

**EDUARDO HENRIQUE FELISBERTO**

**EFICIÊNCIA SIMBIÓTICA DE INOCULANTES A BASE DE  
FUNGOS MICORRIZICOS ARBUSCULARES NA PRODUÇÃO  
DE MUDAS DE CEBOLA (*Allium cepa* L.)**

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

Orientador: Prof. Dr. Osmar Klauberg Filho  
Coorientador: Prof. Dr. Álvaro Luiz Mafra

**LAGES - SC  
2013**

F315e

Felisberto, Eduardo Henrique

Eficiência simbiótica de inoculantes a base de fungos micorrízicos arbusculares na produção de mudas de cebola (*Allium cepa* L.) / Eduardo Henrique Felisberto. - 2013.

57 p. : il. ; 21 cm

Orientador: Osmar Klauberg Filho

Coorientador: Álvaro Luiz Mafra

Bibliografia: p. 48-56

Dissertação (mestrado) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Manejo do Solo, Lages, 2013.

1. Inoculantes micorrízicos. 2. *Allium cepa* L. 3. *Claroideoglossum etunicatus*. 4. *Rhizophagus clarus*. 5. *Dentiscutata heterogama*. I. Felisberto, Eduardo Henrique.

II. Klauberg Filho, Osmar. III. Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Manejo do Solo. IV. Título

CDD: 631.46 - 20.ed.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Setorial do CAV/UEDESC

**EDUARDO HENRIQUE FELISBERTO**

**EFICIÊNCIA SIMBIÓTICA DE INOCULANTES A BASE DE  
FUNGOS MICORRIZICOS ARBUSCULARES NA PRODUÇÃO  
DE MUDAS DE CEBOLA (*Allium cepa* L.)**

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Manejo do Solo do Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina.

**Banca Examinadora:**

Orientador: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Osmar Klauberg Filho  
Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC

Coorientador: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Álvaro Luiz Mafra  
Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC

Membro: \_\_\_\_\_

Prof.<sup>a</sup> Dra. Sonia Purin  
Universidade Federal de Santa Catarina - Curitibanos

Membro: \_\_\_\_\_

Dr. Luís Carlos Iuñes Oliveira  
UDESC/Lages – SC

**Lages, 26 de setembro de 2013**



## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade do Estado de Santa Catarina, em especial aos colaboradores do Departamento de Solos e Recursos Naturais e aos Professores do Programa de Pós-graduação em Manejo do Solo.

Ao Prof. Osmar Klauberger Filho, pela orientação durante o desenvolvimento do trabalho realizado e as portas abertas em 2011.

Ao Prof. Álvaro Luiz Mafra, Prof<sup>a</sup> Sonia Purin e ao Prof. Sidney Luiz Stürmer por contribuírem com as atividades ao longo de todo o período e fazerem parte do comitê de orientação.

Ao Prof. Julio Cesar Pires dos Santos, tchê bagual, sempre à disposição para auxiliar nas atividades dos trabalhos e das disciplinas do curso.

A Estação Experimental EPAGRI-Ituporanga, em especial ao pesquisador Claudinei Kurtz, ao auxiliar de pesquisa Marcelo Pitz, e toda a equipe técnica que auxiliou nos trabalhos a campo.

Aos colegas do curso e de pesquisa, Agrônoma Anelize Nunes Junges e o Agrônomo Guilherme Fernando Peixe, por todo o companheirismo e amizade ao longo do desenvolvimento das atividades.

À bolsista de iniciação científica, Ana Carolina Lovatel, sempre auxiliando no desenvolvimento das atividades práticas com muita eficiência e dedicação.

Aos voluntários Ana Águila Verdi, Douglas Alexandre e Luana Pereira.

Aos colegas de Pós-graduação e Laboratório.

À uma pessoa que tenho o privilégio de tê-la ao meu lado, Cristina Soethe, meu eterno agradecimento pela compreensão dos finais de semana e feriados que deixamos de estar juntos e a toda a ajuda técnica no trabalho.



## RESUMO

FELISBERTO, Eduardo Henrique. **Eficiência simbiótica de inoculantes a base de fungos micorrízicos arbusculares na produção de mudas de cebola (*Allium cepa* L.)**. 2013, 56 f. Dissertação (Mestrado em Manejo do Solo) - Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Manejo do Solo, Lages, 2013.

O trabalho objetivou avaliar a eficiência simbiótica dos inoculantes a base de isolados de FMAs na produção de mudas de cebola em condição controlada de casa de vegetação e a campo em canteiros. Para isso foram conduzidos dois ensaios, o primeiro em casa de vegetação, foi avaliado a relação entre a dose de inoculante e a reposta micorrízica de mudas de cebola. Este ensaio seguiu um esquema fatorial 3 x 5 x 2, sendo três tratamentos de inoculação, (não inoculado (NI), inoculante a base de *Rhizophagus clarus*, e *Claroideoglossum etunicatus*), 5 proporções de inóculo (0, 5, 10, 15 e 25% do volume do solo nos vasos) e 2 níveis de P no solo (50% e 100% da dose de P recomendada). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 4 repetições. No segundo ensaio, a campo, conduzido na Estação Experimental da EPAGRI de Ituporanga – SC, testou-se a eficiência de três inoculantes micorrízicos na produção de mudas de cebola. Este ensaio seguiu um esquema fatorial de 4 x 3, sendo quatro tratamentos de inoculação: *R. clarus*, *C. etunicatus*, *Dentiscutata heterogama* e NI, e três níveis de P no solo (0, 50 e 100% de P recomendado para a produção de mudas). O delineamento experimental foi de blocos casualizados com 4 repetições. Em todos os ensaios foram avaliados: altura, massa seca da parte aérea, teor de P na parte aérea, colonização micorrízica total e avaliados através da ANOVA e o teste de Scott-Knott. Nos dois ensaios os inoculantes tiveram seu potencial de inóculo micorrízico (PIM) determinado. Os isolados de FMAs favorecem o crescimento, produção de massa e a nutrição fosfatada das mudas quando inoculados no momento da semeadura em condição controlada, nas doses de 10% com o isolado *R. clarus* e 15% com o isolado *C. etunicatus*. No entanto quando aplicados a campo não demonstram os mesmos benefícios, sendo observado apenas os efeitos





de crescimento das mudas e redução da colonização micorrízica em função da dose de P adicionada ao solo. Fato pode ser associado ao potencial relevante encontrado na variável PIM da área experimental, onde possivelmente a microbiota local, em especial as espécies nativas de FMAs podem exercer efeito de pressão nos isolados.

**Palavras-chave:** Inoculantes micorrízicos. *Allium cepa* L. *Claroideoglobus etunicatus*. *Rhizophagus clarus*. *Dentiscutata heterogama*.



## ABSTRACT

FELISBERTO, Eduardo Henrique. **Symbiotic inoculants efficiency of the basis of the AMF seedling production of onion (*Allium cepa* L.)**. 2013. 56 f. Dissertation (Master of Soil Management) - University of the State of Santa Catarina. Graduate program in Soil Management, Lages, 2013.

The major goal of the study was to evaluate the efficiency of symbiotic mycorrhizal inoculants on the basis of AMFs on the production of onion seedlings in controlled greenhouse and field plots. For that were conducted two experiments, the first one in a greenhouse to evaluate the relationship between dose and mycorrhizal response in onion seedlings. This experiment followed a 3 x 5 x 2 factorial, three inoculation treatments (not inoculated (NI), inoculant based on *Rhizophagus clarus*, and *Claroideoglopus etunicatus*), five inoculum proportions (0, 5, 10, 15 and 25% of the volume of the soil pots) and two P levels in the soil (50% and 100% of the recommended dose of P). The experimental design selected was a completely randomized design with four replications. In the second experiment which was developed on the field on at the EPAGRI Experimental Station in Ituporanga – SC, we tested the efficiency of three mycorrhizal inoculant in onion seedling production. This experiment followed a 4 x 3 factorial, four inoculation treatments: *R. clarus*, *C. etunicatus*, *Dentiscutata heterogama* and NI, and three levels of P (0, 50 and 100% of P recommendation for the production of seedlings). The experimental design selected was a randomized block design with four replications. On all tests were evaluated: height, dry mass of the shoot, P content in the shoot, root total colonization and evaluated by ANOVA, the Scott-Knott test. In both experiments, inoculants had their mycorrhizal inoculum potential (MIP) determined. Isolates of AMFs favour the growth, mass production and the P nutrition of seedlings when inoculated at sowing time in controlled condition, in doses of 10% with isolated *R. clarus* and 15% with isolate *C. etunicatus*. However when applied to the field it does not show the same benefits, being observed only the effects of seedling growth and mycorrhizal colonization reduction according to the dose of P added to the soil. This fact may be associated with relevant potential found in the PIM of the experimental area, where possibly the local



microbiota, especially the native species of AMFs can exert pressure effect in isolates.

**Key words:** Mycorrhizal inoculants. *Allium cepa* L. *Claroideoglobus etunicatus*. *Rhizophagus clarus*. *Dentiscutata heterogama*.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 - Teor de P da parte aérea das mudas de cebola (*Allium cepa* L.) cultivar Bola Precoce cultivadas por 60 dias em casa de vegetação com inoculantes a base de *Rhizophagus clarus* e *Claroideoglossum etunicatus* em dois níveis de P. Média de 20 repetições..... 36
- Figura 2 - Colonização micorrízica total nas mudas de cebola (*Allium cepa* L.) cultivar Bola Precoce, cultivadas por 60 dias em casa de vegetação com inoculantes a base de *Rhizophagus clarus* e *Claroideoglossum etunicatus* em cinco níveis de inoculação. Média de 8 repetições..... 37
- Figura 3 - Colonização micorrízica total nas mudas de cebola (*Allium cepa* L.) cultivar Bola Precoce, cultivadas por 60 dias em casa de vegetação com cinco níveis de inoculação e dois níveis de P. Média de 12 repetições ..... 39
- Figura 4 - Potencial de inóculo micorrízico em mudas de cebola (*Allium cepa* L.) cultivar Bola Precoce, cultivadas por 28 dias em casa de vegetação com inoculantes a base de *Rhizophagus clarus* e *Claroideoglossum etunicatus* em cinco níveis de inoculação. Média de 4 repetições..... 40





## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Análise da variância para as variáveis Altura da parte aérea (APA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raízes (MSR), teor de fósforo (Teor de P) e colonização micorrízica total (CMT) em mudas de cebola (*Allium cepa* L.) cultivar Bola Precoce cultivadas em casa de vegetação por 60 dias..... 31
- Tabela 2 - Altura da parte aérea, massa seca da parte aérea e do sistema radicular em mudas de cebola (*Allium cepa* L.), cultivar Bola Precoce, cultivadas por 60 dias em casa de vegetação com inoculantes a base de *Rhizophagus clarus* e *Claroideoglomus etunicatus* e cinco níveis de inoculação. Média de 8 repetições ..... 33
- Tabela 3 - Colonização micorrízica total nas mudas de cebola (*Allium cepa* L.) cultivar Bola Precoce, cultivadas por 60 dias em casa de vegetação com inoculantes a base de *Rhizophagus clarus* e *Claroideoglomus etunicatus* e dois níveis de P. Média de 20 repetições ..... 38
- Tabela 4 - Análise da variância para as variáveis altura da parte aérea (APA), massa seca da parte aérea (MSPA), teor de fósforo (Teor de P) e colonização micorrízica total (CMT) em mudas de cebola (*Allium cepa* L.) cultivar Bola Precoce cultivadas em canteiros por 60 dias..... 42
- Tabela 5 - Altura da parte aérea e massa seca da parte aérea nas mudas de cebola (*Allium cepa* L.) cultivar Bola Precoce, cultivadas por 60 dias em canteiros com três níveis de adubação fosfatada. Média de 16 repetições..... 42
- Tabela 6 - Altura da parte aérea (APA), massa seca da parte aérea (MSPA), teor de fósforo na parte aérea (Teor de P) e colonização micorrízica total (CMT) nas mudas de cebola (*Allium cepa* L.) cultivar Bola Precoce, cultivadas por 60 dias em canteiros a campo com inoculantes a base de *Rhizophagus*



*clarus*, *Claroideoglofus etunicatus* e *Dentiscutata heterogama* e três níveis de P. Média de 4 repetições..... 45

Tabela 7 - Análise da variância do potencial de inóculo micorrízico das parcelas da área experimental das mudas de cebola (*Allium cepa* L.), cultivar Bola Precoce ..... 46

Tabela 8 - Potencial de inóculo micorrízico das parcelas da área experimental após 60 dias de cultivo das mudas de cebola (*Allium cepa* L.). Média de 12 repetições ..... 47



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	15
2.1	FÓSFORO - EFICIÊNCIA E SIMBIOSE .....	15
2.2	FUNGOS MICORRIZICOS ARBUSCULAR NO SISTEMA SOLO-PLANTA .....	16
2.3	CULTURA DA CEBOLA <i>Allium cepa</i> L.....	18
2.3.1	Produção de Mudas .....	18
2.4	PRODUÇÃO DE INOCULANTE .....	19
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	22
3.1	OBJETIVO GERAL .....	22
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	22
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	22
4.1	ENSAIO 1. <i>Efeito de diferentes doses de inoculante a base de FMAs no crescimento e nutrição da cebola</i> .....	22
4.2	ENSAIO 2. <i>Resposta de mudas de cebola a aplicação de inoculante a base de FMAs em canteiros a campo</i> .....	26
4.3	ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	29
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	30
5.1	ENSAIO 1. <i>Efeito de diferentes doses de inoculante a base de FMAs no crescimento e nutrição da cebola</i> .....	30
5.2	ENSAIO 2. <i>Resposta de mudas de cebola a aplicação de inoculante a base de FMAs em canteiros a campo</i> .....	41
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	47
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	49



## 1 INTRODUÇÃO

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) (Filo *Glomeromycota*) estabelecem associações endomicorrízicas com as raízes da maioria das plantas presentes em agrossistemas e ecossistemas naturais (SMITH; READ, 1997).

O efeito benéfico das micorrizas na nutrição mineral se deve a geometria mais favorável das hifas em relação às raízes da planta. Os fungos proporcionam maior adaptação em diferentes ecossistemas, aumentam a tolerância a estresse biótico e abiótico, aumentam absorção de água e nutrientes, bem como, aumento na taxa fotossintética e transpiratória (AZCÓN-AGUILAR; BAREA, 1997; TAYLOR; LUCY; HARRIER, 2001; BERBARA; SOUZA; FONSECA, 2006).

Apesar das pesquisas com FMAs no Brasil indicarem que a inoculação com esses fungos é benéfica e contribui para a aquisição de nutrientes, em especial o fósforo, até o momento não existe registro de inoculante micorrízico no Brasil. Os FMAs são biotróficos obrigatórios e, dessa forma, completam o ciclo de vida associados às raízes de plantas e, conseqüentemente, não podem ser multiplicados em um meio de cultura definido (BERBARA; SOUZA; FONSECA, 2006).

Em diversos países esses fungos são produzidos em larga escala e utilizados em formulações para diversas culturas, inclusive, culturas plantadas extensivamente no campo, como, milho, trigo, lentilha entre outras.

Em 2010 foi estabelecida no Brasil a Rede Glomeronet, por meio da aprovação do projeto “Produção de Inoculante Micorrízico e de Plantas Micorrizadas de Qualidade”, aprovado no Edital MCT/CNPq/CT-AGRO 69/2009 – Microrganismos Facilitadores da Nutrição Vegetal, que tem por objetivo desenvolver inoculantes e formulações a base de fungos micorrízicos arbusculares e testá-los em condições de campo para diversas culturas de interesse do agronegócio Brasileiro. Entre as culturas, a cebola (*Allium cepa* L.) foi selecionada para os estudos em Santa Catarina, já que esta cultura apresenta comprovada resposta a micronização, sistema de produção com plantio de mudas e expressão econômica.

Espécies do gênero *Allium*, em particular a cebola (*Allium cepa* L.), constituem um excelente modelo para pesquisas com fungos micorrízicos por possuírem crescimento do sistema radicular lento e simples, o que propicia uma alta resposta para fungos micorrízicos arbusculares. O conhecimento das interações de espécies de *Allium* e

fungos micorrízicos iniciaram-se com os trabalhos de Mosse e colaboradores, quando analisaram detalhes apresentados nos fungos micorrízicos arbusculares sob condição de campo (HAYMAN; MOSSE, 1971).

Apesar de sua importância econômica e social, a cultura da cebola (*Allium cepa* L.) é considerada de grande risco ambiental, pois é uma planta exigente em solos férteis, necessitando pesadas adubações e frequentes aplicações de fertilizantes, como também diversas aplicações de pesticidas em função do grande número de pragas e patógenos.

Além disso, a dificuldade de produção de mudas de qualidade pode refletir no plantio de mudas pequenas, que levadas a campo apresentam diminuição na capacidade de sobrevivência após a operação de transplante, influenciando o estande final e acarretando diminuição do peso médio do bulbo comercial (GUIMARÃES; TORRES; DITTRICH, 1997).

Os trabalhos de Trindade (1998), destacam a importância da utilização dos FMAs para o crescimento de plantas na fase de mudas. Benefícios como a economia na produção de inóculo, qualidade das mudas micorrizadas capazes de competirem com os fungos nativos, promovem o crescimento da planta, apresentando maior tolerância quando levada a campo e menor dependência aos adubos químicos.

Assim, os benefícios oferecidos através da simbiose micorrízica em mudas podem trazer maior segurança ao agricultor, oferecendo desenvolvimento mais rápido, melhor crescimento e maior aptidão a adaptação ao estresse gerado no transplante, permitindo a redução ao uso dos corretivos, fertilizantes e agrotóxicos (AQUINO; CASSIOLATO, 2002).

Dada a complexidade do sistema para a implantação de um programa de utilização prática de FMA e a importância desses fungos para a agricultura, pesquisas locais são necessárias para a máxima exploração dessa simbiose. Dessa forma, um fator relevante para o processo de produção de inoculante micorrízico arbuscular é a necessidade de compreensão da efetividade simbiótica das espécies presentes no inoculante, ou seja, a eficiência dos FMAs introduzidos na cultura dentro da relação entre fungo – hospedeiro – ambiente (SIQUEIRA, 1991; BRUNDRETT, 1991).

O estudo teve como objetivo avaliar a eficiência simbiótica de inoculantes a base de diferentes isolados de FMAs (*Rhizophagus clarus*, *Claroideoglomus etunicatus* e *Dentiscutata heterogama*) na produção de



mudas de cebola em condição controlada e a campo em canteiros, relacionando os fatores dose de inóculo, dose de P e isolados de FMAs.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 FÓSFORO - EFICIÊNCIA E SIMBIOSE

Atualmente, cerca de 50% dos fertilizantes fosfatados utilizados na agricultura brasileira são importados (BRASIL, 2009), advindos fundamentalmente da exploração de recursos minerais não renováveis através da mineração e do processamento de rochas fosfáticas. Além dessa estimativa, os solos brasileiros, apresentam características como alto intemperismo, baixo pH, altos teores de óxidos de alumínio e ferro, resultando baixa disponibilidade de P para as plantas e alta capacidade de fixação desse elemento no solo (MENDES; REIS JUNIOR, 2003).

Na solução do solo, o P pode ser encontrado na forma de ânions  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$  e  $\text{PO}_4^{3-}$ . Na fase sólida do solo, pode ser classificado em P-orgânico ( $\text{P}_\text{O}$ ), representante em torno de 10% a 50% do P total do solo, e P-inorgânico ( $\text{P}_\text{i}$ ), presente no solo em fosfatos minerais insolúveis e ânions fosfatos adsorvidos e hidróxidos de Fe e Al (NAHAS, 2002). Em virtude de sua capacidade reativa com os componentes do solo, o transporte de P para as plantas ocorre via difusão e não via fluxo de massa (HORST et al., 2001).

O  $\text{P}_\text{i}$  é importante modulador da expressão gênica em plantas e, sendo assim o status nutricional de  $\text{P}_\text{i}$  possui uma influência central nos níveis de expressão de vários transportadores de membrana e enzimas, atuando como substrato ou produto das reações enzimáticas, sendo amplamente difundido dentre as vias do anabolismo e catabolismo celular das plantas (DUFF; SARATH; PLAXTON, 1994).

As plantas possuem uma série de adaptações morfológicas, fisiológicas e bioquímicas, em resposta à deficiência de fósforo (VARADARAJAN, 2007), onde normalmente a maior eficiência da absorção de P está relacionada com a maior produção de área radicular em função das limitações da difusão no nutriente P no solo, que podem acarretar restrições ao crescimento vegetal aumentando ainda mais o consumo de carboidratos pelas raízes, reduzindo o crescimento da parte aérea e alterando a proporção raiz:parte-aérea (ARAÚJO, 2000).

Outra estratégia adotada pelas plantas sob influência do ambiente (estresse), é a exsudação de compostos orgânicos da raiz, podendo alterar a química da rizosfera, afetando os processos de sinalização das interações planta-microrganismo (NEUMANN; MARTINOIA, 2002), desencadeando eventos essenciais ao progresso e desenvolvimento da interação física entre os simbioses (GUIMIL et al., 2005).

## 2.2 FUNGOS MICORRIZICOS ARBUSCULAR NO SISTEMA SOLO-PLANTA

Estudos em raízes fossilizadas evidenciam que as micorrizas surgiram há cerca de 400 milhões de anos, período que coincide com o aparecimento das plantas terrestres. Stürmer e Morton (1999), citam duas hipóteses que evidenciam a origem dos FMAs, considerando a simbiose entre uma alga semi-aquática e a afinidade com um Zigomiceto saprofítico com um hábito mais terrestre ao invés de aquático.

Reconhecidas e tratadas cientificamente a partir do final do século XIX, através do fisiologista de plantas Bernard Frank, que distinguiu entre micorrizas ectotróficas e endotróficas, através de estudos científicos sobre a anatomia e ocorrência, discutindo sobre as bases funcionais dessa simbiose. Frank empregou pela primeira vez o termo “mycorrhiza”, e provou experimentalmente sua natureza mutualista, sendo assim considerado o pai da micorrizologia.

*“um órgão morfológicamente característico e com dependência fisiológica íntima e recíproca”, Bernard Frank.*

A evolução de várias espécies vegetais está intimamente relacionada à presença de fungos micorrízicos. Devido aos efeitos benéficos com a planta hospedeira, as micorrizas interferem na nutrição e nos aspectos fisiológicos das diferentes espécies vegetais, com reflexos na capacidade de maior ou menor efetividade, na competitividade e na formação de comunidades vegetais (CARDEIRA; SELLE; HOPPE, 1999).

De todos os efeitos dessa simbiose, o mais consistente e de maior interesse prático é o favorecimento da absorção e utilização de fósforo (P) no solo, pois facilita o crescimento vegetal na maioria dos

solos brasileiros, nos quais o P total, mesmo presente em grandes quantidades, tem acessibilidade reduzida às raízes absorventes. A relação do solo com um nutriente de baixa mobilidade como o P, apresenta alta reações de precipitação com Al, Fe e Ca e redução no mecanismo de difusão, favorecendo o desenvolvimento de zonas de esgotamento ao redor das raízes (SIQUEIRA, 1994).

As hifas crescem das raízes, aumentando o volume total do solo explorado e permitindo a absorção fora da zona de esgotamento de nutrientes, capacitando as raízes a absorverem nutrientes em concentração mais baixa, especialmente os nutrientes de baixa mobilidade. Dentre os nutrientes, o macronutriente P já citado, os micronutrientes Zinco (Zn) e o (Cu) e o nitrogênio (N), em forma de amônio, torna-se menos móvel que o nitrato, sendo comum observar sua absorção em plantas micorrizadas (MARSCHNER; DELL, 1995).

No estabelecimento dos fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), a troca de sinais inicia-se antes do contato físico entre os simbiontes, com a secreção de exsudatos capazes de estimular a ramificação das hifas dos FMAs pelas raízes. Essas hifas diferenciam-se em apressórios na superfície da raiz e colonizam o tecido cortical, tanto intercelular quanto intracelularmente. No córtex, algumas hifas intracelulares diferenciam-se em arbúsculos, estruturas responsáveis pela troca de metabólitos entre os simbiontes, formando o intercâmbio biotrófico bidirecional de nutrientes, não ultrapassando a membrana citoplasmática. Através do entumescimento das hifas, inter e intracelularmente, ocorre à formação das vesículas, consideradas como estruturas de armazenamento de reserva (BONFANTE-FASOLO, 1984; KLAUBERG FILHO, 1992).

O conhecimento das interações de espécies de *Allium* e fungos micorrízicos iniciaram-se com os trabalhos de Mosse e colaboradores, quando analisaram detalhes apresentados nos fungos micorrízicos arbusculares sob condição de campo (HAYMAN; MOSSE, 1971). A própria característica fisiológica da cebola (*Allium cepa* L.), como, crescimento do sistema radicular lento e simples, fasciculada com poucas ramificações e concentrada na camada do solo até 15 cm, apresenta ineficiência na absorção de água e nutrientes, proporcionando uma alta resposta para fungos micorrízicos arbusculares (MAGALHÃES, 1993).

## 2.3 CULTURA DA CEBOLA *Allium cepa* L.

De acordo com a FAO (2009), a cultura da cebola (*Allium cepa* L.) é cultivada em torno de 143 países, sendo que apenas 15 países respondem por 75,7% da produção mundial.

O Brasil, atualmente, responde por cerca de 2% da produção mundial de cebola (*Allium cepa* L.), classificando-se na 9ª posição entre os principais países produtores, apresentando produtividade média 14% acima média mundial (VILELA, 2011).

A prática da cebolicultura no estado Catarinense destaca-se como a principal ocupação hortícola, quer em termos de área de plantio, quer em volume colhido ou valor bruto da produção. Está presente em mais da metade dos 293 municípios do estado, concentrando-se particularmente nas microrregiões de Ituporanga, Rio do Sul e Tabuleiro, respondendo por mais de 85% da área de plantio e da produção do estado (BOEING, 2001).

Essencialmente, é praticada através do sistema convencional que caracteriza-se pela utilização inadequada de fertilizantes minerais, pouco utilizando a prática da análise de solo como orientação para correção e fertilização. No controle de pragas e doenças, os produtores utilizam grande diversidade de agrotóxicos, visando à proteção das mudas, sem a preocupação da especificidade do produto e da dosagem (BOEING, 2002).

Epagri (2012) cita as práticas continuamente utilizadas há décadas pelos produtores catarinenses, como, a baixa utilização de técnicas de rotação de cultura, o uso intensivo do solo e a alta pulverização para facilitar o transplante das mudas.

### 2.3.1 Produção de Mudanças

O método por sistema de transplante de mudas é o mais utilizado no Brasil. Compreende na produção de mudas em campo aberto, em canteiro ou sementeira, por ser mais elevado, proporcionando maior drenagem e aeração, como também características físico-químicas ideais para a germinação das sementes. Permite a seleção de mudas vigorosas e saudáveis, viabilizando a produção de bulbos mais uniformes em formato e tamanho (MENDONÇA et al., 2004), maior qualidade dos bulbos e conseqüentemente maior estabilidade (KURTZ, 2013).

As mudas são transplantadas entre 40 e 70 dias, com cerca de 18 a 25 cm de altura, dependendo da cultivar e época do ano (MENDONÇA et al., 2004).

Sendo assim, ao iniciar o cultivo de hortaliças deve-se dar atenção especial à formação das mudas, responsáveis pelo bom desenvolvimento da cultura, produtividade e qualidade. Uma muda má formada, debilitada, compromete todo o desenvolvimento da cultura, aumentando seu ciclo e, em muitos casos, ocasionando perda de produção (SOUZA; RESENDE, 2002).

## 2.4 PRODUÇÃO DE INOCULANTE

Conforme disposto em Lei nº 6.894 de 16 de dezembro de 1980, regulamentada pelo Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004, cabe ao Ministério da Agricultura, fiscalizar a produção e o comércio de inoculantes e biofertilizantes. São classificados como insumos básicos e descritos que ao serem empregados em sua forma correta, possuem a capacidade em aumentar a produção agrícola.

A nutrição adequada das plantas é um desafio enfrentado pelos agricultores, que utilizam grandes quantidades de adubos químicos para melhorar a fertilidade do solo, além de agrotóxicos, principalmente fungicidas, para proteger as lavouras contra doenças foliares (BOEING, 2002). Os resultados de pesquisas e a conscientização sobre os efeitos danosos dos adubos químicos e agrotóxicos (CAMPANHOLA; LUIZ; RODRIGUES, 1997), juntamente com a elevação do custo de aquisição desses insumos, justificam as pesquisas sobre o uso de inoculantes microbiológicos para promoção de crescimento vegetal e controle de patógenos.

Nos últimos anos tem se buscado intervenções para o uso adequado do solo envolvendo a evolução tecnológica na agricultura e a melhoria de qualidade do solo, visando maior produção agrícola, com menor risco de agressão ao ambiente. Tecnologias microbianas, como o uso de fungos micorrízicos, constituem estratégias importantes na melhoria dos sistemas de produção agrícolas.

O desenvolvimento de inoculantes micorrízicos para ser aplicado em culturas importantes para o agronegócio brasileiro depende inicialmente do estabelecimento destes fungos em culturas monoespecíficas e testes de eficiências destes isolados em condições controladas. Culturas monoespecíficas de FMAs podem ser obtidas de

diferentes maneiras utilizando sistemas *in vitro* (SOUZA; DECLERCK, 2003), em vasos de cultivo (DOUDS; ADHOLEYA; GADKAR, 2000), hidroponia e aeroponia (SYLVIA; HUBBELL, 1986).

Independente de qual sistema utilizado, a produção de um grande número de esporos é frequentemente necessária para conduzir pesquisas com FMAs, seja em estudos de germinação e estocagem de esporos, estudos de eficiência de isolados fúngicos realizados em condição controlada e sua aplicação para campo ou mesmo na produção de inoculantes micorrízicos (DOUDS; SCHENCK, 1990).

Contudo, a grande dificuldade na produção de inóculos comerciais a base de FMAs é pelo fato de serem biotróficos obrigatórios e, dessa forma, completam o ciclo de vida associados às raízes de plantas e, conseqüentemente, não podem ser multiplicados em um meio de cultura definido (BERBARA; SOUZA; FONSECA, 2006; SOUZA et al., 2006).

Outra consideração à aplicação de inoculante está relacionado as conseqüências ecológicas, que devem ser levadas em conta na aplicação. A eficiência desconhecida dos FMAs introduzidos podendo apresentar risco de introdução de patógenos associados com os outros inoculantes, como também a alteração da estrutura de comunidades dos FMAs nativos (ANTUNES et al., 2008).

Dessa forma, um fator relevante para o processo de produção de inoculante micorrízico arbuscular é a necessidade de compreensão da efetividade simbiótica das espécies presentes no inoculante, ou seja, a eficiência dos FMAs introduzidos na cultura dentro da relação entre fungo – hospedeiro – ambiente (SIQUEIRA, 1991; BRUNDRETT, 1991).

A cultura da cebola (*Allium cepa* L.) é uma planta exigente em solos férteis, necessitando frequentes aplicações de fertilizantes, como também, diversas aplicações de pesticidas em função do grande número de pragas e patógenos. Além disso, a dificuldade de produção de mudas de qualidade pode refletir no plantio de mudas pequenas, que levadas a campo apresentam diminuição na capacidade de sobrevivência após a operação de transplante, influenciando o estande final e acarretando diminuição do peso médio do bulbo comercial (GUIMARÃES; TORRES; DITTRICH, 1997).

Os trabalhos de Trindade (1998), destacam a importância da utilização dos FMAs para o crescimento de plantas na fase de mudas. Benefícios como a economia na produção de inóculo, qualidade das mudas micorrizadas capazes de competirem com os fungos nativos,

promovem o crescimento da planta, com maior tolerância quando levada a campo e menor dependência aos adubos químicos.

Assim, os benefícios oferecidos através da simbiose micorrízica em mudas podem trazer maior segurança ao agricultor, oferecendo desenvolvimento mais rápido, melhor crescimento e maior aptidão a adaptação ao estresse gerado no transplante, permitindo a redução ao uso dos corretivos, fertilizantes e agrotóxicos (AQUINO; CASSIOLATO, 2002).

Plenchette, Fortin e Forlan (1983) demonstra a alta dependência das espécies *Allium* através de um modelo de cálculo que gera o índice de dependência micorrízicas. Charron et al. (2001) e Galván, Kuyper e Burger (2011) se referem aos efeitos de inoculação em cebola (*Allium cepa* L.) a um certo grau de obrigatoriedade do vegetal em realizar a simbiose para suprir a demanda de P, em função das características dos sistema radicular apresentar um crescimento do lento e simples.

Seoud e Yousry (2012) em sistemas de vasos em ambiente controlado, demonstraram em cebola (*Allium cepa* L.) e alho-poró (*Allium porrum* L.) maior produção de massa seca da parte aérea, altura e comprimento de raiz quando inoculadas com *Glomus intraradices*. O aumento da concentração de P na parte aérea em cebola (*Allium cepa* L.) e alho-poró (*Allium porrum* L.) em plantas inoculadas foi correlacionado com o crescimento da parte aérea e da raiz.

Galván, Kuyper e Burger (2011) testando as cultivares *Allium cepa* Jumbo, *A. roylei* e *A. fistulosum* in vitro e posteriormente transportadas a vaso, se refere a inoculação com *G. intraradices* aplicando aproximadamente 1,7 gramas de inóculo, não se referindo a quantidade de esporos. Geil e Guinel (2002) avalia os efeitos de etileno na colonização do alho-porró (*Allium porrum*) inoculando *G. aggregatum* em vasos de 560 mL em volume de 13 partes para 1 de substrato:inóculo.

Deressa e Schenk (2008) descrevem o método realizando a aplicação de FMA em espécies do gênero *Allium* em vasos de 450 mL com a inoculação de *G. intraradices* a 5% do volume do vaso, isolado verificado em experimento anterior ser mais eficiente na produção de MSPA frente a outros quatros isolados não citados. Fusconi et al. (2005) objetivando determinar uma resposta celular da planta colonizada por FMA, realizou trabalho com alho-porró (*Allium porrum* L. cv.) inoculando o isolado *G. mosseae* a uma quantidade de 10% do volume do vaso em forma de solo-inóculo constituído de esporos e raízes colonizadas de FMA, não informando a quantidade exata de esporos.

Dentro dos objetivos ligado à Rede Glomeronet em verificar a eficiência dos inoculantes em diversas culturas sob diferentes condições climáticas com o intuito de definir uma formulação adequada, o trabalho teve como objetivo verificar a eficiência micorrízica de isolados de FMAs em relação à dose de inoculante e a dose de adubação fosfatada na produção de mudas de cebola (*Allium cepa* L.) Bola Precoce em condição controlada de casa de vegetação e a campo em canteiros de mudas.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GERAL**

Avaliar a eficiência simbiótica dos inoculantes a base de isolados de FMAs na produção de mudas de cebola em condição controlada de casa de vegetação e a campo em canteiros, relacionando os fatores dose de inóculo, dose de P e os isolados de FMAs.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- 1) Testar o efeito de doses crescentes de inoculante a base de *Rhizophagus clarus* e *Claroideoglobus etunicatus* no crescimento e nutrição fosfatada de mudas de cebola em condições controladas.
- 2) Avaliar a resposta da cebola a inoculação de isolados de FMAs (*Rhizophagus clarus*, *Claroideoglobus etunicatus* e *Dentiscutata heterogama*) em canteiros de produção de mudas a campo, em diferentes níveis de adubação fosfatada.

### **4 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **4.1 ENSAIO 1. *Efeito de diferentes doses de inoculante a base de FMAs no crescimento e nutrição da cebola***

O estudo foi conduzido de fevereiro a abril de 2012 em casa de vegetação, no Departamento de Solos e Recursos Naturais, Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) no município de Lages. Ele teve o objetivo de avaliar o efeito



de doses de inoculante no crescimento e nutrição de mudas de cebola (*Allium cepa* L.) cultivar EMPASC Bola Precoce, seguindo um esquema fatorial 3 x 5 x 2, sendo 3 tratamentos de inoculação (não inoculado (NI), inoculante a base de *Rhizophagus clarus*, e a base de *Claroideoglo mus etunicatus*), 5 doses de inoculante (0%, 5%, 10%, 15% e 25% do volume de solo) e 2 doses de P (50% e 100% da dose recomendada para cultura da cebola em viveiros). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com 4 repetições, totalizando 120 unidades experimentais.

Os isolados de FMAs, *Rhizophagus clarus* (USA102A), *Claroideoglo mus etunicatus* (RJN101A) foram provenientes de culturas mono específicas cultivadas e armazenadas na Coleção Internacional de Culturas de Glomeromycota (CICG), sediada na Fundação Universidade Regional de Blumenau – FURB ([www.furb.br/cicg](http://www.furb.br/cicg)), sob coordenação do Professor e Pesquisador Dr. Sidney Luiz Stürmer.

O substrato utilizado foi areia e argila expandida (vermiculita) (1:1), esterilizado por autoclavagem por duas vezes, a 120°C por uma hora, com um intervalo de 24 horas entre os ciclos (STÜRMER, 2004). Após o processo de esterilização foi determinando o pH do substrato em água apresentando pH 5,4 e assim corrigido para pH 6,2 através de carbonato de cálcio (PRNT 100%) na dose de 6,8 t ha<sup>-1</sup>. No período de 7 dias com pH estável em 6,2, procedeu-se a adubação de 300 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (100% de P) e 150 kg ha<sup>-1</sup> (50% de P), 150 kg ha<sup>-1</sup> de potássio (K<sub>2</sub>O), 75 kg ha<sup>-1</sup> de N na forma de superfosfato triplo, cloreto de potássio e ureia, respectivamente. As quantidades do corretivo e dos fertilizantes minerais seguiram as recomendações da CQFSRS/SC (Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 2004) para cultura da cebola (*Allium cepa* L.).

Os inoculantes a base de *Rhizophagus clarus*, e *Claroideoglo mus etunicatus* continham em sua formulação 3 esporos mL<sup>-1</sup>, representando nas doses de 5% (225 esporos), 10% (450 esporos), 15% (675 esporos) e 25% (1.125 esporos) em relação ao volume aplicado nos vasos.

Os tratamentos NI receberam as mesmas quantidades de inoculante, diferenciando em sua forma líquida, onde o solo-inóculo foi submetido a uma filtragem em uma peneira de 53 µm com o objetivo de reter os esporos dos isolados, *Claroideoglo mus etunicatus* (60-160 µm) e *Rhizophagus clarus* (100-260 µm).

Cada tratamento, (substrato + inoculante), foi então homogeneizado em saco plástico e posteriormente colocado no vaso de cultivo totalizando 1,5 kg de mistura.

As sementes de cebola (*Allium cepa* L.) cultivar EMPASC Bola Precoce, cedidas pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI) - Estação Experimental de Ituporanga-SC, através do pesquisador M.e Claudinei Kurtz, foram semeadas a uma profundidade de 2 cm do substrato, realizando o processo de desbaste quando necessário.

Aos 60 dias após a germinação, prosseguiu-se a análise com 4 plantas por amostras determinando a altura das plantas utilizando um paquímetro. Em seguida a parte aérea foi separada das raízes, armazenada em sacos de papel e secas em estufa com ventilação forçada a uma temperatura de 65°C até massa constante, determinando assim a massa seca da parte aérea de cada vaso. Posteriormente, o conteúdo foi submetido à moagem e digestão ácida para extração do fósforo conforme Tedesco et al. (1995), com posterior determinação de P conforme Murphy e Riley (1962).

No momento da coleta as raízes imediatamente foram lavadas em peneiras de 2 mm, separando por amostra 0,5 g para a avaliação da colonização micorrízica e armazenando-as em água destilada. O restante do material foi submetido ao mesmo processo de secagem da parte aérea determinando assim a massa seca de raízes.

As amostras para a avaliação da colonização foram encaminhadas ao laboratório de Microbiologia e Fauna do Solo – UDESC-CAV e submetidas ao processo de clarificação e coloração de acordo com a metodologia descrita por Koske e Gemma (1989). Testes realizados anteriormente indicaram a necessidade de alterações em relação ao tempo entre as etapas de clarificação e coloração a fim de maximizar a observação das estruturas fúngicas.

A primeira etapa, em solução de KOH 10%, etapa fundamental para clarificação das amostras de raízes que são submersas em solução e mantidas em banho-maria a 90°C por 50 minutos individuais em frascos âmbar de 100 mL. Em seguida, as raízes foram lavadas com água corrente e submersas em solução acidificante de HCl 2,0% por 30 minutos. A solução ácida foi retirada e em seguida foi adicionado a solução corante (500 mL Glicerina; 400 mL Água destilada; 50 ml HCl a 1% e 0,05% de Azul de Tripán) por 50 minutos.

Após o processo as amostras foram lavadas e conservadas em geladeira a 4°C para que sucessivamente as lâminas fossem montadas e

lidas em microscópio óptico. A avaliação da colonização micorrízica, seguindo a metodologia proposta por McGonigle et al. (1990), onde foi preparado uma lâmina por planta com dez fragmentos por raiz, sendo observados 200 pontos por fragmento em microscópio óptico sob aumento de 25x, onde cada fragmento da lâmina foi avaliada quanto à presença de colonização por FMAs, gerando assim a colonização micorrízica total (hifas, vesículas, arbúsculos e esporos). A colonização micorrízica total foi expressa através de percentuais considerando a somatória do total de pontos em relação aos valores de fragmentos colonizados e não colonizados, transformados pela função (Arcoseno (raiz de  $X/100$ )\*180), garantindo uma distribuição normal dos dados a fins estatísticos.

O Potencial de inóculo micorrízico (PIM) dos inoculantes, com o objetivo de avaliar a capacidade dos isolados em colonizar as raízes das mudas de cebola (*Allium cepa* L) foi determinado utilizando um fatorial de 5 x 3 em delineamento inteiramente casualizado em quatro repetições, totalizando 60 unidades experimentais.

Os cinco níveis de inoculação (0, 5, 10, 15 e 25%) e os três tratamentos de inoculação com os isolados *R. clarus*, *C. etunicatus* e NI, seguiram o mesmo processo de filtragem descrito anteriormente.

As sementes de cebola (*Allium cepa* L.) cultivar EMPASC Bola Precoce foram semeadas no mesmo princípio descrito anteriormente. As mudas foram conduzidas a um período de 28 dias em casa de vegetação, mantendo-se duas plântulas após a emergência das sementes, fazendo o desbaste sempre que necessário.

Aos 28 dias as raízes foram separadas da parte aérea e submetidas ao processo de clarificação e coloração (KOSKE; GEMMA, 1989), permitindo a avaliação da colonização micorrízica pela metodologia proposta por McGONIGLE et al. (1990), expressa pelo percentual total de colonização micorrízica através dos valores de fragmentos colonizados em relação aos não colonizados e transformados em arco seno (raiz de  $X/100$ )\*180), garantindo sua distribuição normal.

#### 4.2 ENSAIO 2. *Resposta de mudas de cebola a aplicação de inoculante a base de FMAs em canteiros a campos.*

Este ensaio foi conduzido em viveiro de mudas na Estação Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), situada a 475 m de altitude, 27° 22' S de latitude e 49° 35' W de longitude, no município de Ituporanga, região do Alto Vale do Itajaí, SC. O clima do município é do tipo mesotérmico úmido com verões quentes, Cfa, segundo a classificação de Köppen. Na área experimental o solo é classificado como Cambissolo Háptico Distrófico (EMBRAPA, 1999). O ensaio teve como objetivo avaliar a reposta das mudas de cebola a inoculantes monoespecíficos de FMAs em canteiros através dos fatores de FMAs e dose de adubação fosfatada por 60 dias (08/08/2012 – 07/10/2012). O esquema fatorial foi de 4 x 3, sendo 4 níveis de FMAs (*Rhizophagus clarus* (USA102A), *Claroideoglomus etunicatus* (RJN101A) e *Dentiscutata heterogama* (PNB102A) e um nível de não inoculado (NI)), 3 doses de P (0%, 50% e 100% de adubação fosfatada recomendada para a cultura da cebola em canteiro de mudas).

O delineamento experimental foi de blocos casualizados com 12 tratamentos em 4 repetições, totalizando 48 unidades experimentais/parcelas de 3 m<sup>2</sup> (3x1 m com espaçamento de 0,5 m entre as parcelas e bordadura de 15 cm).

O solo apresentava os seguintes resultados: pH Água: 6,0; Índice SMP: 6,2; P (mg dm<sup>3</sup>): 4,0; K (mg dm<sup>3</sup>): 62; M.O (%): 3,2; Al: 0,0; Ca: 7,0; Mg: 3,2; Argila (%): 30; Acidez potencial H+Al (Cmol<sub>c</sub> dm<sup>3</sup>): 3,5; Ca/Mg: 2,19; Ca/K: 44,15; Mg/K: 20,18; Soma de bases S (Cmol<sub>c</sub> dm<sup>3</sup>): 10,36; CTC pH (7,0) (Cmol<sub>c</sub> dm<sup>3</sup>): 13,8; Saturação de bases V (%):74,9. A calagem foi realizada com calcário dolomítico distribuído na superfície do solo e incorporado através de gradagem sete dias antes da semeadura com objetivo de elevar o pH para 6,2.

O Potencial de inóculo micorrízicos (PIM) da área experimental foi determinado através das amostras de solo coletadas na camada 0-10cm em todas as 48 parcelas, no dia 08/08/2012 antes de iniciar as atividades de implementação do ensaio a campo. Em laboratório, as amostras de solo das primeiras 6 parcelas foram homogeneizadas, seguindo o mesmo princípio diante nas demais, totalizando 2 amostras por bloco, ou seja, 8 amostras de solo da área experimental, que foram conduzidas por 28 dias em casa de vegetação em 3 replicas, totalizando 27 unidades experimentais, semeadas com sementes de cebola (*Allium*

*cepa* L.) cultivar EMPASC Bola Precoce, mantendo 2 plântulas por amostra e realizando o desbaste quando necessário.

As avaliações seguiram as mesmas metodologias citadas para o PIM do inoculante, citado no primeiro ensaio, clarificação e coloração das raízes por (KOSKE; GEMMA, 1989), e a avaliação da colonização micorrízica pela metodologia proposta por McGONIGLE et al. (1990), expressa pelo percentual total de colonização micorrízica, através dos valores de fragmentos colonizados em relação aos não colonizados e transformados em arco seno (raiz de  $X/100$ )\*180), garantindo sua distribuição normal.

O PIM da população nativas de FMAs foi de 23,74% de colonização micorrízica total.

Os canteiros foram preparados conforme o adotado pelos agricultores da região, constando de uma aração na profundidade de 20 cm e uma operação com enxada rotativa.

No dia da implantação do ensaio procedeu-se adubação na base seguindo a análise de solo e as recomendações da CQFSRS/SC (Comissão de Química e Fertilidade do Solo), com 150 kg ha<sup>-1</sup> de potássio (K<sub>2</sub>O), cloreto de potássio, 75 kg ha<sup>-1</sup> de N na forma de ureia dívida em duas aplicações, na semeadura e com aparecimento de 3 folhas, e P (Superfosfato Triplo) seguindo o delineamento, 300 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (100% de P) e 150 kg ha<sup>-1</sup> (50% de P).

O inoculante aplicado nos canteiros consistiu na mesma forma de produção do utilizado no ensaio de casa de vegetação, solo-inóculo com argila expandida:areia, raízes colonizadas e esporos dos isolados. Através do número de esporos no inoculante podemos ter um indicativo de potencialidade do inóculo, os quais representavam nos isolados *Rhizophagus clarus* e *Claroideoglobus etunicatus* 3 esporos/ml, e no isolado *Dentiscutata heterogama* 7 esporos/ml. A quantidade de inoculante aplicada foi de 500 ml de inóculo/m<sup>2</sup>, 1500 esporos nos tratamentos com os isolados *R. clarus* e *C. etunicatus*, e 3500 esporos nos tratamentos com o isolado *S. heterogama*. Os tratamentos que continham níveis de não inoculado, foi aplicado a mesma quantidade, 500 ml, em forma de inóculo estéril (argila expandida e areia, 1:1).

A aplicação do inoculante procedeu-se a lança na parcela. Após foi realizado a incorporação utilizando uma enxada manual (uma para cada isolado) na camada 0-10 cm.

A semeadura foi realizada a lança com 3 g m<sup>2</sup> de sementes/parcela de cebola cultivar EMPASC 352-Bola Precoce. Após a semeadura os canteiros foram cobertos com serragem para obter-se

controle da umidade e da incidência solar direta nas sementes. A irrigação foi realizada por sistema de aspersão conforme a necessidade.

As unidades experimentais foram coletadas aos 60 dias. Durante esse período não houve a necessidade de aplicação de produtos sanitários. A parte aérea foi separada das raízes e medida a altura das mudas (20 mudas por unidade experimental) e armazenadas em sacos de papel e secas em estufa com ventilação forçada a uma temperatura de 65°C até massa constante. Em seguida, determinou-se a massa seca da parte aérea de cada vaso. Posteriormente, a massa seca da parte aérea foi submetida à moagem e digestão ácida para extração do fósforo conforme Tedesco et al. (1995), com posterior determinação de P conforme Murphy e Riley (1962)

As raízes, separadas para colonização micorrízica, seguiram os mesmos procedimentos descritos no ensaio 1.

Foi determinado o PIM com as amostras de solo das parcelas logo após as mudas terem sido coletadas. Em todas as 48 parcelas as amostras de solo foram coletadas na camada 0-10 cm, e posteriormente homogeneizadas por bloco de acordo com o isolado aplicado na parcela, formando 4 amostras por bloco ou 16 amostras da área.

O PIM das parcelas foi conduzido em 3 réplicas totalizando 48 amostras em casa de vegetação. As amostras foram semeadas com cebola (*Allium cepa* L.) cultivar EMPASC Bola Precoce, mantendo 2 plântulas por amostra.

As avaliações seguiram as mesmas metodologias citadas nas avaliações de colonização micorrízica, seguindo a transformação dos dados em arco seno, garantindo sua distribuição normal.

Com o objetivo de determinar as espécies de FMAs nativas, utilizando o mesmo esquema de coleta do solo do PIM das parcelas, as amostras de solo foram utilizadas para a montagem de “cultura armadilhas” em vasos de 2,0 kg, com *Sorghum bicolor*. Após quatro meses em casa de vegetação, os esporos foram extraídos de 50 mL de cada amostra de solo, utilizando-se técnica de peneiragem úmida (GERDEMANN; NICHOLSON, 1963) seguida de centrifugação em gradiente de sacarose (20% e 60%). Após a amostra foi colocada em um balde plástico e adicionada água de torneira. O solo foi agitado com bastão de vidro para trazer os esporos em suspensão e passada sob duas peneiras sobrepostas com aberturas de 710 µm e 45 µm. O material retido na peneira de 710 µm foi colocado em placa de petri e inspecionado em lupa. O material retido na peneira de 45 µm foi colocado em tubos Falcon contendo o gradiente de sacarose e

centrifugados a 2000 rpm por 1 minuto. Após, o sobrenadante foi disposto novamente na peneira de 45 µm, lavados em água corrente e depositado em placas de Petri. Os esporos foram coletados e fixados em lâminas semipermanentes usando o reagente de Melzer (iodo, hidrato de cloral, iodeto de potássio e água) e encaminhadas ao Laboratório de Botânica da Universidade Regional de Blumenau (FURB). A identificação das espécies de FMA foram realizadas pelo Taxonomista Sidney Luiz Stürmer, baseada no tamanho, cor e forma dos esporos determinados sob microscópio estereoscópio e pela análise das estruturas subcelulares dos esporos sob microscópio de luz, bem como por comparação com o manual de Schenck e Perez (1990) e com a descrição das espécies nas páginas da Internacional Culture Collection of Arbuscular and Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi (INVAM) (<http://invam.caf.wvu.edu>).

#### 4.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram submetidos à análise de variância fatorial. As variáveis que apresentaram f significativo foram submetidas a testes de médias.

Em ambos os ensaios optou-se pela aplicação do teste de Scott Knott, pois o teste se baseia em uma análise de agrupamento, conduzindo a grupos mutuamente exclusivos de tratamentos, eliminando o problema de ambiguidade verificado nos teste Tukey, Duncan e SNK (BORGES; FERREIRA, 2003; RESENDE, 2007).

O teste Scott-Knott utilizado para analisar os resultados dos ensaios 1 e 2 foi aplicado através do programa Estatístico ASSISTAT Versão 7.6 beta (pt), desenvolvido pelo Professor Dr. Francisco de Assis Santos e Silva – DEAG-CTRN-UFCG, Campina Grande – PB, Brasil.

Para colonização micorrízica total, colonização micorrízica por hifa e colonização micorrízica por vesícula, os resultados foram transformados em arco seno, garantindo sua distribuição normal e homogeneidade da variância.

Para o fator quantitativo, dose de inoculante no ensaio 1, os dados foram submetidos à análise de regressão ( $p < 0,05$ ), com o auxílio do programa SAS (SAS Institute, 2002).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Ensaio 1. *Efeito de diferentes doses de inoculante a base de FMAs no crescimento e nutrição da cebola*

As variáveis, altura da parte aérea (APA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR) apresentaram interação entre inoculante e dose de inoculante adicionadas ao solo. A variável, teor de fósforo na parte aérea (Teor de P) apresentou interação entre inoculante e dose de P, enquanto a variável colonização micorrízica total (CMT) apresentou interação entre inoculante e dose de inoculante, inoculante e dose de P, e dose de inoculante e dose de P adicionadas ao solo (Tabela 1).



Tabela 1 - Análise da variância para as variáveis altura da parte aérea (APA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raízes (MSR), teor de fósforo (Teor de P) e colonização micorrízica total (CMT) em mudas de cebola (*Allium cepa* L.) cultivar Bola Precoce cultivadas em casa de vegetação por 60 dias.

FATOR DE VARIAÇÃO	VARIÁVEIS				
	APA (cm)	MSPA (g)	MSR (g)	TEOR de P (mg kg <sup>-1</sup> )	CMT (%)
INOCULANTE	**	*	ns	**	**
DOSE DE INOCULANTE	*	*	*	-	**
DOSE DE P	**	**	**	**	**
INOCULANTE X DOSE INOC.	**	**	**	ns	**
INOCULANTE X DOSE P	ns	ns	ns	*	*
DOSE INC X DOSE P	ns	ns	ns	ns	*
INOC X DOSE INC X DOSE P	ns	ns	ns	ns	ns
CV %	13,94	41,93	41,36	21,52	68,67

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ); \*significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $0,01 p \leq 0,05$ ); ns não significativo ( $p \leq 0,05$ ) pelo Teste F. Fonte: Produção do próprio autor.

A altura da parte aérea das mudas de cebola (*Allium cepa* L.) com a aplicação do inoculante *Rhizophagus clarus* diferenciou no nível de 10 e 25% de inoculação aos demais tratamentos. Em relação ao tratamento não inoculado, *Rhizophagus clarus* promoveu aumento no crescimento de 15,57% no nível de 10% de inoculação e 31,78% no nível de 25% de inoculação, entretanto o inoculante *Rhizophagus clarus* não apresenta diferença a dose de inoculante aplicada ao solo. *Claroideoglossum etunicatus* diferenciou no nível de 15% de inoculação aos demais tratamentos, promovendo aumento no crescimento de 18,23% em relação ao tratamento não inoculado. Em APA, a aplicação de 15% de inoculante *Claroideoglossum etunicatus* diferenciou dos demais níveis aplicados ao solo (Tabela 2).

Tabela 2 - Altura da parte aérea, massa seca da parte aérea e do sistema radicular em mudas de cebola (*Allium cepa* L.), cultivar Bola Precoce, cultivadas por 60 dias em casa de vegetação com inoculantes a base de *Rhizophagus clarus* e *Claroideoglomus etunicatus* e cinco níveis de inoculação. Média de 8 repetições.

INOCULANTE	DOSE DE INOCULANTE				
	0 %	5 %	10 %	15 %	25 %
Altura da parte aérea (cm)					
Não inoculado	29,33 aA	22,81 aB	23,70 bB	23,95 bB	20,22 cB
<i>R. clarus</i>	26,61 aA	25,23 aA	28,07 aA	25,43 bA	29,64 aA
<i>C. etunicatus</i>	26,51 aB	25,52 aB	23,25 bB	29,29 aA	24,05 bB
Massa seca da parte aérea (g)					
Não inoculado	0,31 aA	0,15 bB	0,19 bB	0,18 aB	0,13 bB
<i>R. clarus</i>	0,21 bA	0,25 aA	0,30 aA	0,22 aA	0,24 aA
<i>C. etunicatus</i>	0,23 bA	0,24 aA	0,15 bB	0,24 aA	0,14 bB
Massa seca de raízes (g)					
Não inoculado	0,21 aA	0,10 aB	0,12 bB	0,12 aB	0,09 aB
<i>R. clarus</i>	0,13 bB	0,15 aB	0,21 aA	0,15 aB	0,14 aB
<i>C. etunicatus</i>	0,14 bA	0,16 aA	0,11 bB	0,17 aA	0,10 aB

<sup>1</sup> - Colunas: letras minúsculas; Linhas: letras maiúsculas. As médias seguidas pela mesma letra, na linha ou coluna por variável, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. Fonte: Produção do próprio autor.

A massa seca da parte aérea das mudas de cebola (*Allium cepa* L.) apresentou efeito à aplicação de ambos os inoculantes ao nível de 5% de inoculação, representando aumento na produção de 40% com *Rhizophagus clarus* e 37,50% com *Claroideoglopus etunicatus*. O inoculante *Rhizophagus clarus* apresentou efeito de inoculação em MSPA comum ao efeito em APA, nos níveis de inoculação de 10% e 25%, apresentando aumento na produção de MSPA de 36,67% em 10% de inoculação e 45,83% em 25% de inoculação. Em MSPA, *Rhizophagus clarus* e *Claroideoglopus etunicatus* não apresentaram diferença na dose de inoculante aplicada ao solo (Tabela 2).

A massa seca de raiz das mudas de cebola (*Allium cepa* L.) apresentou influência apenas ao inoculante *Rhizophagus clarus* ao nível de 10% de inoculação aplicado ao solo, com incremento na produção de 42,86% em relação ao tratamento não inoculado. Em MSR, a aplicação de 10% de inoculante *Rhizophagus clarus* diferencia dos demais níveis aplicados ao solo (Tabela 2).

Em relação a produção de fitomassa, Bolandnazar et al. (2007) demonstra os efeitos positivos de inoculação de FMAs sobre a variável altura e biomassa nas mudas de cebola (*Allium cepa* L.) cultivar Red Azar Shahr, em experimento com vasos de 1,5 kg em condições controladas por 50 dias após a emergência com inoculação de 15 g (esporos, hifas e fragmentos de raízes e solo) dos isolados *C. etunicatus* e *Glomus intraradices*, concordando com os resultados encontrado neste trabalho e com os trabalhos realizados na rede Glomeronet por Junges (2012) em condições controladas.

Entre os diversos autores que demonstraram maior crescimento da parte aérea das mudas de cebola (*Allium cepa* L.) inoculadas com FMAs, Goussous e Mohammad (2009), Wang et al. (2011), Tawaraya, Hirose e Wagatsuma (2012) e Charron et al. (2001) demonstram condições das mudas de cebola (*Allium cepa* L.) ao tamanho comercial em período de 2 a 3 semanas mais cedo.

O teor de fósforo na parte aérea nas mudas de cebola (*Allium cepa* L.) demonstrou efeito ao inoculante e a dose de P adicionados ao solo, apresentando nas mudas inoculadas com FMAs resposta positiva ao teor de P acumulado independente da dose de P adicionada ao solo (Figura 1).

Ambos os tratamentos com aplicação de inoculante a base de FMAs demonstraram diferença significativa ao tratamento não inoculado na dose de 50% de P, no entanto as mudas inoculadas com *Claroideoglopus etunicatus* demonstraram maior eficiência aos demais

tratamentos em translocar o nutriente fósforo a parte aérea em ambas as doses de P (Figura 1).

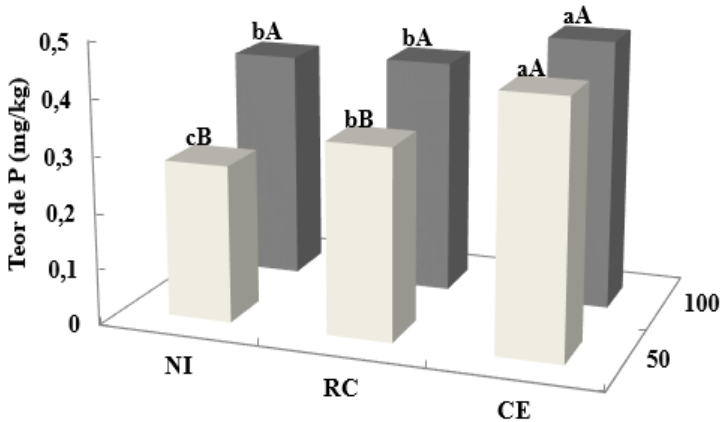
Os resultados benéficos no acúmulo de P representados na Figura 1, somados aos resultados de APA na Tabela 2, colaboram aos resultados de Seoud e Yousry (2012), que sugerem a associação entre o crescimento superior da parte aérea das mudas de cebola (*Allium cepa* L.) inoculadas com FMA (*Glomus intraradices*) devido ao aumento na absorção de nutrientes, especialmente P.

Na mesma linha de pesquisa, aos benefícios que a inoculação com FMAs reflete em mudas de cebola (*Allium cepa* L.), diversos autores descrevem a inoculação como um importante veículo na absorção do nutriente P (STEPHANIE; CAVAGNARO, 2011; EHTESHAMI, 2011; SHAMSHIRI; USHA; SINGH, 2012).

As alterações nutricionais são os efeitos mais consistentes dos FMAs no processo de simbiose gerado em função do o acúmulo de macro(s) e micronutriente(s), dependendo da disponibilidade relativa de cada um na solução do solo. São diversos os meios que o incremento da nutrição de P pode ocorrer em plantas colonizadas, entre eles, o aumento do volume explorado pelas hifas extra-radiculares e formação de polifosfatos (moléculas orgânicas sintetizadas pelos FMAs ricas em P), produção de enzimas fosfatases (catalisam a liberação de P dos complexos orgânicos) (BERBARA; SOUZA; FONSECA, 2006; MARSCNER; DELL, 1995).

Figura 1 - Teor de P da parte aérea das mudas de cebola (*Allium cepa* L.) cultivar Bola Precoce cultivadas por 60 dias em casa de vegetação com inoculantes a base de *Rhizophagus clarus* e *Claroideoglo mus etunicatus* em dois níveis de P. Média de 20 repetições.

NI – Não inoculado; RC - *Rhizophagus clarus*; CE - *Claroideoglo mus etunicatus*. 50 - 100% da dose de P recomendada ( $150 \text{ kg ha}^{-1}$  e  $300 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ). As médias seguidas pela mesma letra por variável, (Linha – minúscula, Coluna – maiúscula), não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.



Fonte: Produção do próprio autor

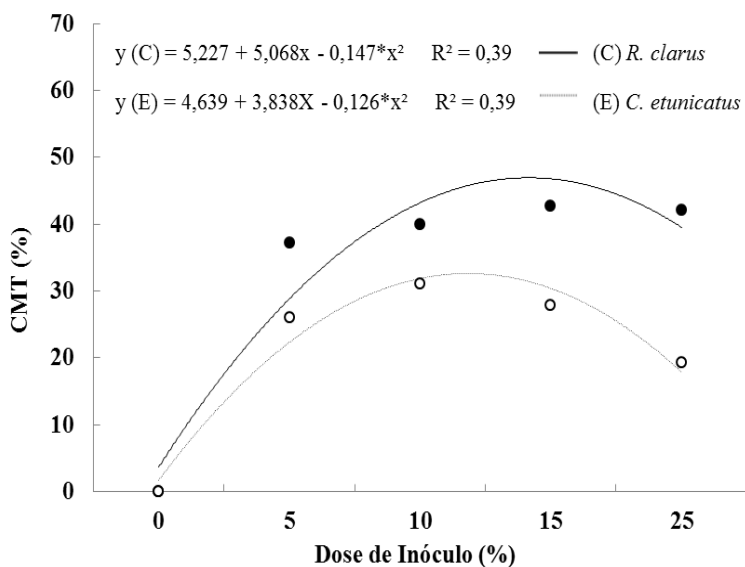
Em colonização micorrízica total, a interação dos inoculantes *Rhizophagus clarus* e *Claroideoglo mus etunicatus* e a dose de inoculante aplicados ao solo apresentou nas mudas de cebola (*Allium cepa* L.) resposta quadrática (Figura 2).

O efeito da resposta quadrática na variável CMT nos níveis de inoculação (Figura 2) pode ser associado às variáveis de crescimento e produção de fitomassa das mudas de cebola (*Allium cepa* L.) inoculadas (Tabela 2).

O inoculante *Rhizophagus clarus* apresentou na variável CMT pontos máximos de colonização entre os níveis de 10 e 25% de inoculação, sendo os mesmos níveis de inoculação que apresentaram resposta superior nas variáveis APA, MSPA e MSR. O inoculante

*Claroideoglossum etunicatus* apresentou na variável CMT percentuais máximos entre os níveis de 5 e 15% de inoculação, também associados aos resultados superiores nas variáveis APA, MSPA.

Figura 2 - Colonização micorrízica total nas mudas de cebola (*Allium cepa* L.) cultivar Bola Precoce, cultivadas por 60 dias em casa de vegetação com inoculantes a base de *Rhizophagus clarus* e *Claroideoglossum etunicatus* em cinco níveis de inoculação. Média de 8 repetições.



Fonte: Produção do próprio autor

A interação inoculante e dose de P adicionados ao solo na variável CMT demonstrou que houve redução na colonização micorrízica das mudas quando aplicado a dose recomendada P ( $300 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) (Tabela 3).

Tabela 3 - Colonização micorrízica total nas mudas de cebola (*Allium cepa* L.) cultivar Bola Precoce, cultivadas por 60 dias em casa de vegetação com inoculantes a base de *Rhizophagus clarus* e *Claroideoglo mus etunicatus* e dois níveis de P. Média de 20 repetições.

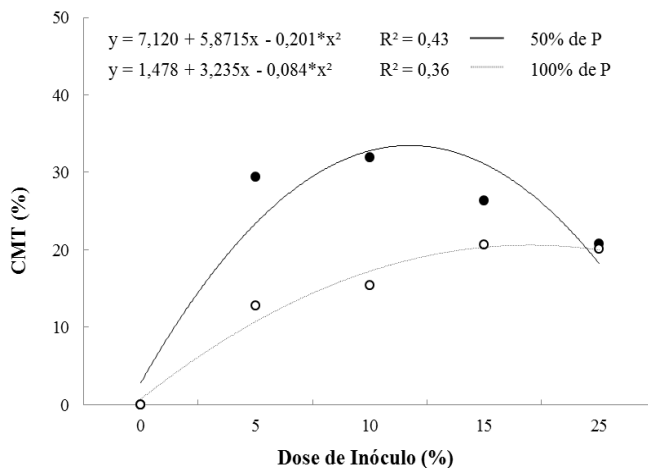
FMA	DOSE DE P	
	50 (%)	100 (%)
	Colonização micorrízica total (%)	
<i>R. clarus</i>	39,71 aA	25,07 aB
<i>C. etunicatus</i>	25,32 bA	16,33 bB

As médias seguidas pela mesma letra por variável, (Coluna – minúscula, Linha – maiúscula), não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. 50 - 100% da dose de P recomendada (150 kg ha<sup>-1</sup> e 300 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Fonte: Produção do próprio autor.

Na interação dose de inoculante e dose de P adicionados ao solo, a variável CMT apresentou resposta quadrática (Figura 3). A redução em CMT nos níveis de inoculação em função da dose de 100% de P adicionada ao solo, pode ser associada a redução de CMT na Tabela 3, e ambas comparadas com a Figura 1, onde as mudas inoculadas apresentaram resposta positiva na variável Teor de P da parte aérea independente da dose de P adicionada ao solo.



Figura 3 - Colonização micorrízica total nas mudas de cebola (*Allium cepa* L.) cultivar Bola Precoce, cultivadas por 60 dias em casa de vegetação com cinco níveis de inoculação e dois níveis de P. Média de 12 repetições.



Fonte: Produção do próprio autor

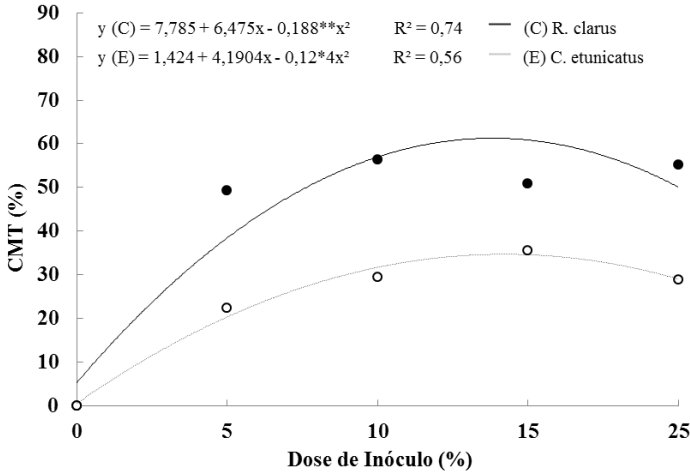
Assim observamos que mesmo que haja redução em CMT na dose de 100% de P, os inoculantes *Rhizophagus clarus* e *Claroideoglomus etunicatus* possuem capacidade de fornecer fósforo à planta.

A observação citada acima colabora com a colocação de Peng et al. (1993), que retrata que mesmo em situações que a planta tenha disponibilidade de nutriente, ela não se torna imune à colonização, e mesmo em baixa colonização o fungo pode ser capaz de representar dreno significativo.

O potencial de inóculo micorrízico dos inoculantes a base de FMAs avaliado no período de desenvolvimento inicial das mudas de cebola (*Allium cepa* L.), 28 dias, demonstrou maior capacidade infectiva do inoculante a base de *Rhizophagus clarus* em relação a *Claroideoglomus etunicatus*. A resposta quadrática de PIM demonstra uma relação máxima de colonização entre os inoculantes e as mudas de cebola (*Allium cepa* L.), onde os inoculantes expressaram a capacidade

em infectar a estrutura do vegetal, e as mudas de cebola (*Allium cepa* L.) expressaram um ponto limite no processo de infecção (Figura 4).

Figura 4 - Potencial de inóculo micorrízico em mudas de cebola (*Allium cepa* L.) cultivar Bola Precoce, cultivadas por 28 dias em casa de vegetação com inoculantes a base de *Rhizophagus clarus* e *Claroideoglo mus etunicatus* em cinco níveis de inoculação. Média de 4 repetições.



Fonte: Produção do próprio autor

A capacidade infectiva dos inoculante nas mudas de cebola (*Allium cepa* L.) verificado no PIM, pode ser comparada a Figura 2 que demonstrou a interação entre os inoculantes e a dose de inoculante nas mudas cultivadas por 60 dias. Dessa forma podemos considerar que os inoculantes *Rhizophagus clarus* e *Claroideoglo mus etunicatus* atingem alta taxa de capacidade infectiva em PIM e 60 dias. Percentuais de colonização micorrízica foram observados por Albrechtova et al. (2012) em mudas de cebola (*Allium cepa* L.) com inoculação de *Glomus intraradices*.

Afek et al. (1990) ressalta a importância e a eficácia do potencial de colonização do inóculo de FMA visando a produção de inoculante, e assim comparativos entre a eficiência dos isolados de FMAs, direcionando à qualidade e a quantidade de inóculo produzida. O grupo descreveu o período de 3 dias para que haja a colonização quando

inoculado o isolado *Glomus deserticola* e 12 dias para haja a colonização de *Glomus intraradices* e *G. mosseae* nas mudas de cebola ‘Burpe Yellow Glove’.

Buée et al., (2000) discutem o comportamento inicial de colonização dos FMAs, a partir do momento que haja possibilidade das plantas hospedeiras liberarem metabólitos que desencadeiam o crescimento e desenvolvimento dos fungos, através do fator de ramificação, descrevendo como a capacidade de agirem ativamente sobre a ramificação das hifas. Sbrana, Fortuna e Giovanetti (2010) propõem uma elucidação ao processo ainda coberto com muitas perguntas, indicando a ocorrência de comunicação entre os simbioses na fase pré-simbiótica com o crescimento de hifas em direção às raízes hospedeiras, capazes de reorientar seu crescimento para as raízes no momento que perceberem sinais quimiotrópicos.

## 5.2 Ensaio 2. *Resposta de mudas de cebola a aplicação de inoculante a base de FMAs em canteiros a campo.*

As variáveis altura da parte aérea (APA), massa seca da parte aérea (MSPA) apresentaram efeito simples a dose de P adicionadas ao solo (Tabela 4).

Tabela 4 - Análise da variância para as variáveis altura da parte aérea (APA), massa seca da parte aérea (MSPA), teor de fósforo (Teor de P) e colonização micorrízica total (CMT) em mudas de cebola (*Allium cepa* L.) cultivar Bola Precoce cultivadas em canteiros por 60 dias.

FATOR DE VARIACÃO	VARIÁVEIS			
	APA (cm)	MSPA (g)	TEOR de P (mg kg)	CMT (%)
INOCULANTE	ns	ns	ns	ns
DOSES DE P	**	*	ns	ns
INOC X DOSES P	ns	ns	ns	ns
CV %	13,94	28,00	21,07	35,93

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ); \* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $0,01 p \leq 0,05$ ); ns não significativo ( $p \geq 0,05$ ) pelo teste F. Fonte: Produção do próprio autor.

Tabela 5 - Altura da parte aérea (APA) e massa seca da parte aérea (MSPA) nas mudas de cebola (*Allium cepa* L.) cultivar Bola Precoce, cultivadas por 60 dias em canteiros com três níveis de adubação fosfatada. Média de 16 repetições.

VARIÁVEL	Dose de P (%)		
	0	50	100
APA (cm)	25,71 b	28,19 b	30,97 a
MSPA (g)	3,98 b	4,71 a	5,35 a

As médias seguidas pela mesma letra por variável, linha – minúscula, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

50% e 100% da dose de P recomendada ( $150 \text{ kg ha}^{-1}$  e  $300 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ).

Fonte: Produção do próprio autor.

Na variável altura da parte aérea a dose de P recomendada para a produção de mudas em canteiros de  $300 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  apresentou diferença aos demais níveis de adubação fosfatada (Tabela 5).

O efeito modulador de fósforo sobre as mudas de cebola (*Allium cepa* L.) colabora aos resultados observado por Junges (2012)

em experimento ligado à Rede Glomeronet na mesma condição de solo, Cambissolo Háplico Distrófico, característico da região produtora de cebola (*Allium cepa* L.) em Santa Catarina, apresenta baixo teor de P e necessidade à adubação fosfatada Kurtz (2012). Junges (2012) observa na dose de 50% de P efeito da aplicação do inoculante *Rhizophagus clarus* ao tratamento não inoculado, entretanto a altura das mudas atingem valores inferiores as médias deste trabalho. O mesmo resultado comparativo foi observado na altura das mudas de cebola (*Allium cepa* L.) na dose de 100% de P, ou seja as médias de APA do trabalho são superiores as encontradas por Junges (2012). O resultado pode ser relacionado ao período inicial de desenvolvimento das mudas, Junges (2012) cita condições climáticas desfavoráveis através da ocorrência de fortes chuvas.

Massa seca da parte aérea apresentou efeito simples de doses de P adicionadas ao solo, similar ao efeito em APA, no entanto as doses de 50% de P ( $150 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e 100% de P ( $300 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) apresentaram diferença ao tratamento sem aplicação de fósforo (Tabela 5).

No mesmo sentido da variável APA, as médias de MSPA são comparadas as de Junges (2012) em função da ligação a Rede Glomeronet. Em ambos os trabalhos a dose de 100% de P apresenta maior produção de massa, no entanto novamente neste trabalho as médias são superiores as de Junges (2012), que apresentou na dose de 100% de P média inferior as de 50% P apresentadas neste trabalho.

Os resultados das variáveis APA e MSPA ao efeito das doses de P adicionadas ao solo confirmam o processo que o macronutriente o P é o um dos fatores relevantes na produtividade agrícola, principalmente nos trópicos, devido à sua baixa disponibilidade nos solos (SOUZA et al., 2004). Gatiboni (2003) descreve o comportamento do nutriente P quando adicionado ao solo como consequência da sua habilidade em formar compostos de alta energia de ligação com os colóides, conferindo alta estabilidade na fase sólida. O autor alerta a necessidade de maximização da eficiência dos fertilizantes fosfatados, com adições mínimas e redução as perdas, em razão da ação antrópica em extrair o nutriente P de fontes finitas.

Nesse sentido, em função da baixa eficiência do nutriente P quando adicionado ao solo e a alta demanda por produtividade, tem se visto a utilização continua de fertilizantes fosfatados como alternativa para maximizar o crescimento das plantas, não relacionando o histórico da área. Tabi et al., (1990) caracterizaram entre os fatores responsáveis

pela deterioração da qualidade do solo, o excesso de fertilização constituía uma das formas de degradação.

Ao relacionarmos a questão que as espécies de FMAs podem influenciar a absorção de nutrientes mesmo em altas doses de P, questionámos: o isolado aplicado terá a capacidade de expressar sua eficiência simbiótica correlacionado com as espécies nativas?

Kiers et al. (2011) demonstram através da metodologia *in vitro* características do processo de simbiose, abordando a questão da manutenção e transferência bidirecional justa dos recursos, o mutualismo evolutivamente estável onde os parceiros que oferecerem melhores taxas de troca são recompensados. Avaliando os isolados *Glomus intraradices*, *G. aggregatum* e *G. custódio*, o grupo demonstrou a interação de plantas hospedeiras a múltiplos parceiros, como também rejeitaram a hipótese de uma espécie de FMA menos cooperante pode usufruir de benefícios, ocorrendo assim, um processo de discriminação por parte do hospedeiro promovendo alocação de carbono as hifas fúngicas com maior acesso ao recurso de P, como também por parte dos FMAs, gerando assim uma cooperação firme, onde ambos os parceiros são recompensados.

A Tabela 6 demonstra as médias das variáveis nas mudas de cebola (*Allium cepa* L.) cultivadas por 60 dias em canteiros que não houveram interação com inoculante e dose de P.

Tabela 6 - Altura da parte aérea (APA), massa seca da parte aérea (MSPA), teor de fósforo na parte aérea (Teor de P) e colonização micorrízica total (CMT) nas mudas de cebola (*Allium cepa* L.) cultivar Bola Precoce, cultivadas por 60 dias em canteiros a campo com inoculantes a base de *Rhizophagus clarus*, *Claroideoglomus etunicatus* e *Dentiscutata heterogama* e três níveis de P. Média de 4 repetições.

FMA	DOSE DE P (%)					
	0	50	100	0	50	100
	MSPA			CMT		
	----- g -----			----- g -----		
Não inoculado	3,88 <sup>ns*</sup>	4,58 <sup>ns</sup>	5,97 <sup>ns</sup>	15,52 <sup>ns</sup>	22,99 <sup>ns</sup>	17,38 <sup>ns</sup>
<i>R. clarus</i>	4,12 <sup>ns</sup>	4,82	5,01	16,35 <sup>ns</sup>	27,39	16,09
<i>C. etunicatus</i>	3,95 <sup>ns</sup>	5,39	5,11	22,30 <sup>ns</sup>	26,42	22,93
<i>D. heterogama</i>	3,95 <sup>ns</sup>	4,09	5,33	19,56 <sup>ns</sup>	19,73	22,27
	Teor de P			ALTURA		
	----- mg kg <sup>-1</sup> -----			----- cm -----		
Não inoculado	0,56 <sup>ns</sup>	0,68 <sup>ns</sup>	0,70 <sup>ns</sup>	25,52 <sup>ns</sup>	28,45 <sup>ns</sup>	31,47 <sup>ns</sup>
<i>R. clarus</i>	0,70 <sup>ns</sup>	0,69	0,66	25,65 <sup>ns</sup>	27,54	29,92
<i>C. etunicatus</i>	0,60 <sup>ns</sup>	0,59	0,63	25,42 <sup>ns</sup>	29,34	30,87
<i>D. heterogama</i>	0,75 <sup>ns</sup>	0,67	0,77	26,25 <sup>ns</sup>	27,42	31,61

\*Diferenças não significativas pelo teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. Fonte: Produção do próprio autor.

Mathimaran et al. (2007) direcionam os estudos ao agrossistema tropical colocando um importante questionamento: uma comunidade de FMA mais diversificada implicaria em uma melhor função em termos de contribuição para aquisição de nutrientes pelas culturas? Por seguinte, ressaltam a importância em caracterizarmos a funcionalidade particular de cada espécie de FMA, devido às diferentes quantidades e qualidades de carbono, insumos orgânicos, exsudatos, temperatura e umidade do solo.

O potencial de inóculo micorrízico (PIM) das parcelas apresentou interação entre inoculante e a dose de P adicionada ao solo (Tabela 7).

Tabela 7 - Análise da variância do potencial de inóculo micorrízico das parcelas da área experimental das mudas de cebola (*Allium cepa* L.), cultivar Bola Precoce.

FATOR DE INTERAÇÃO	VARIÁVEL
	Colonização Micorrízica Total (%)
INOCULANTE	**
DOSE DE P	*
INOCULANTE X DOSE DE P	**
CV%	93,23

<sup>†</sup> - \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0.01$ ); \* significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo do teste Scott-Knott ( $0.01 = < p < 0.05$ ); ns não significativo ( $p \geq 0.05$ ) pelo teste F. Fonte: Produção do próprio autor.

O PIM das parcelas, demonstrou o inoculante *Rhizophagus clarus* com alta capacidade infectiva após 60 dias da aplicação no solo, diferenciando dos demais tratamentos sem aplicação de inoculante. No entanto, o PIM do tratamento não inoculado, controle positivo através das espécies nativas, demonstrou diferença aos inoculantes *Claroidoglomus etunicatus* e *Dentiscutata heterogama*, os quais demonstraram baixa capacidade infectiva. (Tabela 8).

O alto PIM das espécies nativas de FMAs tem sido tratado por outros autores como uma possibilidade de domínio em função da pressão imposta pelas práticas agrícolas, levando a predominância de espécies nativas de rápida colonização (OEHL; SIEVERDING, 2004),



espécies capazes de tolerar interrupção repetida de hifas externas por períodos sem plantas hospedeiras, ou mesmo espécies que possuam capacidade de manutenção a aplicação de fertilizantes e fungicidas (GOSLING et al., 2006), embora não tenha sido aplicado no período de cultivo das mudas.

O alto potencial infectivo da área pode ainda ser associado ao resultado das espécies identificadas através do cultivo do solo da área experimental em sistema de vasos de cultura armadilha, onde houve ocorrência das espécies *Cetraspora pelúcida* (família *Gigasporaceae*) e a espécie *Funneliformis mosseae*. Espécies da família *Gigasporaceae* foram relatada por Galván et al. (2009) no mesmo sistema de cultivo com mudas de cebola (*Allium cepa* L.).

Tabela 8 - Potencial de inóculo micorrízico das parcelas da área experimental após 60 dias de cultivo das mudas de cebola (*Allium cepa* L.). Média de 12 repetições.

FMA	Dose de P (%)		
	0	50	100
	CMT		
Não inoculado	19,75 aA	9,50 aB	8,66 aB
<i>R. clarus</i>	25,24 aA	7,47 aB	2,88 aB
<i>C. etunicatus</i>	0,0 bA	7,77 aA	1,01 aA
<i>D. heterogama</i>	2,49 bA	5,16 aA	4,32 aA

<sup>1</sup> - As médias seguidas pela mesma letra por variável, (Coluna – minúscula, Linha – maiúscula), não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. Fonte: Produção do próprio autor.

## 6 CONCLUSÃO

Em condição controlada, a inoculação de mudas de cebola (*Allium cepa* L.) com os inoculantes *Rhizophagus clarus* e *Claroideoglonus etunicatus* na dose 10% e 15%, respectivamente, podem favorecer o crescimento, a produção de fitomassa e a absorção da nutrição fosfatada.

A campo, a aplicação do inoculante a base de *Rhizophagus clarus* demonstra maior capacidade de competir com as espécies nativas e colonizar as mudas de cebola (*Allium cepa* L.).

Manejar as espécies nativas, ou estimulando-as, ou consorciadas com a aplicação de inoculantes a base de FMAs, pode representar uma alternativa promissora na produção de mudas de cebola (*Allium cepa* L.) de qualidade, trazendo assim maior segurança ao produtor.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFEK, U.E. et al. Mycorrhizal inoculum influence colonization of cotton, onion and pepper seedlings. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, v.115, n.1, p.938-942, 1990.

ALBRECHTOVA, J. et al. Dual inoculation with mycorrhizal and saprotrophic fungi applicable in sustainable cultivation improves the yield and nutritive value of onion. *The Scientific World Journal*, p. 1-8, 2012.

ANTUNES, P.M. et al. Influence of commercial inoculation with *Glomus intraradices* on the structure and functioning of an AM fungal community from an agricultural site. *Plant Soil*, 2008.

AQUINO, S.S.; CASSIOLATO, A.M.R. Contribuição de fungos micorrízicos arbusculares autóctones no crescimento de *Guazuma ulmifolia* em solo de cerrado degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.12, p.1819-1823, 2002.

ARAÚJO, A.P. Eficiência vegetal de absorção e utilização do fósforo, com especial referência ao feijoeiro. In: NOVAIS, R.; ALVARES, V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R. **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: SBCS. 2000, p.163-212.

AZCÓN-AGUILAR, C.; BAREA, J. M. Applying mycorrhiza biotechnology to horticulture: significance and potentials. **Scientia Horticulturae**, v. 68, p. 1-24, 1997.

BERBARA, R.L.; SOUZA, F.A.; FONSECA, H. M.A.C. Fungos micorrízicos arbusculares: Muito além da nutrição. In: S., Fernandes M. S. (Comp.). **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa, Brasil: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 53-85, 2006.

BOEING, G. **Fatores que afetam a qualidade da cebola na agricultura familiar catarinense**. Florianópolis: Instituto CEPA/SC, p.88, 2002.

BOEING, G. **Aspectos Socioeconômicos da Cultura da Cebola:** Agroindicadores. Florianópolis: Instituto de Planejamento e Economia Agrícola de Santa Catarina, 2001.

BOLANDNAZAR, S.A. et al. Effects of Mycorrhizal Colonization on Growth Parameters of Onion under Different Irrigation and Soil Conditions. **Pakistan Journal Of Biological Sciences**, Iran, v.9, n.10, p.1491-1495, 2007.

BONFANTE-FASOLO, P. Anatomy and morphology of VA mycorrhizae. In: POWELL, C. L.; BAGYARAJ, D. J. (Ed.) **VA Mycorrhiza**, Boca Raton, 1984. Cap.2, p.5-33.

BORGES, L.C.; FERREIRA, D.F. Poder e taxas de erro tipo I dos testes Scott-Knott, Tukey e Sudent-Newmankeuls sob distribuições normal e não normais dos resíduos. **Revista Matemática Estatística**, São Paulo, n.211, p.67-83, 2003.

BRASIL. **Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior**. Oficina sobre fertilizantes no Brasil. Brasília, 2009. Contrato Ministério de Ciência e Tecnologia e Centro de Estudos Estratégicos MCT/FSAGCGEE/ Consultoria N° 056/2009.

BRUNDRETT, M.C. Mycorrhizas in natural ecosystems. **Advances in Ecological Research**, v.21, p.171-213, 1991.

BUÉE, M. et al. The Pre-Symbiotic Growth of Arbuscular Mycorrhizal Fungi Is Induced by a Branching Factor Partially Purified from Plant Root Exudates. **The American Phytopathological Society**, EUA, v.13, n.6, p.693-698, 2000.

CAMPANHOLA, C.; LUIZ, A. J. B.; RODRIGUES, G. S. Agricultura e impacto ambiental. In: Simpósio sobre os Cerrados do Meio-Norte, v.1, 1997, Teresina. Anais... Teresina: EMBRAPA, CPAMN. P.159 – 169, 1997.

CARDEIRA, M.V.W.; SELLE, G.L.; HOPPE, J.M. **Fungos Micorrízicos**. Santa Maria: Ufsm - Cepef, 1999. 23 p. (Série Técnica, 13). Centro de Pesquisas Florestais.

- CHARRON, G. et al. Response of onion plants to arbuscular mycorrhizae, 1. Effects of inoculation method and phosphorus fertilization on biomass and bulb firmness. **Mycorrhiza**, v.11, n.4, p.187-197, 2001.
- DERESSA, T.G; SCHENK, M.K. Contribution of roots and hyphae to phosphorus uptake of mycorrhizal onion (*Allium cepa* L.) – A mechanistic modelling approach. **Journal Plant Nutr. Soil Sci.** v.171, n.5, p.810-820, 2008.
- DOUDS, D.D.; SCHENCK, N.C. Increased sporulation of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi by manipulation of nutrient regimens. **Applied and Environmental Microbiology**, v.56, p.413-418, 1990.
- DOUDS, D.D., ADHOLEYA, A., GADKAR, V. Mass production of VAM fungus biofertilizer. In.: MUKERJI, K.G.; CHAMOLA, B.P.; SINGH, J. (eds.), **Mycorrhizal Biology**. Kluwer Academic Press, New York, p. 197-215, 2000.
- DUFF, S.M.G; SARATH G.; PLAXTON, W.C. The role of acid phosphatases in plant phosphorus metabolism. **Physiol Plantarum**, Oxford, v. 90, p. 791-800, 1994.
- EHTESHAMI, S.M. Phosphorus acquisition by two wheat cultivars supplied with rock phosphate and inoculated with *Glomus intraradices* in an alkaline soil. **Technical Journal of Engineering and Applied Sciences**, n.1, v.1, p.20-25, 2011.
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Serviço de Produção e Informação. Brasília: (SPI/EMBRAPA), 1999.
- EPAGRI. **Cebola catarinense no topo**: Pesquisa, tecnologia de ponta, assistência técnica, extensão rural e o esforço do homem do campo colocam Santa Catarina na liderança da produção brasileira da hortaliça. Para levar o produto ainda mais longe, a Epagri lança a variedade SCS366 Poranga. 3. ed. Florianópolis: Epagri, 8 p, 2012.
- FAO. **Agricultural production**, primary crops. 2009. Disponível em: <http://www.fao.org>. Acessado em 28 de abril de 2013.

FUSCONI, A. et al. Effects of arbuscular mycorrhizal colonization and phosphorus application on nuclear ploidy in *Allium porrum* plants. **Mycorrhiza**, v.15, n.5, p.313-321, 2005.

GALVÁN, G.A. et al. Molecular diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in onion roots from organic and conventional farming systems in the Netherlands. **Mycorrhiza**, v.19, n. 5, 2009.

GALVÁN, G. A.; KUYPER, T. W.; K., BURGER. Genetic analysis of the interaction between *Allium* species and arbuscular mycorrhizal fungi. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 122, n. 5, p. 947–960, 2011.

GATIBONI, L.C. **Disponibilidade de formas de fósforo do solo às plantas**. 2003. 247 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Agronomia, Área de concentração em Biodinâmica Dos Solos, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil, 2003. Cap. 4.

GEIL, R.D.; GUINEL, F.C. Effects of elevated substrate-ethylene on colonization of leek (*Allium porrum*) by the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus aggregatum*. **Can. J. Bot.**, v.80, p.114-119, 2002.

GERDEMANN, J.W.; NICOLSON, T.H. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transactions of the British Mycological Society**, v.46, p.235-244, 1963.

GOSLING, P. et al. Arbuscular mycorrhizal fungi and organic farming. **Agric Ecosyst Environ**, v.113, p.17–35, 2006.

GOUSSOUS, S.J.; MOHAMMAD, M.J. Effect of two arbuscular mycorrhizae and N and P fertilizers on growth and nutrient uptake of onions. **Int. J. Agric. Biol.**, v.11, p. 463-467, 2009.

GUIMARÃES D.R.; TORRES L; DITTRICH R.C. Viabilidade técnica da semeadura direta para a cultura da cebola. **Agropecuária Catarinense**, v.10, p. 57-61, 1997.

GUIMIL, S. et al. Comparative transcriptomics of rice reveals an ancient pattern of response to microbial colonization P. **Nat Acad Sci USA**, Washington, v. 102, n. 22, p. 8066-8070, 2005.

HAYMAN, D; MOSSE, B. Plant growth responses to vesicular arbuscular mycorrhiza. I. Growth on Endogone inoculated in phosphate deficient soils. **New Phytologist**, Oxford, v.70, p.19-27, 1971.

HORST, W.J. et al. Agronomic measures for increasing P availability to crops. **Plant Sol**, Dordrecht, v. 237, p. 211-233, 2001.

JUNGES, A.N. **Uso de fungos micorrízicos arbusculares na produção de mudas de cebola (*Allium cepa* L.)**. 2012. 54 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Manejo Do Solo, Departamento de Centro De Ciências Agroveterinárias - CAV, Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC, Lages, 2012. Cap. 2.

KIERS, E.T. et al. Reciprocal rewards stabilize cooperation in the mycorrhizal symbiosis. **Science**, v. 333, n.6044, p. 880-882, 2011.

KLAUBERG FILHO, O. **Eficiência de Endomicorrizas para *Vitis* sp em amostras de um Solo com Diferentes Doses de Fósforo**. 1992. 60 f. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal De Viçosa, Viçosa, 1992.

KOSKE, R.E.; GEMMA, J.N. A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas. **Mycological Research**, v.92, n.4, p.486-488, 1989.

KURTZ, C. Adubação de fósforo na base é essencial para a cebolicultura. **Revista Campo e Negócios**, n. 19, 3p, 2012.

KURTZ, C. **Transplântio de mudas e plantio direto da cebola**. [mensagem pessoal] Mensagem recebida por: <Eduardo Henrique Felisberto>. em: 05 abr. 2013.

MAGALHÃES, J. R. Nutrição e adubação da cebola. In: FERREIRA, M. E.; CASTELLANE, P. D.; CRUZ, M. P. (Ed.). **Nutrição e adubação de hortaliças**. Piracicaba: Potafos, p.381-393, 1993.

MARSCHNER, H.; DELL, B. Nutrient-uptake in mycorrhizal symbiosis. **Plant Soil**, v.159, p.89-102, 1995.

MATHIMARAN, N. et al. Impact of agricultural management on arbuscular mycorrhizal fungal communities in Kenyan ferralsol. **Agriculture Ecosystems e Environmente**, v.119, n.1-2, p.22-32, 2007.

McGONIGLE, T.P. et al. A new method which gives an objective measure of colonization of roots by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **New Phytologist**, v.115, n.3, p.495-501, 1990.

MENDES, I. de C.; REIS JUNIOR, F. B. **Microrganismos e disponibilidade de Fósforo (P) nos Solos: uma análise crítica**. n.85, Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2003. 24 p.

MENDONÇA, J.L. et al. **Sistema de Produção de Cebola (*Allium cepa* L)**: Plantio. Sistemas de Produção, 5, Brasília: Embrapa Hortaliças, 2004.

MURPHY, J. RILEY, J. P. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. **Analytica Chemical Acta**, Oxford, v.27, p.31-36, 1962.

NAHAS, E. Factors affecting the solubilization of insoluble phosphates. In: **International meeting on microbial Phosphate solubilization**, Salamanca, n.1, p.20-22, 2002.

NEUMANN, G.; MARTINOIA, E. Cluster roots – an underground adaptation for survival in extreme environments. **Trends Plant Sci**, London, v. 7, p. 162-167, 2002.

OEHL, F; SIEVERDING, E. *Pacispora*, a new vesicular-arbuscular mycorrhizal fungal genus in the *Glomeromycetes*. **Journal of Applied Botany and Food Quality**, v.78, p. 72–82, 2004.

PENG, S. et al. Growth depression in mycorrhizal citrus at high-phosphorus supply. Analysis of carbon costs. **Plant. Physiol.** v.101, p.1063-1071, 1993.



PLENCHETTE, C.A.; FORTIN, A.; FORLAN, N. Growth response of several plant species to mycorrhiza in a soil of moderate P-fertility. I. Mycorrhizae under field conditions. **Plant Soil**. v.70, p199-203, 1983.

RESENDE, M.D.V. de. **Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético**: Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP). 1º Colombo - PR: Embrapa - Florestas, 2007. 362p.

SAS INSTITUTE. **Getting started with the SAS learning edition**. Cary: SAS Institute, 2002. 200p.

SBRANA, C.; FORTUNA, P.; GIOVANETTI, M. A ligação à rede: conexões subterrâneas entre germíngs e micélio extraradical de fungos micorrízicos arbusculares. **Mycologia**, v.103, n.2, p.307-316, 2010.

SCHENCK, N.C.; PEREZ, Y. **Manual fro indentification of VA mycorrhizal fungi**. Gainesville. Synergistic Publications. 1990.

SEOUD, I.I.A.E; YOUSRY, M.M. Response of Onion and Leek Plants during the Early Growth Stage to Mycorrhizal. **Australian Journal Of Basic And Applied Sciences**. Australian, v.6, n.7, p.594-602, 2012.

SHAMSHIRI, M.H.; USHA, K.; SINGH, B. Growth and Nutrient Uptake Responses of Kinnow to Vesicular Arbuscular Mycorrhizae. **ISRN Agronomy**, v.1, p.1-7, 2012.

SIQUEIRA, J.O. Fisiologia e bioquímica de micorrizas vesículo-arbusculares: alguns aspectos da relação fungo-planta e absorção de fósforo. In: Reunião Brasileira de Micorrizas, 4, Mendes. **Anais**.

SIQUEIRA, J.O. Micorrizas Arbusculares. In: ARAUJO, R.S.; HUNGRIA, M. **Microrganismos de importância agrícola**. Brasília - DF: Embrapa – Spi, p.151-194, 1994.

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

SOUZA, R.J. de; RESENDE, G.M. **Cultura da cebola**. Lavras: UFLA, 2002. 112 p.

SOUZA, F.A. De; DECLERCK, S. Mycelium development and architecture, and spore production of *Scutellospora reticulata* in monoxenic culture with Ri T-DNA transformed carrot roots. **Mycologia**, v.95, p.1004-1012, 2003.

SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E.; REIN, T.A. Adubação com fósforo. In: Sousa, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: Correção do solo e adubação**. 2 ed. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, p. 147-168, 2004.

SOUZA, V. C. De et al. Estudos sobre fungos micorrízicos. **Revista Brasileira de Engenharia agrícola e ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 3, p.612-618, 2006.

STEPHANIE, J.W.; T.R. CAVAGNARO. Arbuscular mycorrhizas modify tomato responses to soil zinc and phosphorus addition. **Biol. Fertil. Soils**, v.47, p. 621-631, 2011.

STÜRMER, S.L.; MORTON, J. B. Taxonomic reinterpretation of morphological characters in Acaulosporaceae (Glomales) based on developmental patterns in two Acaulospora and one Entrophospora species. **Mycologia**, Estados Unidos, v. 91, n.5, p. 849-857, 1999.

STÜRMER, S.L. Efeito de diferentes isolados fúngicos da mesma comunidade micorrízica no crescimento e absorção de fósforo em soja e trevo vermelho. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 28, n. 4, p.611-622, 2004.

SYLVIA, D.M.; HUBBELL, D.H. Growth and sporulation of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in aeroponic and membrane systems. **Symbiosis**, v.1, p.259-267, 1986.

TABI, M. et al. Inventaire des Problèmes de Dégradation des Sol Agricoles du Québec. Québec: **Entente Auxillaire Canada-Québec sur le Développement Agro-Alimentaire**, Québec, 1990.

TAWARAYA, K.; HIROSE, R.; WAGATSUMA, T. Inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi can substantially reduce phosphate fertilizer application to *Allium fistulosum* L. and achieve marketable yield under field condition. **Biol. Fertil. Soils**, v.48, p.839-843, 2012.

TAYLOR, J.; LUCY, A.; HARRIER, A. Comparison of development and mineral nutrition of micropropagated *Fragaria*×*ananassa* cv. Elvira (strawberry) when colonised by nine species of arbuscular mycorrhizal fungi. **Applied Soil Ecology**, v.18, p. 205-215, 2001.

TEDESCO, M.J. et al. Análise de solo, plantas e outros materiais. (2 ed.), Porto Alegre: Departamento de solos, n.5, 173p, 1995.

TRINDADE, A.V. **Fungos Micorrízicos arbusculares em mamoreiro**. 177 f. Tese (Doutorado) - Curso de Solos e Nutrição de Plantas, Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1998.

VARADARAJAN, A.S. Phosphate starvation responses are mediated by sugar signaling in Arabidopsis. **Planta**, New York, v. 225, n. 4, p.907-918, 2007.

VILELA, N.J. Árvore do conhecimento, cebola. In: **Agitec – Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Embrapa Hortaliças**, Brasília-DF, 2011.

WANG, F.Y., et al. Inoculations with Arbuscular mycorrhiza fungi increase vegetable yields and decrease phoxim concentrations in carrot and green onion and their soils. **Plos One**, v.6, n.2, p. 49-69, 2011.