,5	1	
<i>E. colombiana</i>	11,12 ab	11,00 ab	11,43 ab	11,18
<i>E. morrowiae</i>	9,27 b	9,12 b	9,29 b	9,36
Misto	10,62 ab	10,51 ab	11,73 a	10,56
Sem fungo	9,96 ab	10,66 ab	10,56 ab	10,78
Média	10,34	10,32	10,75	10,47
CV (%)	17,1			

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Misto: *E. colombiana* + *A. morrowiae*; CV: coeficiente de variação.

Nesse sentido, o incremento positivo alcançado com as doses de NPK e inoculação com os FMAs demonstraram que estes fatores interferem diretamente e positivamente na

qualidade das mudas de cedro australiano, sob as condições avaliadas.

4.3 TEORES DE MACRONUTRIENTES (N, P, K, Ca e Mg) NA PARTE AÉREA DAS MUDAS

O incremento nos teores de nutrientes na parte aérea das plantas micorrizadas expressa a eficiência dos FMAs em promover o aumento da absorção de nutriente do substrato (CARMO et al. 2016).

Não houve diferença significativa para o conteúdo relativo de Mg em relação à presença ou ausência dos FMAs e nem para as doses de NPK aplicadas ao solo (dados não apresentados).

O conteúdo relativo de N nas plantas de cedro australiano foi maior nas mudas inoculadas com a espécie *E. colombiana* na dose 1 (3,43 %), diferenciando estatisticamente dos demais. O mesmo tratamento biológico apresentou os maiores valores de conteúdo relativo de N nas três doses (Tabela 10).

Clark e Zeto (2000) relatam que os FMAs tem papel significativo na absorção de N, particularmente na forma do íon NH_4^+ , menos móvel no solo. Sugai et al. (2011), estudando o crescimento de mudas de angico inoculadas com diferentes espécies de FMA e cultivadas em solo preservado e esterilizado e em solo natural, não observaram diferenças no teor de nitrogênio na parte aérea das plantas.

Tabela 10. Conteúdo relativo de N na parte aérea das plantas de cedro australiano em função dos fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e adubação NPK, aos cento e vinte dias após o transplântio.

Tratamento	Conteúdo relativo de N (%)			
	Dose NPK (kg ha ⁻¹)			Média
	0	0,5	1	
<i>E. colombiana</i>	1,96 bc	2,27 bc	3,43 a	2,55
<i>A. morrowiae</i>	1,64 c	2,57 ab	1,96 bc	2,06
Misto	1,95 bc	2,49 bc	2,00 bc	2,15
Sem fungo	2,05 bc	1,99 bc	2,19 bc	2,08
Média	1,90	2,33	2,39	2,21
CV (%)	28,5			

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Misto: *E. colombiana* + *A. morrowiae*; CV: coeficiente de variação.

As plantas inoculadas com inóculo misto nas doses 0,5 (20,8 %) e 1 (20,4 %) apresentaram os maiores conteúdos relativos de P na parte aérea, porém, estes não diferenciaram dos tratamentos *E. colombiana* e *A. morrowiae*. Por outro lado, as plantas do tratamento sem fungo apresentaram os menores conteúdos relativos de P nas três doses (Tabela 11). Esses resultados evidenciam a importância dos FMAs em promover a maior absorção do P em relação às não inoculadas, o que resulta no principal benefício da associação (SMITH & READ, 1997).

Machineski et al. (2009) também observaram maiores concentrações de P em mudas de peroba rosa inoculadas com FMAs, assim como Vandresen et al. (2007), que observaram em cinco espécies florestais nativas o maior teor de P nas folhas em plantas micorrizadas.

Tabela 11. Conteúdo relativo de P nas plantas de cedro australiano em função dos fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e adubação NPK, aos cento e vinte dias após o transplantio.

Tratamento	Conteúdo relativo de P (%)			
	Dose NPK (kg ha ⁻¹)			Média
	0	0,5	1	
<i>E. colombiana</i>	16,0 ab	14,3 b	18,5 ab	16,3
<i>A. morrowiae</i>	15,7 ab	16,7 ab	15,9 ab	16,1
Misto	14,6 b	20,8 a	20,4 a	18,6
Sem fungo	8,0 c	5,0 c	7,4 c	6,8
Média	13,6	14,2	15,6	14,4
CV (%)	28,6			

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Misto: *E. colombiana* + *A. morrowiae*; CV: coeficiente de variação.

O efeito do fósforo é importante na produção de mudas de boa qualidade, pois melhora características muito importantes da planta que são a capacidade fotossintética e de absorção de água e nutrientes (LIMA et al., 2011). Nesse sentido, pode-se considerar que a associação dos FMAs com as mudas de cedro australiano foi efetiva para absorção desse nutriente. Assim, a inoculação com FMAs resultaram em maior acúmulo de P, sendo verificada a interação significativa dos FMAs e as doses de P nas plantas.

Para o K, os maiores valores foram observados em plantas inoculadas com *E. colombiana* na dose 1 (73,7 %) e com inóculo misto na dose 0,5 (65,9 %), não diferenciando entre si. As plantas inoculadas com *A. morrowiae* apresentaram menor eficiência na absorção de K, porém não diferenciando do tratamento sem fungo. Isso demonstra que os FMAs também contribuem para a maior absorção de outros nutrientes pelas plantas, além do P (Tabela 12).

Tabela 12. Conteúdo relativo de K nas plantas de cedro australiano em função dos fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e adubação NPK, aos cento e vinte dias após o transplante.

Tratamento	Conteúdo relativo de K (%)			
	Dose NPK (kg ha ⁻¹)			Média
	0	0,5	1	
<i>E. colombiana</i>	58,3 bc	54,5 bc	73,7 a	62,1
<i>A. morrowiae</i>	38,5 bc	47,1 bc	53,6 bc	46,4
Misto	55,3 bc	65,9 ab	56,8 bc	59,3
Sem fungo	55,0 bc	53,5 bc	57,2 bc	55,2
Média	51,8	55,2	60,3	55,8
CV (%)	30,9			

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Misto: *E. colombiana* + *A. morrowiae*; CV: coeficiente de variação.

As hifas dos FMAs são capazes de assimilar e transportar o K para o hospedeiro, apesar de não exercer tanta influência nos nutrientes que se movimentam no solo por fluxo de massa, comparado com aqueles que se movem por difusão, como o P (GIRI et al. 2005; MARSHNER; DELL, 1994).

Verificou-se influência da inoculação com FMAs sobre as concentrações foliares de Ca no cedro australiano. O maior conteúdo relativo de Ca observado entre as mudas inoculadas com FMA foi proporcionado pelo inóculo misto na dose 0,5 (68,8 %), porém este não diferenciou de *E. colombiana* e *A. morrowiae* (Tabela 13). O tratamento sem fungo apresentou uma menor eficiência na absorção de Ca, porém não diferenciando do *A. morrowiae*.

A associação das raízes com os FMAs também proporciona benefícios para a planta hospedeira, através da maior absorção de nutrientes como o Ca (SCHIAVO et al., 2009).

Tabela 13. Conteúdo relativo de Ca nas mudas de cedro australiano em função dos fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e adubação NPK, aos cento e vinte dias após o transplântio.

Tratamento	Conteúdo relativo de Ca (%)			
	Dose NPK (kg ha ⁻¹)			
	0	0,5	1	Média
<i>E. colombiana</i>	51,1 abc	52,2 abc	58,5 ab	54,0
<i>A. morrowiae</i>	47,9 abc	52,3 abc	38,5 bc	46,2
Misto	48,1 abc	68,8 a	49,3 abc	55,4
Sem fungo	39,5 bc	39,2 bc	45,6 bc	39,8
Média	46,7	51,9	48,00	48,8
CV (%)	33,6			

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Misto: *E. colombiana* + *A. morrowiae*; CV: coeficiente de variação.

De acordo com Siqueira e Saggin Júnior (1995), a micorrização exerce pequeno efeito na absorção de elementos catiônicos.

Moretti et al. (2011), trabalhando com exigências nutricionais e efeito da omissão de nutrientes no crescimento de mudas de cedro-australiano (*Toona ciliata* M. Roem var. *australis*), verificaram que as plantas apresentam elevada exigência nutricional.

5 CONCLUSÃO

Conclui-se que as mudas de cedro australiano inoculadas com inóculo misto variaram entre 25 e 31 cm de altura, sendo observado micotrofismo na fase inicial de crescimento, uma vez que as mudas cresceram normalmente.

Os tratamentos *E. colombiana* e inóculo misto, proporcionaram aumento de massa seca da parte aérea e da raiz e, também, do diâmetro de colo das mudas de cedro australiano.

Com relação à colonização micorrízica, os tratamentos *A. morrowiae* e inóculo misto proporcionaram uma maior presença de estruturas desses fungos, porém a espécie *A. morrowiae* não foi eficiente em promover o crescimento das mudas.

As mudas de cedro quando inoculadas apresentaram uma maior relação altura e diâmetro do colo e, também, maior relação massa seca parte aérea e raiz, indicando que estas são mais vigorosas e apresentam maiores chances de sobrevivência no campo.

O tratamento *A. morrowiae* apresentou o menor Índice de Qualidade de Dickson, indicando que este FMA não é adequado para ser utilizado no cedro australiano, quando se deseja mudas de melhor qualidade.

No que se refere à absorção de nitrogênio, o tratamento *E. colombiana* mostrou-se superior. Enquanto que, para o fósforo, todos os tratamentos com FMAs apresentaram influência positiva sobre este. Isso evidencia a importância do uso dos FMAs para promover a absorção de P pelas plantas.

Por outro lado, para o potássio e para o cálcio os tratamentos *A. morrowiae* e sem fungo não foram eficientes na absorção desses cátions, se comparado com os demais tratamentos biológicos.

De modo geral, os resultados obtidos neste trabalho indicam que ainda se faz necessário um maior número de estudos acerca da nutrição mineral para a produção comercial de

cedro australiano, bem como a sua interação com FMAs, uma vez que a espécie apresenta bom potencial de desenvolvimento no Brasil.

6 BIBLIOGRAFIA

ABBOTT, L. K.; ROBSON, A. D. Factors influencing the occurrence of vesicular-arbuscular mycorrhizas. **J. Agric. Ecos. Envir.** 35, 121-150, 1991.

ALMEIDA, L. S. **Avaliação morfológica de mudas de *Allophylus edulis* (A. St. Hill., A. Juss. e Cambess.) Radl. (Vacum) e *Schinus terebinthifolius* Raddi (Aroeira) produzidas em diferentes substratos.** Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

ANDREAZZA, R. et al. Espécies de *Pisolithus* sp. na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden em solo arenoso. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.14, n.2, p.51-60, 2004.

ANDREAZZA, R. **Associação de fungos ectomicorrízicos com espécies florestais nativas do estado do Rio Grande do Sul.** 73f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

ANGELINI, G. A. R. **Seleção de fungos micorrízicos arbusculares e ectomicorrizas para simbiose eficiente com leguminosas arbóreas de gênero *Acacia*.** Seropédica. Dissertação (Mestrado Ciência do Solo)- Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2008.

ANTUNES V. et al. Interação entre diferentes tipos de solo e fungos micorrízicos vesículo-arbusculares na produção de mudas de café (*Coffea arabica* L.). **Turrialba**, San José, v. 38, n. 2, p. 117-122, 1988.

ARES, A.; FOWNES, J. H. Productivity, nutrient, and water-use efficiency of *Eucalyptus saligna* and *Toona ciliata* in Hawaii. **Forest Ecology and Management**, n. 139, p. 227-236. 2000.

ARRIAGADA, C. et al. Improved zinc tolerance in *Eucalyptus globulus* inoculated with *Glomus deserticola* and *Trametes versicolor* or *Corioloopsis rigida*. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 42, n. 1, p. 118- 124, 2010.

BELA VISTA FLORESTAL. **Cedro Australiano**. Campo Belo, MG, 2015. Disponível em: <www.belavistaflorestal.com.br>. Acesso em: 14 out. 2016.

BELLOTE, A. F. J.; SILVA, H. D. DA. Técnicas de amostragem e avaliações nutricionais em plantios de *Eucalyptus* spp. In: Gonçalves, J. L. de M.; Benedetti, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, p. 105-133. 2000.

BOYER, J. N.; SOUTH, D. B. Excessive seedling height, high shoot-to-root ratio and benomyl root dip reduce survival of stored loblolly pine seedlings. **Tree Planter's Notes**, v.38, n.4, p. 19-22, 1987.

BRAGA, M. M. et al. Influência da saturação por bases na qualidade e crescimento de mudas de cedro-australiano (*Toona ciliata* M. Roem var. *australis*). **Ciência Florestal**, v. 25, p. 49-58, 2015.

BRITO, V. N. et al. Fungos micorrízicos arbusculares e adubação fosfatada na produção de mudas de Paricá. **Ciência Florestal** (UFSM. Impresso), 2017.

BROWLEE, C. et alii. The structure and function of mycelial systems of ectomycorrhizal roots with especial reference to their role in forming inter-plant connections and providing pathways for assimilate and water transport. **Plant & soil**. The Hague 71 :433-43, 1983.

BRUNDRETT, M. C. et al. Glomalean mycorrhizal fungi from tropical Australia. I. Comparison of the effectiveness and specificity of different isolation procedures. **Mycorrhiza**, n. 8, p. 305-314, 1999.

BRUNDRETT, M. et al. **Working with mycorrhizas in forestry and agriculture**. Canberra: Aciar, 1996. 400p

BUÉE, M. et al. The pre-symbiotic growth of arbuscular mycorrhizal fungi is induced by a branching factor partially purified from plant root exudates. **Molecular Plant Microbe Interaction**, n. 13, p. 693-698, 2000.

BYGRAVE, F. L.; BYGRAVE, P. L. **Growing Australian red cedar**. Sydney: RIRDC/Land & Water Australia/FWPRDC/MDBC, n. 04/135, 2005. 84 p.

CAIONE, G. et al. Crescimento de mudas de *Schizolobium amazonicum* (Huber ex Ducke) em substrato fertilizado com nitrogênio, fósforo e potássio. **Scientia. Forestalis**, v. 40, n. 94, p. 213-221, 2012.

CALVET, C. et al. Aptitude for mycorrhizal root colonization in *Prunus* rootstocks. **Scientia Horticulturae**, v. 09, n. 01, p. 1-10, 2003.

CARMO, E. R. do et al. Production of australian cedar seedlings inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi in different types of containers. **Rev. Árvore**, Viçosa, v. 40, n. 2, p. 269-278, Apr. 2016.

CARNEIRO, J. G. A. Produção e controle de qualidade de mudas florestais. Curitiba: **UFPR/FUPEF**, 1995. 451 p.

CARNEIRO, M.A.C. et al. Fungo micorrízico e superfosfato no crescimento de espécies arbóreas tropicais. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.50, p.21-36, 1996.

CARNEIRO, M. A. C. et al. Fósforo e inoculação com fungos micorrízicos arbusculares no estabelecimento de mudas de embaúba (*Cecropia pachystachya* Trec.). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 34, p. 119-125, 2004.

CIFLORESTAS. Centro de Inteligência em Florestas. Cedro Australiano. **Cartilha Florestal**, 2010. Disponível em: <http://www.ciflorestas.com.br/texto.php?p=cedro_australiano>. Acesso em: 13 out. 2016.

CLARK, R.B., ZETO, S.K. Mineral acquisition by arbuscular mycorrhizal plants. **Journal of Plant Nutrition**, v. 23, n. 7, p. 867-902, 2000.

COMAS, L.H. et al. Linking root traits to potential growth rate in six temperate tree species. **Oecologia** **132**: 34-43, 2002.

COOPER, K. M. Physiology of VA mycorrhizal associations. In: POWELL, C. L. & BAGYARAJ, D. J. - **VA micorrhiza**. Boca Raton. CRC Press, 1984. p. 155-80.

COSTA, M. D.; LOVATO, P. E. Fosfatases na dinâmica do fósforo do solo sob culturas de cobertura com espécies micorrízicas e não-micorrízicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 06, p. 603-605, 2004.

CUNNINGHAM, S. A. et al. Patterns of host use by the shoot-borer *Hypsipyla robusta* (Pyralidae: Lepidoptera) comparing five Meliaceae tree species in Asia and Australia. **Forest Ecology and Management**, v. 205, p. 351-357. 2005.

D'AVILA, F. S. **Efeito do fósforo, nitrogênio e potássio na produção de mudas clonais de eucalipto.** Dissertação (Ciência Florestal) Viçosa, MG. Universidade Federal de Viçosa, 2008.

DICKSON, A. et al. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **For. Chron.**, v. 36, p. 10-13, 1960.

FOGAÇA, C. A. **Nutrientes e Fungos Micorrízicos Arbusculares como Fatores Limitantes ao Crescimento de *Toona ciliata* M. Roem. var. *australis*.** Seropédica. Tese (Doutorado em Ciências) – UFRRJ, 2010.

FOLLI-PEREIRA, M. da S. et al. Revisão bibliográfica: micorriza arbuscular e a tolerância das plantas ao estresse. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, p. 1663-1679, 2012.

FONSECA, E. P. **Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume., *Cedrela fissilis* Vell e *Aspidosperma polyneuron* Muil Arg. produzidas sob diferentes períodos de sombreamento.** Jaboticabal. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, 2000.

FONSECA, E. P. et al. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. **Revista Árvore**, Viçosa, v.26, n.4, p.515- 523, jul./ago. 2002.

FRANCO, A. A. et al. Uso de leguminosas florestais noduladas e micorrizadas como agentes de recuperação e manutenção da vida no solo: um modelo tecnológico. In: Esteves, F. (ed.). **Oecologia Brasilienses.** Rio de Janeiro: UFRJ, 1995. p. 459-467.

FREITAS, T. A. S. et al. Desempenho radicular de mudas de eucalipto produzidas em diferentes recipientes e substratos. **Revista Árvore**, v. 29, n. 6, p. 853-861, 2005.

FREITAS, T.A.S. et al. Produção de mudas de eucalipto com substratos para sistema de blocos. **Revista Árvore**, v. 34, n. 5, p. 761-770, 2010.

GERDEMANN, J. W. Vesicular–arbuscular mycorrhizae. In: Torrey, J.G. & Clarkson, D.T. (Eds.) **The development and function of roots**. New York: Academic Press, 1975.

GERDEMANN. J. W. & NICOLSON. T. H. Spores of mycorrhizal endogene species extracted from soil by wet silving and decating. **Trans. Br. Mycol. Soc.** 46(2): 235- 44, 1968.

GIANINAZZI-PEARSON V. Plant cell responses to arbuscular mycorrhizal fungi: getting to the root of the symbiosis. **Plant Cell** 8:1871–1883, 1996.

GIRI, B. et al. Effect of the arbuscular mycorrhizae *Glomus fasciculatum* and *G. macrocarpum* on the growth and nutrient content of *Cassia siamea* in a semi-arid Indian wasteland soil. **New Forest**, n. 29, p. 63-73.

GOMES, J. M. **Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, produzidas em diferentes tamanhos de tubete e de dosagens de N-P-K**. 166f. Tese (Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.

GOMES, J. M.; PAIVA, H.N. **Viveiros florestais: propagação sexuada**. 3 ed. Viçosa, MG: UFV, 2004. 116 p.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros florestais (propagação sexuada)**. Viçosa: Editora UFV, 2006.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES - IBÁ. **Anuário estatístico**, 2016, ano base 2015.

GONÇALVES, F. G.; OLIVEIRA, J. T. da S. Resistência ao ataque de cupim de madeira seca (*Cryptotermes brevis*) em seis espécies florestais. **Revista Cerne**, Lavras, MG, v. 12, n.1, jan./mar., p. 80-83, 2006.

GOUVÊA, C. F. **Estudo do desenvolvimento floral em espécies arbóreas da família Meliaceae**. 101f. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2005.

GRIJPM, P., RAMALHO, R. *Toona* spp. possible alternatives for the problem of the borer *Hypsipyla grandella* on Meliaceae-D in Latin America. **Turrialba** 19, p. 531-547, 1969.

GUPTA, V. et al. General aspects of mycorrhiza. In: Mukerji, K.G., B.P.; Singh, Chamola & J. (eds). **Mycorrhizal Biology**, p. 27-44, 2000.

HABT, M. 2000, plant nutrient management in Hawaii's soils, approaches for tropical and subtropical agriculture. J. A. Silva and Uchida, eds. **College of Tropical Agriculture and Human Resources**, University of Hawaii at Manoa, 2000.

HYDE, K.D. **Biodiversity of Tropical Microfungi**. Hong Kong University Press, Hong Kong, 1997.

IBF. INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORESTAS. **Tudo sobre cedro australiano**. Disponível em:

<<http://www.ibflorestas.org.br/conteudo/blog/1080-tudo-sobre-cedro-australiano.html>> Acesso em: 15 out. 2016.

JAKOBSEN, I. Transport of phosphorus and carbon in VA Mycorrhizas. Pp. 297-324. In: A.Varma & B. Hock (eds.). **Mycorrhiza: structure, function, molecular biology and biotechnology**. Berlin, Springer-Verlag, 1995.

JANOS, D. P. Vesicular-arbuscular mycorrhizae affect lowland tropical rain forest plant growth. **Ecology** 61, 151-162, 1980.

JANOS, D.P. Mycorrhiza applications in tropical forestry are temperate-zone approaches appropriate? In.: NG, F.S.P. (Ed.). Trees and mycorrhiza. Kuala Lumpur: **Forest Research Institute**. p.133-188, 1988.

JANOS, D. P. Plant responsiveness to mycorrhizas differs from dependence upon mycorrhizas. **Mycorrhiza**, v. 17, n. 02, p. 75-91, 2007.

JEFFRIES, P. Use of mycorrhizae in agriculture. **Critical Reviews in Biotechnology**, v. 5, p. 319-357, 1987.

KARABAGHLI-DEGRON, C. et al. The auxin transport inhibitor 2,3,5-triiodobenzoic acid (TIBA) inhibits the stimulation of in vitro lateral root formation and the colonization of the tap-root cortex of Norway spruce (*Picea abies*) seedlings by the ectomycorrhizal fungus *Laccaria bicolor*. **New Phytologist** 140(4): 723-733, 1998.

KIERS, E.T. et al. Differential effects of tropical arbuscular mycorrhizal fungal inocula on root colonization and tree seedling growth: implications for tropical forest diversity. **Ecology Letters**, n. 3, p. 106-113, 2000.

KIRIACHEK, S. G. et al. Regulação do desenvolvimento de micorrizas arbusculares. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, v. 33, p. 1-16, 2009.

KLAUBERG-FILHO, O. et al. Ecologia, função e potencial de aplicação de fungos micorrízicos arbusculares em condições de excesso de metais pesados. In: VIDAL-TORRADO, P.; ALLEONI, L. R. F.; COOPER, M.; SILVA, A. P.; CARDOSO, E. J. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 4, p. 85-144, 2005.

KOIDE, R. T. Nutrient supply, nutrient demand and plant response to mycorrhizal infection. **New Phytologist**, v. 117, p. 365-386, 1991.

KÖPPEN, W. Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra. México: Fondo de Cultura Econômica, 1948. 479p.

KOSKE, R. E.; GEMMA, J. N. A modified procedure for staining roots to detect V-A mycorrhizas. **Mycological Research**, v. 92, p. 486-488, 1989.

KRÜGNER, T. L. Associações micorrízicas em árvores florestais. Documentos. **EMBRAPA/URPFCS**, Curitiba (12): 67-76. 1982.

KYNASTON, W. T. et al. Red cedar. In: **Timber species series (Queensland)**. Queensland Forestry Institute, 2001. Disponível em: <http://www.mncff.org>> Acesso em: 20 out. 2016.

LACERDA, K. A. P. et al. Fungos Micorrízicos Arbusculares e Adubação Fosfatada no Crescimento inicial de seis espécies arbóreas do Cerrado. **Cerne**, p. 377-386, 2011.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos**: – Ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas: possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado. Eschborn: Instituto de Silvicultura da Universidade de Göttingen, GTZ, 1990. 343 p.

LIMA, J. D. et al. Efeitos da luminosidade no crescimento de mudas de *Caesalpinia ferrea* Mart. Ex Tul. (Leguminosae, Caesalpinoideae). **Acta Amazonica**, 38: 5-10, 2008.

LIMA, K.B. et al. Fungos micorrízicos arbusculares, bactérias diazotróficas e adubação fosfatada em mudas de mamoeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.33, n.3, p. 932-940, 2011.

LIMA, F.S.; SOUSA, C.S. Crescimento e nutrição de mudas de clones de eucalipto inoculadas com fungos micorrízicos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, p. 110-118, 2014.

LIMA, K. B. et al. Crescimento, acúmulo de nutrientes e fenóis totais de mudas de cedro-australiano (*Toona ciliata*) inoculadas com fungos micorrízicos. **Ciência Florestal**, UFSM, v. 25, p. 853-862, 2015.

LIDERMANN, R. G.; DAVIES, A. Comparative response of selected grapevine rootstocks and cultivars to inoculation with different mycorrhizal fungi. **American Journal Ecology Viticulture**, v. 52, n. 01, p. 1-9, 2001.

LORENZI, H. et al. **Árvores exóticas no Brasil: madeireiras, ornamentais e aromáticas**. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2003. 385 p.

MACHINESKI, O. et al. Crescimento de mudas de peroba rosa em resposta à inoculação com fungos micorrízicos arbusculares. **Ciência Rural**, 39(2), 567-570, 2009.

MARANA, J. P. et al. Qualidade de mudas de jaracatiá submetidas a diferentes períodos de sombreamento em viveiro. **Rev. Árvore**, Viçosa, v. 39, n. 2, p. 275-282, Apr. 2015.

MARSCHNER, H.; DELL, B. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. **Plant and Soil**, Netherlands, n. 159, p.89-102, 1994.

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. San Diego: **Academic Press**, p 889, 1995.

MELLONI, R. et al. Fósforo adicionado e fungos micorrízicos arbusculares no crescimento e nutrição mineral de limoeiro-cravo [*Citrus limonia* (L.) Osbeck]. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 767-775, 2000.

MILLER, M. et al. An economic approach to evaluate the role of mycorrhizas in managed ecosystems. **Plant and Soil** 159: 27-35, 1994.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Editora UFLA, 2006. 729 p.

MORETTI, B. da S. et al. Crescimento e nutrição mineral de mudas de cedro australiano (*Toona ciliata*) sob omissão de nutrientes. **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 4, p. 453-463, Dec. 2011.

MORGADO, I. F., et al. Nova metodologia de produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W.Hill ex Maiden 53 utilizando resíduos prensados como substratos. **Revista Árvore**, v. 24, n. 1, p. 27-33, 2000.

MURAKAMI, C. H. G. Cedro australiano: Valorização de Espécies Nobres. **Boletim Florestal** – Informativo Florestal do Norte Pioneiro. Florest Brazil Viveiro Florestal, Edição 7, ano 2, p. 1-4, 2008.

MUNIER-LAMY, C. et al. Selenium bioavailability and uptake as affected by four different plants in a loamy clay soil with particular attention to mycorrhizae inoculated ryegrass. J. Environ. **Radioactiv.**, 97:148-158, 2007.

NASSUR, O. A. C. et al. Variações na qualidade de toras de *Toona ciliata* M. Roem. com dezoito anos de idade. **Cerne**, Lavras, vol.19, n.1, 2013.

NOGUEIRA, M. A. et al. Produção de micélio externo por fungos micorrízicos arbusculares e crescimento da soja em função de doses de fósforo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, p.329-338, 2000.

OLIVEIRA, J. R. **Calagem e adubação do cedro australiano (*Toona ciliata* var. *australis*) em solos de cerrado**. Bambuí. Monografia (Agronomia) – IFMG, 2011.

OLIVEIRA, J. R. et al. **Avaliação de fitotoxicidade de herbicidas ao Cedro-australiano**. Jornada Científica e VI FIPA do CEFET Bambuí, Bambuí - MG, 2008.

OLIVEIRA, J. J. F. et al. Crescimento inicial de plantas de leucena frente à inoculação micorrízica e adubação orgânica. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 8, p. 212-220, 2013.

OLIVEIRA JÚNIOR, O. A. et al. Características morfofisiológicas associadas à qualidade de mudas de

Eucalyptus urophylla produzidas em diferentes substratos. **Revista Árvore**, v.35, n.6, p.1173-1180, 2011.

PAINEL FLORESTAL. **Comercialização de cedro australiano surpreende produtores**. 2013. Disponível em: <<http://www.painelflorestal.com.br/noticias/madeira-nobre>>. Acesso em: 29 set. 2016.

PAIVA, Y. G. et al. Zoneamento agroecológico de pequena escala para *Toona ciliata*, *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla* na bacia hidrográfica do rio Itapemirim, ES, utilizando dados SRTM. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, **Anais...** Florianópolis: INPE, p. 1785 – 1792, 2007.

PARVIAINEN, J. V. Qualidade e avaliação de qualidade de mudas florestais. In: SEMINÁRIO DE SEMENTES E VIVEIROS FLORESTAIS, 1., 1981, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF, 1981. p. 59-90.

PAULA, M.A. et al. Crescimento, nutrição e produção de soja inoculada com populações de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.14, p.151-156, 1990.

PEREIRA, M.O. **Resgate vegetativo e propagação via estaquia e miniestaquia de *Toona ciliata* M. Roem. var. *australis* (F. Muell.) Bahadur**. Curitiba. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – UFPR, 2014.

PINHEIRO, A. L. et al. **Cultura do cedro australiano para produção de madeira serrada**. Viçosa, MG: UFV, 2003. 42 p.

PINHEIRO, A. L. et al. Árvores exóticas em Viçosa: II. *Toona ciliata* M. Roem. var. *australis* (F. V. M.) C. DC. (MELIACEAE). **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 41, n. 234, p 103-112, 1994.

PINHEIRO, A.L. et al. 2006. **Cedro Australiano: cultivo e utilização (*Toona ciliata* M. Roem. Var. *australis* (F. Muell) Bahadur)**. Viçosa: UFV. 42p.

POUYÚ-ROJAS, E. et al. Compatibilidade simbiótica de Fungos Micorrízicos Arbusculares com espécies arbóreas tropicais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, n. 30, p. 413-424, 2006.

RESENDE, A. V. et al. Crescimento inicial de espécies florestais de diferentes grupos sucessionais em resposta a doses de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 11, p. 2071- 2081, nov. 1999.

RESENDE, A. V. et al. Acúmulo e eficiência nutricional de macronutrientes por espécies florestais de diferentes grupos sucessionais em resposta à fertilização fosfatada. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, n. 1, p. 160-173, 2000.

RIBEIRO, A. O. et al. Características das dimensões das fibras e análise do ângulo microfibrilar de *Toona ciliata* cultivada em diferentes localidades. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 41, n. 1, p. 47-56, 2011.

RILLIG, M.C. Arbuscular mycorrhizae, glomalin and soil aggregation. **Canadian Journal of Soil Science**. 28:355-363, 2004.

ROCHA, F. S. et al. Dependência e resposta de mudas de cedro a fungos micorrízicos arbusculares. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, p. 77-84, 2006.

SAGGIN JÚNIOR, O. J. et al. Interação fungos micorrízicos versus superfosfato e seus efeitos no crescimento e teores de nutrientes do cafeeiro em solo não fumigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 18, p. 27-36, 1994.

SAGGIN JÚNIOR, O. J., SIQUEIRA, J. O. Avaliação da eficiência simbiótica de fungos endomicorrízicos para o cafeeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19, p.221-228, 1995.

SAGGIN JÚNIOR, O.J.; SIQUEIRA, J.O. Micorrizas arbusculares em cafeeiro. In: SIQUEIRA, J.O. (Ed.) **Avanços em fundamentos e aplicação de micorrizas**. Lavras: DCS/DCF, p.203-254, 1996.

SAGGIN JÚNIOR, O.J.; LOVATO, P.E. Aplicação de micorrizas arbusculares na produção de mudas e plantas micropropagadas. In: SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S.; LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A.E.; CARVALHO, J.G. (Ed.) **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Lavras: DCS, p.725-773, 1999.

SANDERS, I.R. et al. The genetic diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in natural ecosystems - a key to understanding the ecology and functioning of the mycorrhizal symbiosis. **New Phytologist** **133**: 123-134, 1996.

SANGINGA, N. et al. Nutrient requirements of exotic tree species in Zimbabwe. **Plant and Soil**, The Hague, 132(2): 197-205, 1991.

SANTOS, I. S. **Fungos micorrízicos arbusculares em ambiente de mata atlântica e de Eucaliptos na região de Entre Rios, Bahia.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2001.

SCHENCK, N. C. Can mycorrhizae control root disease? **Plant disease**, St. Paul, 65(3): 230-4, 1981.

SCHIAVO, J.A. et al. 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**, 31 (4): 701-707, 2009.

SCHUBER, A. et al. A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. **Mycol.Res.**, v. 105, p. 1413–1421, 2001.

SIKES, B. A. et al. Plant and fungal identity determines pathogen protection of plant roots by arbuscular mycorrhizas. **Journal of Ecology**, v. 97, p. 1274-1280, 2009.

SILVA, R.F. **População de fungos micorrízicos e influência de ectomicorrizas na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* e *Pinus elliottii* em solo arenoso.** 2002. 105f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2002.

SILVA, R. F. et al. Efeito da inoculação com fungos ectomicorrízicos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden em solo arenoso. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.13, n.1, p.33-42, 2003.

SILVEIRA, A. P. D. et al. Desempenho de fungos micorrízicos arbusculares na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo, em diferentes substratos. **Bragantia**, Campinas, v.62, n.1, p.89-99, 2003.

SILVEIRA, A. P. D.; GOMES, V. F. F. Micorrizas arbusculares em plantas frutíferas tropicais. In: SILVEIRA, A. P. D.; FREITAS, S. S. (Ed.). **Microbiota do solo e qualidade ambiental**. Campinas: Instituto Agronômico, p. 57-78, 2007.

SIQUEIRA, J.O.; COLLOZI-FILHO, A. Micorrizas vesículo-arbusculares em mudas de cafeeiro. II. Efeito do fósforo no estabelecimento e funcionamento da simbiose. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.10, n.3, p.207-211, 1986.

SIQUEIRA, J.O. Fisiologia e bioquímica de micorrizas vesículoarbusculares: alguns aspectos da relação fungo-planta e absorção de fósforo. In: REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 4, Mendes, 1991. Programa e Resumos. Itaguaí, **EMBRAPA-CNPMB/UFRRJ**, p.105-131, 1991.

SIQUEIRA, J. O. Micorrizas arbusculares: In: ARAÚJO, R. S.; HUNGRIA, M. (Eds.). **Microorganismos de importância agrícola**. Brasília: Embrapa-SPI, p.151-194, 1994.

SIQUEIRA, J.O., SAGGIN-JÚNIOR, O.J. The importance of mycorrhizae association in natural in low fertility soils. In: Symposium on environmental stress: Maize in Perspective. **Proceedings**. Sete Lagoas: Embrapa, p.240-280, 1995.

SIQUEIRA, J.O. et al. Mycorrhizal colonization and mycotrophic growth of native woody species as related to successional groups in Southeastern Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 107, p. 241-252, 1998.

SIQUEIRA, J.O., SAGGIN-JÚNIOR, O.J. Dependency on arbuscular mycorrhizal fungi and responsiveness of Brazilian native wood species. **Mycorrhiza**, v. 11, n. 5, p. 245-255, 2001.

SMITH, S.E.; READ, D.J. Mycorrhizal Symbiosis. **Academic Press**, London. p.605, 1997.

SMITH, S. E.; READ, D. J. **Mycorrhizal symbiosis**. 3 ed. California: Academic Press, 2008.

SOUZA, V. C. et al. Estudos sobre fungos micorrízicos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 03, p. 612–618, 2006.

SOUZA, C. A. M. et al. Crescimento em campo de espécies florestais em diferentes condições de adubações. **Ciência Florestal**, v.16, n.3, p.243-249, 2006.

SOUZA, J. C. A. V. et al. Cedro australiano (*Toona ciliata*). Manual técnico, 21, ISSN 1983-5671. **Rio Rural**, Niterói, 2010.

STOFFEL, S.C.G. et al. Micorrizas arbusculares no crescimento de leguminosas arbóreas em substrato contendo rejeito de mineração de carvão. **Cerne**, Lavras, v. 22, n. 2, p. 181-188, jun. 2016.

STURION, J.A., ANTUNES, J.B.M. Produção de mudas de espécies florestais. In: GALVÃO, A.P.M. (Org.) **Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais: um guia para ações municipais e regionais**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; Colombo: Embrapa Florestas, p.125- 174, 2000.

SUGAI, M.A.A. et al. Inoculação micorrízica no crescimento de mudas de angico em solo de cerrado. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 2, p.416-423, 2010.

SUGAI, M. A. A. et al. Inoculação micorrízica no crescimento de mudas de angico em solo de cerrado. **Bragantia**, v. 70, n. 2, p.416-423, 2011.

TEDESCO, M.J. et al. **Análises de solo, plantas e outros minerais**. 2ed. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 174p.

TRAPPE, J. M. Phylogenetic and ecologic aspects of mycotrophy in the Angiosperms from an evolutionary standpoint. In: Ecophysiology of VA Mycorrhizal Plants (Ed. by G. R. Safir). p. 5-25. **CRC Press**, Boca Raton, Florida, 1987.

VANDRESEN, J. et al. Inoculação de fungos micorrízicos arbusculares e adubação na formação e pós-transplante de mudas de cinco espécies arbóreas nativas do sul do Brasil. **Acta Bot. Bras.**, São Paulo, v. 21, n. 4, p. 753-765, 2007.

VENTURIN, N. et al. Adubação mineral do Angico-Amarelo (*Peltophorum dubium* (SPRENG.) TAUB.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.3, p.441-448, 1999.

VIEIRA, A.H. et al. Crescimento de mudas de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby sob diferentes níveis de nitrogênio, fósforo e potássio. **Embrapa**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, p. 7-17, 2006.

VIEIRA, V.C.S. et al. Avaliação da interação micorrízica em cultivares de oliveira (*Olea europea* L.). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 35(6), 1885-1892, 2011.

VITORAZI FILHO, J.A. et al. Crescimento de mudas de maracujazeiro-doce inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares e bactérias diazotróficas sob diferentes doses de fósforo. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal - SP, v. 34, n. 2, p. 442-450, 2012.

ZIECH, R. Q. S. **Características tecnológicas da madeira de cedro-australiano (*Toona ciliata* M. Roem) produzida no sul do Estado de Minas Gerais**. 91 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

APÊNDICES

Tabela 14. Anova da variável altura das plantas de cedro australiano aos cento e vinte dias após o transplântio.

Fonte	GL	SQ	QM	Valor F	Valor-P
Inoculação	3	1478,40	492,801	63,06	0,000
NPK	2	626,90	313,444	40,11	0,000
Inoculação*NPK	6	260,70	43,454	5,56	0,000
Erro	132	1031,50	7,815		
Total	143	3397,6			

Tabela 15. Anova da variável matéria seca da parte aérea das plantas de cedro australiano aos cento e vinte dias após o transplântio.

Fonte	GL	SQ	QM	Valor F	Valor-P
Inoculação	3	1412,30	470,766	107,98	0,000
NPK	2	385,45	192,724	44,21	0,000
Inoculação*NPK	6	99,60	16,599	3,81	0,002
Erro	132	575,49	4,360		
Total	143	2472,83			

Tabela 16. Anova da variável matéria seca da raiz das plantas de cedro australiano aos cento e vinte dias após o transplântio.

Fonte	GL	SQ	QM	Valor F	Valor-P
Inoculação	3	354,06	118,02	9,16	0,000
NPK	2	145,25	72,62	5,64	0,000
Inoculação*NPK	6	75,50	12,62	0,98	0,442
Erro	132	1700,54	12,88		
Total	143	2275,55			

Tabela 17. Anova da variável diâmetro de colo das plantas de cedro australiano aos cento e vinte dias após o transplântio.

Fonte	GL	SQ	QM	Valor F	Valor-P
Inoculação	3	33,375	11,1250	38,86	0,000
NPK	2	6,431	3,2153	11,23	0,000
Inoculação*NPK	6	7,625	1,2708	4,44	0,000
Erro	132	37,792	0,2863		
Total	143	85,222			

Tabela 18. Anova da variável colonização micorrízica das plantas de cedro australiano aos cento e vinte dias após o transplântio.

Fonte	GL	SQ	QM	Valor F	Valor-P
Inoculação	3	128750	42916,6	485,51	0,000
NPK	2	635	317,6	3,59	0,030
Inoculação*NPK	6	632	105,3	1,19	0,315
Erro	132	11668	88,4		
Total	143	141685			

Tabela 19. Anova da variável relação (H/DC) das plantas de cedro australiano aos cento e vinte dias após o transplântio.

Fonte	GL	SQ	QM	Valor F	Valor-P
Inoculação	3	9,502	3,1674	7,04	0,000
NPK	2	11,338	5,6692	12,59	0,000
Inoculação*NPK	6	8,342	1,3904	3,09	0,007
Erro	132	59,419	0,4501		
Total	143	88,602			

Tabela 20. Anova da variável relação (PA/R) das plantas de cedro australiano aos cento e vinte dias após o transplantio.

Fonte	GL	SQ	QM	Valor F	Valor-P
Inoculação	3	3,756	1,2520	3,80	0,012
NPK	2	1,083	0,5413	1,64	0,198
Inoculação*NPK	6	2,276	0,3794	1,15	0,337
Erro	132	43,524	0,3297		
Total	143	50,639			

Tabela 21. Anova da variável IQD das plantas de cedro australiano aos cento e vinte dias após o transplantio.

Fonte	GL	SQ	QM	Valor F	Valor-P
Inoculação	3	66,451	22,150	6,89	0,000
NPK	2	5,549	2,774	0,86	0,424
Inoculação*NPK	6	16,448	2,741	0,85	0,532
Erro	132	424,522	3,216		
Total	143	512,970			

Tabela 22. Anova da variável N das plantas de cedro australiano aos cento e vinte dias após o transplantio.

Fonte	GL	SQ	QM	Valor F	Valor-P
Inoculação	3	1,125	0,3751	2,46	0,066
NPK	2	1,635	0,8173	5,36	0,006
Inoculação*NPK	6	6,157	1,0262	6,73	0,000
Erro	132	20,131	0,1525		
Total	143	29,048			

Tabela 23. Anova da variável P das plantas de cedro australiano aos cento e vinte dias após o transplântio.

Fonte	GL	SQ	QM	Valor F	Valor-P
Inoculação	3	1039,15	346,384	54,06	0,000
NPK	2	8,69	4,347	0,68	0,509
Inoculação*NPK	6	139,72	23,286	3,63	0,002
Erro	132	845,72	6,407		
Total	143	2033,28			

Tabela 24. Anova da variável K das plantas de cedro australiano aos cento e vinte dias após o transplântio.

Fonte	GL	SQ	QM	Valor F	Valor-P
Inoculação	3	832,9	277,65	2,32	0,079
NPK	2	185,3	92,67	0,77	0,464
Inoculação*NPK	6	1499,8	249,97	2,08	0,059
Erro	132	15828,6	119,91		
Total	143	18346,7			

Tabela 25. Anova da variável Ca das plantas de cedro australiano aos cento e vinte dias após o transplântio.

Fonte	GL	SQ	QM	Valor F	Valor-P
Inoculação	3	954,1	318,0	3,05	0,031
NPK	2	337,8	168,9	1,62	0,201
Inoculação*NPK	6	1891,7	315,3	3,03	0,008
Erro	132	13747,0	104,1		
Total	143	16930,5			