

**ADILSON LUZ DA SILVA**

**NUTRIÇÃO E PRODUÇÃO DE CEBOLA INOCULADA COM FUNGOS  
MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM SOLOS COM ALTO TEOR DE FÓSFORO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Ciência do Solo.

Orientador: Dr. Álvaro Luiz Mafra

Co-orientador: Dr. Osmar Klauberg Filho

**LAGES  
2018**

Ficha catalográfica elaborada pelo(a) autor(a), com  
auxílio do programa de geração automática da  
Biblioteca Setorial do CAV/UESC

Silva, Adilson Luz da  
Nutrição e produção de cebola inoculada com fungos  
micorrízicos arbusculares em solos com alto teor de  
fósforo / Adilson Luz da Silva. - Lages , 2018.  
77 p.

Orientador: Álvaro Luiz Mafra  
Co-orientador: Osmar Klauberg Filho  
Tese (Doutorado) - Universidade do Estado de  
Santa Catarina, Centro de Ciências  
Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em  
Ciência do Solo, Lages, 2018.

1. Cultivo de cebola. 2. Teor de fósforo. 3.  
Textura do solo. I. Mafra, Álvaro Luiz. II.  
Klauberg Filho, Osmar. , .III. Universidade do  
Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências  
Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em  
Ciência do Solo. IV. Título.

**ADILSON LUZ DA SILVA**

**NUTRIÇÃO E PRODUÇÃO DE CEBOLA INOCULADA COM FUNGOS  
MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM SOLOS COM ALTO TEOR DE FÓSFORO**

Tese aprovada como requisito parcial para a obtenção do grau de doutor, no curso de pós-graduação em Ciência do Solo da Universidade do Estado de Santa Catarina.

**Banca examinadora**

Orientador/Presidente:

-----  
Prof. Dr. Álvaro Luiz Mafra  
(UDESC/CAV – Lages - SC)

Membro externo:

-----  
Prof. Dra. Gessiane Ceola  
(UNIFACVEST – Lages - SC)

Membro interno:

-----  
Prof. Dr. Júlio Cesar Pires Santos  
(UDESC/CAV – Lages - SC)

Membro externo

-----  
Prof. Dr. Silmar Primieri  
(IFSC – Lages - SC)

Membro interno

-----  
Prof. Dr. Dennis Göss de Souza  
(UDESC/CAV – Lages - SC)

**Lages, 24/05/2018**



## **AGRADECIMENTOS**

Ao Prof. Dr. Álvaro Luiz Mafra pelo companheirismo e orientação neste trabalho.

Aos Profs. Dr. Osmar Klauberg Filho e Dr. Júlio Cesar Pires Santos, pela ajuda e disponibilização dos equipamentos do laboratório de Ecologia do Solo da UDESC.

Ao Pesq. Dr. Murilo Dalla Costa pela disponibilidade do espaço na casa de vegetação na EPAGRI de Lages para a condução do experimento.

Ao Pesq. Dr. Claudinei Kurtz pelo espaço cedido na EPAGRI de Ituporanga e ajuda na implantação dos experimentos.

Ao Prof. Dr. Sidney Luiz Stürmer pela produção e doação dos inóculos de FMA através da coleção Internacional de Cultura de Glomeromycota – CICG da FURB utilizados neste trabalho.

Ao Prof. Dr. Éderson Rodrigues Pereira e ao técnico Matheus Rodrigo Machado pela pronta disponibilidade na ajuda e orientação nos procedimentos de análises químicas na Sala de Equipamentos.

Aos motoristas que conduziram os veículos nos deslocamentos de implantação e coletas dos experimentos.

Aos colegas de trabalho pela cooperação no desenvolvimento das atividades.

Ao Programa de doutorado de Pós-Graduação da UDESC – CAV em Ciência do Solo pela oportunidade da especialização.

Enfim, a todos que colaboraram durante o processo de desenvolvimento do curso.



## RESUMO

Os solos agrícolas no Brasil geralmente apresentam baixa disponibilidade de fósforo (P) necessário para o bom desenvolvimento das culturas, entre elas a cebola. Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) estabelecem associação com a maioria das plantas e facilitam a absorção de nutrientes. O objetivo deste trabalho foi avaliar em casa de vegetação e a campo a contribuição de FMA no estado nutricional e na produtividade de cebola (*Allium cepa*) em quatro solos de diferentes classes texturais (argilosa, franco argilosa siltosa, franca arenosa e franca) com alto nível de P com histórico de longo tempo na produção de cebola no estado de Santa Catarina no sul do Brasil. Os inóculos testados foram: *Claroideoglossum etunicatus* SCT101A, *Acaulospora morrowiae* SCT400B, *Acaulospora colombiana* SCT115A, *Gigaspora albida* SCT200A, *Rhizophagus clarus* SCT720A-1 e uma associação de todos eles. A adição de FMA não elevou a produtividade de cebola em solo de textura média e a presença de *Claroideoglossum etunicatus* SCT101A e *Gigaspora albida* SCT200A produziram efeito negativo quando a cebola foi cultivada em solo de textura argilosa. *Claroideoglossum etunicatus* SCT101A, *Acaulospora morrowiae* SCT400B e *Gigaspora albida* SCT200A mostraram-se eficiente na concentração de P no bulbo de cebola cultivada em solo de textura arenosa. Em solo de textura franca o acúmulo de P em bulbo de cebola foi eficiente pelos FMA: *Claroideoglossum etunicatus* SCT101A, *Acaulospora colombiana* SCT115A, *Gigaspora albida* SCT200A, *Rhizophagus clarus* e o Misto de FMA. *Claroideoglossum etunicatus* SCT101A elevou a produção de massa seca de bulbo em solo de textura arenosa. A produtividade de cebola respondeu positivamente a adição de P e não a FMA nos solos de textura média e argilosa.

**Palavras-chave:** Cultivo de cebola. Teor de fósforo. Textura do solo.





## ABSTRACT

Soils cultivated in Brazil had their phosphorus (P) availability program necessary for good crop growth, including an onion. Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) are created with most plants and facilitate the absorption of nutrients. The objective of this work was to evaluate in greenhouse and an FMA study on nutritional status and onion productivity (*Allium cepa*) in four soils of different texture classes (clayey, silty clay loam, sandy loam and loam) with high P level with a history of production of onion in the state of Santa Catarina in southern Brazil. The inoculums tested were: *Claroideoglobus etunicatus* SCT101A, *Acaulospora morrowiae* SCT400B, *Acaulospora colombiana* SCT115A, *Gigaspora albida* SCT200A, *Rhizophagus clarus* SCT720A-1 and an association of all of them. The addition of FMA did not increase soil texture and the presence of *Claroideoglobus etunicatus* SCT101A and *Gigaspora albida* SCT200 became negative when cultivated in clayey soils. *Claroideoglobus etunicatus* SCT101A, *Acaulospora morrowiae* SCT400B and *Gigaspora albida* SCT200A were found in the conciliation of P in the bulb of onion cultivated in soil of sandy texture. In soil of Franco-acoustic texture of PUM onion bulb by FMA: *Claroideoglobus etunicatus* SCT101A, *Acaulospora colombiana* SCT115A, *Gigaspora albida* SCT200A, *Rhizophagus clarus* and the Mixed FMA. *Claroideoglobus etunicatus* SCT101A increased the production of dry bulb mass in sandy soil. A quality of the onion was positively used as an addition of a fma proposal in soils of medium and clayey texture.

**Key words:** Onion cultivation. Phosphorus content. Soil texture.



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Tratamentos aplicados em casa de vegetação para cultivo de cebola ( <i>Allium cepa</i> ) 2013 e 2015.....	37
Tabela 2 -	Caracterização química e textura dos solos antes da instalação dos experimentos em 2013, 2014 e 2015.....	37
Tabela 3 -	Tratamentos de inóculos de FMA aplicados a campo no cultivo de cebola ( <i>Allium cepa</i> ) Bola Precoce 2014 e 2015.....	38
Tabela 4 -	Comprimento e diâmetro do tecido foliar de cebola ( <i>Allium cepa</i> ) Crioula Alto Vale cultivada em casa de vegetação em 2013, com inóculos de FMA e dose de P igual a 0 e 120 kg ha <sup>-1</sup> em solos de diferentes texturas.....	39
Tabela 5 -	Comprimento e diâmetro de tecido foliar de cebola ( <i>Allium cepa</i> ) Crioula Alto Vale cultivada em casa de vegetação em 2013, com inóculos de FMA e dose de P igual a 0 e 120 kg ha <sup>-1</sup> na interação entre FMA e P em solos de diferentes texturas.....	40
Tabela 6 -	Massa seca e teor de P em massa seca no tecido foliar da folha de cebola ( <i>Allium cepa</i> ) Crioula Alto Vale cultivada em casa de vegetação em 2013, com inóculos de FMA e dose de P igual a 0 e 120 kg ha <sup>-1</sup> em solos de diferentes texturas.....	41
Tabela 7 -	Concentração de Ca, Mg, N e P no tecido foliar da parte aérea em massa seca de cebola ( <i>Allium cepa</i> ) Crioula Alto Vale cultivada em casa de vegetação em 2013, com inóculos de FMA e dose de P igual a 0 e 120 kg ha <sup>-1</sup> na interação entre FMA e P em solos de diferentes texturas.....	42
Tabela 8 -	Concentração de N, Ca e K no tecido foliar da parte aérea em massa seca de cebola ( <i>Allium cepa</i> ) Crioula Alto Vale cultivada em casa de vegetação em 2013, com inóculos de FMA e dose de P igual a 0 e 120 kg ha <sup>-1</sup> em solos de diferentes texturas.....	43
Tabela 9 -	Concentração Mg no tecido foliar da parte aérea em massa seca de cebola ( <i>Allium cepa</i> ) Crioula Alto Vale cultivada em casa de vegetação em 2013, com inóculos de FMA e dose de P igual a 0 e 120 kg ha <sup>-1</sup> em solos de diferentes texturas.....	44
Tabela 10 -	Concentração de P, Ca, Mg, K e N em bulbo de cebola ( <i>Allium cepa</i> ) Crioula Alto Vale cultivada em casa de vegetação em 2013, com inóculos de FMA e dose de P igual a 0 e 120 kg ha <sup>-1</sup> na interação entre FMA e P em solos de diferentes texturas.....	45
Tabela 11 -	Concentração de Mg, Ca, P disponível no solo após cultivo e colonização de raiz de cebola ( <i>Allium cepa</i> ) Crioula Alto Vale cultivada em casa de vegetação em 2013, com inóculos de FMA e dose de P igual a 0 e 120 kg ha <sup>-1</sup> em solos de diferentes texturas.....	46
Tabela 12 -	Concentração de Ca, Mg e P disponível no solo após cultivo de cebola ( <i>Allium cepa</i> ) Crioula Alto Vale cultivada em casa de vegetação em 2013, com inóculos de FMA e dose de P igual a 0 e 120 kg ha <sup>-1</sup> na interação entre FMA e P em solos de diferentes texturas.....	47
Tabela 13 -	Colonização de raiz e Mg disponível no solo após cultivo de cebola ( <i>Allium cepa</i> ) Crioula Alto Vale cultivada em casa de vegetação em 2013, com inóculos de FMA e dose de P igual a 0 e 120 kg ha <sup>-1</sup> na interação entre FMA e P em solos de diferentes texturas.....	48

Tabela 14 -	Concentração Ca, N, Mg e P no tecido foliar da parte aérea da massa seca de cebola ( <i>Allium cepa</i> ) Bola Precoce cultivada a campo em 2014, com inóculos de FMA e dose de P igual a 0 e 120 kg ha <sup>-1</sup> na interação entre FMA e P em solos de diferentes texturas.....	49
Tabela 15 -	Concentração de P, Ca e N no tecido foliar da parte aérea de cebola ( <i>Allium cepa</i> ) cultivada a campo em 2014, com inóculos de FMA e dose de P igual a 0 e 120 kg ha <sup>-1</sup> em solos de diferentes texturas.....	50
Tabela 16 -	Colonização de raiz, concentração de Ca e Mg em massa seca de bulbo de cebola ( <i>Allium cepa</i> ) Bola Precoce cultivada a campo em 2014, com inóculos de FMA e dose de P igual a 0 e 120 kg ha <sup>-1</sup> na interação entre FMA e P em solos de diferentes texturas.....	51
Tabela 17 -	Concentração de Ca, Mg e N na massa seca em bulbo de cebola ( <i>Allium cepa</i> ) Bola Precoce cultivada a campo em 2014, com inóculos de FMA e dose de P igual a 0 e 120 kg ha <sup>-1</sup> em solos de diferentes texturas.....	52
Tabela 18 -	Concentração de P na massa seca em bulbo, produtividade (massa fresca de bulbo total) e colonização de raiz em cebola ( <i>Allium cepa</i> ) Bola Precoce cultivada a campo em 2014, com inóculos de FMA e dose de P igual a 0 e 120 kg ha <sup>-1</sup> em solos de diferentes texturas.....	53
Tabela 19 -	Diâmetro e comprimento de tecido foliar da parte aérea de cebola ( <i>Allium cepa</i> ) Bola Precoce cultivada em casa de vegetação em 2015, com inóculos de FMA e dose de P igual a 0 e 120 kg ha <sup>-1</sup> em solos de diferentes texturas.....	55
Tabela 20 -	Massa seca e Ca no tecido foliar da parte aérea em massa seca de cebola ( <i>Allium cepa</i> ) Bola Precoce cultivada em casa de vegetação em 2015, com inóculos de FMA e dose de P igual a 0 e 120 kg ha <sup>-1</sup> em solos de diferentes texturas.....	56
Tabela 21 -	Concentração de Ca, N e P no tecido foliar da parte aérea em massa seca de cebola ( <i>Allium cepa</i> ) Bola Precoce cultivada em casa de vegetação em 2015, com inóculos de FMA e dose de P igual a 0 e 120 kg ha <sup>-1</sup> na interação entre FMA e P em solos de diferentes texturas .....	57
Tabela 22 -	Concentração de Mg e P no tecido foliar da parte aérea em massa seca de cebola ( <i>Allium cepa</i> ) Bola Precoce cultivada em casa de vegetação em 2015, com inóculos de FMA e dose de P igual a 0 e 120 kg ha <sup>-1</sup> em solos de diferentes texturas.....	59
Tabela 23 -	Concentração em massa seca de Mg no tecido foliar da parte aérea e P em bulbo de cebola ( <i>Allium cepa</i> ) Bola cultivada em casa de vegetação em 2015, com inóculos de FMA e dose de P igual a 0 e 120 kg ha <sup>-1</sup> na interação entre FMA e P em solos de diferentes texturas.....	59
Tabela 24 -	Massa seca e P em massa seca no bulbo de cebola ( <i>Allium cepa</i> ) Bola Precoce cultivada em casa de vegetação em 2015, com inóculos de FMA e dose de P igual a 0 e 120 kg ha <sup>-1</sup> em solos de diferentes texturas.	61
Tabela 25 -	Teor de Mg e Ca disponível no solo após cultivo de cebola ( <i>Allium cepa</i> ) Bola Precoce cultivada em casa de vegetação em 2015, com inóculos de FMA e dose de P igual a 0 e 120 kg ha <sup>-1</sup> em solos de diferentes texturas.....	62
Tabela 26 -	Teor de Mg no solo e colonização em raiz de cebola ( <i>Allium cepa</i> ) Bola Precoce cultivada em casa de vegetação em 2015, com inóculos de FMA e dose de P igual a 0 e 120 kg ha <sup>-1</sup> na interação entre FMA e P em solos de diferentes texturas.....	62
Tabela 27 -	Teor de P disponível no solo e colonização de raiz de cebola ( <i>Allium</i>	

	<i>cepa</i> ) Bola Precoce cultivada em casa de vegetação em 2015, com inóculos de FMA e dose de P igual a 0 e 120 kg ha <sup>-1</sup> em solos de diferentes texturas.....	64
Tabela 28 -	Grandezas físicas e concentração de Ca e N em massa seca de cebola ( <i>Allium cepa</i> ) Bola Precoce cultivada a campo em Cambissolo Húmico de textura franca em 2015, com inóculos de FMA e dose de P igual a 0 e 120 kg ha <sup>-1</sup> .....	65
Tabela 29 -	Concentração de N e P em massa seca do tecido foliar da parte aérea, produtividade de bulbos totais, colonização de raiz e teor de P no solo em cultivo de cebola ( <i>Allium cepa</i> ) Bola Precoce cultivada a campo em Cambissolo Húmico de textura franca em 2015, com inóculos de FMA e dose de P igual a 0 e 120 kg ha <sup>-1</sup> .....	66
Tabela 30 -	Concentração de Ca, Mg no tecido foliar da parte aérea, P e Mg no bulbo determinados em massa seca de cebola ( <i>Allium cepa</i> ) Bola Precoce cultivada a campo em Cambissolo Húmico de textura franca em 2015, com inóculos de FMA e dose de P igual a 0 e 120 kg ha <sup>-1</sup> na interação entre FMA e P.....	67



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>17</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>19</b>
2.1	CENÁRIO DA CEBOLA NO BRASIL.....	19
2.2	FÓSFORO NO SOLO E SUA DISPONIBILIDADE PARA AS CULTURAS.....	19
2.3	SISTEMA RADICULAR NO SOLO.....	21
2.4	FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES (FMA).....	22
2.5	MICORRIZAS E NUTRIÇÃO DAS CULTURAS.....	23
2.6	PRODUÇÃO DE CEBOLA EM SOLOS COM ALTA DOSE DE P.....	27
<b>3</b>	<b>HIPÓTESES.....</b>	<b>29</b>
<b>4</b>	<b>OBJETIVO GERAL.....</b>	<b>31</b>
4.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	31
<b>5</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>33</b>
<b>6</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>39</b>
6.1	EXPERIMENTO REALIZADO EM CASA DE VEGETAÇÃO EM SOLOS DE DIFERENTES TEXTURAS EM 2013.....	39
<b>6.1.1</b>	<b>Conclusões para experimento em casa de vegetação 2013.....</b>	<b>48</b>
6.2	EXPERIMENTO REALIZADO A CAMPO EM DOIS SOLOS DE DIFERENTES TEXTURAS EM 2014.....	48
<b>6.2.1</b>	<b>Conclusões para experimento a campo em solo de textura média e argilosa – 2014.....</b>	<b>54</b>
6.3	EXPERIMENTO REALIZADO EM CASA DE VEGETAÇÃO EM SOLOS DE DIFERENTES TEXTURAS -2015.....	55
<b>6.3.1</b>	<b>Conclusões para experimento em casa de vegetação em solos franco argiloso siltoso, argiloso e franco arenoso – 2015.....</b>	<b>64</b>
6.4	EXPERIMENTO REALIZADO A CAMPO EM SOLO DE TEXTURA FRANCA – 2015.....	65
<b>6.4.1</b>	<b>Conclusões para experimento a campo em Cambissolo Humico de textura franca em 2015.....</b>	<b>68</b>
6.5	CONCLUSÕES GERAIS.....	68
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>70</b>





## 1 INTRODUÇÃO

A produção de alimentos com o objetivo de alimentar a população humana atual e ao mesmo tempo, manter a qualidade nutricional dos alimentos zelando pela qualidade do solo e recursos naturais, é um grande desafio no caminho da sustentabilidade (CORDELL; WHITE, 2001; SILVA et al., 2017).

A cebola (*Allium cepa*) é uma espécie anual amplamente cultivada e apreciada em todo o mundo e de grande importância no mercado alimentício. A cultura da cebola é, na atualidade, a terceira olerácea em importância econômica para o Brasil, constituindo-se na principal atividade de aproximadamente 60,5 mil famílias (KURTZ et al., 2013).

O estado de Santa Catarina é o maior produtor nacional de cebola, com a produção concentrada principalmente no Alto Vale do Itajaí, sendo esta a principal atividade econômica para mais de 12 mil famílias em pequenas propriedades, com aumento do cultivo no planalto catarinense nos últimos anos (GIEHL et al, 2017; KURTZ et al., 2013).

As culturas agrícolas são altamente dependentes da adubação mineral, dentre elas o fósforo (P). A maior parte dos solos brasileiros são bastante intemperizados e por conta disso apresentam P fortemente adsorvidos às partículas do solo, assim o nutriente se torna pouco disponível à absorção pelas culturas agrícolas, havendo necessidade da entrada de elevadas quantidades de P para viabilizar a processo produtivo, garantindo seu suprimento para a planta (LAMBERS et al., 2008).

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) são organismos biotróficos que estabelecem relações simbióticas com a maioria das plantas terrestres, com colonização da raiz da planta pelas hifas fúngicas. As hifas micorrízicas espalhadas pelo solo contribuem para a nutrição da planta hospedeira, especialmente pelo maior suprimento de P. Assim, a inoculação das raízes de plantas com FMA pode ser uma estratégia positiva na absorção de P para a cultura da cebola (SMITH; READ, 2008; SENA et al., 2004).

Os fungos micorrízicos arbusculares apresentam comportamento diferenciado de acordo com a textura do solo (KOHLENER et al., 2016), por isso testá-los em diferentes situações no cultivo de cebola é uma forma de compreender melhor seu comportamento.



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 CENÁRIO DA CEBOLA NO BRASIL

A cebola (*Allium cepa*) é uma espécie anual amplamente cultivada, sendo a terceira olerácea em importância econômica para o Brasil, constituindo-se na principal atividade de aproximadamente 60,5 mil famílias (KURTZ et al., 2013). O estado de Santa Catarina é o maior produtor nacional de cebola, com mais de 20 hectares plantados, com a safra catarinense 2016/17 tendo produzido mais de 600 mil toneladas, com produtividade média de mais de 30 toneladas por hectare (GIEHL, et al., 2017). Essa produção se concentra principalmente na região do Alto Vale do Itajaí, nas microrregiões de Ituporanga e Tabuleiro, com estimativa de que a cultura seja a principal atividade econômica de mais de 12 mil famílias, com a maioria dos cebolicultores possuindo imóveis com área inferior a 25 hectares, geralmente em relevo acidentado e cultivam em média 2 hectares de cebola (KURTZ et al., 2013).

A cebola é uma planta da mesma família do alho, seu nome científico é *Allium cepa* L.. É uma planta de natureza herbácea, cujo caule é formado por um disco comprimido, subterrâneo, envolvido por folhas escamiformes acumulando reservas nutritivas na sua parte basal denominada de bulbo (MANFRON et al., 1992). A cebola é uma planta que apresenta o sistema radicular fasciculado, onde poucas raízes atingem mais de 15 cm de raio em torno do bulbo, tendo assim implicações quanto ao suprimento de nutrientes (MENDES et al., 2008), inclusive ao P que apresenta baixa solubilidade na solução do solo.

### 2.2 FÓSFORO NO SOLO E SUA DISPONIBILIDADE PARA AS CULTURAS

As recomendações para a adubação da cebola podem variar de acordo com o tipo de solo, os teores de nutrientes e de matéria orgânica, o sistema de cultivo empregado e a estimativa do rendimento, realizada anualmente por ocasião do transplante ou da semeadura direta para correção ou reposição dos nutrientes que são extraídos pela cultura e por eventuais perdas (KURTZ, 2013).

A concentração de P nas plantas varia de 0,5 a 5 g kg<sup>-1</sup> da massa seca. Este elemento atua em diversos processos, incluindo geração de energia, síntese de ácidos nucleicos, fotossíntese, glicólise, respiração, síntese e estabilidade da membrana, ativação e desativação

de enzimas, reações redox, metabolismo de carboidratos e fixação de nitrogênio (VANCE et al., 2003).

A maioria dos nutrientes movem-se no solo por fluxo de massa, no entanto, o P por ser pouco solúvel move-se preferencialmente por difusão com uma velocidade muito baixa (de  $10^{-12}$  a  $10^{-15}$   $\text{m}^2 \text{s}^{-1}$ ). Em função dessa velocidade as altas taxas de absorção de P pela planta criam uma zona de depleção de P ao redor da raiz afetando a disponibilidade P para a planta (RAUSCH; BUCHER, 2002), além do que esse movimento torna-se mais difícil em solos com baixa umidade (ARAÚJO; MACHADO, 2006).

O P é essencial para a agricultura atual e as fontes de fosfato de rocha são finitas com o consenso de que a qualidade e o acesso ao P vem diminuindo com os custos se elevando. Assim, as estimativas otimistas afirmando que as reservas irão durar por mais 300 anos (CORDELL; WHITE, 2011). O suprimento mundial de P para fabricação de fertilizantes constitui um recurso natural não-renovável, exigindo aproveitamento consciente deste nutriente para garantir a sustentabilidade da agricultura nos moldes atuais (ARAÚJO; MACHADO, 2006). Durante a última metade do século o consumo de P aumentou cinco vezes (SARABIA et al., 2017, CHEN et al., 2016) ficando claro a necessidade de encontrar uma alternativa que facilite a absorção de P do solo pela planta, o que permitiria uma adição menor de P por ocasião do cultivo de cada safra.

A deficiência de disponibilidade de fósforo (P) no solo é um dos principais fatores limitantes na produtividade em solos tropicais e subtropicais. (JANEGITZ et al.; 2013), isso causa um grande desafio para a agricultura, pois é necessário fornecer nutrientes em quantidades suficientes ao bom desenvolvimento vegetal, para atender a demanda global de alimentos. A maioria dos solos agricultáveis contem alta concentração de P, mas pouco disponível devido a imobilização e precipitação com outros minerais do solo, tais como ferro (Fe), alumínio (Al) em solos ácidos; e cálcio (Ca) em solos alcalinos, assim pouco P fica disponível para a absorção da planta (RAGHOTHAMA; KARTHIKEYAN, 2005).

A suficiência de P é uma preocupação pelo seu papel essencial no crescimento da planta, haja vista a baixa disponibilidade de P no solo para o vegetal (BATTINI et al., 2017), questão associada à textura do solo um fator determinante na adsorção de P, onde solos com textura mais arenosa adsorvem menos P em relação ao solo de textura mais argilosa ao receberem a mesma dose de adubação fosfatada (ABBOUD et al., 2018). Dessa forma, há clara interferência do teor de argila na adsorção de P no solo e, conseqüentemente, sua disponibilidade para absorção pela planta. Por outro lado, solos que recebem maiores doses de P podem produzir maior quantidade de matéria seca e apresentar maior concentração de P nos

tecidos (FERNANDES et al., 1999), por isso com o propósito de garantia de produtividade, é comum adição de P ao solo em doses acima do necessário.

Além do P inorgânico, proveniente dos minerais do solo ou dos fertilizantes, também há o P orgânico (Po), que é aquele que se encontra associado a cadeias carbônicas fazendo parte da matéria orgânica do solo e, uma parte deste Po está momentaneamente imobilizada na biomassa de microrganismos que pode ser constituída em média por 25 % de bactérias e 75 % de fungos (NOVAIS et al., 2007) que no processo de ciclagem vai sendo disponibilizado às plantas. Em trabalho desenvolvido com cebola em diferentes doses de fosfato de rocha em sistema orgânico por Resende; Costa (2016) em Latossolo Vermelho Amarelo distroférico com disponibilidade de 43 mg kg<sup>-1</sup> (alta) não foi observado diferença significativa na produtividade.

### 2.3 SISTEMA RADICULAR NO SOLO

O desenvolvimento da raiz vegetal depende de vários fatores abióticos, como resistência mecânica do solo (HODGE et al., 2004), espaços porosos (GREGORY, 2007), teor de água no solo, aeração do solo, estrutura e propriedades químicas do solo; e fatores bióticos como genótipo de plantas, microflora e fauna do solo (SHENK; JACKSON, 2002). Para superar as limitações dos recursos do solo ou para se adaptar às desigualdades na distribuição de nutrientes, as plantas desenvolveram uma ampla gama de condições abaixo do solo de forma estratégica para responder a essas condições. Tais estratégias podem ser aumento da biomassa das raízes (MARSCHNER et al., 1996), alta razão entre raiz e parte aérea, alterações morfológicas da raiz, como maior comprimento específico de raiz ou proporções de raízes finas (RYEL et al., 1996; LAMBERS et al., 2008), e liberação de quantidades maiores de exsudatos radiculares para aumentar a mobilização de nutrientes minerais do solo (MASCLAUX-DAUBRESSE et al., 2010).

Algumas espécies de plantas possuem a habilidade de alocar raízes para volumes de solo mais ricos em nutrientes aumentando o comprimento e a ramificação das raízes (LAMONT, 2003), mas a capacidade do sistema radicular em responder a diferentes concentrações de nutrientes no solo varia entre as espécies de plantas (HODGE, 2004) e em baixas concentração de N (5 mg L<sup>-1</sup>) a adição de P ao solo pode promover o crescimento de raiz (BRESSAN, 2001).

O sistema radicular da cebola é pequeno e direcionado preferencialmente na vertical, assim, a capacidade de explorar volume de solo em busca de nutrientes, principalmente na

horizontal é deficitário, pois há relação positiva entre crescimento radicular e acúmulo de nutrientes em cebola (ANDERSEN et al., 2016). Dessa forma o estabelecimento de associações entre raiz de cebola e outros organismos do solo tais como FMA é particularmente importante devido a capacidade de melhorar a absorção de P inorgânico de reservatórios imóveis (WILLMANN et al., 2013), constituindo-se em estratégia vantajosa no desenvolvimento da cultura, pois permite limitar a adição de fertilizantes inorgânicos, o que está em consonância com as estratégias modernas em agricultura sustentável (ROZPADEK et al., 2013).

#### 2.4 FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES (FMA)

Os Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA), Filo *Glomeromycota*, Classe *Glomeromycetes* (glomerocimetas) são organismos biotróficos obrigatórios (necessitam de um hospedeiro para completar seu ciclo de vida), que se associam com raízes de plantas vasculares terrestres, epífitas, aquáticas e também com rizoides e talos de briófitas e outros vegetais basais, formando relação simbiótica mutualística denominada de micorriza arbuscular (MA) e micotalia, para vegetais com e sem raízes, respectivamente (SOUZA et al., 2010).

Estudos apontam a evolução dos FMA a partir de ancestral comum ao Ascomycota e Basidiomycota, com registro de fóssil de simbiose em raízes de *Aglaophyton major* datando de 410 a 360 milhões de anos (REMY et al., 1994). Esses fungos apresentam baixa especificidade para associação com seus hospedeiros, com o controle da associação sob gerenciamento da planta hospedeira.

Em condições naturais, a maioria das plantas buscam no solo associação com os FMA, cujo estabelecimento é denominado micorrização formando uma estrutura simbiótica chamada micorriza. A primeira etapa para o estabelecimento da simbiose e antes de qualquer contato fungo-raiz, os dois parceiros trocam sinais no solo (LAPARRE, et al., 2014), com a exsudação pelas raízes de certos compostos capazes de estimular a ramificação das hifas dos FMA (LAMBALIS; RAMOS, 2010). Quando o contato entre raiz e hifas fúngicas ocorre, estas últimas se diferenciam em apressórios (estruturas que permitem a entrada do FMA no apoplasto do hospedeiro) abrindo caminho na epiderme da raiz. Uma vez no interior da raiz o FMA pode crescer tanto intercelularmente (córtex) quanto intracelularmente, neste último caso conseguindo desenvolver uma estrutura denominada arbúsculo, a qual é circundada por

uma membrana de origem vegetal denominada de membrana periarbuscular. É através do arbusculo que as trocas de nutrientes entre FMA e a planta hospedeira se dão (VARMA, 2008).

O estabelecimento e manutenção da simbiose entre hospedeiro e simbiote é dependente de fatores abióticos e bióticos. Dentro dos fatores abióticos a temperatura tem um papel muito importante, pois está diretamente relacionada a germinação, penetração e desenvolvimento na raiz e a sobrevivência do esporo de FMA no solo em função que esporos de diferentes espécies de FMA apresentam diferentes limitações de sobrevivência e desenvolvimento a diferentes temperaturas no solo. De forma importante a germinação dos esporos e o estabelecimento micorrízico são influenciados pelo pH do solo, forma de fósforo disponível e textura do solo, com efeito variável para cada espécie de fungo envolvida (BORNO, et al., 2018).

Os FMA são componentes importantes nos sistemas agrícolas porque podem aumentar o crescimento das plantas (SMITH & READ, 1997), a tolerância ao estresse hídrico (GUPTA; KUMAR, 2000), e a saúde das plantas ativando sistemas antagônicos contra pragas e patógenos (GANGE; WEST, 1994).

## 2.5 MICORRIZAS E NUTRIÇÃO DAS CULTURAS

O crescimento das plantas pode ser altamente dependente de parceiros simbióticos (BOLDT- BURISCH; NAETH, 2017) e a aplicação de microrganismos promotores de crescimento tem sido uma opção considerada para aumentar a produção de culturas (CHAPARRO et al., 2012), inclusive porque apresentam formas de proteção à planta contra estresses bióticos e abióticos (EVELIN et al., 2009; POZO; ASCÓN-AGUILAR, 2007). Dessa forma a associação de raízes de plantas com a microbiota do solo é uma estratégia compensatória para enfrentar a dificuldade na absorção de P do solo.

Dentre uma das associações de raízes com microrganismos do solo está a micorriza, associação entre raízes de plantas e fungos. Há seis tipos distintos de associações micorrízicas (BERBARA et., 2006), mas as micorrizas arbusculares e as ectomicorrizas são as mais frequentes e as mais importantes. As ectomicorrizas predominam em espécies arbóreas das gimnospermas e angiospermas de clima temperado, sendo bastante comuns em coníferas. A micorriza arbuscular é a simbiose utilizada por mais de 80% das plantas terrestres (BATTINI et al., 2017), esses fungos são biotróficos obrigatórios (necessitam de um hospedeiro para

completar seu ciclo de vida) altamente especializados, classificados como zigomicetos e pertencentes à ordem Glomales.

Através da simbiose as hifas de FMA ampliam a área superficial de solo explorado para a captação de P, além de aumentar a área, as hifas de FMA podem mineralizar e solubilizar P do solo de forma direta pela exsudação (YAO et al., 2001) ou ainda pela forma indireta pela alteração da comunidade microbiana do solo (ZHANG et al., 2016), dessa forma, pode-se diminuir a entrada de P no solo evitando perdas consideráveis para o meio ambiente, cujas consequências contrastam com a sustentabilidade do sistema produtivo atualmente predominante (VAN BRUGEGEN, 1995).

Nas associações micorrízicas de FMA e raízes das plantas hospedeiras, cerca de 20% dos compostos de carbono (C) produzidos pela fotossíntese da planta são utilizados pelo FMA, num processo de troca. Assim, o fungo fornece às plantas parte dos nutrientes absorvidos do solo (RAYAN; GRAHAM, 2002; VARMA, 2008), entre eles o P, não significando que a simples presença de FMA na ausência adubação de P seja suficiente para o ótimo desenvolvimento da planta (BARBIERI et al., 2011). O principal benefício para a planta hospedeira na simbiose micorrizica é o aumento na absorção de nutrientes imóveis no solo, em particular fósforo (JAKOBSEN, 1999).

As hifas do FMA aumentam a o volume de solo explorado apenas pela raiz da planta, dando acesso a sítios de nutrientes que seria impossível o acesso através das raízes em função de seu maior diâmetro (JAKOBSEM, 1999). Para Almeida (2007) a disponibilidade de fósforo no solo não altera a expressão de genes do hospedeiro, mas a interação entre simbionte e hospedeiro é capaz de fazê-la na planta, facilitando a micorrização.

No entanto, a presença de FMA deixa de ser significativo para a absorção de P se a quantidade deste nutriente estiver em grande quantidade ao solo (BARBIERI et al., 2011), como por exemplo por excesso de adição de P ao solo.

No sentido de adotar uma agricultura mais sustentável, alguns requisitos devem ser atendidos, entre eles a escolha da cultura adaptada às propriedades de fertilidade do solo e a entrada reduzida de fertilização; além da manutenção da biodiversidade do solo que é um fator crucial na regência dos processos em agricultura sustentável, inclusive naqueles de baixa entrada de fertilizantes. Assim a aplicação de microrganismos benéficos pode melhorar o desenvolvimento e aumentar a produtividade das culturas (COPLEY, J., 2000) sendo portanto, considerada uma boa alternativa na substituição ou diminuição no uso de fertilizantes químicos (CELY et al., 2016).



A aquisição de nutrientes pelos FMA não é o único benefício fornecido às plantas, pois a associação tem a capacidade de suprimir o desenvolvimento de patógenos (SMITH; READ, 2008), além de proteger a planta do excesso de metais pesados e minimizar o estresse hídrico, melhorando a qualidade física, química e biológica do solo, componentes da chamada fertilidade ampla do solo. Por isso as micorrizas são consideradas como multifuncionais nos agrossistemas (BERBARA et al.; 2006), dando vantagens sobre as plantas não inoculadas, que é uma particular importância nos desafios ambientais (ROSPADEK et al., 2016), mas a função de FMA geralmente diminui em ambientes estáveis com alta disponibilidade de água e nutrientes (LENOIR et al., 2016).

O uso de FMA como inoculante em larga escala não é no atual momento amplamente utilizado, em função de algumas limitações como obtenção de grande quantidade de inóculo, baixo crescimento e poucas espécies de FMA domesticada sob condições “in vitro” e a alta competição com FMA nativos (CELY et al., 2016).

O investimento da planta hospedeira na simbiose em relação ao retorno pela proteção contra patógenos é baixo, possivelmente explicando o motivo da conservação da relação durante a coevolução se espalhando entre as espécies por todo o mundo (POZZO; ASCÓN-AGUILAR, 2007). A manutenção da biodiversidade no solo é um fator importante já que a maioria das plantas são colonizadas por uma combinação de várias espécies de FMA com atividades complementares e/ou de redundância (PARNISKE, 2008; WERNER; KIERS, 2015).

A diversidade biológica de FMA é dependente dos ecossistemas e as maiores riquezas estão em ambientes naturais onde a atividade antropogênica é mínima (OPIK et al., 2006). O número de espécies de FMA parece estar fortemente associado ao número de espécies de plantas hospedeiras (OPIK, et al.; 2009). Assim em ecossistemas agroflorestais é de se supor que a riqueza de FMA seja determinada pelas práticas de culturas cultiváveis no local. Portanto, onde a prática de monocultura ocorre, também ocorre pobreza na diversidade de FMA (LEKEBER et al.; 2013). Dessa forma o uso de técnicas de produção apropriadas, entre elas a rotação de culturas e o uso moderado de fertilizantes, a diversidade de FMA em solos cultiváveis pode ser tão grande quanto em vegetação natural (OEHL et al.; 2003), pois, o sistema de cultivo em conjunto com as variações sazonais promovem de forma crucial alterações quantitativas e qualitativas na comunidade de FMA nativos e na formação de micorrizas arbusculares (MIRANDA et al.; 2005).

Há indícios de que os benefícios são maiores para os vegetais quando as raízes são colonizadas por uma população diversificada de FMA (TIAN et al., 2013), sem deixar de

considerar que o resultado final dependerá da planta hospedeira (SIKES et al., 2009; BRÍGIDO et al., 2017). Por isso tanto o manejo da diversidade de FMA e hospedeiro, quanto da funcionalidade desejável pode ser de mais fácil alcance se houver seleção de práticas agronômicas apropriadas (BRÍGIDO et al.; 2017), entre elas a introdução de FMA.

Um dos desafios da aplicação de FMA no campo é que os resultados de inoculação têm sido muito variáveis, não causando muito impacto na indústria agrícola (TARBELL; KOSKE, 2007), com o questionamento de que se uma comunidade diversa de FMA é requerida para obter o máximo benefício para a cultura, ou se agrossistemas, com altas populações de uma ou duas espécies bem adaptadas seriam suficientes (GOSLIN et al., 2016).

A compreensão da relação entre FMA, suas plantas hospedeiras e o ambiente aumentam, a complexidade das interações está sendo esclarecida (DICKIE et al., 2015; GOSLING et al., 2016). Por isso, os experimentos que exploram a função e a diversidade de FMA têm sido de maneira geral simples, geralmente envolvendo uma única espécie de planta e um ou dois inóculos de FMA, pois experimentos com número maior de espécies podem fornecer resultados de difíceis interpretações (GOSLING et al., 2016).

As respostas de crescimento da planta inoculada com FMA dentro de um sistema podem variar desde altamente parasítico a altamente mutualístico, sendo que os resultados mais positivos de crescimento da planta, ocorrem com espécies tanto de planta quanto de FMA já adaptados ao ambiente local em relação a introdução de FMA ou plantas exóticos, além dessas associações responderem fortemente a interação do genótipo de planta e FMA (KLIRONOMOS, 2003). A composição da estrutura da comunidade de FMA na colonização de FMA no hospedeiro é dependente de uma série de fatores entre eles estão a concentração de nutrientes, fatores ambientais como tipo e manejo do solo (JANSA et al., 2002) e especificidade do hospedeiro (GOSLING et al., 2013).

A compreensão de como agem os fatores na determinação da composição da comunidade de FMA na raiz vegetal (WERNER; KIERS, 2015) vem sendo lentamente esclarecida. Um dos direcionadores do processo é a interação competitiva entre os FMA, sendo eles biotróficos, são totalmente dependentes da fonte de carbono de seu hospedeiro. Assim terão mais sucesso em consegui-lo quanto mais colonizarem a raiz da planta, mas uma importante questão é se a ordem de chegada é um fator decisivo no sucesso da colonização, se isso ocorre, então há o que pode ser chamado de efeito prioritário, ou seja, quem se estabelece primeiro determina a composição da estrutura da comunidade micorrízica (VERBRUGGEN et al, 2013).

## 2.6 PRODUÇÃO DE CEBOLA EM SOLOS COM ALTA DOSE DE P

Plantas, quando micorrizadas e cultivadas em doses altas de P, podem apresentar redução de crescimento e de produção de massa seca, o fenômeno é conhecido como depressão do crescimento (SENA et al, 2004). Com cebola há resultados de experimentos a campo em Argissolo Vermelho-Amarelo de textura argilosa com disponibilidade de P igual  $14,4 \text{ mg dm}^{-3}$  (alta) aumentando a produtividade com a elevação de dose de P adicionada ao solo (VIDIGAL, et al., 2010).

Solos com plantio de cebola tendem a ter elevada disponibilidade de P por ocasião das adubações de reposição. Resende et al. (2016) conseguiram melhor produtividade de cebola com dose de  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  em solo com disponibilidade de P igual a  $16 \text{ mg dm}^{-3}$  (alta), demonstrando a grande dependência desta cultura de P para seu bom desenvolvimento. A produtividade da cebola responde positivamente com o aumento da disponibilidade de P no solo (OLIVEIRA, 2015), mas há um limite de P sob o qual a produtividade se estabiliza (FARIA et al, 1986). Trabalhando com cebola Resende & Costa (2016) em um Latossolo Vermelho-Amarelo distroférico com fósforo disponível igual a  $43 \text{ mg dm}^{-3}$  (alto) antes da implantação do experimento, verificaram que a diferença de produtividade ocorreu apenas entre a cultivares, mas não entre as crescentes dose de P adicionadas ao solo.

Como os FMA são biotróficos, numa relação de simbiose eles sempre se beneficiam, mas os benefícios para seus parceiros hospedeiros são muito variáveis e dependentes das condições ambientais (JOHNSON et al., 2015). Para que ocorra sucesso no processo de inoculação da cultura é importante a qualidade do inóculo de FMA, isto é, número de propágulos viáveis, ausência de contaminantes e formulação adequada (IJDO et al., 2011) além de que a adição de P em solos que o tenha em baixos níveis também contribuirá no processo de inoculação (BOLAN et al, 1984).

A simples inoculação da planta com FMA pode não ser garantia suficiente para que ocorra melhora no desenvolvimento e aumento na produtividade da planta. O conhecimento da relação entre FMA e outros organismos na rizosfera torna-se importante, dessa relação poderão ocorrer promoção ou supressão dos benefícios às plantas, pois a dose de P influencia fortemente a interação entre leveduras da rizosfera (fungos saprofíticos unicelulares) e FMA conforme resultados já encontrados mostrando aumento de concentração de P na parte aérea de milho na associação micorrízica combinando FMA e bactérias promotoras de crescimento (SARABIA, et al., 2017). Dessa forma entende-se que a inoculação em solos agriculturáveis podem ser determinados por diversos fatores, entre eles a compatibilidade entre as espécies,

disponibilidade de nicho entre FMA e a competição com os FMA nativos (VERBRUGGEN et al., 2013), cujos aspectos necessitam de avaliação em condições locais para melhor determinação sob a viabilidade de usos de FMA como biofertilizantes para culturas comerciais (CELY et al., 2016).

### 3 HIPÓTESES

As hipóteses do trabalho são:

- a) O uso de FMA pode produzir diferentes resultados na produtividade em diferentes texturas de solo com alto teor de P;
- b) O uso de FMA pode elevar o teor nutricional em bulbo de cebola (N, P, K, Ca, Mg e P) em solos com alto teor de P;
- c) A adição de FMA pode dispensar a adição de P na produção de cebola em solos com alto teor de P.



## 4 OBJETIVO GERAL

Testar a aplicação de FMA e dose de P na produtividade e seu benefício nutricional no cultivo de cebola (*Allium cepa*) em casa de vegetação e a campo em solos com alto nível de P.

### 4.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos são:

- a) Avaliar a contribuição de FMA no estado nutricional de cebola cultivada em solos com alto nível de P;
- b) Avaliar a contribuição de FMA na produtividade de cebola em solos com alto nível de P;
- c) Avaliar o efeito da adição de adubação fosfatada na produtividade de cebola em presença de FMA cultivada em solos com alto nível de P.





## 5 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados em casa de vegetação nos anos de 2013 e 2015, a campo nos anos de 2014 e 2015. Foram utilizados solos de textura franca argilosa siltosa, argilosa, franca arenosa e franca, classificados como Cambissolo Húmico Distrófico, Argissolo Vermelho-Amarelo, Cambissolo Háptico e Cambisso Húmico respectivamente. Os três primeiros solos com histórico de cultivo de cebola por mais de vinte anos na região do Alto Vale do Itajaí submetido à rotação de culturas e o último solo com histórico de cultivo de milho no Planalto Catarinense.

Em junho de 2013 as mudas de cebola (*Allium cepa*) Crioula Alto Vale foram produzidas em canteiros a campo na Epagri de Ituporanga (27° 22'S. 49° 35'O) 475 m de altitude, com clima subtropical úmido classificado segundo Köppen como Cfa. A pluviosidade média é de 1530 mm. Os canteiros com dimensões de 100 x 600 cm receberam 900 g parcela<sup>-1</sup> de adubação 5:20:10 NPK o qual foi incorporado ao solo, a seguir foi semeado 4 g m<sup>-2</sup> de semente de cebola, na sequência os canteiros receberam uma fina camada de serragem para oferecer proteção física e manutenção da umidade às sementes. Em julho de 2013 foram coletados três solos com diferentes características texturais. O solo “a” é proveniente de Ituporanga, da Estação Experimental da EPAGRI em Ituporanga – SC classificado como Cambissolo Húmico Distrófico (textura franca argilosa siltosa), o solo “b” é proveniente de Atalanta – SC, localidade de Ribeirão, classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo (textura argilosa); o solo “c” é proveniente de Ituporanga – SC classificado como Cambissolo Háptico (textura franca arenosa) caracterizados na tabela 2. A coleta dos solos foi na profundidade de 0 a 5 cm raspado com enxada e peneirado em malha de 1 cm, acomodado em sacos de rafia e transportados até a casa de vegetação em Lages. O pH do solo Cambissolo Húmico Distrófico foi corrigido para 6,0 pelo índice SMP. Aos 60 (sessenta) dias após a semeadura das sementes de cebola (*Allium cepa*) Crioula Auto Vale (mês de agosto), as mudas com pseudocaule com diâmetro entre 4 e 6 mm foram coletadas, acomodadas em sacos de papel e transportadas até a Epagri em Lages para implantação do experimento em casa de vegetação. No dia seguinte a coleta das mudas, a adubação do solo foi realizada conforme “Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (2004)” misturando-se o adubo com o solo em saco plástico e transferindo a mistura para o vaso; dessa forma cada vaso de volume igual a 11 L cujo diâmetro inferior era de 22 cm, diâmetro superior de 28 cm e altura igual a 25 cm recebeu 8 kg de solo seco e doses equivalentes a 90 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O e 90 kg ha<sup>-1</sup> de N. Metade dos vasos recebeu dose

equivalente a  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , a outra metade não recebeu adubação fosfatada. A fonte de K foi KCl, de N foi uréia e de P foi trifosfato triplo. Foram transplantadas três mudas de cebola (*Allium cepa*) Crioula Alto Vale para cada vaso no mesmo dia da adubação, sendo adicionado o inóculo contendo FMA junto a cova de cada planta (Tabela 1). Os inóculos foram cedidos pela Coleção Internacional de Cultura de Glomeromycota – CICG (<http://www.furb.br/cicg/>). A umidade do solo foi controlada por medição de massa dos vasos em balança. No experimento foram utilizados o controle e mais 4 inóculos de FMA, dose de P igual a 0% e 100% da dose recomendada para a cultura em cada textura de solo, constituindo assim três experimentos fatoriais  $5 \times 2$  com 4 repetições inteiramente casualizado. Aos 60 (sessenta) dias após o transplante, foi removida uma folha de cada vaso (a mais comprida) para a determinação do estado nutricional do tecido foliar. Das três plantas de cada vaso, a menos desenvolvida foi extraída, permanecendo as outras duas até ao final do experimento. O experimento foi desmontado em dezembro de 2013, e as coletas transportadas até o Laboratório de Física e Manejo do Solo na UDESC – CAV. Foram coletados, tecido foliar e bulbo para determinação de macronutrientes na massa seca (Ca, Mg, K, N e P), massa seca e dimensões físicas; raiz para determinação de colonização por FMA e solo para análise química de macronutrientes (Ca, Mg, K e P). A determinação do comprimento e diâmetro do tecido foliar da parte aérea foi com uso de trena e paquímetro digital respectivamente. Para determinar a massa seca folhas e bulbos foram colocados em estufa com as amostras acondicionadas em sacos de papel até massa constante a  $60^\circ \text{C}$  e depois pesadas. As raízes passaram por coloração pelo método descrito por Koske & Gemma (1989) com adaptações no tempo de banho-maria para 45 minutos sem uso de água oxigenada e substituindo azul de tripan e glicerina por tinta de caneta conforme descrito por Vierheilig et al, 1998. A determinação de colonização ao microscópio foi realizada conforme McGonigle et al.(1990) cujos resultados foram transformados em arco seno ( $(\text{raiz de } X/100) * 180/\pi$ ) para garantir a sua distribuição normal. As análises de macronutrientes (Ca, Mg, N, P e K) do tecido foliar, bulbo e do solo seguiram Tedesco et al., 1995. As análises estatísticas realizadas pelo programa estatístico Assistat a Tukey 5%.

O experimento a campo de 2014 foi instalado a campo. A semeadura para a produção de mudas de cebola (*Allium cepa*) Bola Precoce ocorreu em maio de 2014 na Epagri em Ituporanga conforme descrito no experimento de 2013, com a adição do inoculante de FMA realizada no momento da semeadura. Em agosto de 2014 as mudas de cebola com pseudocaule medindo entre 4 e 6 mm de diâmetro foram transplantadas para duas áreas produtivas, sendo uma com solo Cambissolo Húmico Distrófico (textura franco argilosa

siltosa) localizado na própria Epagri em Ituporanga e a outra em Argissolo Vermelho-Amarelo (textura argilosa) na cidade de Atalanta localidade de Ribeirão, ambos os solos caracterizados na tabela 2. As parcelas foram construídas com dimensões de 200 x 300 cm com bordadura de 50 cm entre parcelas com plantas distantes entre si 10 cm na linha e 40 cm na entrelinha. Além da testemunha foram utilizados 6 inóculos de FMA (Tabela 3), a adubação de NPK seguiu recomendação do Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (2004) realizada no mesmo dia do transplante com metade das parcelas recebendo adubação fosfatada e metade sem adubação fosfatada, perfazendo um delineamento experimental fatorial 7:2 (7 inóculos e 2 doses de P, 0 – 100% da dose recomendada para a cultura) com três repetições em blocos ao acaso. O experimento foi colhido em novembro de 2014 e teve disponibilidade hídrica dependente apenas da precipitação pluviométrica. Na colheita da cebola, foi coletado, tecido foliar da parte aérea e bulbo para determinação de macronutrientes na massa seca (Ca, Mg, K, N e P), massa seca e dimensões físicas; raiz para determinação de colonização por FMA e solo para análise química de macronutrientes (Ca, Mg, K e P), sendo tudo transportado até o laboratório de Física e Manejo do Solo da UDESC – CAV. A metodologia utilizada nas análises físicas, químicas estão descritas no experimento de 2013, e as análises estatísticas de foram realizadas pelo programa estatístico Assisat a Tukey 5%.

O experimento em 2015 foi dividido em duas etapas, sendo uma realizada em casa de vegetação e outra a campo. As mudas de cebola (*Allium cepa*) Bola Precoce foram produzidas a campo em canteiros instalados na área Experimental da UDESC - CAV em Lages conforme descrito no experimento de 2014 com a semeadura ocorrendo no mês de junho de 2015.

Para o experimento em casa de vegetação foram coletados no mês de agosto três solos de classes texturais diferentes nas mesmas áreas já descritas no experimento de 2013 caracterizados na tabela 2, acomodados em sacos da ráfia e transportados até a casa de vegetação da EPAGRI em Lages. No mês de setembro, as mudas foram transplantadas para vasos idênticos aos utilizados em 2013, com número de mudas, quantidade de solo, correção de pH, adubação do solo e manutenção da umidade do solo descritos no experimento de 2013. Os inóculos de FMA foram cedidos pela Coleção Internacional de Cultura de Glomeromycota – CICG (<http://www.furb.br/cicg/>). No experimento de 2015 foram utilizados o controle e mais 6 inóculos de FMA (Tabela 1), dose de P igual a 0% e 100% da dose recomendada para a cultura em cada textura de solo, constituindo assim três experimentos fatoriais 7 x 2 com 3 repetições inteiramente casualizado. Aos 60 (sessenta) dias após o transplante, foi removida uma folha de cada vaso (a mais comprida) para a determinação do estado nutricional do tecido

foliar. Das três plantas de cada vaso, a menos desenvolvida foi extraída, permanecendo as outras duas até ao final do experimento. . O experimento foi desmontado em dezembro de 2015, e as coletas transportadas até o Laboratório de Física e Manejo do Solo na UDESC – CAV. Foram coletados, tecido foliar e bulbo para determinação de macronutrientes na massa seca (Ca, Mg, K, N e P), massa seca e dimensões físicas; raiz para determinação de colonização por FMA e solo para análise química de macronutrientes (Ca, Mg, K e P). Os métodos de análises seguiram o descrito no experimento de 2013.

No experimento a campo de 2015 realizado a campo, as mudas foram produzidas juntamente com as mudas produzidas para o experimento para casa de vegetação de 2015 (já descrito acima). As mudas foram transplantadas em setembro de 2015 para a Fazenda do CAV em Lages em Cambissolo Húmico (textura franca) caracterizado na tabela 2, em parcelas medindo 100 x 300 cm com 50 cm de bordadura entre parcelas entre parcelas com plantas distantes entre si 10 cm na linha e 40 cm na entrelinha. Além da testemunha foram utilizados 6 inóculos de FMA (Tabela 3), a adubação de NPK seguiu recomendação do Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (2004) realizada no mesmo dia do transplante com metade das parcelas recebendo adubação fosfatada e metade sem adubação fosfatada, perfazendo um delineamento experimental fatorial 7:2 (7 inóculos e 2 doses de P, 0 – 100% da dose recomendada para a cultura) com três repetições em blocos ao acaso. O experimento a campo de 2015 foi colhido em janeiro de 2016. Os experimentos a campo tiveram disponibilidade hídrica dependente apenas da precipitação pluviométrica. Aos 60 (sessenta) dias após o transplante, foi removida uma folha de cada planta (a mais comprida) para a determinação do estado nutricional do tecido foliar. Na colheita em janeiro de 2016 foram coletados, tecido foliar e bulbo para determinação de macronutrientes na massa seca (Ca, Mg, K, N e P), massa seca e dimensões físicas; raiz para determinação de colonização por FMA e solo para análise química de macronutrientes (Ca, Mg, K e P). Os métodos de análises e teste estatístico seguiram o descrito no experimento de 2014.

Tabela 1 - Tratamentos aplicados em casa de vegetação para cultivo de cebola (*Allium cepa*) 2013 e 2015

Tratamento	FMA	Dose equivalente de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> )	esporos de FMA mL <sup>-1</sup> de inóculo		(mL de inóculo vaso <sup>-1</sup> )	(mL de inóculo canteiro <sup>-1</sup> )
			Crioula Alto Vale (2013)	Bola Precoce (2015)	Crioula Alto Vale (2013)	Bola Precoce (2015)
CT0	Controle	0	0	0	0	-
CTP	Controle	120	0	0	0	-
ET0	<i>Claroideoglossum etunicatus</i> SCT101A	0	15	11	60	500
ETP	<i>Claroideoglossum etunicatus</i> SCT101A	120	15	11	60	500
MO0	<i>Acaulospora morrowiae</i> SCT400B	0	13	42	70	500
MOP	<i>Acaulospora morrowiae</i> SCT400B	120	13	42	70	500
CO0	<i>Acaulospora colombiana</i> SCT115A	0	13	32	70	500
COP	<i>Acaulospora colombiana</i> SCT115A	120	13	32	70	500
AL0	<i>Gigaspora albida</i> SCT200A	0	4	8	100	500
ALP	<i>Gigaspora albida</i> SCT200A	120	4	8	100	500
CL0	<i>Rhizophagus clarus</i> SCT720A-1	0	-	3	-	500
CLP	<i>Rhizophagus clarus</i> SCT720A-1	120	-	3	-	500
MI0	Misto de todos os inóculos acima	0	-	19	-	500
MIP	Misto de todos os inóculos acima	120	-	19	-	500

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Tabela 2 - Caracterização química e textura dos solos antes da instalação dos experimentos em 2013, 2014 e 2015

		Cambissolo Húmico Distrófico	Argissolo Vermelho-Amarelo	Cambissolo Háplico	Cambissolo Húmico
Acidez	pH água	5,5	7,0	6,3	6,5
	H + Al	0,26	0,0	0,0	0,0
Ca	cmol <sub>c</sub>	19	22	11	8
Mg	kg <sup>-1</sup>	5	7	4	8
K	mg kg <sup>-1</sup>	507	256	195	140
P	mg kg <sup>-1</sup>	82	25	260	27
CO	%	2,9	3,4	1,3	5,2
Argila		320	430	130	190
Silte	g kg <sup>-1</sup>	170	390	150	330
Areia		510	150	720	480

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Tabela 3 - Tratamentos de inóculos de FMA aplicados a campo no cultivo de cebola (*Allium cepa*) Bola Precoce 2014 e 2015

Tratamento	FMA	Dose equivalente de $P_2O_5$ (kg ha <sup>-1</sup> )	esporos de FMA mL <sup>-1</sup> de inóculo	mL de inóculo canteiro <sup>-1</sup>
CT0	<i>Controle</i>	0	0	-
CTP	<i>Controle</i>	120	0	-
ET0	<i>Claroideoglo mus etunicatus</i> SCT101A	0	11	500
ETP	<i>Claroideoglo mus etunicatus</i> SCT101A	120	11	500
MO0	<i>Acaulospora morrowiae</i> SCT400B	0	42	500
MOP	<i>Acaulospora morrowiae</i> SCT400B	120	42	500
CO0	<i>Acaulospora colombiana</i> SCT115A	0	32	500
COP	<i>Acaulospora colombiana</i> SCT115A	120	32	500
AL0	<i>Gigaspora albida</i> SCT200A	0	8	500
ALP	<i>Gigaspora albida</i> SCT200A	120	8	500
CL0	<i>Rhizophagus clarus</i> SCT720A-1	0	3	500
CLP	<i>Rhizophagus clarus</i> SCT720A-1	120	3	500
MI0	Misto de todos os inóculos acima	0	19	500
MIP	Misto de todos os inóculos acima	120	19	500

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1 EXPERIMENTO REALIZADO EM CASA DE VEGETAÇÃO EM SOLOS DE DIFERENTES TEXTURAS EM 2013

No solo franco argiloso siltoso o tratamento controle (CTP) que recebeu adubação de P, apresentou maior comprimento de tecido foliar (59 cm) em relação ao tratamento controle sem adubação de P (49 cm), indicando que a adição de P aumentou o comprimento de tecido foliar de cebola. Não foi observado efeito positivo no comprimento de tecido foliar pela adição de inóculos de FMA em relação ao controle CTP (Tabela 5). No solo argiloso (Tabela 4), o comprimento de tecido foliar apresentou o tratamento controle (CT) com média de 31,8 cm semelhante aos demais tratamentos, e a adição de P ao solo aumentou o comprimento do tecido foliar de 24,9 cm para 32,7 cm. No solo franco arenoso não houve efeito da adição de FMA nem da adição de P ao solo (Tabela 4), o que pode ser explicado pelo alto teor de P no solo identificado na análise do solo 260 mg kg<sup>-1</sup> (Tab.2), ou seja a ação de FMA foi inibida e a adição de P foi desnecessária para o desenvolvimento da cebola.

Tabela 4 - Comprimento e diâmetro do tecido foliar de cebola (*Allium cepa*) Crioula Alto Vale cultivada em casa de vegetação em 2013, com inóculos de FMA e dose de P igual a 0 e 120 kg ha<sup>-1</sup> em solos de diferentes texturas

Tratamento	Comprimento de tecido foliar (cm)		Diâmetro de tecido foliar (mm)
	Textura do solo		
	Argiloso	franco arenoso	franco argiloso siltoso
CT	31,8 ns	31,5 ns	12,6 ns
ET	29,3	30,6	12,6
MO	25,2	32,3	12,5
CO	27,5	26,7	10,9
AL	30,1	26,6	12,4
I0	24,9 B	28,1 ns	12,4 ns
IP	32,7 A	31,0 ns	11,9 ns
CV (%)	7	5	14

CT: Controle, ET: *Clariodeoglossus etunicatus*, MO: *Acaulospora morrowiae*, CO: *Acaulospora colombiana* AL: *Gigaspora albida*, I0: média dos tratamentos s/P, IP: média dos tratamentos c/P. CV: Coeficiente de variação., Letras maiúsculas na coluna indica efeito de dose de P. ns: não significativo. Médias de 4 repetições. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

O diâmetro de tecido foliar de cebola em solo franco argiloso siltoso (Tabela 4) apresentou média para o tratamento CT de 12,6 mm semelhante aos demais tratamentos. No experimento em solo de argiloso, o diâmetro do tecido foliar apresentou média de 6,0 mm

para o tratamento CT0 (Tabela 5) sendo inferior a alguns tratamentos, porém chamando a atenção para tratamentos que receberam FMA onde houve benefício no aumento do diâmetro do tecido foliar de cebola em relação aos seus inóculos que não receberam adubação fosfatada entre eles MO0 e MOP, e CO0 e COP. Em solo franco arenoso o diâmetro médio do tecido foliar de cebola foi de 6,1 mm para o tratamento CTP (Tabela 5), já o tratamento ET0 apresentou média igual a 5,8 mm não havendo diferença, o que leva a concluir que o FMA *Clariodeoglossus etunicatus* diante do conteúdo de P no solo, é dispensável a adição desse nutriente para atingir desenvolvimento de diâmetro de tecido foliar semelhante ao tratamento sem FMA.

Tabela 5 – Comprimento e diâmetro de tecido foliar de cebola (*Allium cepa*) Crioula Alto Vale cultivada em casa de vegetação em 2013, com inóculos de FMA e dose de P igual a 0 e 120 kg ha<sup>-1</sup> na interação entre FMA e P em solos de diferentes texturas

Tratamento	Comprimento de tecido foliar (cm)		Diâmetro (mm)	
	Textura do solo			
	franco argiloso siltoso	argiloso	franco arenoso	
CT0	49 aB	6,0 bA	6,7 aA	
CTP	59 aA	8,0 aA	6,1 abA	
ET0	55 aA	10,4 aA	5,8 abA	
ETP	47 bB	6,1 aB	6,6 abA	
MO0	51 aA	5,1 bA	5,3 abB	
MOP	49 bA	5,1 aA	7,1 aA	
CO0	56 aB	4,4 bA	4,9 bB	
COP	54 abA	6,4 aA	6,1 abA	
AL0	54 aA	6,6 abA	4,8 bA	
ALP	55 abA	8,3 aA	5,1 bA	
CV (%)	8	28	13	

CT0: Controle s/ P, CTP: controle c/P, ET0: *Clariodeoglossus etunicatus* s/P, ETP: *Clariodeoglossus etunicatus* c/P, MO0: *Acaulospora morrowiae* s/P, MOP: *Acaulospora morrowiae* c/P, CO0: *Acaulospora colombiana* s/P, COP: *Acaulospora colombiana* c/P, AL0: *Gigaspora albida* s/P, ALP: *Gigaspora albida* c/P. Letras minúsculas na coluna representam o efeito de FMA e letras maiúsculas na coluna representam o efeito de P. CV: Coeficiente de variação. Médias de 4 repetições. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

A massa seca no tecido foliar da parte aérea de cebola em solo franco argiloso siltoso, o tratamento controle (CT) não apresentou diferença em relação aos demais tratamentos tanto para efeito simples do inóculo de FMA quanto para dose de P adicionada ao solo (Tabela 6). A semelhança entre os tratamentos pode ter sido em função de sua realização em solo não esterilizado, onde as diferenças podem ser mais discretas que num experimento onde a esterilização garante a presença de um único inóculo de FMA Silva et al. (2017) encontraram maior massa seca do tecido foliar da parte aérea ao inocularem as mudas de tomate com FMA



*Rhizophagus clarus* aplicado a um substrato de areia e vermiculita previamente esterilizado. Em solo argiloso (Tabela 6) o tratamento CT apresentou média de 0,7 g semelhante aos demais. Em solo de textura arenosa (Tab.6) a média do tratamento CT foi de 0,4 g semelhante aos demais tratamentos. Comparando os resultados nos solos de difentes texturas pode-se concluir que a adição de P ao solo não elevou a média de produção de massa seca de tecido foliar, mas *Rhizophagus clarus* apresentou efeito negativo em solo de textura argilosa com alto teor de P.

Tabela 6 - Massa seca e teor de P em massa seca no tecido foliar da folha de cebola (*Allium cepa*) Crioula Alto Vale cultivada em casa de vegetação em 2013, com inóculos de FMA e dose de P igual a 0 e 120 kg ha<sup>-1</sup> em solos de diferentes texturas

Tratamento	Massa seca (g)			P (g kg <sup>-1</sup> )	
	Textura do solo				
	franco argiloso siltoso	argiloso	franco arenoso	franco argiloso siltoso	Argiloso
CT	2,0 ns	0,7 ns	0,4 ab	2,6 ab	2,8 a
ET	2,2	0,9	0,4 ab	3,0 a	2,8 a
MO	2,0	0,6	0,4 ab	2,3 b	2,8 a
CO	2,0	0,5	0,5 a	3,0 a	2,2 b
AL	1,8	0,8	0,3 b	2,7 ab	3,3 a
I0	1,9	0,6	0,4 A	2,9 A	2,9 A
IP	2,1	0,8	0,4 A	2,5 B	2,6 A
CV (%)	19	27	17	12	14

CT: Controle, ET: *Clariodeoglonus etunicatus*, MO: *Acaulospora morrowiae*, CO: *Acaulospora colombiana* AL: *Gigaspora albida*, I0: média dos tratamentos s/P, IP: média dos tratamentos c/P. CV: Coeficiente de variação. Letras minúsculas na coluna indicam efeito de FMA, letras maiúsculas na coluna indicam o efeito de P. ns: não significativo. Média de 4 repetições. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

O teor de P no tecido foliar da parte aérea de cebola (Tabela 6) em solo franco argiloso siltoso apresentou concentração igual a 2,6 g kg<sup>-1</sup> cuja média é semelhante aos demais tratamentos. Em solo argiloso (Tabela 6) a média apresentada para o tratamento CT foi de 2,8 g kg<sup>-1</sup> com valor inferior apenas para o tratamento CO com média de 2,2 g kg<sup>-1</sup>. No solo franco arenoso (Tabela 7), houve interação entre FMA e dose de P adicionada ao solo, onde o tratamento CTP apresentou média de 3,5 g kg<sup>-1</sup> e pode ser verificado que em tais condições de disponibilidade de P no solo (Tabela 2) os inóculos contendo os FMA ET0, MO0 e CO0 apresentaram teores de P no tecido foliar de cebola semelhante ao controle mesmo sem receber adição de P ao solo.

O teor de Ca no tecido foliar da parte aérea de cebola conduzido em solo franco argiloso siltoso apresentou para o tratamento CT média de 23 g kg<sup>-1</sup> (Tabela 8) semelhante aos demais tratamentos.

Tabela 7 – Concentração de Ca, Mg, N e P no tecido foliar da parte aérea em massa seca de cebola (*Allium cepa*) Crioula Alto Vale cultivada em casa de vegetação em 2013, com inóculos de FMA e dose de P igual a 0 e 120 kg ha<sup>-1</sup> na interação entre FMA e P em solos de diferentes texturas

Tratamento	Ca (g kg <sup>-1</sup> )		Mg (g kg <sup>-1</sup> )	N (g kg <sup>-1</sup> )	P (g kg <sup>-1</sup> )
	Textura do solo				
	argiloso	franco arenoso	franco arenoso	argiloso	franco arenoso
CT0	20 abB	25 aA	4,9 aA	39 aA	3,2 bA
CTP	23 abA	25 abA	5,0 abA	32 bB	3,5 abA
ET0	19 bB	22aA	5,1 aA	34 abA	4,2 aA
ETP	23 abA	20 abA	4,4 abA	37 abA	3,4 abB
MO0	22 abA	22aA	4,9 aA	37 abA	3,4 abA
MOP	25 aA	24abA	5,3 abA	35 abA	2,5 cB
CO0	23 aA	22aA	4,4 aB	29 bB	3,6 abA
COP	20 bB	26 aA	5,5 aA	38 abA	2,8 bcB
AL0	19 abA	25 aA	5,1 aA	40 aA	2,8 bB
ALP	21 abA	18 bB	4,0 bB	42 aA	3,9 aA
CV (%)	9	14	12	10	11

CT0: Controle s/ P, CTP: controle c/P, ET0: *Clariodeoglossum etunicatus* s/P, ETP: *Clariodeoglossum etunicatus* c/P, MO0: *Acaulospora morrowiae* s/P, MOP: *Acaulospora morrowiae* c/P, CO0: *Acaulospora colombiana* s/P, COP: *Acaulospora colombiana* c/P, AL0: *Gigaspora albida* s/P, ALP: *Gigaspora albida* c/P. Letras minúsculas na coluna representam o efeito de FMA e letras maiúsculas na coluna representam o efeito de P. CV: Coeficiente de variação. Letras minúsculas na coluna indicam efeito de FMA, letras maiúsculas na coluna indicam o efeito de P. ns: não significativo. Média de 4 repetições. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

O teor de Ca no tecido foliar da parte aérea da cebola (Tabela 7) em solo argiloso apresentou interação entre FMA e adição de P. O tratamento controle (CTP) apresentou média de 23 g kg<sup>-1</sup>. Pode ser observado que alguns tratamentos que receberam FMA, mas que não receberam P obtiveram teores de Ca semelhante ao tratamento CTP como MO0, CO0 e AL0. Em solo franco arenoso (Tabela 7), a interação entre FMA e adição de P apresentou o tratamento CT0 com média de 25 g kg<sup>-1</sup>. O tratamento com FMA *Gigaspora albida* na presença de P teve menos teor de Ca do que na ausência de P e no controle sem inoculação. Isso é um indicativo de que a adição de P nesse solo franco arenoso é dispensável para os tratamentos testados quanto ao acúmulo de Ca no tecido foliar da parte aérea de cebola e prejudicial no caso de *Gigaspora albida*.

No solo franco argiloso siltoso os teores de N no tecido foliar na parte aérea (Tabela 8) não apresentaram interação entre FMA e dose de P (Tabela 9), com o tratamento CT apresentando média de 40 g kg<sup>-1</sup> semelhante ao tratamento MO 42 g kg<sup>-1</sup> e superior aos demais, com a adição de P ao solo elevando a média de N no tecido foliar de cebola. Em solo argiloso (Tabela 7) a média do tratamento CT0 foi de 39 g kg<sup>-1</sup> com o tratamento CO0 apresentando teor inferior ao CT0. No solo franco arenoso o controle não apresenta diferença

em relação aos demais tratamentos, mas a adição de P ao solo elevou a média de N no tecido foliar de cebola em 20% (Tabela 8).

O K no tecido foliar da parte aérea de cebola em solo franco argiloso siltoso foi de 51 g kg<sup>-1</sup> para o tratamento CT. Semelhante aos demais tratamentos e superior ao tratamento ET com média de 48 g kg<sup>-1</sup> (Tabela 8). Em solo argiloso os tratamentos apresentaram médias semelhantes, mas a adição de P ao solo elevou o teor médio de K no tecido foliar da parte aérea de cebola (Tabela 8). No solo franco arenoso o experimento apresentou média igual a 34 g kg<sup>-1</sup> para o tratamento CT semelhante aos demais, mas superado pelo tratamento MO com média de 44 g kg<sup>-1</sup> (Tabela 8).

Tabela 8 – Concentração de N, Ca e K no tecido foliar da parte aérea em massa seca de cebola (*Allium cepa*) Crioula Alto Vale cultivada em casa de vegetação em 2013, com inóculos de FMA e dose de P igual a 0 e 120 kg ha<sup>-1</sup> em solos de diferentes texturas

Tratamento	N (g kg <sup>-1</sup> )		Ca (g kg <sup>-1</sup> )		K (g kg <sup>-1</sup> )	
	Textura do solo					
	franco argiloso siltoso	franco arenoso	franco argiloso siltoso	franco siltoso argiloso	argiloso	franco arenoso
CT	40 a	37 ns	23 ns	51 ab	32 ns	34 b
ET	22 c	38	22	48 b	32	34 b
MO	42 a	37	24	50 ab	33	44 a
CO	33 b	37	22	54 a	29	39 ab
AL	34 b	38	26	54 a	32	35 b
I0	33 B	34 B	23 A	52 A	30 B	38 A
IP	36 A	41 A	24 A	50 A	33 A	36 A
CV (%)	10	11	12	6	8	13

CT: Controle, ET: *Clariodeoglossum etunicatus*, MO: *Acaulospora morrowiae*, CO: *Acaulospora colombiana* AL: *Gigaspora albida*, I0: média dos tratamentos s/P, IP: média dos tratamentos c/P. CV: Coeficiente de variação. Letras minúsculas na coluna indicam efeito de FMA, letras maiúsculas na coluna indicam o efeito de P. ns: não significativo. Média de 4 repetições. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Os teores de Mg no tecido foliar da parte aérea de cebola em solo franco argiloso siltoso não apresentaram efeito simples da adição de P, mas apresentaram efeito de FMA. O tratamento controle (CT) apresentou média de 4,1 g kg<sup>-1</sup> sendo superado apenas pelo tratamento AL com média de 5,5 g kg<sup>-1</sup> (Tabela 9). Em solo argiloso a média foi de 3,2g kg<sup>-1</sup> para o tratamento CT, que foi semelhante ao tratamento AL (3,1 g kg<sup>-1</sup>). As médias dos tratamentos ET, MO e CO (4,5; 4,3 e 4,3 g kg<sup>-1</sup> respectivamente) foram superiores ao CT e AL. A adição de P elevou a média dos teores de Mg em 16% no tecido foliar de cebola (Tabela 9). No solo franco arenoso o teor médio de Mg no tecido foliar de cebola na interação

entre FMA e adição de P no tratamento CT0 foi de 4,9 g kg<sup>-1</sup>. O tratamento ALP apresentou interação negativa (4,0 g kg<sup>-1</sup>) sendo inferior ao CT0 (Tabela 7).

O teor de P no bulbo de cebola do experimento realizado em solo franco argiloso ssiltos (Tabela10) mostrou interação entre FMA e adição de P apresentando média 2,9 g kg<sup>-1</sup> para o tratamento CT0 sem ser superado por outro tratamento. A presença de *Acaulospora colombiana* neste solo com essa cultura mostrou menor teor de P em bulbo de cebola nos tratamentos com e sem adição de P ao solo em relação ao tratamento CTO sem P. Em solo franco arenoso o teor de P no bulbo de cebola apresentou interação entre FMA e adição de P. O tratamento CT0 apresentou média de 2,8 g kg<sup>-1</sup>, superada pela média de todos os demais tratamentos. Nos tratamentos com a presença de *Clariodeoglopus etunicatus* e *Gigaspora albida* que receberam adição de P apresentaram médias inferiores em relação aos tratamentos que continham seus fungos, mas não receberam adição de P (Tabela.10).

Tabela 9 – Concentração Mg no tecido foliar da parte aérea em massa seca de cebola (*Allium cepa*) Crioula Alto Vale cultivada em casa de vegetação em 2013, com inóculos de FMA e dose de P igual a 0 e 120 kg ha<sup>-1</sup> em solos de diferentes texturas

Textura do solo	(g kg <sup>-1</sup> )							CV (%)
	Tratamento							
	CT	ET	MO	CO	AL	IO	IP	
franco argiloso siltoso	4,1 b	4,3 b	4,5 ab	4,1 b	5,5 a	4,5 A	4,4 A	17
argiloso	3,2 b	4,5 a	4,3 a	4,3 a	3,1 b	3,6 B	4,2 A	13

CT: Controle, ET: *Clariodeoglopus etunicatus*, MO: *Acaulospora morrowiae*, CO: *Acaulospora colombiana* AL: *Gigaspora albida*, IO: média dos tratamentos s/P, IP: média dos tratamentos c/P. CV: Coeficiente de variação. Letras minúsculas na linha indicam efeito de FMA, letras maiúsculas na linha indicam o efeito de P. Média de 4 repetições. Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

O teor de Ca no bulbo de cebola no cultivado em solo franco argilos siltoso apresentou média de 16 g kg<sup>-1</sup> no tratamento CT0, com os demais tratamentos semelhantes (Tabela 10).

O teor de Mg no bulbo de cebola em solo franco arenoso (Tabela 10) apresentou média de 1,3 g kg<sup>-1</sup> para o tratamento CT0. Todos os tratamentos apresentaram médias superiores ao controle (CT0).

O teor de K no bulbo de cebola em solo franco arenoso apresentou média de 17 g kg<sup>-1</sup> para o tratamento CT0 semelhante a média do tratamento AL0 (18 g kg<sup>-1</sup>), mas inferior a todos os demais tratamentos (Tab.10).

O teor de N no bulbo de cebola apresentou interação entre FMA e adição de P no solo argiloso, com o tratamento CT0 apresentando média de 23 g kg<sup>-1</sup> (Tabela 10). Com exceção dos tratamentos MOP, CO0 e COP (22, 28 e 26 g kg<sup>-1</sup>), os demais tratamentos apresentaram teor de N superior ao CT0. Os tratamentos que continham o FMA *Clariodeoglopus*

*etunicatus* e *Acaulospora morrowiae* sem adição de P apresentaram médias superiores aos tratamentos que continham estes mesmos FMA, mas receberam adição de P.

Tabela 10 – Concentração de P, Ca, Mg, K e N em bulbo de cebola (*Allium cepa*) Crioula Alto Vale cultivada em casa de vegetação em 2013, com inóculos de FMA e dose de P igual a 0 e 120 kg ha<sup>-1</sup> na interação entre FMA e P em solos de diferentes texturas

Tratamento	P (g kg <sup>-1</sup> )		Ca (g kg <sup>-1</sup> )		Mg (g kg <sup>-1</sup> )		K (g kg <sup>-1</sup> )		N (g kg <sup>-1</sup> )	
	Textura do solo									
	franco	franco	franco	franco	franco	franco	franco	franco	franco	Argiloso
	argiloso	arenoso	argiloso	arenoso	argiloso	arenoso	argiloso	arenoso	argiloso	arenoso
	siltoso	siltoso	siltoso	siltoso	siltoso	siltoso	siltoso	siltoso	siltoso	siltoso
CT0	2,9 aA	2,8 cA	16 aA	1,3 dA	17 cB	23 cA				
CTP	3,3 aA	2,4 bA	16 bcA	1,5 bA	21 abA	24 bcA				
ET0	3,0 aA	3,8 abA	16 aA	1,8 bcB	28 aA	43 aA				
ETP	3,4 aA	2,9 bB	15 cA	2,6 aA	24 aB	31 abB				
MO0	2,7 aB	3,0 bcB	15 aA	1,5 cdA	22 bA	37 aA				
MOP	3,8 aA	4,4 aA	15 bcA	1,8 bA	21 abA	22 cB				
CO0	2,0 bA	4,1 aA	17 aA	2,1 abA	19 bcA	28 bcA				
COP	1,7 bA	4,3 aA	18 abA	1,8 bA	19 bA	26 abcA				
AL0	2,7 abB	4,1 aA	16 aB	2,6 aA	18 bcB	36 abA				
ALP	3,1 aA	3,2 bB	19 aA	2,4 aA	21 abA	32 aA				
CV (%)	12	12	12	6	9	12				

CT0: Controle s/ P, CTP: controle c/P, ET0: *Clariodeoglomus etunicatus* s/P, ETP: *Clariodeoglomus etunicatus* c/P, MO0: *Acaulospora morrowiae* s/P, MOP: *Acaulospora morrowiae* c/P, CO0: *Acaulospora colombiana* s/P, COP: *Acaulospora colombiana* c/P, AL0: *Gigaspora albida* s/P, ALP: *Gigaspora albida* c/P. Letras minúsculas na coluna representam o efeito de FMA e letras maiúsculas na coluna representam o efeito de P. CV: Coeficiente de variação. Média de 4 repetições. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Os teores de Mg disponível no solo franco argiloso siltoso e franco arenoso foram semelhantes entre os tratamentos dentro de cada textura (Tabela 11). No solo de textura argilosa houve interação entre FMA e dose de P com a média para o tratamento CTP igual a 6,8; teor semelhante aos tratamentos MO0, CO0 e AL0, os quais não receberam P (Tabela 12).

A disponibilidade de Ca no solo franco argiloso siltoso apresentou interação entre FMA e adição de P, com média de 18 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-3</sup> para o tratamento CT0 (Tabela 12), não superado pelos demais tratamentos. Em solo argiloso o teor de Ca no solo apresentou média de 21 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> que foi semelhante aos demais (Tabela 12). Em solo franco arenoso a disponibilidade de Ca no solo para o tratamento CT apresentou média de 9 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> que foi semelhante aos outros tratamentos (Tabela 11).

O P disponível no solo franco argiloso siltoso após cultivo de cebola apresentou média de 88 mg kg<sup>-1</sup> para o tratamento CT0. Tratamentos contendo o mesmo FMA (ET0 x ETP, MO0 x MOP e AL0 x ALP) demonstram maior teor de P nos tratamentos que receberam dose

de P (Tabela 12). Em solo argiloso, a média de P disponível no solo foi de 22 mg kg<sup>-1</sup> para o tratamento CT semelhante aos demais (Tabela 11). Em solo de franco arenoso o tratamento CT apresentou média de 227 mg kg<sup>-1</sup> semelhante aos demais tratamentos (Tabela 11).

Tabela 11 – Concentração de Mg, Ca, P disponível no solo após cultivo e colonização de raiz de cebola (*Allium cepa*) Crioula Alto Vale cultivada em casa de vegetação em 2013, com inóculos de FMA e dose de P igual a 0 e 120 kg ha<sup>-1</sup> em solos de diferentes texturas

Tratamento	Mg (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-3</sup> )		Ca (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	P (mg kg <sup>-3</sup> )		Colonização de raiz (%)
	franco argiloso siltoso	franco arenoso	franco arenoso	argiloso	franco arenoso	franco argiloso siltoso
CT	5,2 ns	4,1 ns	9 ns	22 ns	227 ab	44 a
ET	4,9	4,1	9	24	207 b	43 a
MO	4,9	4,0	9	26	214 ab	50 a
CO	4,8	4,1	9	24	232 ab	26 b
AL	4,9	4,3	9	26	242 a	41 a
I0	5,2 A	4,1 A	9 A	20 B	226 A	41 A
IP	4,7 B	4,2 A	9 A	28 A	223 A	41 A
CV (%)	9	8	9	10	9	17

CT: Controle, ET: *Clariodeoglossum etunicatus*, MO: *Acaulospora morrowiae*, CO: *Acaulospora colombiana* AL: *Gigaspora albida*, I0: média dos tratamentos s/P, IP: média dos tratamentos c/P. CV: Coeficiente de variação. Letras minúsculas na coluna indicam efeito de FMA, letras maiúsculas na coluna indicam o efeito de P. ns: não significativo. Média de 4 repetições. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%. Médias seguidas de mesma letra na coluna não representa diferença. Média de 4 repetições a Tukey 5%.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Tabela 12 – Concentração de Ca, Mg e P disponível no solo após cultivo de cebola (*Allium cepa*) Crioula AltoVale cultivada em casa de vegetação em 2013, com inóculos de FMA e dose de P igual a 0 e 120 kg ha<sup>-1</sup> na interação entre FMA e P em solos de diferentes texturas

Tratamento	Ca (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )		Mg (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	P (mg kg <sup>-1</sup> )
	Textura do solo			
	franco argiloso siltoso	argiloso	argiloso	franco argiloso siltoso
CT0	18 aA	21 abA	6,7 aA	88 aA
CTP	18 abA	20 aA	6,8 abA	77 aB
ET0	18 aA	18 bB	5,6 bB	76 abB
ETP	16 bA	22 aA	7,1 aA	88 aA
MO0	18 aA	21 aA	7,0 aA	69 bA
MOP	15 bB	22 aA	7,2 aA	75 aA
CO0	18 aA	22 aA	7,2 aA	75 abA
COP	19 aA	22 aA	7,2 aA	83 aA
AL0	17 aA	21 aA	6,4 abA	69 bB
ALP	17 abA	23 aA	6,0 bA	85 aA
CV (%)	7	6	4	8

CT0: Controle s/ P, CTP: controle c/P, ET0: *Clariodeoglossomus etunicatus* s/P, ETP: *Clariodeoglossomus etunicatus* c/P, MO0: *Acaulospora morrowiae* s/P, MOP: *Acaulospora morrowiae* c/P, CO0: *Acaulospora colombiana* s/P, COP: *Acaulospora colombiana* c/P, AL0: *Gigaspora albida* s/P, ALP: *Gigaspora albida* c/P. Letras minúsculas na coluna representam o efeito de FMA e letras maiúsculas na coluna representam o efeito de P. CV: Coeficiente de variação. Média de 4 repetições. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

A colonização por FMA em raiz de cebola em solo franco argiloso siltoso foi de 44% no o controle (CT). O tratamento CO apresentou colonização de raiz igual a 26% inferior ao CT. Não houve tratamento em que a média superasse o CT (Tabela 11), resultado também descrito por Karanika et al. (2008) que relataram pouca influência no aumento da colonização por FMA em raiz por adição de adubação fosfatada. Silva et al. (2017) encontraram taxa de colonização de raiz de milho entre 10% e 18%, considerada baixa, mas com efeito na produtividade, levando a concluir que a baixa taxa de colonização por FMA pode não ter relação direta com a produtividade, sendo a afinidade entre o simbionte e hospedeiro um acontecimento de maior relevância. Em solo argiloso (Tabela 13) a colonização de raiz de cebola por FMA foi de 43% no tratamento CT0, e aumentou para 64% com adição de P no tratamento CTP. Nos demais tratamentos, a adição de P não alterou significativamente a colonização de raiz de cebola. No solo franco arenoso a colonização de raiz de cebola apresentou média de 43% para o tratamento CT0, sendo superior a média do tratamento CTP (30%) e AL0 (28%). Os demais tratamentos apresentaram médias semelhantes ao CT0 (Tabela 13).

Tabela 13 - Colonização de raiz e Mg disponível no solo após cultivo de cebola (*Allium cepa*) Crioula Alto Vale cultivada em casa de vegetação em 2013, com inóculos de FMA e dose de P igual a 0 e 120 kg ha<sup>-1</sup> na interação entre FMA e P em solos de diferentes texturas

Tratamento	Colonização de raiz (%)		Mg no solo (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )
	Textura do solo		
	argiloso	franco arenoso	Argiloso
CT0	43 bB	43 aA	6,7 aA
CTP	64 aA	30 aB	6,8 abA
ET0	52 bA	42 abA	5,6 bB
ETP	54 abA	33 aA	7,1 aA
MO0	54 bA	34 abA	7,0 aA
MOP	47 bA	32 aA	7,2 aA
CO0	54 bA	31 abA	7,2 aA
COP	49 abA	28 aA	7,2 aA
AL0	74 aA	28 bB	6,4 abA
ALP	60 abB	40 aA	6,0 bA
CV (%)	14	20	4

CT0: Controle s/ P, CTP: controle c/P, ET0: *Clariodeoglossomus etunicatus* s/P, ETP: *Clariodeoglossomus etunicatus* c/P, MO0: *Acaulospora morrowiae* s/P, MOP: *Acaulospora morrowiae* c/P, CO0: *Acaulospora colombiana* s/P, COP: *Acaulospora colombiana* c/P, AL0: *Gigaspora albida* s/P, ALP: *Gigaspora albida* c/P. Letras minúsculas na coluna representam o efeito de FMA e letras maiúsculas na coluna representam o efeito de P. CV: Coeficiente de variação. Média de 4 repetições. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

### 6.1.1 Conclusões para experimento em casa de vegetação 2013

A presença dos FMA *Clariodeoglossomus etunicatus* e *Acaulospora colombiana* em solo franco arenoso sem adição fosfatada produzem estado nutricional relativos a P, Mg e K em bulbo de cebola semelhantes a de cebola sem FMA que recebe adubação fosfatada.

O FMA *Clariodeoglossomus etunicatus* sem adição de P, é o que mais produz teores nutricionais em bulbo de cebola semelhante ao controle sem FMA com adição de adubação fosfatada nos três solos testados.

## 6.2 EXPERIMENTO REALIZADO A CAMPO EM DOIS SOLOS DE DIFERENTES TEXTURAS EM 2014

O teor de Ca no tecido foliar da parte aérea em experimento realizado em solo franco argiloso siltoso apresentou média de 26 g kg<sup>-1</sup> no tratamento CT0. O tratamento ET0 (24 g kg<sup>-1</sup>) apresentou média inferior ao CT0. A interação entre FMA de *Clariodeoglossomus etunicatus* e adição de P foi positiva, como pode ser verificada no tratamento ETP (32 g kg<sup>-1</sup>). O tratamento contendo o FMA *Rhizophagus clarus* ao receber adição de P apresentou menor concentração de Ca (16 g kg<sup>-1</sup>) no tecido foliar de cebola em relação tratamento ao CL0 (26 g



kg<sup>-1</sup>). Nenhum tratamento apresentou média superior ao CT0 (Tabela 14). No solo argiloso o teor de Ca no tecido foliar apresentou média de 26 g kg<sup>-1</sup> no tratamento CT, sendo que nenhum tratamento superou essa média, mas os tratamentos ET e CO apresentaram médias inferiores ao CT. A adição de P contribuiu para a elevação da média do teor de Ca no tecido foliar (Tabela 15).

Tabela 14 – Concentração Ca, N, Mg e P no tecido foliar da parte aérea da massa seca de cebola (*Allium cepa*) Bola Precoce cultivada a campo em 2014, com inóculos de FMA e dose de P igual a 0 e 120 kg ha<sup>-1</sup> na interação entre FMA e P em solos de diferentes texturas

Tratamento	Ca (g kg <sup>-1</sup> )	N (g kg <sup>-1</sup> )	Mg (g kg <sup>-1</sup> )		P (g kg <sup>-1</sup> )
	Textura do solo				
	franco argiloso siltoso	franco argilosos siltoso	franco siltoso argiloso	argiloso	franco siltoso argiloso
CT0	26 abA	29 abA	6,9 aA	6,0 aA	3,0 abcA
CTP	18 cdB	29 aA	3,1 dB	6,0 aA	2,4 abB
ET0	24 abB	35 abA	5,2 abcA	3,0 bB	3,8 aA
ETP	32 aA	30 aA	5,9 abA	5,0 bcA	3,0 aB
MO0	18 bA	35 abA	3,6 cA	4,0 bA	2,3 dA
MOP	21 bcdA	30 aA	3,8 cdA	4,0 cA	2,7 abA
CO0	24 abA	36 aA	3,4 cA	3,0 bB	3,6 abA
COP	21 bcdA	35 aA	4,0 bcdA	5,0 bcA	3,0 aB
AL0	27 aA	35 abA	5,8 abA	3,0 bB	3,4 abcA
ALP	27 abA	30 aA	6,4 aA	5,0 bcA	2,2 abB
CL0	25 abA	23 bB	4,9 bcA	4,0 bB	2,6 cdA
CLP	16 dB	37 aA	5,1 abcA	5,0 abcA	2,7 abA
MI0	21 abA	34 abA	4,2 bcA	5,0 aA	2,9 bcdA
MIP	25 abcA	29 aA	4,5 bcdA	6,0 abA	2,0 bB
CV (%)	13	15	15	10	11

CT0: Controle s/ P, CTP: controle c/P, ET0: *Clariodeoglossum etunicatus* s/P, ETP: *Clariodeoglossum etunicatus* c/P, MO0: *Acaulospora morrowiae* s/P, MOP: *Acaulospora morrowiae* c/P, CO0: *Acaulospora colombiana* s/P, COP: *Acaulospora colombiana* c/P, AL0: *Gigaspora albida* s/P, ALP: *Gigaspora albida* c/P, CL0: *Rhizophagus clarus* s/P, CLP: *Rhizophagus clarus* c/P, MI0: Misto dos inóculos s/P, MIP: Misto dos inóculos c/P. Letras minúsculas na coluna representam o efeito de FMA e letras maiúsculas na coluna representam o efeito de P. CV: Coeficiente de variação. Média de 3 repetições. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

O teor de Mg no tecido foliar da parte aérea de cebola apresentou média de 6,9 g kg<sup>-1</sup> no tratamento CT0 em solo franco argiloso siltoso que foi semelhante aos demais tratamentos. Os tratamentos com a presença de FMA *Acaulospora morrowiae*, *Acaulospora colombiana* e Misto dos FMA apresentaram menor concentração de Mg no tecido foliar de cebola com e sem adição de P (Tabela 14). Em solo argiloso o teor de Mg no tecido foliar de cebola apresentou média de 6,0 g kg<sup>-1</sup> para o tratamento CT0 sendo semelhante aos tratamentos

MO0, MIO e MIP. Todos os demais tratamentos apresentaram médias inferiores ao CT (Tabela 14).

O teor de N no tecido foliar apresentou média de 29 g kg<sup>-1</sup> no tratamento CT0 no experimento em solo franco argiloso siltoso, com exceção do tratamento CL0 que apresentou média inferior igual a 23 g kg<sup>-1</sup>, todos os demais tratamentos foram semelhantes (Tabela 14). No solo de argiloso o teor de N no tecido foliar teve média de 32 g kg<sup>-1</sup> para o tratamento CT com os demais tratamentos apresentando médias semelhantes. A adição de P não influenciou o teor de N no tecido foliar da cebola (Tabela 15).

Tabela 15 – Concentração de P, Ca e N no tecido foliar da parte aérea de cebola (*Allium cepa*) cultivada a campo em 2014, com inóculos de FMA e dose de P igual a 0 e 120 kg ha<sup>-1</sup> em solos de diferentes texturas

Tratamento	P (g kg <sup>-1</sup> )	Ca (g kg <sup>-1</sup> )	N (g kg <sup>-1</sup> )
	Textura do solo		
	Argiloso	argiloso	Argiloso
CT	3,5 a	26 a	32 ns
ET	3,5 a	19 bc	30
MO	3,1 ab	25 abc	36
CO	3,1 ab	19 c	36
AL	2,9 b	22 abc	31
CL	3,0 ab	24 abc	33
MI	3,2 ab	25 ab	32
I0	3,2 A	20 B	34 A
IP	3,1 A	25 A	32 A
CV (%)	9	13	12

CT: Controle, ET: *Clariodeoglossum etunicatus*, MO: *Acaulospora morrowiae*, CO: *Acaulospora colombiana*, AL: *Gigaspora albida*, CL: *Rhizophagus clarus*, MI: Misto dos inóculos, I0: média dos tratamentos s/P, IP: média dos tratamentos c/P. CV: Coeficiente de variação. Letras minúsculas na coluna indicam efeito de FMA, letras maiúsculas na coluna indicam o efeito de P. ns: não significativo. Média de 3 repetições. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

No solo franco argiloso siltoso o teor médio de P no tecido foliar da parte aérea de cebola foi de 2,8 g kg<sup>-1</sup>, com o tratamento CT0 apresentando média de 3,0 g kg<sup>-1</sup>. Com exceção do tratamento MO0 que continha o FMA *Acaulospora morrowiae* sem adição de P, todos os demais que não receberam adição de P apresentaram teor de P no tecido foliar da parte aérea de cebola semelhante ao CT0 (Tabela 14). No solo argiloso o teor de P no tecido foliar apresentou média de 3,5 g kg<sup>-1</sup> para o tratamento CT, com exceção do tratamento AL (2,9 g kg<sup>-1</sup>) com média inferior, todos os demais tratamentos não diferiram da média de CT (Tabela 15). Os teores de nutrientes em resposta aos FMA podem variar em diferentes plantas hospedeiras, conforme resultados por Cely et al. (2016) que encontraram resultados de N e P na parte aérea de cebola superior ao de soja e algodão que receberam inóculos de *Rhizophagus clarus* em relação aos tratamentos que não receberam.

Tabela 16 – Colonização de raiz, concentração de Ca e Mg em massa seca de bulbo de cebola (*Allium cepa*) Bola Precoce cultivada a campo em 2014, com inóculos de FMA e dose de P igual a 0 e 120 kg ha<sup>-1</sup> na interação entre FMA e P em solos de diferentes texturas

Tratamento	Colonização de raiz (%)	Ca (g kg <sup>-1</sup> )	Mg (g kg <sup>-1</sup> )
	Textura do solo		
	franco argiloso siltoso	argiloso	Argiloso
CT0	52 aA	10 bcB	2,6 cB
CTP	50 abA	13 bA	3,7 bA
ET0	37 aB	13 abcB	4,0 abB
ETP	54 aA	17 aA	6,5 aA
MO0	36 aA	9 cB	2,7 bcB
MOP	45 abA	14 abA	4,2 ba
CO0	43 aA	14 abA	4,4 aA
COP	48 abA	13 abA	3,7 bA
AL0	41 aA	12 abcB	3,6 abcB
ALP	48 abA	15 abA	4,6 bA
CL0	50 aA	16 aA	4,6 aA
CLP	34 bB	14 abA	4,2 bA
MI0	43 aA	13 abcA	4,7 aA
MIP	47 abA	13 bA	3,3 bB
CV (%)	16	11	12

CT0: Controle s/P, CTP: controle c/P, ET0: *Clariodeoglossus etunicatus* s/P, ETP: *Clariodeoglossus etunicatus* c/P, MO0: *Acaulospora morrowiae* s/P, MOP: *Acaulospora morrowiae* c/P, CO0: *Acaulospora colombiana* s/P, COP: *Acaulospora colombiana* c/P, AL0: *Gigaspora albida* s/P, ALP: *Gigaspora albida* c/P, CL0: *Rhizophagus clarus* s/P, CLP: *Rhizophagus clarus* c/P, MI0: Misto dos inóculos s/P, MIP: Misto dos inóculos c/P. Letras minúsculas na coluna representam o efeito de FMA e letras maiúsculas na coluna representam o efeito de P. . CV: Coeficiente de variação. Média de 3 repetições. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%..

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

O teor de Ca em bulbo de cebola cultivada em solo de textura média apresentou média de 26 g kg<sup>-1</sup>, apenas com o tratamento CO com média apresentando-se inferior ao controle (Tabela 17). Em solo argiloso a média para o tratamento CTP foi de 13 g kg<sup>-1</sup>, média semelhante obtida pelos tratamentos CO0, AL0, CL0 e MI0 que não receberam adição de dose de P, indicando sua capacidade de suprir de Ca o bulbo da cebola em solo sob as condições deste experimento (Tabela 16).

Os teores médios de Mg no bulbo de cebola em experimento conduzido em solo franco argiloso siltoso não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 17). Em solo de textura argilosa houve interação entre FMA e dose de P. O tratamento CT0 apresentou média de 2,6 g kg<sup>-1</sup>, sendo que o mesmo controle ao receber adição de P (CTP) apresentou elevação na média de Mg no bulbo (3,7 g kg<sup>-1</sup>), comportamento semelhante obtiveram os tratamentos contendo os FMA *Clariodeoglossus etunicatus*, *Acaulospora morrowiae*, *Gigaspora albida* e Misto de FMA, quando adicionado de P (Tabela 16).

Tabela 17 – Concentração de Ca, Mg e N na massa seca em bulbo de cebola (*Allium cepa*) Bola Precoce cultivada a campo em 2014, com inóculos de FMA e dose de P igual a 0 e 120 kg ha<sup>-1</sup> em solos de diferentes texturas

Tratamento	Ca (g kg <sup>-1</sup> )	Mg (g kg <sup>-1</sup> )	N (g kg <sup>-1</sup> )	
	Textura do solo			
	franco argiloso siltoso	franco argiloso siltoso	franco argiloso siltoso	Argiloso
CT	26 a	3,9 ns	29 ns	25 ns
ET	22 ab	3,5	25	29
MO	22 ab	4,4	30	26
CO	19 b	4,4	24	23
AL	23 ab	4,2	26	27
CL	21 ab	3,4	25	25
MI	22 ab	3,1	29	25
IO	23 A	3,7 A	26 A	26 A
IP	22 A	4,0 A	27 A	26 A
CV (%)	14	9	16	11

CT: Controle, ET: *Clariodeoglossum etunicatus*, MO: *Acaulospora morrowiae*, CO: *Acaulospora colombiana* AL: *Gigaspora albida*, CL: *Rhizophagus clarus*, MI: Misto dos inóculos, IO: média dos tratamentos s/P, IP: média dos tratamentos c/P. CV: Coeficiente de variação. Letras minúsculas na coluna indicam efeito de FMA, letras maiúsculas na coluna indicam o efeito de P. ns: não significativo. Média de 3 repetições. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

O teor de N em bulbo de cebola apresentou média de 29 g kg<sup>-1</sup> e 25 g kg<sup>-1</sup> para o tratamento CT em solo de textura média e argilosa respectivamente, semelhantes aos demais tratamentos (Tabela 17).

O teor médio de P no bulbo de cebola foi de 3,4 g kg<sup>-1</sup> para o tratamento CT em solo franco argiloso siltoso, sem diferença significativa entre os tratamentos, mas a adição de P elevou a média de P nos bulbos de cebola (Tabela 18). Em solo argiloso o teor de P no bulbo de cebola apresentou média de 2,0 g kg<sup>-1</sup> para o tratamento CT. Os tratamentos ET e AL (3,5 e 2,9 g kg<sup>-1</sup>) apresentaram médias superiores e os demais tratamentos não diferiram de CT (Tabela 18).

A produtividade de cebola apresentou média de 33 t ha<sup>-1</sup> de bulbos totais em solo franco argiloso siltoso semelhante aos demais tratamentos. Os tratamentos não apresentaram efeito simples dos inóculos de FMA em relação ao controle (CT). A média de produtividade sofreu aumento em 8% pela adição de P (Tabela 18). Bettoni et al. (2017), ao inocularem cebola com FMA *Rhizophagus intraradices* observaram maior produção de massa de cebola em relação ao tratamento não inoculado. Essa divergência de resultado entre os experimentos pode ser em função de que o trabalho de Bettoni et al. (2017) foi conduzido com substrato esterilizado (isento de outros inóculos) e aqui o experimento foi a campo, contando com inóculos nativos. Em solo argiloso a produtividade de cebola apresentou média de 39,4 t ha<sup>-1</sup>

de bulbos totais para o tratamento CT. Os tratamentos CO, CL e MI apresentaram médias semelhantes (34,5; 32,9; e 35,8 t ha<sup>-1</sup> respectivamente) ao CT. Os tratamentos ET, MO e AL apresentaram produtividade inferior ao CT. Ainda neste experimento verifica-se que a adição de P elevou a média de produtividade de cebola, contudo, os tratamentos que receberam inóculos de FMA não apresentaram efeito positivo na produtividade em relação ao CT (Tabela 18).

Tabela 18 – Concentração de P na massa seca em bulbo, produtividade (massa fresca de bulbo total) e colonização de raiz em cebola (*Allium cepa*) Bola Precoce cultivada a campo em 2014, com inóculos de FMA e dose de P igual a 0 e 120 kg ha<sup>-1</sup> em solos de diferentes texturas

Tratamento	P (g kg <sup>-1</sup> ) em bulbo		Produtividade (t ha <sup>-1</sup> )		Colonização de raiz (%)
			Textura do solo		
	franco argiloso siltoso	argiloso	franco argiloso siltoso	argiloso	Argiloso
CT	3,4 a	2,0 c	29,5 a	39,4 a	49 ab
ET	3,6 a	3,5 a	32,8 a	27,0 cd	33 b
MO	3,5 a	2,7 abc	31,3 a	28,1 bcd	45 ab
CO	2,0 b	2,3 bc	35,0 a	34,5 abc	45 ab
AL	2,9 ab	2,9 ab	34,3 a	23,7 d	45 ab
CL	3,1 a	2,6 bc	35,5 a	32,9 abc	46 ab
MI	2,8 ab	2,6 bc	33,6 a	35,8 ab	52 a
I0	2,8 B	2,6 A	31,7 B	29,0 B	48 A
IP	3,3 A	2,7 A	34,5 A	34,3 A	42 A
CV (%)	16	17	11	14	21

CT: Controle, ET: *Clariodeoglopus etunicatus*, MO: *Acaulospora morrowiae*, CO: *Acaulospora colombiana* AL: *Gigaspora albida*, CL: *Rhizophagus clarus*, MI: Misto dos inóculos, I0: média dos tratamentos s/P, IP: média dos tratamentos c/P. CV: Coeficiente de variação. Letras minúsculas na coluna indicam efeito de FMA, letras maiúsculas na coluna indicam o efeito de P. Média de 3 repetições. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

A colonização de raiz de cebola por FMA apresentou interação entre FMA e adição de P em solo de franco argiloso siltoso (Tabela 16). O tratamento CT0 apresentou média de 52%. O tratamento ET0 apresentou média inferior (37%) indicando que na ausência de adição de P ao solo, o efeito do inóculo contendo *Clariodeoglopus etunicatus* na colonização é negativo em relação ao CT0. O tratamento CLP apresentou colonização inferior (34%) ao CT0, onde a interação entre o FMA *Rhizophagus clarus* e a adição de P teve efeito negativo na colonização de raiz de cebola em relação ao CT0. Aqui não se observou tratamento com média superior ao CT0, o que está de acordo com dados encontrados por Bruce et al. (1994) que ao comparar colonização de raiz de pepino identificaram 70% e 20% de colonização (sem e com adição de P respectivamente) ao inocular com *Glomus intrarradices*. Isso pode ser um

indicativo de que nesse experimento a campo com um solo que apresentava  $27 \text{ mg kg}^{-1}$  de P disponível, ao receber dose equivalente a  $120 \text{ kg}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  por ocasião da adubação de reposição houve limitação na colonização por FMA.

Quando comparada a ausência de diferença de produtividade (massa fresca total de bulbo de cebola) entre os tratamentos deste experimento, pode levar ao entendimento de que alta sensibilidade a micorrização pode não significar necessariamente alta dependência micorrízica (KLIRONOMOS, 2003). Em solo argiloso a colonização de raiz de cebola apresentou média de 49% para o tratamento controle, que foi semelhante aos demais tratamentos. A adição de P não afetou a colonização das raízes (Tabela 18), resultado que está de acordo com o trabalho desenvolvido por Gosling et al. (2013) que não encontraram redução na colonização de soja com a elevação de doses de P, evidenciando que a colonização por FMA respondeu mais fortemente à espécie hospedeira do às doses de P.

### **6.2.1 Conclusões para experimento a campo em solo de textura média e argilosa - 2014**

A adição dos FMA no solo franco argiloso siltoso não altera a produtividade de cebola.

A adição dos FMA *Clariodeoglossus etunicatus*, *Acaulospora morrowiae* e *Gigaspora albida*, em solo de argiloso, tem efeito negativo na produtividade de cebola em relação ao controle.

A adição de P eleva a média de produtividade de cebola tanto em solo franco argiloso siltoso quanto em argiloso.

A adição de *Clariodeoglossus etunicatus* e Misto de FMA sem adição de P resultam em teores de Ca e P no tecido foliar de cebola semelhante aos teores destes mesmos nutrientes quando adicionado P sem FMA no cultivo de cebola.

A adição em cultivo de cebola em solo argiloso de *Clariodeoglossus etunicatus*, *Acaulospora colombiana*, *Rhizophagus clarus* e Misto dos inóculos sem adição de P, resulta em teores de Ca e Mg em bulbo de cebola semelhante aos teores destes nutrientes quando o cultivo de cebola recebe P sem estes FMA citados.

### 6.3 EXPERIMENTO REALIZADO EM CASA DE VEGETAÇÃO EM SOLOS DE DIFERENTES TEXTURAS - 2015

O diâmetro do tecido foliar da parte aérea de cebola em solo franco argiloso siltoso para o tratamento CT apresentou média de 9,7 mm semelhante aos demais tratamentos (Tabela 19), exceto o tratamento CL que apresentou média de diâmetro menor (7,9 mm). Em solo argiloso a média para o tratamento CT foi de 8,8 mm e 7,6 mm em solo de franco arenoso. Com exceção do tratamento CL em solo franco argiloso siltoso, nos demais não houve efeito de FMA.

O comprimento do tecido foliar da parte aérea de cebola em solo franco argiloso siltoso (Tabela 19) apresentou para o tratamento CT média de 53,6 cm. Nenhum tratamento foi superior, mas o tratamento MI apresentou média inferior (43,3 cm). Em solo argiloso o comprimento para o tratamento CT foi de 43,6 cm e em solo franco arenoso foi de 41,5 cm, em ambos os solos não houve efeito de FMA e de adição de P (Tabela 19).

Tabela 19 - Diâmetro e comprimento de tecido foliar da parte aérea de cebola (*Allium cepa*) Bola Precoce cultivada em casa de vegetação em 2015, com inóculos de FMA e dose de P igual a 0 e 120 kg ha<sup>-1</sup> em solos de diferentes texturas

Tratamento	Diâmetro de folha (mm)			Comprimento de folha (cm)		
	Textura do solo					
	franco argiloso siltoso	Argiloso	franco arenoso	franco argiloso siltoso	argiloso	franco arenoso
CT	9,7 ab	8,8 ns	7,6 ns	53,6 a	43,6 ns	41,5 ns
ET	10,6 a	9,2	9,2	52,8 ab	43,5	49,1
MO	8,7 ab	8,9	8,4	49,0 ab	46,5	43,5
CO	8,9 ab	8,6	8,0	43,5 ab	43,6	42,1
AL	9,4 ab	8,9	7,9	49,6 ab	48,1	40,1
CL	7,9 b	8,6	8,1	45,0 ab	43,3	47,5
MI	9,0 ab	7,8	7,4	43,3 b	43,3	41,6
I0	9,3 A	9,1 A	8,4 A	47,7 A	43,4 A	42,4 A
IP	9,0 A	8,2 B	7,8 A	48,5 A	45,7 A	44,9 A
CV (%)	13	15	13	11	11	11

CT: Controle, ET: *Clariodeoglossus etunicatus*, MO: *Acaulospora morrowiae*, CO: *Acaulospora colombiana* AL: *Gigaspora albida*, CL: *Rhizophagus clarus*, MI: Misto dos inóculos, I0: média dos tratamentos s/P, IP: média dos tratamentos c/P. CV: Coeficiente de variação. Letras minúsculas na coluna indicam efeito de FMA, letras maiúsculas na coluna indicam o efeito de P. ns: não significativo. Média de 3 repetições. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

A massa seca do tecido foliar da parte aérea de cebola do tratamento controle (CT) não apresentou diferença em relação aos demais tratamentos tanto para efeito simples do inóculo de FMA quanto para dose de P nos experimentos realizados em solos de franco argiloso siltoso e argiloso (Tabela 20) A semelhança entre os tratamentos pode ter sido em função de

sua realização em solo não esterilizado, onde as diferenças podem ser mais discretas que num experimento onde a esterilização garante a presença de um único inóculo de FMA, o que pode explicar diferentes dados publicados por Silva et al. (2017), que encontraram maior massa seca do tecido foliar ao inocularem as mudas de tomate com FMA *Rhizophagus clarus* aplicado a um substrato de areia e vermiculita previamente esterilizado. Em solo arenoso a média para o tratamento CT foi de 0,7 g que também foi semelhante aos demais tratamentos (Tabela 20).

Tabela 20 - Massa seca e Ca no tecido foliar da parte aérea em massa seca de cebola (*Allium cepa*) Bola Precoce cultivada em casa de vegetação em 2015, com inóculos de FMA e dose de P igual a 0 e 120 kg ha<sup>-1</sup> em solos de diferentes texturas

Tratamento	Massa seca do tecido foliar (g)			Ca (g kg <sup>-1</sup> )	N (g kg <sup>-1</sup> )	
	Textura do solo					
	franco argiloso siltoso	argiloso	Arenoso	argiloso	argiloso	arenoso
CT	1,1 ns	1,1 ns	0,7 abc	26 a	30 ns	31 a
ET	1,2	1,3	0,6 bc	19 bcb	28	24 c
MO	1,1	0,9	0,6 abc	24 abc	33	34 a
CO	1,0	1,0	0,5 bc	19 c	33	34 a
AL	1,1	1,0	0,8 a	22 bc	29	30 ab
CL	0,9	1,0	0,7 ab	24 abc	30	27 bc
MI	1,1	0,9	0,5 c	25 ab	30	30 ab
IO	1,1 A	1,1 A	0,7 A	20 B	31 A	29 A
IP	1,1 A	1,0 A	0,6 A	25 A	30 A	31 A
CV (%)	27	26	19	13	12	11

CT: Controle, ET: *Clariodeoglossum etunicatus*, MO: *Acaulospora morrowiae*, CO: *Acaulospora colombiana* AL: *Gigaspora albida*, CL: *Rhizophagus clarus*, MI: Misto dos inóculos, IO: média dos tratamentos s/P, IP: média dos tratamentos c/P. CV: Coeficiente de variação. Letras minúsculas na coluna indicam efeito de FMA, letras maiúsculas na coluna indicam o efeito de P. ns: não significativo. Média de 3 repetições. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

O teor de Ca em solo franco argiloso siltoso no tecido foliar da parte aérea de cebola apresentou interação entre FMA e dose de P. A testemunha (CT0) não foi superada pelos demais tratamentos (26 g kg<sup>-1</sup>). Os tratamentos MO0, MOP, COP e CLP indicam que a presença dos FMA *Acaulospora morrowiae* com adição e sem adição de P, *Acaulospora colombiana* e *Rhizophagus clarus* com adição de P produzem menor concentração de Ca no tecido foliar de cebola em relação ao CT0 (Tabela 21). Em solo de argiloso não houve interação entre FMA e adição de P, a média do tratamento CT foi de 26 g kg<sup>-1</sup>, superior aos tratamentos ET, CO e AL. Não houve tratamentos com médias superiores ao CT. A média do teor de Ca no tecido foliar foi elevada pela adição de P (Tabela 20). Em solo de franco arenoso a maior média apresentada para Ca no tecido foliar foi no tratamento MO0 (30 g kg<sup>-1</sup>



<sup>1</sup>), superior ao tratamento CTP com 20 g kg<sup>-1</sup> indicando que o FMA *Acaulospora morrowiae* mesmo não recebendo P consegue superar o controle no teor de Ca no tecido foliar de cebola (Tabela 21).

No experimento em solo franco argiloso siltoso o tratamento CTP apresentou média de 28 g kg<sup>-1</sup> de N no tecido foliar de cebola superior ao tratamento CL0 com média de 22 g kg<sup>-1</sup>. Com exceção deste último, todos os demais tratamentos que não receberam dose de P atingiram médias semelhantes ao tratamento controle que recebeu P (Tabela 21). Em solo argiloso não houve interação entre FMA e adição de P, as médias foram semelhantes (Tabela 20). Em solo de franco arenoso o teor médio de N no tecido foliar de cebola foi de 31 g kg<sup>-1</sup> para o tratamento CT, superior aos tratamentos ET e CL com média de 24 g kg<sup>-1</sup> e 27 g kg<sup>-1</sup>, indicando que presença de FMA *Clariodeoglossus etunicatus*, *Rhizophagus clarus* em solo franco arenoso tem efeito negativo em relação ao controle para o teor de N no estado nutricional do tecido foliar de cebola (Tabela 20).

Tabela 21 – Concentração de Ca, N e P no tecido foliar da parte aérea em massa seca de cebola (*Allium cepa*) Bola Precoce cultivada em casa de vegetação em 2015, com inóculos de FMA e dose de P igual a 0 e 120 kg ha<sup>-1</sup> na interação entre FMA e P em solos de diferentes texturas

Tratamento	Ca (g kg <sup>-1</sup> )		N (g kg <sup>-1</sup> )		P (g kg <sup>-1</sup> )	
	Textura do solo					
	média	arenosa	média	média	arenosa	
CT0	26 aA	20 bA	28 abA	2,4 abcdA	2,6 bcA	
CTP	16 bcB	20 bA	28 aA	1,9 abB	3,2 aA	
ET0	22 abB	23 abA	34 abA	3,0 aA	2,0 cA	
ETP	29 aA	19 bA	30 aA	2,4 aB	2,3 abA	
MO0	17 bA	30 aA	34 abA	1,8 dA	3,5 abA	
MOP	19 bcA	25 abB	29 aA	2,1 abA	3,1 abA	
CO0	26 aA	24 abA	35 aA	2,9 abA	3,5 abA	
COP	16 bcB	22 abA	34 aA	2,4 aB	2,5 abB	
AL0	24 abA	24 abA	34 aA	2,7 abcA	3,8 aA	
ALP	24 abA	29 aA	29 aA	1,8 abB	2,0 bB	
CL0	23 abA	21 bA	22 bB	2,1 cdA	2,7 bcA	
CLP	15 cB	26 abA	36 aA	2,1 abA	2,3 abA	
MI0	19 abA	20 bA	33 abA	2,3 bcdA	3,1 abA	
MIP	22 abcA	20 bA	28 aA	1,6 bB	2,0 bB	
CV (%)	15	14	14	11	15	

CT0: Controle s/ P, CTP: controle c/P, ET0: *Clariodeoglossus etunicatus* s/P, ETP: *Clariodeoglossus etunicatus* c/P, MO0: *Acaulospora morrowiae* s/P, MOP: *Acaulospora morrowiae* c/P, CO0: *Acaulospora colombiana* s/P, COP: *Acaulospora colombiana* c/P, AL0: *Gigaspora albida* s/P, ALP: *Gigaspora albida* c/P, CL0: *Rhizophagus clarus* s/P, CLP: *Rhizophagus clarus* c/P, MI0: Misto dos inóculos s/P, MIP: Misto dos inóculos c/P. Letras minúsculas na coluna representam o efeito de FMA e letras maiúsculas na coluna representam o efeito de P. CV: Coeficiente de variação. Média de 3 repetições. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%..

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

O teor médio de P no tecido foliar de cebola cultivada em solo franco argiloso siltoso apresentou para o tratamento CTP média de  $1,9 \text{ g kg}^{-1}$ . Houve interação entre FMA e dose de P, sendo que os tratamentos ET0, CO0, AL0, CL0 e MI0 apresentaram média superior de P no tecido foliar de cebola em relação ao tratamento CTP (Tabela 21), indicando que nas condições deste solo há por parte destes FMA boa capacidade de nutrição na ausência de adubação fosfatada. Em solo de argiloso o teor médio de P no tecido foliar da parte aérea de cebola foi de  $4,0 \text{ g kg}^{-1}$  para o tratamento CT, a inoculação com os FMA *Acaulospora colombiana*, *Gigaspora albida* e *Rhizophagus clarus* reduziu o teor de P em tecido foliar de cebola cultivada nesta textura de solo (Tabela 22), apresentando teores de P inferiores ao tratamento controle. Em trabalho realizado por Lermen et al. (2017) em solo esterilizado após a adição de *Rhizophagus clarus*, o teor de P na parte aérea de *Lippia alba* foi superior ao controle, essa variação nos resultados entre os trabalhos possivelmente deveu-se a efeito prioritário ocorrido em solo argiloso, pois em solo esterilizado a única ordem de chegada de FMA foi de *Rhizophagus clarus*, enquanto que este solo argiloso não foi esterilizado e portanto, o FMA introduzido teve que competir com FMA nativos já estabelecidos, o que poderia ser uma possível explicação para o teor de P no tratamento CL ( $3,3 \text{ g kg}^{-1}$ ) ficar abaixo do tratamento CT com  $4,0 \text{ g kg}^{-1}$  (Tabela 22). Em solo franco arenoso o teor de P médio apresentado pelo tratamento CT0 foi de  $2,6 \text{ g kg}^{-1}$  (Tabela 21), superada pela média do tratamento CTP ( $3,2 \text{ g kg}^{-1}$ ) e AL0 ( $3,8 \text{ g kg}^{-1}$ ). A interação entre FMA e adição de P nos tratamentos COP ( $2,5 \text{ g kg}^{-1}$ ), ALP ( $2,0 \text{ g kg}^{-1}$ ) e MIP ( $2,0 \text{ g kg}^{-1}$ ) produziu menor teor de P no tecido foliar de cebola. Diante dos resultados que alguns tratamentos com inóculos de FMA apresentaram médias inferiores diante da adição de P, Mackay et al (2017) encontraram maiores teores de P no tecido foliar de trigo para os tratamentos que receberam fonte de P e inoculação com *Rhizophagus irregularis*. No entanto há de se considerar que o solo utilizado pelos referidos autores tinha disponibilidade de  $10,5 \text{ mg kg}^{-1}$  de P, enquanto o solo franco arenoso deste experimento apresentou teor de  $260 \text{ mg kg}^{-1}$  de P, o que talvez possa inibir a contribuição dos FMA para o acúmulo de P no tecido foliar de cebola.

Tabela 22 – Concentração de Mg e P no tecido foliar da parte aérea em massa seca de cebola (*Allium cepa*) Bola Precoce cultivada em casa de vegetação em 2015, com inóculos de FMA e dose de P igual a 0 e 120 kg ha<sup>-1</sup> em solos de diferentes texturas

Tratamento	Mg (g kg <sup>-1</sup> )		P (g kg <sup>-1</sup> )	
	Textura do solo			
	franco argilosos siltoso		argiloso	
CT	6,1 abc		4,0 a	
ET	6,9 ab		3,8 ab	
MO	4,6 c		3,4 ab	
CO	4,6 c		3,1 b	
AL	7,5 a		3,1 b	
CL	6,2 abc		3,3 b	
MI	5,4 bc		3,5 ab	
I0	6,0 A		3,5 A	
IP	5,8 A		3,3 A	
CV (%)	15		11	

CT: Controle, ET: *Clariodeoglossum etunicatus*, MO: *Acaulospora morrowiae*, CO: *Acaulospora colombiana*, AL: *Gigaspora albida*, CL: *Rhizophagus clarus*, MI: Misto dos inóculos, I0: média dos tratamentos s/P, IP: média dos tratamentos c/P. CV: Coeficiente de variação. Letras minúsculas na coluna indicam efeito de FMA, letras maiúsculas na coluna indicam o efeito de P. Média de 3 repetições. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Tabela 23 – Concentração em massa seca de Mg no tecido foliar da parte aérea e P em bulbo de cebola (*Allium cepa*) Bola cultivada em casa de vegetação em 2015, com inóculos de FMA e dose de P igual a 0 e 120 kg ha<sup>-1</sup> na interação entre FMA e P em solos de diferentes texturas

Tratamento	Mg no tecido foliar (g kg <sup>-1</sup> )		P em bulbo (g kg <sup>-1</sup> )	
	Textura do solo			
	Argilosa	arenosa	arenosa	
CT0	6,5 aA	4,9 abA	2,8 bcA	
CTP	7,0 aA	3,6 aB	2,4 bA	
ET0	3,3 bB	5,2 abA	3,7 abcA	
ETP	5,4 bcA	3,3 aB	2,9 bB	
MO0	4,5 bA	5,6 aA	3,0 abcB	
MOP	4,4 cA	4,7 aA	4,3 aA	
CO0	3,9 bB	4,0 bA	3,9 abA	
COP	5,4 abcA	4,2 aA	4,2 aA	
AL0	4,1 bB	4,1 abA	4,0 aA	
ALP	5,4 abcA	4,1 aA	3,1 abB	
CL0	4,5 bB	4,0 abA	2,6 cA	
CLP	5,6 abcA	4,8 aA	2,8 bA	
MI0	6,2 aA	3,7 ba	2,8 bcA	
MIP	6,6 abA	4,2 aA	3,3 abA	
CV (%)	11	14	14	

CT0: Controle s/ P, CTP: controle c/P, ET0: *Clariodeoglossum etunicatus* s/P, ETP: *Clariodeoglossum etunicatus* c/P, MO0: *Acaulospora morrowiae* s/P, MOP: *Acaulospora morrowiae* c/P, CO0: *Acaulospora colombiana* s/P, COP: *Acaulospora colombiana* c/P, AL0: *Gigaspora albida* s/P, ALP: *Gigaspora albida* c/P, CL0: *Rhizophagus clarus* s/P, CLP: *Rhizophagus clarus* c/P, MI0: Misto dos inóculos s/P, MIP: Misto dos inóculos c/P. Letras minúsculas na coluna representam o efeito de FMA e letras maiúsculas na coluna representam o efeito de P. CV: Coeficiente de variação. Média de 3 repetições. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

O teor de Mg no tecido foliar de cebola cultivada em solo franco argiloso siltoso foi de  $6,1 \text{ g kg}^{-1}$  semelhante aos demais tratamentos (Tabela 22). Em solo de argiloso houve interação entre FMA e adição de P e o tratamento CTP apresentou média de  $7,0 \text{ g kg}^{-1}$ . Não houve média superior ao controle, mas dentre os tratamentos que não receberam P destaca-se o MIO, indicando que mistura de FMA foi capaz de alcançar teor de Mg no tecido foliar de cebola semelhante ao controle que recebeu dose de P (Tabela 23). Em solo de franco arenoso o tratamento CTP apresentou média de  $3,6 \text{ g kg}^{-1}$  e em oposição ao solo argiloso o tratamento MIO ( $3,7 \text{ g kg}^{-1}$ ) apresentou média inferior denotando seu comportamento diferenciado em relação à textura do solo (Tabela 23).

A massa seca do bulbo de cebola apresentou média de  $16,2 \text{ g}$  e  $26,4 \text{ g}$  para o tratamento CT em solo franco argiloso siltoso e argiloso respectivamente (Tabela 24). A adição de P em solo argiloso elevou a média da massa seca do bulbo de cebola em 31% o que está de acordo com os resultados encontrados por Carneiro et al. (2004), onde os autores afirmam que disponibilidade de P elevada no solo elimina os benefícios que os FMA poderiam propiciar à cultura. No experimento em solo franco arenoso a massa seca do bulbo de cebola apresentou média de  $10,0 \text{ g}$  para o tratamento CT, que foi superada pela média do tratamento ET  $19,8 \text{ g}$ . A média da massa seca do bulbo de cebola foi elevada pela adição de P, indicando a capacidade do inóculo de ET contribuir com a produção de massa seca de bulbo de cebola em solo franco arenoso com elevado teor de P. Alto teor de P ( $260 \text{ mg kg}^{-1}$ ) neste solo inibiu a contribuição dos FMA na produção de massa seca (JOHNSON et al. 2015), sendo neste caso a dependência da planta em relação a FMA na absorção de P pequena ou inexistente; sendo que o estabelecimento da micorriza ocorreu, mas a planta não conseguiu utilizar dos benefícios da relação simbiótica porque a fertilização eliminou os benefícios da simbiose. Da mesma forma Sena et al. (2004), relatam que algumas espécies de plantas, quando micorrizadas e cultivadas em doses alta de P podem apresentar redução na produção de massa seca, ou seja, ocorrendo depressão de crescimento.

O teor de P em bulbo de cebola cultivada em solo franco argilosos siltoso foi  $3,3 \text{ g kg}^{-1}$  semelhante aos demais tratamentos. A adição de P ao solo elevou a média de P no bulbo de cebola em 27% (Tabela 24) indicando que a concentração de P em bulbo de cebola respondeu positivamente ao P adicionado e não respondeu positivamente ao inóculo de FMA. No experimento em solo argiloso o teor de P no bulbo de cebola (Tabela 24) apresentou média de  $2,3 \text{ g kg}^{-1}$  para o tratamento CT com os tratamentos ET e AL apresentando médias superiores ( $3,8$  e  $3,2 \text{ g kg}^{-1}$  respectivamente) mostrando que o comportamento na concentração de P no bulbo é diferente do tecido foliar (Tab.22). No experimento em solo franco arenoso o

tratamento CTP apresentou média de 2,4 g kg<sup>-1</sup>, com exceção do tratamento CL0 com média de 2,6 g kg<sup>-1</sup> (Tabela 23), todos os demais que não receberam adição de P apresentaram teor de P no bulbo de cebola semelhante ao controle que o recebeu, indicando que o teor de P disponível no solo era suficiente para o acúmulo suficiente do nutriente no bulbo de cebola.

Tabela 24 - Massa seca e P em massa seca no bulbo de cebola (*Allium cepa*) Bola Precoce cultivada em casa de vegetação em 2015, com inóculos de FMA e dose de P igual a 0 e 120 kg ha<sup>-1</sup> em solos de diferentes texturas

Tratamento	Massa seca de bulbo (g)				P no bulbo (g kg <sup>-1</sup> )			
	Textura do solo					franco siltoso	argiloso	argiloso
	franco siltoso	argiloso	Argiloso	arenoso	textura			
CT	16,2 ns		26,4 ns	10,0 bc		3,3 a		2,3 c
ET	25,3		15,9	19,8 a		3,4 a		3,8 a
MO	20,3		21,5	7,9 c		3,4 a		2,9 abc
CO	20,4		19,4	9,6 bc		1,9 b		2,5 bc
AL	24,7		21,5	7,7 c		2,8 a		3,2 ab
CL	16,5		23,6	13,6 b		2,9 a		2,8 bc
MI	18,4		17,0	9,9 bc		2,6 ab		2,8 bc
I0	19,3 A		18,0 B	9,2 B		2,6 B		2,9 A
IP	21,3 A		23,6 A	13,3 A		3,1 A		2,9 A
CV (%)	29		37	13		16		16

CT: Controle, ET: *Clariodeoglossum etunicatus*, MO: *Acaulospora morrowiae*, CO: *Acaulospora colombiana*, AL: *Gigaspora albida*, CL: *Rhizophagus clarus*, MI: Misto dos inóculos, I0: média dos tratamentos s/P, IP: média dos tratamentos c/P. CV: Coeficiente de variação. . Letras minúsculas na coluna indicam efeito de FMA, letras maiúsculas na coluna indicam o efeito de P. ns: não significativo. Média de 3 repetições. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

O teor de Mg disponível no solo após cultivo de cebola no tratamento CT foi de 5,4 g kg<sup>-1</sup> e 4,2 g kg<sup>-1</sup> para solo franco argiloso siltoso e franco arenoso respectivamente não diferem dos demais tratamentos (Tabela 25). No experimento em solo argiloso houve interação entre FMA e adição de P. O tratamento CTP apresentou média de 7,0 superior aos tratamentos CL0 e MI0 (5,8 e 6,0 g kg<sup>-1</sup>) respectivamente. Os tratamentos MO0, CO0 e AL0 que não receberam adição de P apresentaram teor de Mg disponível no solo semelhante ao tratamento controle (Tabela 26).

Os teores de Ca disponível no solo após cultivo de cebola apresentaram médias de 19 g kg<sup>-1</sup>, 24 g kg<sup>-1</sup> e 11 g kg<sup>-1</sup> para os solos franco argiloso siltoso, argiloso e franco arenoso respectivamente, sendo semelhantes aos demais tratamentos (Tabela 25).

Tabela 25 – Teor de Mg e Ca disponível no solo após cultivo de cebola (*Allium cepa*) Bola Precoce cultivada em casa de vegetação em 2015, com inóculos de FMA e dose de P igual a 0 e 120 kg ha<sup>-1</sup> em solos de diferentes texturas

Tratamento	Mg no solo (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )		Ca no solo (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )		
	Textura do solo				
	franco argiloso siltoso	Arenoso	franco argiloso siltoso	argiloso	arenoso
CT	5,4 ns	4,2 ns	19 ns	22 b	11 ns
ET	5,1	4,3	18	21 b	12
MO	5,1	4,1	18	22 ab	11
CO	5,0	4,2	19	23 ab	12
AL	5,1	4,3	18	23 ab	12
CL	5,2	4,3	18	24 a	12
MI	5,2	3,9	19	22 ab	10
I0	5,3 A	4,1 A	19 A	22 B	11 A
IP	5,0 B	4,2 A	18 A	23 A	11 A
CV (%)	8	9	8	6	10

CT: Controle, ET: *Clariodeoglossum etunicatus*, MO: *Acaulospora morrowiae*, CO: *Acaulospora colombiana* AL: *Gigaspora albida*, CL: *Rhizophagus clarus*, MI: Misto dos inóculos, I0: média dos tratamentos s/P, IP: média dos tratamentos c/P. CV: Coeficiente de variação. Letras minúsculas na coluna indicam efeito de FMA, letras maiúsculas na coluna indicam o efeito de P. ns: não significativo. Média de 3 repetições. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Tabela 26 – Teor de Mg no solo e colonização em raiz de cebola (*Allium cepa*) Bola Precoce cultivada em casa de vegetação em 2015, com inóculos de FMA e dose de P igual a 0 e 120 kg ha<sup>-1</sup> na interação entre FMA e P em solos de diferentes texturas

Tratamento	Mg no solo (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )		Colonização de raiz (%)	
	Textura do solo			
	Argiloso		argiloso	arenoso
CT0	6,9 abcA		43 bB	44 aA
CTP	7,0 abA		63 abA	36 abB
ET0	5,7 cB		51 abA	45 aA
ETP	7,3 abA		53 abcA	40 abA
MO0	7,2 abA		52 abA	36 abB
MOP	7,4 aA		47 abcA	43 abA
CO0	7,4 aA		53 abA	42 abA
COP	7,5 aA		48 abcA	45 aA
AL0	6,6 abcA		73 aA	42 abA
ALP	6,2 abA		64 aA	41 abA
CL0	5,8 cA		59 abA	33 bA
CLP	6,0 bA		40 bcB	39 abA
MI0	6,0 bcB		57 abA	37 abA
MIP	7,3 abA		39 cB	34 bA
CV (%)	4		16	9

CT0: Controle s/ P, CTP: controle c/P, ET0: *Clariodeoglossum etunicatus* s/P, ETP: *Clariodeoglossum etunicatus* c/P, MO0: *Acaulospora morrowiae* s/P, MOP: *Acaulospora morrowiae* c/P, CO0: *Acaulospora colombiana* s/P, COP: *Acaulospora colombiana* c/P, AL0: *Gigaspora albida* s/P, ALP: *Gigaspora albida* c/P, CL0: *Rhizophagus clarus* s/P, CLP: *Rhizophagus clarus* c/P, MI0: Misto dos inóculos s/P, MIP: Misto dos inóculos c/P. Letras minúsculas na coluna representam o efeito de FMA e letras maiúsculas na coluna representam o efeito de P. CV: Coeficiente de variação. Média de 3 repetições. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

A disponibilidade de P no solo após cultivo de cebola apresentou média de  $87 \text{ mg kg}^{-1}$ ,  $23 \text{ mg kg}^{-1}$  e  $264 \text{ mg kg}^{-1}$  nos solos franco argiloso siltoso, argiloso e arenoso respectivamente para o tratamento CT. Essas médias foram semelhantes aos demais tratamentos (Tabela 27).

A colonização de raiz de cebola em experimento realizado em solo franco argiloso siltoso apresentou o tratamento CT com média de colonização igual a 42%, com exceção do tratamento CO com colonização igual a 26%, os demais tratamentos tiveram colonização semelhante ao controle (Tabela 27). A média de colonização sofreu aumento de 10% pela adição de P ao solo, resultado também descrito por Karanika et al. (2008) que relataram influência no aumento da colonização por FMA em raiz por adição de adubação fosfatada. Silva et al. (2017) encontraram taxa de colonização de raiz de milho entre 10% e 18%, considerada baixa, mas com efeito na produtividade, levando a concluir que a baixa taxa de colonização por FMA pode não ter relação direta com a produtividade, pois a vantagem oferecida ao hospedeiro depende mais da afinidade entre simbiote e hospedeiro do que da taxa de colonização de raiz por FMA.

No experimento em solo argiloso o tratamento CT0 apresentou média de colonização de raiz de 43%. A interação entre FMA e adição de P teve efeito negativo para os tratamentos que continham os FMA *Rhizophagus clarus* e Misto, ambos com adição de P (Tabela 26). A maioria dos tratamentos não apresentaram efeito da adubação fosfatada na colonização de raiz de cebola, mas na média os resultados de colonização obtidos para cebola não podem ser considerados elevados ( $>80\%$ ), isso deve ter sido em decorrência da disponibilidade de P neste solo de característica argilosa ( $25 \text{ mg kg}^{-1}$ ) somadas a adubação de reposição ( $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ), que está de acordo com o trabalho de Sarabia et al. (2017) onde a colonização de FMA em milho reduziu em média de 65% (sem adubação fosfatada) para 25% (com adubação fosfatada).

No experimento em solo franco arenoso (Tabela 26) a média de colonização no tratamento CT0 foi de 44%, superior as médias dos tratamentos CL0 (33%) e MIP (34%). Em trabalho realizado por Bressan (2001) a adição de P em baixas quantidades de N elevou a colonização de raiz, a contradição dos resultados pode ser devido a diferença das condições experimentais, pois Bressan (2001) realizou in vitro enquanto este experimento foi realizado em casa de vegetação, com a dose recomendada de N para a cultura.

Tabela 27 – Teor de P disponível no solo e colonização de raiz de cebola (*Allium cepa*) Bola Precoce cultivada em casa de vegetação em 2015, com inóculos de FMA e dose de P igual a 0 e 120 kg ha<sup>-1</sup> em solos de diferentes texturas

Tratamento	P no solo (mg kg <sup>-1</sup> )				Colonização de raiz (%)		
				Textura do solo			
	franco siltoso	argiloso	Argiloso	arenoso	franco siltoso	argiloso	
CT	87 ns		23 ns	264 abc	42 ab		
ET	85		24	241 bc	41 ab		
MO	74		26	249 abc	49 a		
CO	82		24	270 abc	26 c		
AL	80		26	283 a	41 ab		
CL	88		26	280 ab	46 ab		
MI	80		24	239 c	35 bc		
I0	77 B		21 B	259 A	38 B		
IP	87 A		29 A	263 A	42 A		
CV (%)	9		9	8	17		

CT: Controle, ET: *Clariodeoglossum etunicatus*, MO: *Acaulospora morrowiae*, CO: *Acaulospora colombiana*, AL: *Gigaspora albida*, CL: *Rhizophagus clarus*, MI: Misto dos inóculos, I0: média dos tratamentos s/P, IP: média dos tratamentos c/P. CV: Coeficiente de variação. Letras minúsculas na coluna indicam efeito de FMA, letras maiúsculas na coluna indicam o efeito de P. ns: não significativo. Média de 3 repetições. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

### 6.3.1 Conclusões para experimento em casa de vegetação em solos franco argiloso siltoso, argiloso e franco arenoso - 2015

A adição de FMA não eleva a produção de massa seca de bulbo de cebola em solos franco argiloso siltoso e argiloso, mas em solo de franco arenoso o FMA *Clariodeoglossum etunicatus* apresentou média mais elevada.

A colonização por *Clariodeoglossum etunicatus* em raiz de cebola em solo franco arenoso foi semelhante aos demais, mas produziu mais massa seca de bulbo.

A adição de P ao solo elevou a média de produção de massa seca de bulbo de cebola em solos argiloso e franco arenoso.

A adição de *Clariodeoglossum etunicatus*, *Acaulospora morrowiae*, *Gigaspora albida* e Misto dos FMA sem a adição de P em solo franco arenoso, produzem teores de P em bulbo de cebola semelhante ao controle sem FMA com adição de P.

A adição de *Acaulospora morrowiae*, *Acaulospora colombiana*, *Gigaspora albida* e, Misto de FMA no cultivo de cebola eleva a concentração de N e P no tecido foliar de cebola em solo franco argiloso siltoso e arenoso.



## 6.4 EXPERIMENTO REALIZADO A CAMPO EM SOLO DE TEXTURA FRANCA - 2015

O diâmetro e o comprimento do tecido foliar na parte aérea de cebola foram de 10,7 mm e 44,1 cm respectivamente para o tratamento CT, semelhante aos demais tratamentos em ambos os casos (Tabela 28).

A massa seca do tecido foliar apresentou média de 1,4 g para o tratamento CT, superado pelo tratamento CL com média de 2,1 g. A adição de P diminuiu a média da massa seca do tecido foliar de cebola (Tabela 28).

Os teores de Ca e N no bulbo de cebola apresentaram média de 9,2 g kg<sup>-1</sup> e 18 g kg<sup>-1</sup> respectivamente para o tratamento CT, médias que foram semelhantes para os demais tratamentos (Tabela 28).

Tabela 28 - Grandezas físicas e concentração de Ca e N em massa seca de cebola (*Allium cepa*) Bola Precoce cultivada a campo em Cambissolo Húmido de textura franca em 2015, com inóculos de FMA e dose de P igual a 0 e 120 kg ha<sup>-1</sup>

Tratamento	Diâmetro da folha (mm)	Comprimento da folha (cm)	Massa seca da folha (g)	Ca no bulbo (g kg <sup>-1</sup> )	N no bulbo (g kg <sup>-1</sup> )
CT	10,7 ns	44,1 ns	1,4 bc	9,2 ns	18 ns
ET	10,8	48,0	2,0 ab	8,9	17
MO	10,2	44,3	1,4 bc	11,9	18
CO	10,3	46,2	1,6 abc	10,2	18
AL	10,4	48,3	1,7 abc	11,8	16
CL	9,5	46,1	2,1 a	11,1	19
MI	9,5	44,9	1,3 c	13,1	17
I0	10,2 A	46,1 A	1,8 A	10,2 A	17 A
IP	10,1 A	45,9 A	1,5 B	11,6 A	17 A
CV (%)	13	13	20	31	13

CT: Controle, ET: *Clariodeoglossum etunicatus*, MO: *Acaulospora morrowiae*, CO: *Acaulospora colombiana*, AL: *Gigaspora albida*, CL: *Rhizophagus clarus*, MI: Misto dos inóculos, I0: média dos tratamentos s/P, IP: média dos tratamentos c/P. CV: Coeficiente de variação. Letras minúsculas na coluna indicam efeito de FMA, letras maiúsculas na coluna indicam o efeito de P. ns: não significativo. Média de 3 repetições. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

O teor de N em bulbo de cebola foi de 18 g kg<sup>-1</sup> semelhante aos demais tratamentos (Tabela 28). Em oposição, em trabalho realizado por Mollavali et al. (2018) encontraram médias de N e P em bulbo de cebola superiores nos tratamentos que receberam FMA em relação aos que não receberam.

O teor de N no tecido foliar de cebola cultivada a campo em solo de textura franca apresentou média de 30 g kg<sup>-1</sup> para o tratamento CT semelhante aos demais tratamentos (Tabela 29). Em experimento a campo Cely et al. (2016) encontraram média de N na parte aérea de soja e algodão superior nos tratamentos que foram inoculados com *Rhizophagus*

*clarus* em relação aos tratamentos não inoculados em solo com disponibilidade de 12 a 17 mg kg<sup>-1</sup> de P. Pode ser que disponibilidade de 27 mg kg<sup>-1</sup> de P seja um fator inibitório para nutrição de N para *R. clarus* em cebola, com possibilidade de haver efeito semelhante para a nutrição de P, já que o teor de P no tecido foliar apresentou média de 2,4 g kg<sup>-1</sup> para o tratamento CT semelhante a todos os demais tratamentos, com exceção do tratamento MO (3,4 g kg<sup>-1</sup>) que foi superior ao tratamento CT.

A produtividade média foi de 14 t ha<sup>-1</sup> de bulbos totais para o tratamento CT semelhante aos demais tratamentos (Tabela 29).

Tabela 29 – Concentração de N e P em massa seca do tecido foliar da parte aérea, produtividade de bulbos totais, colonização de raiz e teor de P no solo em cultivo de cebola (*Allium cepa*) Bola Precoce cultivada a campo em Cambissolo Húmico de textura franca em 2015, com inóculos de FMA e dose de P igual a 0 e 120 kg ha<sup>-1</sup>

Tratamento	N no tecido foliar (g kg <sup>-1</sup> )	P no tecido foliar (g kg <sup>-1</sup> )	Produtividade (t ha <sup>-1</sup> )	Colonização (%)	P no solo (mg kg <sup>-1</sup> )
CT	30 ns	2,4 bc	14,0 ns	41 ab	18 ns
ET	28	2,3 bcd	14,2	52 ab	26
MO	30	3,4 a	13,0	51 ab	26
CO	30	2,7 bc	15,7	57 a	28
AL	27	1,7 d	13,1	38 b	28
CL	31	2,2 cd	11,9	44 ab	30
MI	29	2,9 ab	11,0	51 ab	32
I0	29 A	2,6 A	13,4 A	49 A	26 A
IP	29 A	2,4 A	13,1 A	46 A	27 A
CV (%)	13	13	19	20	30

CT: Controle, ET: *Clariodeoglossum etunicatus*, MO: *Acaulospora morrowiae*, CO: *Acaulospora colombiana* AL: *Gigaspora albida*, CL: *Rhizophagus clarus*, MI: Misto dos inóculos, I0: média dos tratamentos s/P, IP: média dos tratamentos c/P. CV: Coeficiente de variação. Letras minúsculas na coluna indicam efeito de FMA, letras maiúsculas na coluna indicam o efeito de P. ns: não significativo. Média de 3 repetições. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

A colonização de raiz de cebola apresentou média de 41% para o tratamento CT, semelhante a todos os tratamentos, com exceção do tratamento CO (57%) com colonização de raiz superior ao CT (Tabela 29). O fato de os demais tratamentos de forma geral não apresentarem diferença em relação ao CT pode ser devido ao processo de produção das mudas, as quais foram produzidas em canteiros com solo não esterilizado e, portanto contendo FMA nativos que inocularam a raiz de cebola, antes que os esporos dos inóculos adicionados tivessem tempo suficiente de desenvolver-se e atingir a raiz da cebola, dessa forma ficaria caracterizado o efeito prioritário, onde os FMA residentes teriam prioridade por ordem de chegada na determinação da estrutura da comunidade de FMA na ocupação e diversificação no córtex da raiz conforme conclusão em trabalho realizado por Werner & Kiers (2015) onde

espécies invasoras são reguladas pelas espécies residentes, sem contudo que as espécies residentes terem sua colonização reduzidas pela espécie invasora.

O tratamento CT apresentou média de P no solo igual a 18 mg kg<sup>-1</sup>, semelhante aos demais tratamentos (Tabela 29).

O teor de Ca no tecido foliar apresentou média de 24 g kg<sup>-1</sup> no tratamento CT0. Nas interações entre FMA e dose de P, houve diminuição na concentração de Ca no tecido foliar de cebola para os tratamentos COP, ALP e MOP em relação ao CT0 (Tabela 30).

O teor médio de Mg no tecido foliar da parte aérea de cebola foi de 6,5 g kg<sup>-1</sup> no tratamento CT0, com exceção dos tratamentos COP e MOP, todos os demais apresentaram médias superiores ao CT0. A interação entre FMA e adição de P foi acumulou mais Mg no tecido foliar de cebola nos tratamentos COP e MOP (Tabela 30).

Tabela 30 - Concentração de Ca, Mg no tecido foliar da parte aérea, P e Mg no bulbo determinados em massa seca de cebola (*Allium cepa*) Bola Precoce cultivada a campo em Cambissolo Húmico de textura franca em 2015, com inóculos de FMA e dose de P igual a 0 e 120 kg ha<sup>-1</sup> na interação entre FMA e P

Tratamento	Ca no tecido foliar (g kg <sup>-1</sup> )	Mg no tecido foliar (g kg <sup>-1</sup> )	P no bulbo (g kg <sup>-1</sup> )	Mg no bulbo (g kg <sup>-1</sup> )
CT0	24 aA	6,5 cB	3,1 aA	3,6 aA
CTP	22 abA	8,3 abA	3,1 bA	3,1 bA
ET0	22 aA	8,9 abA	2,9 aA	2,8 aA
ETP	22 abA	9,0 aA	3,5 abA	2,6 bA
MO0	21 abA	7,3 bcA	2,4 aB	2,5 aB
MOP	24 aA	7,6 abcA	5,4 aA	4,7 abA
CO0	23 aA	9,8 aA	3,8 aA	3,2 aA
COP	14 cB	6,0 cB	3,7 abA	4,1 abA
AL0	15 bA	6,9 bcA	3,8 aA	3,6 aA
ALP	14 cA	6,2 cA	3,4 abA	2,6 bA
CL0	15 bA	5,7 cA	2,7 aA	3,3 aA
CLP	17 bcA	6,0 cA	2,8 bA	3,8 abA
MIO	24 aA	8,7 abA	3,0 aA	3,5 aB
MIP	20 abcB	6,6 bcB	3,4 abA	5,4 aA
CV (%)	12	5	12	24

CT0: Controle s/ P, CTP: controle c/P, ET0: Clariodeoglossum etunicatus s/P, ETP: Clariodeoglossum etunicatus c/P, MO0: Acaulospora morrowiae s/P, MOP: Acaulospora morrowiae c/P, CO0: Acaulospora colombiana s/P, COP: Acaulospora colombiana c/P, AL0: Gigaspora albida s/P, ALP: Gigaspora albida c/P, CL0: Rhizophagus clarus s/P, CLP: Rhizophagus clarus c/P, MIO: Misto dos inóculos s/P, MIP: Misto dos inóculos c/P. Letras minúsculas na coluna representam o efeito de FMA e letras maiúsculas na coluna representam o efeito de P. CV: Coeficiente de variação. Média de 3 repetições. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

O teor de Mg no bulbo apresentou média de 3,6 g kg<sup>-1</sup> no tratamento CT0. Não houve tratamento com média superior ao CT0. A interação entre FMA e adição de P produziu teores

menores de Mg no bulbo de cebola para os tratamentos CTP, ETP, MO0, ALP e MO0 (3,1; 2,6; 2,5; 2,6 e 3,5 g kg<sup>-1</sup> respectivamente) observável na tabela 30.

O teor de P no bulbo apresentou média de 3,1 g kg<sup>-1</sup> no tratamento CT0, sem que outro tratamento a tenha superado, mas os tratamentos MO0 e CLP apresentaram médias inferiores (2,4 e 2,8 g kg<sup>-1</sup> respectivamente) ao CT0 (Tabela 30).

#### **6.4.1 Conclusões para experimento a campo em Cambissolo Humico de textura franca em 2015**

Após a análise dos resultados do experimento realizado a campo em solo de textura franca foi concluído que:

A adição dos inóculos utilizados neste experimento não elevou a produtividade de cebola.

A colonização de raiz de cebola foi menor quando inoculada com *Rhizophagus clarus* em relação ao controle.

O teor de P no bulbo de cebola foi semelhante ao controle que recebeu P nos casos em que os tratamentos possuíam *Clariodeoglossum etunicatus*, *Acaulospora colombiana*, *Gigaspora albida*, *Rhizophagus clarus* e Misto dos inóculos.

A adição dos FMA utilizados neste experimento não elevou os teores de N, Ca e Mg no tecido foliar de cebola.

#### **6.5 CONCLUSÕES GERAIS**

A adição de *Clariodeoglossum etunicatus* melhora a nutrição de macronutrientes em bulbo de cebola (*Allium cepa*) Crioula Alto Vale em solo franco argiloso siltoso, argiloso e arenoso.

A adição dos FMA testados não elevaram a produtividade de cebola (*Allium cepa*) Bola Precoce nos solos franco argiloso siltoso, argiloso e franco, mas em solo de franco arenoso *Clariodeoglossum etunicatus* tem efeito positivo na produção de massa seca de bulbo.

A adição de *Clariodeoglossum etunicatus*, *Acaulospora colombiana*, *Rhizophagus clarus* e Misto de FMA no cultivo de cebola (*Allium cepa*) Bola Precoce elevam os teores de N e P no tecido foliar em solo franco arenoso.

A adição de *Clariodeoglossum etunicatus*, *Acaulospora morrowiae* e *Gigaspora albida* no cultivo de cebola (*Allium cepa*) Bola Precoce produzem teores de P no bulbo de cebola

cultivada em solo franco arenoso semelhante aos cultivos que recebem adubação de P sem FMA.

## REFERÊNCIAS

ABBOUD, F. Y. et al. Phosphorus mobility and degree of saturation in oxisol under no-tillage after long-term dairy liquid manure application. **Soil & Tillage Research**, v. 177, p. 45-53, 2018.

ALMEIDA, R.S. **Perfil fisiológico e da expressão de transportadores de fosfato de cana-de-açúcar (*Sacharum spp*) durante a simbiose com micorrizas arbusculares**. 2007. 187 p. Tese (Doutorado em Ciências) – Centro de Energia Nuclear. Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2007

ANDERSEN, M. et al. Cultivar differences in spatial root distribution during early growth in soil, and its relation to nutrient uptake - a study of wheat, onion and lettuce. **Plant and Soil**, v. 408, p. 255-270, 2016.

ARAÚJO, A.D.; MACHADO, C.T.T.; Fósforo in: FERNANDES, M.S. **Nutrição mineral de plantas**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. 432 p., p. 253 – 280.

BARBIERI, D.J. et al. Análise de crescimento de *Bixa orellana* L. sob efeito da inoculação micorrízica e adubação fosfatada. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 13, p. 129-138, 2011.

BOLDT-BURISCH, K.; NAETH, M.A. Mycorrhization affects root distribution of *Lotus corniculatus* and *Calamagrostis epigeios* in a nutrient poor heterogeneous soil in a rhizotron experimente. **Rhizosphere**, v. 4, p. 36-47, 2017.

BATTINI, F. et al. Facilitation of phosphorus uptake in maize plants by mycorrhizosphere bacteria. **Scientific Reports**, v. 7, p. 1-7, 2017.

BETTONI, M.M. et al. The interaction between mycorrhizal inoculation, humic acids supply and elevated atmospheric CO<sub>2</sub> increases energetic and antioxidant properties and sweetness of sellow onion. **Horticulture, Environment, and Biotechnology**, v. 58, p. 432-440, 2017.

BERBARA, R.L.L.; SOUZA, F.A. & FONSECA, H.M.A.C. Fungos micorrízicos arbusculares: muito além da nutrição. In: FERNANDES, M.S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. 432 p. p. 53-88.

BOLAN, N.S.; ROBSON, A.D.; BARROW, N.J. Increasing phosphorus supply can increase the infection of plant roots by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 16, p. 419-420, 1984.

BOLDT-BURISCH, K.; NAETH, M.A. Mycorrhization affects root distribution of *Lotus corniculatus* and *Calamagrostis epigeios* in a nutrient poor heterogeneous soil in a rhizotron experiment, **Rhizosphere**, v. 4, p. 36-47, 2017.

BORNO, M.L.; MÜLLER-STÖVER, D.S.; LIU, F. Contrasting effects of biochar on phosphorus dynamics and bioavailability in different soil types. **Science of the Total Environment**, v. 627, p. 963-974.

BRESSAN, Wellington. The interactive effect of phosphorus and nitrogen on “in vitro” spore germination of *Glomus etunicatum* Becker & Gerdemann root growth and mycorrhizal colonization. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 32, p. 276-280, 2001.

BRÍGIDO, C. et al. Management of the biological diversity of AM fungi by combination of host plant succession and integrity of extraradical mycelium. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 112, p. 237-247, 2017.

BRUCE, A., SMITH, S.E.; TESTER, M. The development of mycorrhizal infection in cucumber: effects of P supply on root growth, formation of entry points and growth of infection units. **New Phytologist**, v. 127, p. 507-514, 1994.

CARNEIRO, M.A.; SIQUEIRA, J.O.; DAVIDE, A.C. Fósforo e inoculação com fungos micorrízicos arbusculares no estabelecimento de mudas de embaúba. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 34, p. 119-125, 2004.

CELY, M.V.T. et al. Inoculant of Arbuscular Mycorrhizal Fungi (*Rhizophagus clarus*) Increase Yield of Soybean and Cotton under Field Conditions. **Frontiers in microbiology**, v. 7, art.720, 2016.

CHAPARRO, J.M. et al. Manipulating the soil microbiome to increase soil health and plant fertility. **Biol Fertil Soils**, v. 48, p. 489-499, 2012.

CHEN, M.; GRAEDEL, T.E. A half-century of global phosphorus flows, stocks, production, consumption, recycling, and environmental impacts. **Global Environmental Change**, v. 36, p. 139-152, 2016.

COPLEY, J. Ecology goes underground. **Nature**, v. 406, p. 452–454, 2000.

DICKIE, I.A. et al. Evolving insights to understanding mycorrhizas. *New Phytologist*, v. 205, p. 1369-1374, 2015.

CORDELL, D. & WHITE, S. Peak Phosphorus: Clarifying the Key Issues of a Vigorous Debate about Long-Term Phosphorus Security. *Sustainability*, v. 3, p. 2027-2049, 2011.

DOBO, B.; ASEFA, F.; ASFAW. Z. Diversity and abundance of arbuscular mycorrhizal fungi under different plant and soil properties in Sidama, southern Ethiopia. *Agroforest Syst*, v. 92, p. 91-101, 2018.

EVELIN, H.; KAPOORT, R.; GIRI, B. Arbuscular mycorrhizal fungi in alleviation of salt stress: a review. *Annals of Botany*, v. 104, p. 1263–1280, 2009.

FARAIA, C.M.B.; PEREIRA, J.R.; MORGADO, L.B. Disponibilidade de fósforo no solo e estimativa de doses adequadas de adubação fosfatada. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 21, p. 111-116, 1986.

FERNANDES, M.F. et al. Crescimento e absorção de fósforo em plantas de *Eucalyptus grandis* associadas a fungos micorrízicos em diferentes doses de fósforo e potenciais de água no solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 23, p. 617-625, 1999.

GANGE, A.C.; WEST. H.M. Interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and foliar-feeding insects in *Plantago lanceolata* L. *New Phytologist*, v. 128, p. 79-87, 1994.

GIEHL, A.L.; et al. **Boletim agropecuário nº 50**. Epagri: Florianópolis, 2017.

GOLTAPPEH, E.M. et al. Mycorrhizal Fungi: What We Know and What Should We Know? In: VARMA A. *Mycorrhiza*. [S.l.]: Springer, 2008. p. 3-27.

GOSLING, P. et al. Contrasting arbuscular mycorrhizal communities colonizing different host plants show a similar response to a soil phosphorus concentration gradient. *New Phytologist*, v. 198, p. 546-556, 2013.

GOSLING, P.; JONES, J.; BENDING, G.D. Evidence for functional redundancy in arbuscular mycorrhizal fungi and implications for agroecosystem management. *Mycorrhiza*, v. 26, p. 77-83, 2016.

GREGORY, P.J. Plant roots, growth activity and interaction with soils. *Annals of Botany*, v. 100, p. 151-154, 2007.



GUPTA, R.; KUMAR, P. Mycorrhizal plants in response to adverse environmental conditions. In: MUKERJI, K.G.; CHAMOLA, B.P., SINGH, J. **Mycorrhizal biology**. Kluwer, New York, p. 67–84, 2000.

HODGE, ANGELA. The plastic plant: root responses to heterogeneous supplies of nutrients. **New Phytologist**, v. 162, p. 9-24, 2004.

IJDO, M.; CRANENBROUCK, S.; DECLERK, S. Methods for large-scale production of AM fungi: past, present, and future. **Mycorrhiza**, v. 21, p. 1-16, 2011.

JANEGITZ, M.C. et al; Formas de fósforo no solo após o cultivo de braquiária e tremoço branco. **Ciência Rural**, v. 43, n. 8, 2013.

JANSA, J. et al. Diversity and structure of AMF communities as affected by tillage in a temperate soil. **Mycorrhiza**, v. 12, p. 225-234, 2002.

JOHNSON, N.C. et al. Mycorrhizal phenotypes and the Law of the Minimum. **New Phytologist**, v. 205, p. 1473-1484, 2015.

JUGE, C. et al. Breaking dormancy in spores of the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices*: a critical cold-storage period. **Mycorrhiza**, v. 12, p. 12-37, 2002.

KARANICA, E.D. et al. Arbuscular mycorrhizal fungi in northern Greece and influence of soil resources on their colonization. **Pedobiologia**, v. 51, p. 4409-418, 2008.

KLIRONOMOS, J.N. Variation in plant response to native and exotic arbuscular mycorrhizal fungi. **Ecology**, v. 84, p. 2292-2301, 2003.

KOHELER, J. et al. Unraveling the role of hyphal networks from arbuscular mycorrhizal fungi in aggregate stabilization of semiarid soils with different textures and carbonate contents. **Plant and Soil**, v. 410, p. 273-281.

KOSKEE, R.E; GEMMA, J.N. (1989) A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas. **Mycological Research** v. 92, p. 486-505

KURTZ, C. et al. **Sistema de produção para cebola Santa Catarina**. 4.rev. Florianópolis. Editograf, 2013. 106 p.

LAMBAIS, M.R.; RAMOS, A.C. Sinalização e transdução de sinais em micorrizas arbusculares. In: SIQUEIRA, J.O.; SOUZA, F.A.de; CARDOSO, E.J.B.N. & TSAI, S.M. **Micorrizas: 30 anos de pesquisas no Brasil**. Lavras: UFLA, 2010. 716 p. p. 119-152.

LAMBERS, H. et al. Plant nutrient-acquisition strategies change with soil age. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 23, p. 95-103, 2008.

LAMONT, B.B. Structure, ecology and physiology of root clusters – a review. **Plant and Soil**, v. 248, p. 1–19, 2003.

LAPARRE, J. et al. Combining Metabolomics and Gene Expression Analysis Reveals that Propionyl- and Butyryl- Carnitines Are Involved in Late Stages of Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis. **Molecular Plant**, v. 7, p. 554-566.

LEKBERG, Y. et al. Role of niche restrictions and dispersal in the composition of arbuscular mycorrhizal fungal communities. **Journal of Ecology**, v. 95, p. 95-105, 2007.

LEKBERG, Y. et al. Severe plant invasions can increase mycorrhizal fungal abundance and diversity. **The ISME Journal**, v. 7, p. 1424-1433, 2013.

LEONIR, I.; FONTAINE, J.; SAHRAOUI, A.L.H. Arbuscular mycorrhizal fungal responses to abiotic stresses: A review. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 107, p. 264-272, 2016.

LERMEN, C. et al. Growth of *Lippia alba* (Mill.) N. E. Brown inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi with different levels of humic substances and phosphorus in the soil. **Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants**, v. 7, p. 48-53, 2017.

LOVELOCK, C.E. et al. Blackwell Publishing, Ltd. Soil stocks of glomalin produced by arbuscular mycorrhizal fungi across a tropical rain forest landscape. **Journal of Ecology**, v. 92, p. 278-287, 2004.

MACKAY, J.E. et al. A key role for arbuscular mycorrhiza in plant acquisition of P from sewage sludge recycled to soil. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 115, p. 11-20, 2017.

MAIA, L.C.; SILVA, F.S.B & GOTO, B.T. Estrutura, ultraestrutura e germinação de glomerosporos; In: SIQUEIRA, J.O.; SOUZA, F.A.de; CARDOSO, E.J.B.N. & TSAI, S.M. ), **Micorrizas: 30 anos de pesquisas no Brasil**. Lavras: UFLA, 2010. 716 p. p.75-118.

MANFRON, P.A.; GARCIA, D.C.; ANDRIOLO, J.L. Aspectos morfo-fisiológicos da cebola. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 22, p. 101-107, 1992.

- MASCLAUX-DAUBRESSE, C. Nitrogen uptake, assimilation and remobilization in plants: challenges for sustainable and productive agriculture. **Annals of Botany**, v. 105, p. 1141-1157, 2010.
- MARSCHNER, H.; KIRKBY, E.A.; ÇAKMAK, I. Effect of mineral nutritional status on shoot-root partitioning of photoassimilates and cycling of mineral nutrients. **Journal of Experimental Botany**, v. 47, p. 1255-1263, 1996.
- MCGONIGLES, 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, p. 495-495, 1990.
- MENDES, A.M.S. et al. Nutrição mineral e adubação da cultura da cebola no submédio do Vale do São Francisco. Petrolina: EMBRAPA, 2008, n. 86, 10 p. (Circular Técnica)
- MIRANDA, J.C.C.; VILELA, L. MIRANDA, L.N. Dinâmica e contribuição da micorriza arbuscular em sistemas de produção com rotação de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, p. 1005-1014, 2005.
- MOHAN, J.E. et al; Mycorrhizal fungi mediation of terrestrial ecosystem responses to global change: mini-review. **Fungal Ecology**. P. 3-19, 2014.
- MOLLAVALI, M. et al. Nitrogen form and mycorrhizal inoculation amount and timing affect flavonol biosynthesis in onion (*Allium cepa* L.). **Mycorrhiza**, v. 28, p. 59-70, 2018.
- MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2002. 625 p.
- NOVAIS, R.F. et al, Fósforo in: NOVAIS, R.F. et al. **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017 p. p.471-550.
- OEHL, F. et al. Impact of Land Use Intensity on the Species Diversity of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Agroecosystems of Central Europe. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 69, p. 2816-2824, 2003.
- OLIVEIRA, R.A. **Decomposição de plantas de cobertura e efeito no rendimento da cebola e na biodisponibilidade de fósforo em sistema de plantio direto**. 2015 101 p. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

OPIK, M. et al. Blackwell Publishing Ltd Composition of root-colonizing arbuscular mycorrhizal fungal communities in different ecosystems around the globe. **Journal of Ecology**, v. 94, p. 778-790, 2006.

OPIK, M.; et al. Large-scale parallel 454 sequencing reveals host ecological group specificity of arbuscular mycorrhizal fungi in a boreonemoral forest. **New Phytologist**, v. 184, p. 424-437, 2009.

PARNISKE, MARTIN. Arbuscular mycorrhiza the: mother of plant root endosymbiosis. **Nature Reviews Microbiology**, v. 6, p. 763-775, 2008.

POZO, M.J.; AZCÓN-AGUILAR, C. Unraveling mycorrhiza-induced resistance. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 10, p. 393-398, 2007.

RAGHOTHAMA, K.G. ;KARTHIKEYAN, A.S. Phosphate acquisition. **Plant and Soil**, v. 274, p. 37-49, 2005.

RAMOS, A.C.; MARTINS, M.A. Fisiologia de micorrizas arbusculares. In: SIQUEIRA, J.O.; SOUZA, F.A.de; CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M. **Micorrizas: 30 anos de pesquisas no Brasil**. Lavras: UFLA, 2010. 716 p, p. 133-152.

RAUSCH, C.; BUCHER, M. Molecular mechanisms of phosphate transport in plants. **Planta**, v. 216, p. 23-37, 2002.

REMY, W. et al. Four hundred-million-year-old vesicular arbuscular mycorrhizae. **Plant Biology**, v. 91, p. 11841-11843, 1994.

REZENDE, G.M.; COSTA, N.D.; YURI, J.E. Efeito de doses de fósforo na produtividade e armazenamento pós-colheita de dois cultivares de cebola. **Revista Ceres**, v. 63, p. 249-255, 2016.

RESENDE, G.M.; COSTA, N.D. Uso do fosfato natural como fonte de fósforo na produtividade de cultivares de cebola em cultivo orgânico no vale do São Francisco. **Engenharia Ambiental**, v. 13, p. 14-24, 2016.

ROSPADEK, P.; et al. Arbuscular mycorrhiza improves yield and nutritional properties of onion (*Allium cepa*). **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 107, p. 264-272, 2016.

RYAN, M.H.; GRAHAM, J.H. Is there a role for arbuscular mycorrhizal fungi in production agriculture? **Plant and Soil**, v. 244, p. 263-271, 2002.

RYEL, R.J.; CALDWELL, M.M.; MANWARING, J.H. Temporal dynamics of soil spatial heterogeneity in sagebrush-wheatgrass steppe during a growing season. **Plant and Soil**, v. 184, p. 299-309, 1996.

SARABIA, M.; et al. Mineral phosphorus fertilization modulates interactions between maize, rhizosphere yeasts and arbuscular mycorrhizal fungi. **Rhizosphere**, v. 4, p. 89-93, 2017.

SCHENK, H.J.; JACKSON, R.B. Rooting depths, lateral root spreads and below-ground/above-ground allometries of plants in water-limited ecosystems. **Journal of Ecology**, v. 90, p. 480-494, 2002.

SENA, J.O.A; LABATE, C.A.; CARDOSO, E.J.B.N. Caracterização fisiológica da redução de crescimento de mudas de citros micorrizadas em altas doses de fósforo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 827-832, 2004.

SIKES, B.A.; COTTENIE, K.; KLIRONOMOS, J.N. Plant and fungal identity determines pathogen protection of plant roots by arbuscular mycorrhizas. **Journal of Ecology**, v. 97, p. 1274-1280, 2009.

SILVA, M. B.da; et al. Resposta do fungo micorrízico arbuscular *Rhizophagus clarus* e adição de substâncias húmicas no crescimento do tomateiro (*Solanum lycopersicum L.*). **Revista Scientia Agrária**, v. 18, p. 123-130, 2017.

SMITH, S.E.; READ, D.J. **Mycorrhizal Symbiosis**. San Diego: Academic Press. 2008, p. 787.

SOUZA, F.A.; et al. Classificação e taxonomia de fungos micorrízicos arbusculares e sua diversidade e ocorrência no Brasil. In: SIQUEIRA, J.O.; SOUZA, F.A.de; CARDOSO, E.J.B.N. & TSAI, S.M. **Micorrizas: 30 anos de pesquisas no Brasil**. Lavras: UFLA, 2010. 716 p., p. 15-73.

TARBELL, T.J. KOSKE. R.E. Evaluation of commercial arbuscular mycorrhizal inocula in a sand/peat medium. **Mycorrhiza**, v. 18, p. 51-56, 2007.

TEDESCO, M.J.; et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS - Departamento de Solos. 2 ed. rev. aum, 1995. 174 p.

TIAN, H.; et al. Arbuscular mycorrhizal fungi differ in their ability to regulate the expression of phosphate transporters in maize (*Zea mays* L.). **Mycorrhiza**, v. 23, p. 507-514, 2013.

VAN BRUGGEN, A.H.C. Plant Disease severity in high-input compared to reduced-input and organic farming systems. **Plant Disease**, v. 79, p. 976–984, 1995

VANCE, C.P.; UHDE-STONE, C.; ALLAN, D.L. Phosphorus acquisition and use: critical adaptations by plants for securing a nonrenewable resource. **New Phytologist**, v. 157, p. 423-447, 2003.

VERBRUGGEN, E.; et al Mycorrhizal fungal establishment in agricultural soils: factors determining inoculation success. **New Phytologist**, v. 197, p. 1104-1109, 2013.

VIDIGAL, S.M.; et al. Produtividade de cebola em cultivo orgânico utilizando composto a base de dejetos suínos. **Horticultura Brasileira**, v. 28, p. 168-173, 2010.

VIERHEILIG, H.; et al. Y. Ink and vinegar, a sample staining technique for arbuscular-mycorrhizal fungi. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 64, p. 504-507, 1998.

WERNER, G.D.A.; KIERS, E.T. Order of arrival structures arbuscular mycorrhizal colonization of plants. **New Phytologist**, v. 205, p. 1515-1524, 2015.

WILLMANN, M; et al. Mycorrhizal phosphate uptake pathway in maize: vital for growth and cob development on nutrient poor agricultural and greenhouse soils. **Frontiers in Plant Science**, v. 4, p. 1-15, 2013.

YAO, Q.; et al. Mobilization of sparingly soluble inorganic phosphates by the external mycelium of an arbuscular mycorrhizal fungus. **Plant and Soil**, v. 230, p. 279-285, 2001.

ZHANG, L.; et al. Carbon and phosphorus exchange may enable cooperation between an arbuscular mycorrhizal fungus and a phosphate-solubilizing bacterium. **New Phytologist**, v. 210, p. 1022-1032, 2016.

ZHU, Y.G.; MILLER, R.M. Carbon cycling by arbuscular mycorrhizal fungi in soil–plant systems. **Trends in Plant Science**, v. 8, p. 407-409, 2003.