

Câmpus  
Ipameri



Universidade  
Estadual de Goiás



**Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal**

**PROMOÇÃO DO CRESCIMENTO E DA PRODUTIVIDADE DE TRIGO  
PELO EMPREGO DE CEPAS COMERCIAIS DE *Trichoderma* spp.**

**JESSICA BORGES DE OLIVEIRA**

**MESTRADO**

**Ipameri-GO  
2017**

JESSICA BORGES DE OLIVEIRA

**PROMOÇÃO DO CRESCIMENTO E DA PRODUTIVIDADE DE  
TRIGO PELO EMPREGO DE CEPAS COMERCIAIS DE  
*Trichoderma* spp.**

Orientador Prof. Dr. Daniel Diego Costa Carvalho

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Goiás – UEG, Unidade Universitária de Ipameri como parte das exigências do Programa de Pós Graduação em Produção Vegetal para obtenção do título de MESTRE.

Ipameri  
2017

Oliveira, Jessica Borges.

Promoção do crescimento e da produtividade de trigo pelo emprego de cepas comerciais de *Trichoderma* spp. 2017.

40 f. il.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Diego Costa Carvalho.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Goiás (UEG), Câmpus Ipameri, 2017.

Bibliografia.

1. Fisiologia Vegetal. 2. Biocontrole. 3. Produtos biológicos. I. Título.

## CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO: "PROMOÇÃO DO CRESCIMENTO E DA PRODUTIVIDADE DE TRIGO PELO EMPREGO DE CEPAS COMERCIAIS DE *Trichoderma spp.*"**

**AUTORA:** Jessica Borges de Oliveira

**ORIENTADOR:** Daniel Diego Costa Carvalho

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM PRODUÇÃO VEGETAL, pela comissão Examinadora:



Prof. Dr. DANIEL DIEGO COSTA CARVALHO  
Universidade Estadual de Goiás/Câmpus Ipameri-GO



Profª. Dra. CARMEM ROSA DA SILVA CURVÊLO  
Instituto Federal Goiano/Câmpus Urutai-GO



Prof. Dr. FABRÍCIO RODRIGUES  
Universidade Estadual de Goiás/Câmpus Ipameri-GO

Data da realização: 06 de junho de 2017

Á Deus por permitir que esse dia chegasse. Aos meus pais por todo amor, carinho, dedicação e acreditarem em meu potencial. Á minha irmã por ser minha inspiração, eterna companheira e sempre estar presente. Ao meu noivo por me apoiar, ensinar, amar e pelo apoio incondicional.

Dedico.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, primeiramente, por ter me dado à vida, sabedoria e perseverança para realização deste trabalho e a Nossa Senhora da Abadia pela proteção.

Agradeço aos meus pais, Delson e Elida, por toda dedicação, amor e ensinamentos. Por todas as vezes que abriram mão dos seus próprios sonhos, para que os meus fossem alcançados e por me amarem incondicionalmente.

Agradeço ao meu noivo, Rodney, por ser essa pessoa tão especial que Deus colocou em minha vida, pelo companheirismo, apoio, paciência, amor e por me ensinar a ser forte.

Agradeço a minha irmã, Bruna, por me completar, pelo apoio, amizade, sempre me incentivar a prosseguir e por nas inúmeras vezes de angústia me dar seu colo. E ao meu cunhado, Marco Tulio, pela amizade.

Agradeço as minhas avós Iris e Alba pelas incansáveis orações e todo amor.

Agradeço ao meu orientador, Daniel, pela oportunidade de desenvolver esta pesquisa e pelos ensinamentos a mim transmitidos.

Agradeço ao grupo de pesquisa LABFITO, em especial Fabiola e o Paulo Henrique, por toda ajuda nos experimentos, pela amizade, apoio. Vocês me ajudaram muito, obrigada!

Agradeço a secretaria da pós, Cida, pela amizade e tornar o mestrado mais alegre com sua presença e a Josi, técnica do laboratório, pelo apoio constante.

Agradeço a Ruanny e Ayure por serem pessoas maravilhosas e iluminadas vou levar nossa amizade sempre comigo, obrigada por tornar essa caminhada menos dolorosa com a amizade de vocês. E a minha conterrânea, Lilian, pelo apoio, amizade e permitir que pudesse compartilhar minhas alegrias e angústias.

Aos professores que ao longo dessa jornada transmitiram tanto conhecimento e exemplos, em especial ao Dr. Nei que me ensinou tanto com sua amizade e sabedoria. Sua humildade é a chave do seu sucesso.

Agradeço a banca examinadora que gentilmente aceitou o convite para enriquecer o trabalho.

Agradeço à Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação da UEG, pela bolsa de mestrado concedida.

Às empresas Ballagro Agro Tecnologia Ltda. e Rhal Indústria e Comércio de Produtos Agropecuários Ltda.

E meus sinceros agradecimentos aos meus familiares e amigos que torceram para que esse dia se realizasse.

## SUMÁRIO

Página

<b>RESUMO.....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vii</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1. Importância econômica do trigo .....	1
1.2. Caracterização botânica do trigo .....	1
1.3. Emprego de promotores de crescimento em plantas .....	2
1.3.1. Promotores de crescimento sintéticos .....	2
1.3.2. Promotores de crescimento naturais .....	3
1.4. O fungo <i>Trichoderma</i> spp. ....	4
1.4.1. Morfologia .....	4
1.4.2. Sistemática.....	6
1.4.3. Fisiologia e ecologia.....	6
1.5. Emprego de <i>Trichoderma</i> spp. na promoção do crescimento e produtividade de plantas ..	7
<b>2. OBJETIVO .....</b>	<b>9</b>
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>10</b>
3.1. Cepas comerciais avaliadas .....	10
3.2. Crescimento inicial de plântulas de trigo em laboratório pelo tratamento de sementes com suspensão de <i>Trichoderma</i> spp.....	10
3.3. Produtividade de plantas de trigo e seus componentes em casa de vegetação pelo tratamento do solo com suspensão de <i>Trichoderma</i> spp. ....	11
3.4. Análises estatísticas .....	12
<b>4. RESULTADOS .....</b>	<b>13</b>
4.1. Crescimento inicial de plântulas de trigo em laboratório pelo tratamento de sementes com suspensão de <i>Trichoderma</i> spp.....	13
4.2. Produtividade de plantas de trigo e seus componentes em casa de vegetação pelo tratamento do solo com suspensão de <i>Trichoderma</i> spp. ....	15
<b>5. DISCUSSÃO .....</b>	<b>19</b>
5.1. Crescimento inicial de plântulas de trigo em laboratório pelo tratamento de sementes com suspensão de <i>Trichoderma</i> spp.....	19
5.2. Produtividade de plantas de trigo e seus componentes em casa de vegetação pelo tratamento do solo com suspensão de <i>Trichoderma</i> spp. ....	20
<b>6. CONCLUSÕES.....</b>	<b>23</b>
<b>7. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>24</b>

## RESUMO

O fungo *Trichoderma* spp. é conhecido por apresentar uma versatilidade em promover o crescimento e a produtividade das culturas, melhorando a absorção de nutrientes e aumentando a produtividade. O objetivo deste trabalho foi avaliar cepas comerciais de *Trichoderma* spp. na promoção do crescimento e da produtividade de plantas de trigo. As cepas comerciais avaliadas foram: *Trichoderma harzianum* IBLF 006 WP, *Trichoderma harzianum* IBLF 006 SC, *Trichoderma harzianum* ESALQ 1306, *Trichoderma asperellum* URM 5911 e um fertilizante organomineral. Para tanto, sementes de trigo cv. BRS 264 foram tratadas com 2 mL de suspensão de *Trichoderma* ( $2,5 \times 10^8$  conídios mL<sup>-1</sup> para cada 100 g de sementes) e submetidas a testes de crescimento em laboratório até os 8 dias após o semeio (DAS). No experimento em casa de vegetação, as sementes foram semeadas em vaso de 8 L, os quais receberam  $4,0 \times 10^8$  conídios de *Trichoderma* por vaso para tratamento do solo. Em ambas as avaliações foram: percentual de germinação (PG), comprimento da raiz (CR), comprimento da parte aérea (CPA), comprimento total (CT), massa fresca da raiz (MFR), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca total (MFT), massa seca da raiz (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca total (BIO), razão de massa da raiz (RMR), razão de massa da parte aérea (RMPA) e razão parte aérea/sistema radicular (PA/SR). No experimento em casa de vegetação, avaliou-se a paniculação e a produtividade aos 110 DAS.. Os tratamentos com *T. harzianum* ESALQ 1306 e *T. asperellum* URM5911 foram considerados satisfatórios, pois proporcionaram produtividade maior que 2000 kg ha<sup>-1</sup>. Além disso, *T. harzianum* ESALQ 1306 proporcionou os melhores resultados de PG, CR, CPA, CT, MFR, MFPA, MFT, MSR, MSPA e BIO em casa de vegetação. A reduzida alocação de biomassa para o sistema radicular em plântulas tratadas com *Trichoderma* spp. ocorreu em laboratório, sendo também confirmada em casa de vegetação. No experimento de laboratório a cepa *T. asperellum* URM 5911 se destacou das demais e em casa de vegetação a cepa *T. harzianum* ESALQ 1306. Recomenda-se o uso da cepa *T. harzianum* ESALQ 1306 para a promoção de crescimento e produtividade de trigo, pois, apresentou valores de produtividade considerados satisfatórios.

**Palavras-chave:** Agentes de Biocontrole; *Triticum aestivum*; Ácidos húmicos.

## ABSTRACT

The fungus *Trichoderma* spp. is known due to its versatility for promoting crop growth and grain yield, improving the nutrient absorption and increasing the grain yield. The objective of this work was to evaluate commercial strains of *Trichoderma* spp. in the growth promotion and grain yield of wheat plants. The commercial strains evaluated were: *Trichoderma harzianum* IBLF 006 WP, *Trichoderma harzianum* IBLF 006 SC, *Trichoderma harzianum* ESALQ 1306, *Trichoderma asperellum* URM 5911 and an organomineral fertilizer. For this purpose, wheat seeds cv. BRS 264 were treated with 2 mL of an *Trichoderma* suspension ( $2.5 \times 10^8$  conidia mL<sup>-1</sup> per 100 g seed) and submitted to growth assays in laboratory until 8 days after sowing (DAS). In the greenhouse experiment, the seeds were sown in an 8 L pot, which received  $4.0 \times 10^8$  conidia fo *Trichoderma* per pot aiming to the soil treatment. In both evaluations were: germination percentage (GP), root length (RL), shoot length (SL), total length (TL), fresh root mass (FRM), fresh shoot mass (FSM), total fresh mass (TFM), dry root mass (DRM), dry shoot mass (DSM), total biomass (TB), root mass ratio (RMR), shoot mass ratio (SMR) and shoot/root system ratio (S/RS). In the greenhouse experiment, panicleation and grain yield were evaluate at 110 DAS. The treatments with *T. harzianum* ESALQ 1306 and *T. asperellum* URM5911 were satisfactory, since they provide a grain yield greater than 2,000 kg ha<sup>-1</sup>. In addition, *T. harzianum* ESALQ 1306 provided the best results for GP, RL, SL, TL, FRM, FSM, TFM, DRM, DSM and TB under greenhouse conditions. The reduced biomass allocation to the root system in seedlings treated with *Trichoderma* ssp. occurred in the laboratory, being confirmed in a greenhouse assays. In the laboratory experiment the strain *T. asperellum* URM 5911 was detached from the others and in house of vegetation the strain *T. harzianum* ESALQ 1306. The use of the strain *T. harzianum* ESALQ 1306 is recommended for the promotion of wheat growth and yield, as it presented productivity values considered satisfactory.

**Key-words:** Biocontrol agents; *Triticum aestivum*; Humic acid.

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. Importância econômica do trigo

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é um cereal pertencente à família das Poaceae, uma planta de ciclo anual, considerada entre os cereais de estação fria, aquela que possui maior importância econômica, apresentando grande capacidade de produtividade de grãos e constitui-se uma das espécies vegetais de maior importância para a alimentação humana (RAMPIM et al., 2012). Sendo uma das principais culturas alimentares e fontes de alimentação animal e humana, o trigo é cultivado em diversos ambientes e regiões geográficas (FORNASIERI FILHO, 2008; SCHEUER et al., 2011).

Os grãos de trigo, milho e arroz contêm 75% dos carboidratos e 50% das proteínas que são fundamentais para alimentação humana (GILL, 2010). O trigo pode ser transformado em farinha, a qual possui inúmeras finalidades, na fabricação de pães, biscoitos, macarrão, bolacha, bolos e confeitarias (JOSHI et al., 2007). Entre os cereais de estação fria, o trigo é considerado de maior importância econômica (HOSSSEN et al., 2014).

O trigo é considerado de extrema importância para a sustentabilidade para pequenas e médias propriedades da região sul do Brasil, estando altamente integrado em esquemas de rotação e sucessão com as culturas da soja e do milho no sistema de semeadura direta, garantindo o fluxo econômico e a sustentabilidade da propriedade (CAMARGO et al., 2004). No Brasil são consumidos em média cerca de 12 milhões de toneladas de trigo por ano, de acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2016).

A principal região produtora de trigo no Brasil é a Região Sul, com destaque para os estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, responsáveis por 90% da produção nacional. Porém, a cultura vem se expandindo rapidamente para as regiões centrais do país, com destaque para os estados de Minas Gerais, São Paulo, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e Goiás, sendo que os climas das regiões Sul, Sudeste e Centro Oeste beneficiam a produção de trigo e a capacidade do desenvolvimento da cultura, sendo necessária a seleção de cultivares adaptada a cada região (YAN e HOLLAND, 2010). Conforme a CONAB (2016), o Brasil na safra de 2015/2016 teve uma produção de 6.164 de toneladas com uma área colhida de 2.097,0 milhões de hectares, sendo que a produtividade média atual é de 2.700 kg ha<sup>-1</sup>.

### 1.2. Caracterização botânica do trigo

O trigo é uma gramínea que possui hábito de crescimento no período de inverno, pertence ao Reino Plantae, Classe Liliopsida, Ordem Poales, Família Poaceae e Gênero *Triticum* (JUDD et al., 2009).

Trata-se de uma planta hexaplóide ( $2n=6x=42$  cromossomos), autógama, com flores perfeitas que, em condições normais de cultivo, apresenta baixa frequência de polinização cruzada, o grupo bioclimático é trigo de primavera com ciclo precoce, a estatura média de plantas é de 90 cm, com disposição da folha bandeira predominantemente pendentes (82,5%), eretas (10%) e intermediárias (7,5%). A coloração das aurículas é predominantemente pouco colorida (57,5%) e incolor (42,5%), as espigas são aristadas com a forma fusiforme, o comprimento da espiga é curta (75 mm) e a densidade da espiga é semi-densa (40 – 44 mm). O comprimento do dente da gluma é longo, a forma do grão é ovalada com comprimento do grão de 6 mm a 7 mm e a textura do grão é duro, de coloração vermelho (ALBRECHT et al., 2006).

### **1.3. Emprego de promotores de crescimento em plantas**

#### **1.3.1. Promotores de crescimento sintéticos**

Além dos promotores de crescimentos naturais, existem os promotores sintéticos, como por exemplo, as substâncias húmicas artificialmente aplicadas ao solo e/ou às sementes (PAVINATO e ROSOLEM, 2008). Além disso, o crescimento e metabolismo das espécies vegetais podem ser alterados com aplicação artificial de ácidos fúlvicos, principalmente às sementes (GUPPY et al., 2005). Em experimentos em casa de vegetação tem sido avaliado o potencial de ácidos húmicos sobre o crescimento e desenvolvimento de plantas de interesse agrônomico, tais como milho, café, soja, azevém (CHEN et al., 2004; CANELLAS e FAÇANHA, 2004). Esse potencial de ácidos húmicos pode estar relacionado com aceleração das taxas de crescimento radicular, aumento de biomassa vegetal e alterações na arquitetura do sistema radicular, resultando em aumento da área superficial e, ou, no comprimento do sistema radicular (QUAGGIOTTI et al., 2004). Alguns estudos explicam que a ação dos ácidos húmicos estimulam a atividade e promoção da síntese das enzimas  $H^+$ -ATPases da membrana plasmática, num efeito tipicamente auxínico (CANELLAS et al., 2002).

Os hormônios vegetais sintéticos, tais como auxina, citocinina e giberelina exercem papéis importantes no controle do desenvolvimento vegetativo de explantes *in vitro* e o aumento da fixação de flores e frutos quando aplicados em campo (MENDES et al., 2016). Especificamente, a auxina e o ácido giberélico podem aumentar a extensibilidade da parede celular estimulando o crescimento vegetal, quando aplicados *in vitro* (CARVALHO et al., 2007). Segundo Taiz e Zeiger (2013), a auxina pode ter a função de regular e promover o crescimento por alongamento de caules novos e coleótilos, enquanto que as giberelinas também estimulam o alongamento e a divisão celular, promovem a frutificação, germinação

de sementes e iniciação floral. Segundo os mesmos autores, o aumento da alongação e da divisão celular, ativado pela giberelinas pode resultar também em melhorias na produtividade ou mesmo na adaptação frente a estresses bióticos e abióticos. No Brasil, o Stimulate<sup>®</sup> é um produto denominado como um fitoestimulante que contém fitorreguladores e traços de sais minerais. Os fitorreguladores presentes são ácido índolbutírico (auxina) 0,005%, cinetina (citocinina) 0,009% e ácido giberélico (giberelina) 0,005%. Esse fitorregulador incrementa o crescimento e o desenvolvimento vegetal, estimulando a divisão celular, a diferenciação e o alongamento das células (TAIZ e ZEIGER, 2013).

### **1.3.2. Promotores de crescimento naturais**

Dentre os microrganismos promotores do crescimento de plantas pesquisados, as rizobactérias benéficas intituladas PGPR (Plant Growth Promotion Rhizobacteria), fungos micorrízicos arbusculares (WANG e QIU, 2006), e algumas espécies do fungo *Trichoderma* (HARMAN et al., 2004; HOYOS-CARVAJAL et al., 2009; SHANMUGAIAH et al., 2009) se destacam entre os mais promissores. Esses microrganismos supracitados colonizam o sistema radicular das plantas e depois atuam com diversos mecanismos de ação, tais como: produção de fitohormônios (HOITINK et al., 2006; VINALE et al., 2008), produção de vitaminas, eliminação de microrganismos prejudiciais às plantas, fixação de nitrogênio, e produção de sideróforos para facilitar a absorção de ferro, solubilização de fosfato e disponibilização de micronutrientes e minerais tais como ferro, manganês e magnésio (DEY et al., 2004; HARMAN et al., 2012).

As rizobactérias Promotoras de Crescimento de Plantas (RPCP) são capazes de colonizar as raízes e conseqüentemente estimular diretamente o crescimento e o desenvolvimento de diversas plantas, tais como: trigo, milho, pinhão manso, pinheiro bravo, (GRAY e SMITH, 2005; BARRIUSO et al., 2005; KOKALIS-BURELLE et al., 2006; COOK, 2007; KRAVECHENCKO, et al., 2007). As RPCPs geralmente são gram negativas e o fornecimento de fitohormônios de crescimento é importante para o crescimento das plantas, dentre os quais já foram encontrados as auxinas, giberelinas e citocininas (CARVALHO et al., 2011a). A capacidade de promover o crescimento vegetal está relacionado com capacidade da bactéria de colonizar sistema radicular, alterando a arquitetura radicular por mecanismos diretos e indiretos. O direto é por meio da fixação biológica de nitrogênio e/ou produção de fitormônios e o indireto através de antagonismo a fitopatógenos (FRANCHE et al., 2009; BHATTACHARYYA e JHA, 2012). As bactérias devido sua especificidade de interagir com a planta hospedeira e por ser isolada facilmente em meio de cultura são estudadas pelo seu potencial de aplicação em culturas de importância econômica,

principalmente em gramíneas (ARRUDA et al., 2013; BENEDUZI et al., 2013). Os gêneros mais pesquisados são: *Azospirillum*, *Bacillus*, *Enterobacter*, *Herbaspirillum*, *Paenibacillus* e até mesmo *Burkholderia* e *Rhizobium* (LI et al., 2008; JANGU e SINDHU, 2011; MARRA et al., 2012; COSTA et al., 2013; OLIVEIRA-LONGATTI et al., 2013; OLIVEIRA-LONGATTI et al., 2014).

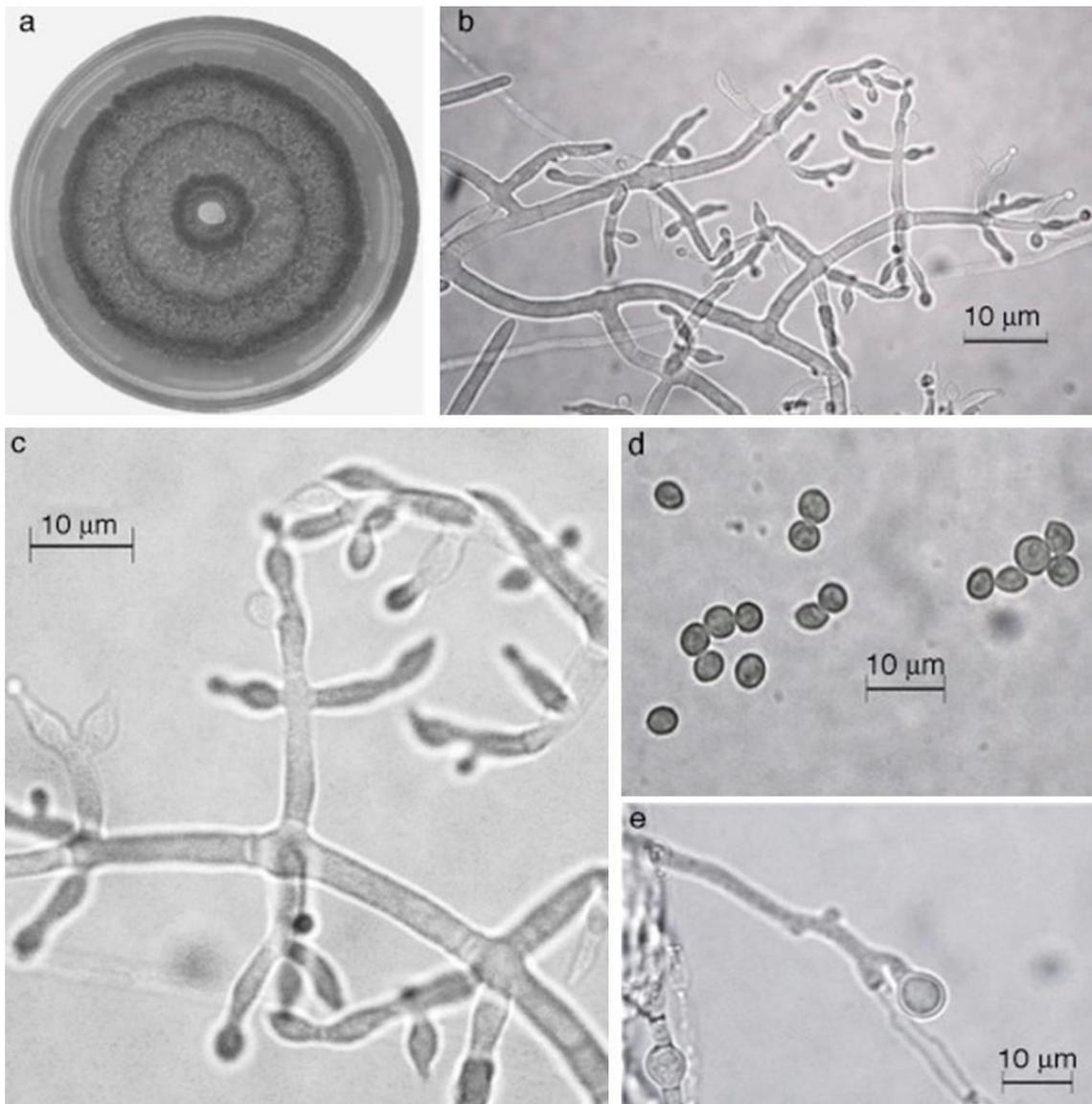
No grupo dos microrganismos que podem promover o crescimento vegetal inclui-se os fungos pertencente ao gênero *Trichoderma* spp., os quais apresentam potencial como biocontroladores de fitopatógenos e promotores de crescimento vegetal (HARMAN, 2000). Espécies deste gênero são encontrados em solos, raízes de plantas e associadas à matéria orgânica em diferentes ecossistemas (WOO et al., 2006). Esses fungos atuam protegendo o sistema radicular das plantas por mecanismos como parasitismo, antibiose e indução de resistência (HARMAN, 2000; HARMAN et al., 2012), além de promover o crescimento por diferentes mecanismos, principalmente a produção de análogos de auxinas (VINALE et al., 2008).

Diversos produtos a base de *Trichoderma* spp. são encontrados nas formulações como pó molhável (PM), grânulos dispersíveis em água (WG) e líquidas (esporos em suspensão oleosa e aquosa) (POMELLA e RIBEIRO, 2009). *Trichoderma asperellum*, *T. harzianum*, *T. stromaticum* e *T. viride* são as principais espécies do agente de biocontrole comercializadas, entretanto, em alguns produtos comercializados não há identificação das espécies (MORANDI e BETTIOL, 2009).

#### **1.4. O fungo *Trichoderma* spp.**

##### **1.4.1. Morfologia**

Os fungos do gênero *Trichoderma* estão entre os microrganismos mais estudados. Por permitir o isolamento de algumas espécies a partir dos ascósporos do gênero *Hypocrea*, são classificados como formas anamórficas (SAMUELS, 2006). As culturas de *Trichoderma* spp. possuem rápido crescimento a temperaturas de 25-30°C, sendo termosensíveis a 35 °C. As colônias, inicialmente são transparente em meio com “cornmeal dextrose ágar” (CMD) ou brancas em meio rico com “batata dextrose ágar” (BDA) e podem ser encontradas dispersas e flocosas ou compactadas em tufo (ESPOSITO e SILVA, 1998). (Figura 1).



**Figura 1.** *Trichoderma asperellum*. a) colônia em meio BDA, depois de 14 dias a 25°C; b) conidióforo; c) fiálides; d) conídios; e) clamidósporo (CRUZ et al., 2015).

Os conídios apresentam tamanhos e formatos variáveis e de limitado valor taxonômico, dentro de uma semana estão visíveis compactos ou soltos, apresentando tons de verde ou amarelo no meio de cultura CMD e algumas espécies ainda apresentam um odor doce. Suas formas variam desde globoso até elipsoidal, ovoides, ou cilíndrico curto com a parte basal mais ou menos cônica e truncada e algumas espécies podem variar por pequenas diferenças de tamanho, embora essa variação da dimensão nos conídios de *Trichoderma* não é grande e a maioria das espécies de *Trichoderma* apresenta a superfície do conídio lisa, porém algumas como o *T. viride* possui aspecto áspero ou rugoso (GAMS e BISSETT, 1998).

A partir das células conidiógenas, existem as células especiais chamadas de fiálides que são bastante ramificados e difíceis de definir ou medir, são formados em diferentes anéis concêntricos ou a partir das hifas aéreas (GRONDONA et al., 1997).

Os conidióforos não são bem definidos ou não tem sido considerado como um caractere distintivo para separação de espécies deste fungo e em algumas espécies do gênero existe uma dependência de luz para esporulação (GRESSEL e HARTMANN, 1968). O conidióforo do gênero *Trichoderma* possui um aspecto piramidal com ramos emparelhados (GAMS e BISSETT, 1998).

Essas espécies possuem clamidósporos que são definidos como os esporos assexuais que originam da modificação de hifas, possuem formas globosas ou elipsoidais, terminais ou intercalares, de parede lisa, sem cor, amarelados ou esverdeados e com 6-15 µm de diâmetro na maioria das espécies (GAMS e BISSETT, 1998).

#### **1.4.2. Sistemática**

O gênero *Trichoderma*, corresponde à fase imperfeita de *Hypocrea*, pertence ao Reino Fungi, Filo Ascomycota, Classe Ascomycetes, Ordem Hypocreales e Família Hypocreaceae (KIRK, 2012).

#### **1.4.3. Fisiologia e ecologia**

As espécies e linhagens do fungo, da planta e condições ambientais estão relacionadas com as propriedades antagonistas do *Trichoderma* spp. (XIAOXUE et al., 2013), e são relacionadas na ativação de múltiplos mecanismos (BENÍTEZ et al., 2004). O fungo pode agir diretamente ou indiretamente sendo que indiretamente, *Trichoderma* spp. exercem o biocontrole de fitopatógenos atuando como competidores por nutrientes e espaço no solo e modificando as condições do micro habitat compartilhado com outros organismos, sendo considerados competidores agressivos (PUNJA e UTKHRDE, 2003). A ação direta de *Trichoderma* se manifesta por antibiose e inativação de enzimas dos fitopatógenos (HAFEZ et al., 2013).

Sob temperaturas em torno de 25°C, as espécies de *Trichoderma* spp. são mais eficientes e podem produzir enzimas que são aplicáveis em indústria e que estão envolvidas na degradação de fitopatogênos (HJELJORD et al., 2001). Quando o ambiente é favorável o fungo pode colonizar o solo e a superfície das raízes através de seu micélio, o qual também penetra e coloniza raízes de plantas. O fungo *Trichoderma* spp. promove o crescimento e o desenvolvimento, além de estimular a produção de mecanismos de defesa, atuando como organismo endofítico (WOO et al., 2006; VINALE et al., 2008).

O fungo é extremamente comum em solos agrícolas, pradarias, florestas e desertos, no entanto são particularmente predominantes em climas úmidos (MACHADO et al., 2012). Considerados como fungos de vida livre altamente interativo na raiz, solo e até em ambientes

foliares, e produtores de uma ampla gama de antibiótico, sendo um dos microrganismos mais estudados (MASTOURI et al., 2010; JHA et al., 2013).

### **1.5. Emprego de *Trichoderma* spp. na promoção do crescimento e produtividade de plantas**

A utilização de *Trichoderma* spp. no desenvolvimento de plantas possuem importantes implicações econômicas, pois, pode diminuir o período de crescimento e, portanto, de permanência das mudas nos viveiros; aumentar a produtividade e a produção de plantas e melhorar o vigor de plantas a estresses bióticos e abióticos (HAJIEGHRARI, 2010). No controle biológico as espécies de *Trichoderma* utilizam mecanismos para conhecer e controlar fungos fitopatogênicos e utilizam basicamente quatro mecanismos de ação: micoparasitismo, antibiose, competição e a indução de mecanismos de defesa da planta (HARMAN et al., 2004). Esses efeitos de *Trichoderma* spp. são conhecidos e estudados no controle de patógenos de plantas, além deste tem sido observados que algumas linhas deste fungo tem a capacidade de estimularem diretamente o crescimento vegetal se estabelecendo na rizosfera. Assim, as espécies de *Trichoderma* spp. vêm se destacando como agentes promotores de crescimento em plantas e aumento da germinação de sementes (BENÍTEZ et al., 2004; AKLADIOUS e ABBAS, 2012).

A promoção de crescimento por *Trichoderma* decorre da colonização rizosférica (rizocompetência) e produção de substâncias estimuladoras do crescimento vegetal (MATHIVANAN et al., 2005), bem como da solubilização de nutrientes presentes nas proximidades das raízes, tornando-os assimiláveis (HARMAN, 2000). Os benefícios às plantas, proporcionados por esses fungos pela colonização rizosférica fazem da rizocompetência uma das características buscadas durante a seleção de potenciais agentes no controle biológico de doenças (HARMAN et al., 2012).

Considerados como atóxicos ao ser humano e animais (MERTZ et al., 2009) e como simbiontes avirulentos associados às plantas (HARMAN et al., 2004), a colonização por microrganismo refere-se a capacidade aderir, penetrar as raízes e resistir a metabólitos tóxicos, tais como fitoalexinas, flavonoides, agliconas, fenóis, terpenoides e outros compostos antimicrobianos produzidos pelas plantas em resposta a invasão patogênica ou não (PEIXOTO NETO et al., 2002). Essa colonização de isolados de *Trichoderma* spp. na raízes podem contribuir para aumentar o crescimento e desenvolvimento, a produtividade da cultura e a utilização de nutrientes e além disso, há relatos de um vasto repertório de genes supostamente envolvidos na biossíntese de peptídeos não ribossômicos, policetideos,

terpenóides e pironas (MUKHERJEE et al., 2012), além de análogos de auxinas (VINALE et al., 2008).

Diferentes isolados de *Trichoderma* têm provocado aumentos significativos na porcentagem e precocidade de germinação, além de ocasionar aumento no crescimento e produtividade de culturas agrícolas inoculadas com esse bioagente, como tem sido observado em milho (*Zea mays*), feijão (*Phaseolus vulgaris*), feijão-caupi (*Vigna unguiculata*), grão-de-bico (*Cicer arietinum*), tomate (*Solanum lycopersicum*), fumo (*Nicotiana tabacum*), alface (*Lactuca sativa*). (DINIZ et al., 2006; CHACON et al., 2007; JYOTSNA et al., 2008; HOYOS-CARVAJAL et al., 2009; CHAGAS JUNIOR et al., 2014).

Algumas linhagens do fungo *Trichoderma* spp. são capazes de produzir ácidos orgânicos que acidificam a rizosfera e promovem a solubilização de micronutrientes, fosfatos e cátions minerais como o ferro (ASADUZZAMAN et al., 2010; HARMAN et al., 2012). Portanto, a inserção de *Trichoderma* spp. em solos pobres em micronutrientes e minerais atuaria como biofertilizantes pela sua capacidade de solubilizar estes compostos aumentando a produtividade da cultura (BENÍTEZ et al, 2004). É altamente desejável a utilização de *Trichoderma*, pois, além dos benefícios descritos pode-se reduzir ou o eliminar o uso de fertilizantes químicos, que do ponto de vista da produção agrícola sustentável causam prejuízos ao meio ambiente (AZARMI et al., 2011).

## **2. OBJETIVO**

O objetivo deste trabalho foi avaliar cepas comerciais de *Trichoderma* spp. na promoção do crescimento e da produtividade de plantas de trigo.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Cepas comerciais avaliadas

Os produtos comerciais avaliados foram obtidos em revendas de produtos agropecuários e/ou diretamente com os fabricantes. As cepas comerciais do presente estudo foram: *Trichoderma harzianum* IBLF 006 WP (Ecotrich WP; Ballagro Agro Tecnologia Ltda., Piracaia, SP, Brasil), *Trichoderma harzianum* IBLF 006 SC (Predatox SC; Ballagro Agro Tecnologia Ltda., Piracaia, SP, Brasil), *Trichoderma harzianum* ESALQ 1306 (Trichodermil; Koppert Biological Systems, Piracicaba, SP, Brasil), *Trichoderma asperellum* URM 5911 (Quality WG; Laboratório de BioControle Farroupilha Ltda, Patos de Minas, MG, Brasil), e um Fertilizante organomineral (Qualytus SCP; N solúvel em água 19,05 g L<sup>-1</sup>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> solúvel em água 38,10 g L<sup>-1</sup>, K<sub>2</sub>O solúvel em água 16,51 g L<sup>-1</sup>, C orgânico total 165,1 g L<sup>-1</sup> e Zn solúvel em água 12,74 g L<sup>-1</sup>; Rhal Indústria e comércio de produtos agropecuários Ltda, Criciúma, SC, Brasil).

#### 3.2. Crescimento inicial de plântulas de trigo em laboratório pelo tratamento de sementes com suspensão de *Trichoderma* spp.

O experimento foi realizado em laboratório de sementes da Universidade Estadual de Goiás, Campus Ipameri (17°43'00.38''S, 48°08'40.96''W, 796 m) do dia 10/01/2017 a 17/01/2017, sementes de trigo cv. BRS 264 (recomendada para a região Centro-Oeste) foram tratadas com 2 mL de suspensão de *Trichoderma* (2,5 x 10<sup>8</sup> conídios mL<sup>-1</sup> para cada 100 g de sementes) (CARVALHO et al., 2014). Assim, cada tratamento teve 200 sementes, divididas em quatro repetições de 50 sementes. Depois de tratadas, as sementes foram distribuídas uniformemente em 2 folhas de papel de germinação, cobertas com uma terceira folha e, em seguida, acondicionadas em germinador (Logen Scientific®) do Laboratório de sementes da Universidade Estadual de Goiás (UEG), a 25°C, durante oito dias em delineamento inteiramente casualizado (DIC). Um tratamento sem inoculação com *Trichoderma* foi incluído como testemunha negativa e com testemunha positiva um tratamento contendo aplicações nas sementes do fertilizante organomineral Qualytus SCP na dose de 8µL para cada 100 sementes.

As avaliações foram as seguintes: percentual de germinação (PG), o qual foi obtido se avaliando as plântulas normais (ausência de necrose e patógeno nas plântulas, raízes seminais e secundárias sem deformações e descontando-se as sementes mortas), comprimento da raiz (CR), comprimento da parte aérea (CPA), comprimento total (CT = CR + CPA), massa fresca

da raiz (MFR), massa fresca da parte aérea (MPFA), massa fresca total (MFT = MFR + MPFA), massa seca da raiz (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca total (BIO = MSR + MSPA), razão de massa da raiz (RMR = MSR/BIO), razão de massa da parte aérea (RMPA = MSPA/BIO) e razão parte aérea/sistema radicular (PA/SR = MSPA/MSR).

Para obtenção da MSR e MSPA, as raízes e a parte aérea foram destacados e secados, separadamente, em estufa a 72°C até atingir massa seca constante para se obter os valores em miligramas.

### **3.3. Produtividade de plantas de trigo e seus componentes em casa de vegetação pelo tratamento do solo com suspensão de *Trichoderma* spp.**

A condução do experimento foi realizada em casa de vegetação da UEG, Campus Ipameri do dia 23/08/2016 a 10/12/2016. Para a instalação do experimento o solo utilizado foi corrigido com calcário de acordo com Pires et al. (2011). Os vasos plástico de 8 L (0,23 m de diâmetro) foram preenchidos com Latossolo Vermelho Amarelo, conforme os critérios descritos em EMBRAPA (2013). Em seguida, uma dose de 8 mL de suspensão de *Trichoderma* foram distribuídos em cada vaso com o emprego de pulverizador manual (550 mL), totalizando  $4,0 \times 10^8$  conídios por vaso com solo na capacidade de campo e imediatamente após a pulverização, sementes de trigo BRS 264 foram manualmente semeadas (10 sementes por vaso). O experimento foi disposto em delineamento inteiramente casualizado (DIC) com oito repetições (vasos) para cada tratamento (cepa comercial de *Trichoderma* spp.). Para efeito comparativo, um tratamento sem inoculação de *Trichoderma* foi incluído como testemunha negativa e como testemunha positiva o fertilizante organomineral Qualytus SCP na dose 8 µL para cada 100 sementes.

O percentual de emergência (PG) foi verificado aos oito dias após a semeadura (DAS), estimando-se o número de plantas emergidas por vaso. Foi feito um desbaste, deixando 5 plantas por vaso, depois de 20 dias do semeio. Aos 110 DAS, foi realizado a colheita de grãos das cinco plantas de cada vaso com o teor de umidade em torno de 13%, para em seguida, ser mensurada a produtividade, as plantas foram colhidas, pesadas em gramas por planta e em seguida convertidas em produtividade em  $\text{kg ha}^{-1}$ . Avaliou-se também a paniculação das plantas e as mesmas componentes de crescimento do item anterior (CR, CPA, CT, MFR, MPFA, MFT, MSR, MSPA, BIO, RMR, RMPA e PA/SR).

Para obtenção da MSR e MSPA, as raízes e a parte aérea foram destacados e secados, separadamente, em estufa a 72°C até atingir massa seca constante para se obter os valores em gramas. Os tratos culturais até os 110 DAS foram conduzidos conforme Pires et al. (2011).

### **3.4. Análises estatísticas**

Os dados referentes aos experimentos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e ao teste de Scott-Knott ( $P \leq 0,05$ ), em todas as análises foi empregado o programa estatístico SISVAR 5.3 (FERREIRA, 2011).

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Crescimento inicial de plântulas de trigo em laboratório pelo tratamento de sementes com suspensão de *Trichoderma* spp.

Com relação ao percentual de germinação (PG), a cepa *T. asperellum* URM 5911 foi superior aos demais tratamentos, proporcionando 93,50% de PG. Em seguida, as outras cepas e o fertilizante organomineral foram superiores a testemunha (81,50%), com valores de PG variando entre 85,50 a 92,00% (Tabela 1).

**Tabela 1** - Percentual de Germinação (PG), comprimento da raiz (CR), parte aérea (CPA), total (CT), massa fresca da raiz (MFR), massa fresca parte aérea (MFPA), massa fresca total (MFT), massa seca da raiz (MSR), massa seca parte aérea (MSPA), biomassa total (BIO), razão de massa da raiz (RMR), razão de massa da parte aérea (RMPA), razão parte aérea/sistema radicular (PA/SR) de plântulas de trigo cv. BRS 264 em laboratório tratadas com cepas comerciais de *Trichoderma spp.*, Ipameri, Goiás, Brasil, 2017<sup>(1)</sup>

Tratamento <sup>(2)</sup>	PG (%) <sup>(3)</sup>	CR (cm)	CPA (cm)	CT (cm)	MFR (mg)	MFPA (mg)	MFT (mg)	MSR (mg)	MSPA (mg)	BIO (mg) <sup>(4)</sup>	RMR <sup>(5)</sup>	RMPA <sup>(6)</sup>	PA/SR <sup>(7)</sup>
<i>T. harzianum</i> IBLF006 WP	88,50 c	2,90 d	5,71 d	8,62 d	14,29 c	22,99 c	37,29 c	2,20 d	3,89 c	6,10 d	0,36 b	0,64 a	1,76 a
<i>T. harzianum</i> IBLF006 SC	89,50 c	3,69 c	6,90 c	10,59 c	17,37 b	31,40 b	48,77 b	2,84 c	5,02 b	7,87 c	0,36 b	0,64 a	1,76 a
<i>T. harzianum</i> ESALQ1306	92,00 b	7,22 b	9,91 b	17,14 b	20,33 a	43,10 a	63,44 a	4,51 b	7,99 a	12,50 b	0,36 b	0,64 a	1,77 a
<i>T. asperellum</i> URM 5911	93,50 a	7,39 a	10,55 a	17,94 a	20,85 a	43,10 a	63,96 a	4,86 a	8,39 a	13,26 a	0,36 b	0,64 a	1,72 a
Fert. Organomineral	85,50 d	2,93 d	5,66 d	8,59 d	14,41 c	22,39 d	36,81 c	2,26 d	3,18 d	5,45 e	0,42 a	0,58 b	1,41 b
Testemunha	81,50 e	2,40 e	4,35 e	6,76 e	11,93 d	18,88 e	30,82 d	1,51 e	2,57 e	4,09 f	0,37 b	0,63 a	1,69 a
CV (%)	1,06	11,05	7,45	6,61	2,32	1,22	1,40	5,94	5,47	4,61	4,07	2,45	6,29

<sup>(1)</sup>Médias seguidas pela mesma letra minúscula na mesma coluna não diferem significativamente pelo teste de Scott Knott ( $P \leq 0,05$ ),

<sup>(2)</sup> *T. harzianum* IBLF 006 WP (Ecotrich WP; Ballagro Agro Tecnologia Ltda., Piracaia, SP, Brasil), *T. harzianum* IBLF 006 SC (Predatox SC; Ballagro Agro Tecnologia Ltda., Piracaia, SP, Brasil), *T. harzianum* ESALQ 1306 (Trichodermil; Koppert Biological Systems, Piracicaba, SP, Brasil), *T. asperellum* URM 5911 (Quality WG; Laboratório de BioControle Farroupilha Ltda, Patos de Minas, MG, Brasil), Fertilizante organomineral (Qualytus SCP; N solúvel em água 19,05 g L<sup>-1</sup>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> solúvel em água 38,10 g L<sup>-1</sup>, K<sub>2</sub>O solúvel em água 16,51 g L<sup>-1</sup>, C orgânico total 165,1 g L<sup>-1</sup> e Zn solúvel em água 12,74 g L<sup>-1</sup>; Rhal Indústria e comércio de produtos agropecuários Ltda, Criciúma, SC, Brasil).

<sup>(3)</sup> Percentual de emergência aos 8 dias após o semeio,

<sup>(4)</sup> BIO (MSR+MSPA).

<sup>(5)</sup> Razão de massa da raiz [RMR= (MSR)/(BIO)].

<sup>(6)</sup> Razão de massa da parte aérea [RMPA= (MSPA)/(BIO)].

<sup>(7)</sup> Razão parte aérea/sistema radicular [PA/SR= (MSPA)/(MSR)].

Ao se avaliar os comprimentos, novamente, a cepa *T. asperellum* URM 5911 apresentou comprimento da raiz (CR = 7,39 cm), parte aérea (CPA = 10,55 cm) e comprimento total (CT = 17,94 cm) superior aos demais tratamentos, cujos valores de CP, CPA e CT variaram entre 2,90 a 7,22 cm, 5,66 a 9,91 cm e 8,59 a 17,14 cm, respectivamente. A testemunha apresentou os menores valores de CR, CPA e CT, os quais foram de 2,40; 4,35 e 6,76 cm, respectivamente.

Já com respeito à massa fresca, as cepas de *T. harzianum* ESALQ 1306 e *T. asperellum* URM 5911 foram superiores aos demais tratamentos, apresentando MFR de 20,33 e 20,85 mg, MFPA de 43,10 mg e MFT de 63,44 e 63,96 mg, respectivamente. Novamente a testemunha se destacou apresentando valores de 11,93, 18,88 e 30,82 mg para MFR, MFPA e MFT, respectivamente.

Quanto a massa seca, a cepa de *T. asperellum* URM 5911 também foi superior às demais (MSR = 4,86 mg, MSPA = 8,39 mg e BIO = 13,26 mg). As outras cepas de *Trichoderma*, embora inferiores à *T. asperellum* URM 5911, foram superiores à testemunha, a qual apresentou os menores valores de massa seca: 1,51, 2,57 e 4,09 mg para MSR, MSPA e BIO, respectivamente.

Em se tratando das razões, o fertilizante organomineral foi superior aos demais tratamentos quanto a RMR, a qual foi de 0,42, sendo que para os outros tratamentos o valor foi de 0,36 e 0,37. De forma oposta, o fertilizante organomineral apresentou RMPA de 0,58, o qual foi inferior aos outros tratamentos (RMPA de 0,64 e 0,63), bem como a PA/SR, a qual foi de 1,41, enquanto que para os outros tratamentos a PA/SR foi superior, variando de 1,69 a 1,77.

#### **4.2. Produtividade de plantas de trigo e seus componentes em casa de vegetação pelo tratamento do solo com suspensão de *Trichoderma* spp.**

Diferentemente do experimento com plântulas, as quatro cepas de *Trichoderma* exibiram valores de PG (95 a 100%) superiores aos outros tratamentos, cujos valores de PG foram de 90 e 85% para o fertilizante organomineral e testemunha, respectivamente (Tabela 2).

**Tabela 2** - Percentual de Germinação (PG), Comprimento da raiz (CR), parte aérea (CPA), total (CT), massa fresca da raiz (MFR), massa fresca parte aérea (MFPA), massa fresca total (MFT), massa seca da raiz (MSR), massa seca parte aérea (MSPA), biomassa total (BIO), razão de massa da raiz (RMR), razão de massa da parte aérea (RMPA), razão parte aérea/sistema radicular (PA/SR) de plantas de trigo cv BRS 264 em casa de vegetação pelo tratamento do solo com suspensão de *Trichoderma* spp., Ipameri, Goiás, Brasil, 2016<sup>(1)</sup>

Tratamento <sup>(2)</sup>	PG (%) <sup>(3)</sup>	CR (cm)	CPA (cm)	CT (cm)	MFR (g)	MFPA (g)	MFT (g)	MSR (g)	MSPA (g)	BIO (g) <sup>(4)</sup>	RMR <sup>(6)</sup>	RMPA <sup>(5)</sup>	PA/SR <sup>(7)</sup>
<i>T. harzianum</i> IBLF006 WP	95,00 a	7,75 b	42,99 c	50,74 c	0,71 c	1,76 c	2,47c	0,34 c	1,40 c	1,74 c	0,20 d	0,80 a	4,14 a
<i>T. harzianum</i> IBLF006 SC	100,00 a	7,92 b	43,69 c	51,62 c	0,71 c	1,83 c	2,55 c	0,34 c	1,23 c	1,57 c	0,22 d	0,78 a	3,59 a
<i>T. harzianum</i> ESALQ1306	100,00 a	19,44 a	55,54 a	74,98 a	1,71 a	4,61 a	6,32 a	0,28 a	3,05 a	4,33 a	0,30 c	0,70 b	2,47 b
<i>T. asperellum</i> URM 5911	100,00 a	7,88 b	46,93 b	54,81 b	1,18 b	3,37 b	4,56 b	0,64 b	2,08 b	2,73 b	0,24 d	0,76 a	3,24 a
Fert. Organomineral	90,00 b	6,71 c	30,30 d	37,02 d	0,60 c	1,32 d	1,92 d	0,38 c	0,72 d	1,10 d	0,34 b	0,66 c	2,21 b
Testemunha	85,00 b	5,13 d	23,70 e	28,84 e	0,49 c	1,24 d	1,73 d	0,24 c	0,35 e	0,59 e	0,41 a	0,59 d	1,43 c
CV (%)	5,81	22,35	13,45	12,76	19,44	13,20	11,35	21,90	17,52	14,27	16,37	6,53	25,36

<sup>(1)</sup>Médias seguidas pela mesma letra minúscula na mesma coluna não diferem significativamente pelo teste de Scott Knott ( $P \leq 0,05$ ),

<sup>(2)</sup> *T. harzianum* IBLF 006 WP (Ecotrich WP; Ballagro Agro Tecnologia Ltda., Piracaia, SP, Brasil), *T. harzianum* IBLF 006 SC (Predatox SC; Ballagro Agro Tecnologia Ltda., Piracaia, SP, Brasil), *T. harzianum* ESALQ 1306 (Trichodermil; Koppert Biological Systems, Piracicaba, SP, Brasil), *T. asperellum* URM 5911 (Quality WG; Laboratório de BioControle Farroupilha Ltda, Patos de Minas, MG, Brasil), Fertilizante organomineral (Qualytus SCP; N solúvel em água 19,05 g L<sup>-1</sup>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> solúvel em água 38,10 g L<sup>-1</sup>, K<sub>2</sub>O solúvel em água 16,51 g L<sup>-1</sup>, C orgânico total 165,1 g L<sup>-1</sup> e Zn solúvel em água 12,74 g L<sup>-1</sup>; Rhal Indústria e comércio de produtos agropecuários Ltda, Criciúma, SC, Brasil).

<sup>(3)</sup> Percentual de emergência aos 8 dias após o semeio,

<sup>(4)</sup> BIO (MSR+MSPA).

<sup>(5)</sup> Razão de massa da raiz [RMR= (MSR)/(BIO)].

<sup>(6)</sup> Razão de massa da parte aérea [RMPA= (MSPA)/(BIO)].

<sup>(7)</sup> Razão parte aérea/sistema radicular [PA/SR= (MSPA)/(MSR)].

Ao se avaliar os comprimentos, a cepa *T. harzianum* ESALQ 1306 apresentou comprimento da raiz (CR = 19,44 cm), parte aérea (CPA = 55,54 cm) e comprimento total (CT = 74,98 cm) superior aos demais tratamentos, cujos valores de CP, CPA e CT variaram entre 6,71 a 7,92 cm, 30,30 a 46,93 cm e 37,02 a 54,81 cm, respectivamente. A testemunha apresentou os menores valores de CR, CPA e CT, os quais foram de 5,13; 23,70 e 28,84 cm, respectivamente.

Em relação à massa fresca, assim como no experimento com plântulas realizado em laboratório, a cepa *T. harzianum* ESALQ 1306 foi superior aos demais tratamentos, apresentando MFR de 1,71 g, MFPA de 4,61 g e MFT de 6,32 g. Em casa de vegetação, o fertilizante organomineral e a testemunha foram estatisticamente similares e também inferiores aos tratamentos com *Trichoderma*, apresentando valores de 0,60 e 0,49; 1,32 e 1,24; 1,92 e 1,73 para MFR, MFPA e MFT, respectivamente.

Quanto a massa seca, a cepa *T. harzianum* ESALQ 1306 também foi superior às demais (MSR = 1,28 g, MSPA = 3,05 g e BIO = 4,33 g). As outras cepas de *Trichoderma*, embora inferiores à *T. harzianum* ESALQ 1306, foram superiores à testemunha, a qual apresentou os menores valores de massa seca: 0,35 e 0,59 g para MSPA e BIO, respectivamente. Curiosamente, as cepas *T. harzianum* IBLF e o fertilizante organomineral foram similares à testemunha quanto à MSR.

Em se tratando das razões, a testemunha foi superior quanto a RMR, a qual foi de 0,41, sendo que para os outros tratamentos o valor variou entre 0,20 a 0,34. De forma oposta, a testemunha apresentou RMPA de 0,59, o qual foi inferior aos demais tratamentos (RMPA de 0,66 a 0,80), bem como a PA/SR, cujo valor foi de 1,43, enquanto que para os outros tratamentos a PA/SR foi superior, variando de 2,21 a 4,14.

Com respeito aos dados de paniculação, a cepa *T. harzianum* ESALQ 1306 foi a que necessitou de menor quantidade de dias (36 dias), seguida de *T. harzianum* IBLF 006 e *T. asperellum* URM5911 (41 dias) e as demais necessitando mais de 46 dias. Quanto aos valores de produtividade, *T. harzianum* ESALQ 1306 foi superior aos demais (2751 kg ha<sup>-1</sup>), seguido de *T. asperellum* URM5911 (2241 kg ha<sup>-1</sup>), que foi o segundo melhor resultado de produtividade. Em seguida, aparecem as cepas *T. harzianum* IBLF 006 que produziram em torno de 1650 kg/há e por último a testemunha e o fertilizante organomineral, os quais proporcionaram valores de 750 e 732 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabela 3) (Figura 2).

**Tabela 3.** Paniculação e produtividade de plantas de trigo em casa de vegetação pelo tratamento do solo com suspensão de *Trichoderma* spp., Ipameri, Goiás, Brasil, 2017<sup>(1)</sup>

Tratamento <sup>(2)</sup>	Paniculação (dias)	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )
<i>T. harzianum</i> IBLF 006 WP	41,87 b	1629 c
<i>T. harzianum</i> IBLF 006 SC	46,87 c	1656 c
<i>T. harzianum</i> ESALQ 1306	36,00 a	2751 a
<i>T. asperellum</i> URM5911	41,75 b	2241 b
Fertilizante organomineral	54,87 e	750 d
Testemunha	50,75 d	732 d
CV (%)	2,10	11,36

<sup>(1)</sup>Médias seguidas pela mesma letra minúscula na mesma coluna não diferem significativamente pelo teste de Scott Knott ( $P \leq 0,05$ ),

<sup>(2)</sup> *T. harzianum* IBLF 006 WP (Ecotrich WP; Ballagro Agro Tecnologia Ltda., Piracaia, SP, Brasil), *T. harzianum* IBLF 006 SC (Predatox SC; Ballagro Agro Tecnologia Ltda., Piracaia, SP, Brasil), *T. harzianum* ESALQ 1306 (Trichodermil; Koppert Biological Systems, Piracicaba, SP, Brasil), *T. asperellum* URM 5911 (Quality WG; Laboratório de BioControle Farroupilha Ltda, Patos de Minas, MG, Brasil), Fertilizante organomineral (Qualytus SCP; N solúvel em água 19,05 g L<sup>-1</sup>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> solúvel em água 38,10 g L<sup>-1</sup>, K<sub>2</sub>O solúvel em água 16,51 g L<sup>-1</sup>, C orgânico total 165,1 g L<sup>-1</sup> e Zn solúvel em água 12,74 g L<sup>-1</sup>; Rhal Indústria e comércio de produtos agropecuários Ltda, Criciúma, SC, Brasil).



**Figura 2.** Experimento em casa de vegetação - Representação dos tratamentos e suas produtividades a) *T. harzianum* ESALQ 1306 b) *T. asperellum* URM 5911 c) *T. harzianum* IBLF 006 SC d) *T. harzianum* IBLF 006 WP e) Fertilizante organomineral f) Testemunha.

## 5. DISCUSSÃO

### 5.1. Crescimento inicial de plântulas de trigo em laboratório pelo tratamento de sementes com suspensão de *Trichoderma* spp.

As principais fases da germinação são: (1) intensa absorção de água, (2) ativação dos processos metabólicos e (3) crescimento e diferenciação dos tecidos. A presença de hormônios, promotores e inibidores de crescimento são fundamentais para que o processo fisiológico da germinação ocorra (FERREIRA e BORGHETTI, 2004). Como já é conhecido, fungos pertencentes ao gênero *Trichoderma* spp. podem promover efeitos benéficos na germinação, emergências de plântulas, e desenvolvimento das mesmas, pois os nutrientes solubilizados tornam-se disponíveis para absorção das raízes (HOYOS-CARVAJAL et al., 2009). Outros autores já haviam verificado cepas de *Trichoderma* spp. aumentando significativamente a porcentagem da germinação de outras gramíneas tais como: milho e aveia preta (LUZ, 2001; SHORESH et al., 2010; MACHADO, 2011). Quanto ao fertilizante organomineral, Aguiar et al. (2009) ao pesquisar ácidos húmicos verificou que o número de mitoses e raízes laterais de plântulas de gramíneas, a exemplo do milho aumentou, sugerindo que essa substância pode acelerar o processo de germinação das sementes.

Existem duas formas dos microrganismos de solo promoverem o crescimento vegetal sendo a forma direta e indireta, a primeira forma está relacionado com a produção de hormônios, ou outra substância análoga a estes, que influenciam no crescimento ou desenvolvimento da planta (MACHADO et al., 2011), ou ainda suprindo suas necessidades nutricionais pela solubilização de fosfatos (GRAVEL et al., 2007), e a forma indireta é através da inibição de patógenos (SILVA et al., 2011; GAVA e MENEZES, 2012). No caso específico deste trabalho, as sementes de trigo cv. BRS 264 empregadas, possuem baixa ou nenhuma ocorrência de patógenos prejudiciais à germinação, sugerindo que o mecanismo de promoção do crescimento inicial mais provável seja pela via direta, isto é, a produção de hormônios e vitaminas que estimulem o crescimento vegetal. Em estudos conduzidos por Gravel et al. (2007), *Trichoderma* sp. foi confirmado como produtor de ácido indol-acético (AIA), promovendo o crescimento de *Solanum lycopersicum* (Tomate).

A cepa *T. asperellum* URM 5911 se destacou das demais e, isso pode estar relacionado não só ao fato de esta pertencer a uma espécie diferente das demais, mas também os diversos fatores que podem interferir nesses agentes benéficos tais como melhor adaptabilidade a temperatura e umidade do ambiente controlado em que foram conduzidos os testes, este fator

é de fundamental importância para que uma cepa tenha um bom desempenho (AKRAMI et al., 2011).

Em se tratando do acúmulo de massas frescas, além de *T. asperellum* URM 5911, a cepa *T. harzianum* ESALQ 1306 também foi superior aos demais tratamentos. Uma explicação para este fato pode ser encontrada no estudo de Chacón et al. (2007), onde plantas de tomateiro inoculadas com *T. harzianum*, apresentaram maior proliferação de raízes e como consequência, maior aumento na massa fresca das diversas partes da planta. Harman et al. (2012) relata que a interação do fungo com a planta, ocorre devido a mudanças na arquitetura da raiz, aumentando a área de superfície da mesma, devido à colonização pelo fungo, o que consequentemente altera a fisiologia da planta, resultando em maior eficiência fotossintética, por exemplo.

Em se tratando das razões, o fertilizante organomineral foi superior aos demais tratamentos quanto a RMR, isto é, em experimento de laboratório, as plântulas obtidas de sementes tratadas com fertilizante organomineral aumentaram a alocação de biomassa para o sistema radicular, provavelmente devido à natureza da composição do produto aplicado, que é rico em macronutrientes. De forma oposta, a reduzida alocação de biomassa para o sistema radicular em plântulas tratadas com *Trichoderma* spp. ocorreu em função da elevada disponibilidade de água para as plântulas irrigadas diariamente no teste com rolo de papel e, dessa forma, não havendo restrição hídrica, a disponibilização de recursos para formação de sistema radicular profundo e robusto não foi justificada (GUIMARÃES et al., 2014). Consequentemente, a elevada razão PA/SR das plântulas tratadas com *Trichoderma* spp. ocorreu em função da intensa alocação de biomassa para a parte aérea.

## **5.2. Produtividade de plantas de trigo e seus componentes em casa de vegetação pelo tratamento do solo com suspensão de *Trichoderma* spp.**

Em experimento na casa de vegetação o fertilizante organomineral e a testemunha proporcionaram um percentual de germinação inferior aos tratamentos com *Trichoderma* spp. Esse fato pode estar relacionado com a dose do fertilizante utilizada, pois apesar de a dose empregada no presente trabalho não ter oferecido toxidez às raízes das plantas obtidas, existe um limite muito estreito no intervalo correspondente a dose ideal para o tratamento de sementes em cada cultura (CAMARGO et al., 2001). Ademais, de forma similar, Vendrusculo et al. (2014), observaram que doses de substâncias húmicas e demais fertilizantes organominerais em sementes de sorgo não apresentaram efeito na germinação. Assim, é válido ressaltar que a exemplo dos resultados para PG em casa de vegetação ou mesmo em

campo, os efeitos dos tratamentos às vezes são incertos e depende das doses utilizadas, da espécie testada e das condições ambientais em que foi conduzido o estudo.

A cepa *T. asperellum* URM 5911, que havia mostrado melhor resultado de comprimento em laboratório, não repetiu no campo o melhor resultado, exibindo resultados inferiores a cepa *T. harzianum* ESALQ 1306. Uma explicação para tal evento reside no fato de que o comportamento de fungos habitantes do solo, tais como *Trichoderma*, pode se modificar quando este for avaliado em outro ambiente (AKRAMI et al., 2011). Estas diferenças de comportamento, verificadas *in vitro* e *in vivo* pode estar associada às condições físicas, químicas e ambientais aos quais são submetidos, uma vez que são organismos vivos (BENÍTEZ et al., 2004).

Resultados subsequentes correspondentes à superioridade de *T. harzianum* ESALQ 1306 no campo para as demais componentes avaliadas, tais como MFR, MFPA, MFT, MSR, MSPA e Biomassa total eram esperados, visto que após uma cepa de *Trichoderma* estabelecer uma relação com a rizosfera, estas podem estimular o crescimento vegetal (AKLADIOUS e ABBAS, 2012). Neste sentido, esta inferência é válida, pois a cepa *T. harzianum* ESALQ 1306 foi reportada por Carvalho et al. (2015b) colonizando solo sob cultivo de feijoeiro, em que após a aplicação do bioagente, este foi recuperado do solo ao final do ciclo de cultivo da cultura revelando populações que variaram entre 50 a 100 UFC/g solo. Além disso, não só a capacidade de colonizar o solo da região das raízes, mas a promoção de crescimento de plantas também depende fortemente da interação do isolado com espécie vegetal e as condições do experimento.

No presente estudo, atenção foi dada à obtenção de massa fresca das plantas. Embora esta seja uma componente com menor frequência de avaliação em trabalhos científicos da área de promoção de crescimento de plantas, vale ressaltar que a importância de se avaliar o efeito das cepas sobre a obtenção de massa fresca das raízes se justifica pois estas exploram um maior volume de solo e são importantes no processo de adaptação das plantas em ambientes com menor quantidade de nutrientes (HARTWIGSEN e EVANS, 2000; TAIZ e ZEIGER, 2013). Neste sentido, como muitas cepas de *Trichoderma* pode auxiliar na solubilização de nutrientes (BENÍTEZ et al., 2004), verificou-se que *T. harzianum* ESALQ1306 possui potencial para atuação nas condições supracitadas.

Em casa de vegetação, o fertilizante organomineral e a testemunha foram inferiores aos demais tratamentos para MFR, MFPA e MFT. Tal resultado, confirma novamente a premissa de que as doses ótimas utilizadas para fertilizantes organominerais são peculiares a cada espécie estudada (VAUGHAN e MALCOLM, 1985). De forma similar, Nicchio et al. (2013), quando aplicou fertilizante organomineral contendo ácido húmico, este não promoveu

aumento da massa seca e massa fresca total, da parte aérea e radicular, no tratamento de sementes de milho. Enfim, a promoção do crescimento depende da fonte, dose, e espécie de planta utilizada (PIMENTA et al., 2009).

Diferentemente do que foi observado em campo, a testemunha foi superior aos demais tratamentos quanto a RMR, e já quanto a RMPA e PA/SR esta foi inferior aos demais tratamentos. Tal resultado confirmou em campo que as cepas de *Trichoderma* spp. novamente reduziram a alocação de biomassa para o sistema radicular, com a diferença de que, uma vez aplicadas em campo, a maioria dos isolados de *Trichoderma* interage com a planta pelas raízes ou no entorno delas, estabelecendo uma comunicação química e sistêmica, alterando a expressão de inúmeros genes das plantas e podendo proporcionar resistência a estresses bióticos e abióticos, assim promovendo o crescimento (DRUZHININA, 2012).

No experimento em casa de vegetação, atenção foi dada à paniculação do trigo, pois segundo Albrecht et al. (2016), da emergência até a formação de espigas em cultivar precoce de trigo, são necessários 50 dias. Neste sentido, a cepa *T. harzianum* ESALQ 1306 foi a que necessitou de menor quantidade de dias (36 dias) para a formação de panículas, evidenciando a capacidade da cepa de contribuir para a precocidade do material vegetal avaliado. Tal evento torna-se extremamente importante visto que um ciclo mais curto da cultura evita maior exposição às intempéries e antecipa o plantio da safra verão.

Em relação à produtividade de trigo, os tratamentos com *T. harzianum* ESALQ 1306 e *T. asperellum* URM5911 foram considerados satisfatórios, pois a média de produtividade em Goiás para o ano de 2016 foi de 2000 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2016). As demais cepas tiveram produtividade inferior à *T. harzianum* ESALQ 1306 e *T. asperellum* URM5911. Entretanto, estas não podem ser descartadas, pois nem todos os bioagentes eficientes na promoção do crescimento das culturas possuem igual eficiência para o controle de doenças (CARVALHO et al., 2011b; CARVALHO et al., 2015a; CARVALHO et al., 2015b). Com relação ao fertilizante organomineral, verificou-se que este, na dose em que foi aplicado, limitou-se a proporcionar um bom efeito apenas no PG, quando comparado à testemunha, não incrementando na produtividade e suas componentes.

Nem sempre resultados de laboratório são reproduzidos em casa de vegetação ou em campo, uma vez que está sujeito a diferentes reações entre o hospedeiro e ambiente, portanto, recomenda-se para o emprego do produtor o resultado obtido em casa de vegetação com a cepa de *T. harzianum* ESALQ 1306.

## 6. CONCLUSÕES

No experimento de laboratório a cepa *T. asperellum* URM 5911 se destacou das demais e em casa de vegetação a cepa *T. harzianum* ESALQ 1306. Recomenda-se o uso da cepa *T. harzianum* ESALQ 1306 para a promoção de crescimento e produtividade de trigo, pois, apresentou valores de produtividade considerados satisfatórios.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, N. O.; CANELLAS, L. P.; DOBBSS, L. B.; ZANDONADI, D. B.; OLIVARES, F. L.; FAÇANHA, A. R. Distribuição de massa molecular de ácidos húmicos e promoção do crescimento radicular. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, n.6, p.1613-1623, 2009.
- AKLADIOUS, A. S.; ABBAS, S. M. Application of *Trichoderma harziunum* T22 as a biofertilizer supporting maize growth. **African Journal of Biotechnology**, v.11, p.8672-8683, 2012.
- AKRAMI, M.; GOLZARY, H.; AHMADZADEH, M. Evaluation of different combinations of *Trichoderma* species for controlling *Fusarium* rot of lentil. **African Journal of Biotechnology**, v.10, n.14, p. 2653-2658, 2011.
- ALBRECHT, J. C.; SILVA, M. S.; ANDRADE, J. M. V.; SCHEEREN, P. L.; TRINDADE, M. G.; SOBRINHO, J. S.; SOUZA, C. N.; BRAZ, A. J. B. P.; JÚNIOR, W. Q. R.; SOUZA, M. A.; FRONZA, V.; YAMANAKA, C. H. **Trigo BRS 264: Cultivar precoce com alto rendimento de grãos indicada para o Cerrado do Brasil Central**. Documento 174, Planaltina: Embrapa Cerrados, 2006, 21 p.
- ARRUDA, L.; BENEDUZI, A.; MARTINS, A.; LISBOA, B.; LOPES, C.; BERTOLO, F.; VARGAS, L. K. Screening of rhizobacteria isolated from maize (*Zea mays* L.) in Rio Grande do Sul State (South Brazil) and analysis of their potential to improve plant growth. **Applied Soil Ecology**, v.63, p.15-22, 2013.
- ASADUZZAMAN, M.; ALAM, M. J.; ISLAM, M. M. Effect of *Trichoderma* on seed germination and seedling parameters of chili. **Journal of Science Foundation**, v.8, n.2, p.141-150, 2013.
- AZARMI, R.; HAJIEGHRARI, B.; GIGLOU, A. Effect of *Trichoderma* isolates on tomato seedling growth response and nutrient uptake. **African Journal of Biotechnology**, v.10, n.31, p.5850-5855, 2011.
- BARRIUSO, J.; PEREYRA, M. T.; GARCÍA, J. L.; MEGÍAS, M.; MANERO, F. G.; RAMOS, B. Screening for putative PGPR to improve establishment of the symbiosis *Lactarius deliciosus* - Pinus sp. **Microbial Ecology**, v.50, n.1, p.82- 89, 2005.
- BENEDUZI, A.; MOREIRA, F.; COSTA, P. B.; VARGAS, L. K.; LISBOA, B. B.; FAVRETO, R.; PASSAGLIA, L. M. P. Diversity and plant growth promoting evaluation abilities of bacteria isolated from sugarcane cultivated in the South of Brazil. **Applied Soil Ecology**, v.63, p.94-104, 2013.
- BENÍTEZ, T.; RINCÓN, A. M.; LIMÓN, M. C. L.; CODÓN, A. C. Biocontrol Mechanisms of *Trichoderma* Strains, **International Microbiology**, v.7, n.4, p.249-260, 2004.
- BHATTACHARYYA, P. N.; JHA, D. K. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): emergence in agriculture. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v.28, n.4, p.1327-1350, 2012.

- CAMARGO, C. E. O.; FERREIRA FILHO, A. W. P.; SALOMON, M. V. Temperature and pH of the nutrient solution on wheat primary root growth. **Scientia Agricola**, v.61, n.3, p.313-318, 2004.
- CAMARGO, F. A. O.; ZONTA, E.; SANTOS, G. A.; ROSSIELLO, R. O. P. Aspectos fisiológicos e caracterização da toxidez de ácidos orgânicos voláteis em plantas, **Ciência Rural**, v.31, n.3, p.223-229, 2001.
- CANELLAS, L. P.; FAÇANHA, A. R. Chemical nature of soil humified fractions and their bioactivity. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.3, p. 233-240, 2004.
- CANELLAS, L. P.; OLIVARES, F. L.; OKOROKOVA, F. A. L.; FAÇANHA A. R. Humic acids isolated from earthworm compost enhance root elongation, lateral root emergence, and plasma membrane H<sup>+</sup>-ATPase activity in maize roots. **Plant Physiology**, v.130, n.4, p.1951-1957, 2002.
- CARVALHO, D. D. C.; ALVES, D. S.; OLIVEIRA, D. F.; PASQUAL, M.; CARVALHO, D. A.; RODRIGUES, V. A. Influência de extratos vegetais no desenvolvimento *in vitro* de plântulas de Rosa x hybrida. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, n.6, p.1888-1892, 2007.
- CARVALHO, D. D. C.; OLIVEIRA, D. F.; CAMPOS, V. P.; PASQUAL, M. Selection of phytotoxin producing rhizobacteria. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.83, p. 1091-1096, 2011a.
- CARVALHO, D. D. C.; GERALDINE, A. M.; LOBO JUNIOR, M.; MELLO, S. C. M. Biological control of white mold by *Trichoderma harzianum* in common bean under field conditions. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.50, n.12, p.1220-1224, 2015a.
- CARVALHO, D. D. C.; LOBO JUNIOR, M.; MARTINS, I.; INGLIS, P. W.; MELLO, S. C. M. Biological control of *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli* by *Trichoderma harzianum* and its use for common bean seed treatment. **Tropical Plant Pathology**, v.39, p.384-391, 2014.
- CARVALHO, D. D. C.; MELLO, S. C. M.; LOBO JÚNIOR, M.; GERALDINE, A. M. Biocontrol of seed pathogens and growth promotion of common bean seedlings by *Trichoderma harzianum*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.822-828, 2011b.
- CARVALHO, D. D. C.; MELLO, S. C. M.; MARTINS, I.; LOBO JUNIOR, M. Biological control of *Fusarium* wilt on common beans by in-furrow application of *Trichoderma harzianum*. **Tropical Plant Pathology**, v.40, p.375-381, 2015b.
- CHACÓN, M. R.; RODRIGUÉZ-GALAN, O.; BENITEZ, T.; SOUSA, S.; REY, M.; LLOBELL, A.; DELGADO-JARANA, J. Microscopic and transcriptome analyses of early colonization of tomato roots by *Trichoderma harzianum*. **International Microbiology**, Barcelona, v.10, p.19-27, 2007.
- CHAGAS JUNIOR, A. F.; OLIVEIRA, A. G.; REIS, H. B.; SANTOS, G. R.; CHAGAS, L. F. B.; MILLER, L. O. Eficiência da inoculação combinada de rizóbio e *Trichoderma* spp. em diferentes cultivares de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) no cerrado (Savana Brasileira). **Revista de Ciências Agrárias**, v.37, n.1, p.20-28, 2014.
- CHEN, Y.; CLAPP, C. E.; MAGEN, H. Mechanisms of plant growth stimulation by humic substances: The role of organo-iron complexes. **Soil Science and Plant Nutrition**, v.50, n.7, p.1089-1095, 2004.

CONAB - Companhia nacional de abastecimento. **Acompanhamento Da Safra Brasileira de Grão**. 2016. Disponível em: < <http://www.conab.gov.br> > Acesso em: 25 abr. 2017.

COOK, R. J. Management of resident plant growth-promoting rhizobacteria with the cropping system: a review of experience in the US Pacific Northwest. **European Journal of Plant Pathology**, v.119, n.3, p. 255-264, 2007.

COSTA, E. M.; NÓBREGA, R. S. A.; CARVALHO, F.; TROCHMANN, A.; FERREIRA, L. V. M.; MOREIRA, F. M. S. Promoção do crescimento vegetal e diversidade genética de bactérias isoladas de nódulos de feijão-caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, n.9, p.1275-1284, 2013.

CRUZ, M. T.; GARCÍA, C. F. O.; MUÑOZ, C. B.; POOL, J. A. R.; CONTRERAS, N. A.; GARCÍA, S. C.; PÉREZ, A. C. Diversidad de *Trichoderma* en el agroecosistema cacao del estado de Tabasco, México. **Revista Mexicana de Biodiversidade**, v.86, p.947–961, 2015.

DEY, R.; BHATT, D. M.; CHAUHAN, S. M. Growth promotion and yield enhancement of peanut (*Arachis hypogaea* L.) by application of plant growth-promoting rhizobacteria. **Microbiological Research**, v.159, n.4, p.371-394, 2004.

DINIZ, K. A.; OLIVEIRA, J. A. O.; GUIMARÃES, R. M.; CARVALHO, M. L. M.; MACHADO, J. C. Incorporação de microrganismos, aminoácidos, micronutrientes e reguladores de crescimento em sementes de alface pela técnica de peliculização. **Revista Brasileira de Sementes**, v.28, n.3, p.37-43, 2006.

DRUZHININA, I. S.; SHELEST, E.; KUBICEK, C. P. Novel traits of *Trichoderma* predicted through the analysis of its secretome. **FEMS Microbiology Letters**, v.337, n.1, p.01-09, 2012.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa-SPI, 2013, 306 p.

ESPOSITO, E.; SILVA, M. Systematics and environmental application of the genus *Trichoderma*. **Critical Reviews in Microbiology**, v.24, n.2, p.89-98, 1998.

FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Artmed: Porto Alegre, 2004, 324 p.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do trigo**. Jaboticabal: Funep, 2008, 338p.

FRANCHE, F.; LINDSTRÖM, K.; ELMERICH, C. Nitrogen-fixing bacteria associated with leguminous and non-leguminous plants. **Plant and Soil**, v.321, n.1-2, p.35-59, 2009.

GAMS, W.; BISSETT, J. Morphology and identification of *Trichoderma*. In: KUBICEK, C. P.; HARMAN, G. E. **Trichoderma & Gliocladium: basic biology, taxonomy and genetics**. London, 1998. 278 p.

GAVA, C. A. T.; MENEZES, M. E. L. Eficiência de isolados de *Trichoderma* spp. no controle de patógenos de solo em meloeiro amarelo. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, n.4, p.633-640, 2012.

GILL, B. S. Introduction In: BOCKUS, W. W.; BOWDWN, R. L.; HUNGER, R. M.; MORRIL, W. L.; MURRAY, T. D.; SMILEY, R. W. **Compendium of Wheat Disease and Pests - Third Edition**. The American Phytopathological Society, 2010, p. 01-05.

GRAVEL, V.; ANTOUN, H.; TWEDDELL, R. J. Growth stimulation and fruit yield improvement of greenhouse tomato plants by inoculation with *Pseudomonas putida* or *Trichoderma atroviride*: Possible role of índole acetic acid (IAA). **Soil Biology & Biochemistry**, v.39, n.8, p.1968-1977, 2007.

GRAY, E. J.; SMITH, D. L. Intracellular and extracellular PGPR: commonalities and distinctions in the plant–bacterium signaling processes. **Soil Biology and Biochemistry**, v.37, n.3, p.395-412, 2005.

GRESSEL, J. B.; HARTMANN, K. M. Morphogenesis in *Trichoderma*: action spectrum of photoinduced sporulation. **Planta**, v.79, n.3, p.271-274, 1968.

GRONDONA, I.; HERMOSA, R.; TEJADA, M.; GOMIS, M.; MATEOS, P.; BRIDGE, P.; GARCIA, A. Physiological and biochemical characterization of *Trichoderma harzianum*, a biological control agent against soilborne fungal plant pathogens. **Applied and Environmental Microbiology**, v.63, n.8, p.3189-3198, 1997.

GUIMARÃES, G. R.; PEREIRA, F. S.; MATOS, F. S.; MELLO, S. C. M.; CARVALHO, D. D. C. Supression of seed borne *Cladosporium herbarum* on common bean seed by *Trichoderma harzianum* and promotion of seedling development. **Tropical Plant Pathology**, v.39, n.5, p.401-406, 2014.

GUPPY, C. N.; MENZIES, N. W.; MOODY, P. W.; BLAMEY, F. P. C. Competitive sorption reactions between phosphorus and organic matter in soil: A review. **Soil Research**, v.43, n.2, p.189-202, 2005.

HAFEZ, E. E.; MEGHAD, A.; ELSALAM, H. A. A.; AHMED, S. A. Biological and molecular studies on *Trichoderma viride*–plant pathogenic fungi interactions. **Journal of World Applied Sciences**, v.21, n.12, p.1821-1828, 2013.

HAIJEGHRARI, B. Effects of some Iranian *Trichoderma* isolates on maize seed germination and seedling vigor. **African Journal of Biotechnology**, v.9, n.28, p.4342-4347, 2010.

HARMAN, G. E. Myths and dogmas of biocontrol. Changes in perceptions derived from research on *Trichoderma harzianum* T-22. **Plant Disease**, v.84, n.4, p.376-393, 2000.

HARMAN, G. E.; HOWELL, C. R.; VITERBO, A.; CHET, I.; LORITO, M. *Trichoderma* species opportunistic, avirulent plant symbionts. **Nature Reviews Microbiology**, v.2, n.1, p.43-56, 2004.

HARMAN, G. E.; HERRERA, A. H. E.; HORWITZ, B. A.; LORITO, M. Special issue: *Trichoderma* – from Basic Biology to Biotechnology **Microbiology**, v.158, n.1, p.01-02, 2012.

- HARTWIGSEN, J.; EVANS, M. R. Humic acid seed and substrate treatments promote seedling root development. **Hortscience**, v.35, n.7, p.1231-1233, 2000.
- HJELJORD, L. G.; STENSVAND, A.; TRONSMO, A. Antagonism of nutrient-activated conidia of *Trichoderma harzianum* (atroviride) P1 against *Botrytis cinerea*. **Phytopathology**, v.91, n.12, p.1172-1180, 2001.
- HOITINK, H. A. J.; MADDEN, L. V.; DORRANCE, A. E. Systemic resistance induced by *Trichoderma* spp.: interactions between the host, the pathogen, the biocontrol agent, and soil organic matter quality. **Phytopathology**, v.96, n.2, p.186-189, 2006.
- HOSSEN, D. D. C.; CORRÊA JÚNIOR, E. D. S.; GUIMARÃES, S.; NUNES, U. R.; GALON, L. Chemical treatment of wheat seeds. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.44, n.1, p.104-109, 2014.
- HOYOS-CARVAJAL, L.; ORDUZ, S.; BISSETT, J. Growth stimulation in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) by *Trichoderma*. **Biological Control**, v.51, p.409-416, 2009.
- JANGU, O. P.; SINDHU, S. S. Differential response of inoculation with indole acetic acid producing *Pseudomonas* sp. In Green Gram (*Vigna radiata* L.) and Black Gram (*Vigna mungo* L.). **Micobiology Journal**, v.1, n.5, p.159-173, 2011.
- JHA, P. N.; GUPTA, G.; JHA, P.; MEHROTRA, R. Association of Rhizospheric/Endophytic Bacteria with Plants: A Potential Gateway to Sustainable Agriculture. **Greener Journal of Agricultural Sciences**, v.3, n.2, p.073-084, 2013.
- JOSHI, A. K.; KUMARI, M.; SINGH, V. P.; REDDY, C. M.; KUMAR, S.; RANE, J.; CHAND, R. Stay green trait: variation, inheritance and its association with spot blotch resistance in spring wheat (*Triticum aestivum* L.) **Euphytica**, v.153, n.1, p.59-71, 2007.
- JUDD, W. S.; CAMPBELL, C. S.; KELLOGG, E. A.; STEVENS, P. F.; DONOGHUE, M. J. **Sistemática vegetal: um enfoque filogenético**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2009, 632 p.
- JYOTSNA, A. S.; SRIVASTAVA, A.; SINGH, R. P.; SRIVASTAVA, A. K.; SAXENA, A. K.; ARORA, D. K. Growth promotion and charcoal rot management in chickpea by *Trichoderma harzianum*. **Journal of Plant Protection Research**, v.48, n.1, p.81-91, 2008.
- KIRK, P. M. **Index Fungorum** (CABI Bioscience Databases). Available online, ed. 2012. Disponível em [www.indexfungorum.org](http://www.indexfungorum.org), Acesso em: 25/03/2017.
- KOKALIS-BURELLE, N.; KLOEPPER, J. W.; REDDY, M. S. Plant growth-promoting rhizobacteria as transplant amendments and their effects on indigenous rhizosphere microorganisms. **Applied Soil Ecology**, v.31, n.1, p.91-100, 2006.
- KRAVCHENKO, L. V.; MAKAROVA, N. M.; AZAROVA, T. S.; PROVOROV, N. A.; TIKHONOVICH, I. A. Isolation and phenotypic characterization of plant growth-promoting rhizobacteria with high antiphytopathogenic activity and root-colonizing ability. **Microbiology**, v.71, n.4, p.444-448, 2007.
- LI, J. H.; WANG, E. T.; CHENA, W. F.; CHENA, W. X. Genetic diversity and potential for promotion of plant growth detected in nodule endophytic bacteria of soybean grown in Heilongjiang province of China. **Soil Biology & Biochemistry**, v.40, n.1, p.238-246, 2008.

LUZ, W. C. Efeito de bioprotetores em patógenos de sementes e na emergência e rendimento de grãos de milho. **Fitopatologia Brasileira**, v.26, n.1, p.16-20, 2001.

MACHADO, D. F. M.; PARZIANELLO, R. F.; SILVA, A. C. F.; ANTONIOLLI, Z. I. *Trichoderma* no Brasil: O Fungo e Bioagente. **Revista de Ciências Agrárias**, v.35, n.1, p.274-288, 2012.

MACHADO, R. G.; SÁ, E. L. S.; DAMASCENO, R. G.; HAHN, L.; ALMEIDA, D.; MORAES, T.; CAMARGO, F. A. O.; REARTES, D. S. Promoção de crescimento de *Lotus corniculatus* L. e *Avena strigosa* Schreb pela inoculação conjunta de *Trichoderma harzianum* e rizóbio. **Ciência e Natura**, v.33, n.2, p.111-126, 2011.

MARRA, L. M.; SOARES, C. R. F. S.; OLIVEIRA, S. M.; FERREIRA, P. A. A.; SOARES, B. L.; CARVALHO, R. F.; LIMA, J. M.; MOREIRA, F. M. S. Biological nitrogen fixation and phosphate solubilization by bacteria isolated from tropical soils. **Plant and Soil**, v.353, n.1, p.289-307, 2012.

MASTOURI, F.; BJORKMAN, K.; HARMAN, G. H. Seed treatment with *Trichoderma harzianum* alleviates biotic, abiotic, and physiological stresses in germinating seeds and seedlings. **Phytopathology**, v.100, n.11, p.1213-1221, 2010.

MATHIVANAN, N.; PRABAVATHY, V. R.; VIJAYANANDRAJ, V. R. Application of talc formulations of *Pseudomonas fluorescens* Migula and *Trichoderma viride* Pers. ex SF Gray decrease the sheath blight disease and enhance the plant growth and yield in rice. **Journal of Phytopathology**, v.153, n.11-12, p.697-701, 2005.

MENDES, M. C.; GABRIEL, A.; VIDAL, L. H. I.; JUNIOR, O. P.; FARIA, M. V.; JUNIOR, O. A. C. Biorregulador aplicado em diferentes estádios fenológicos na cultura do trigo. **Revista Agro@mbiente On-line**, v.9, n.4, p.476-480, 2016.

MERTZ, L. M.; HENNING, F. A.; ZIMMER, P. D. Bioprotetores e fungicidas químicos no tratamento de sementes de soja. **Ciência Rural**, v.39, n.1, p.13-18, 2009.

MORANDI, M. A. B.; BETTIOL, W. Controle biológico de doenças de plantas no Brasil. In: BETTIOL, W.; MORANDI, M. A. B. **Biocontrole de Doenças de Plantas**, v.1, 1ª ed. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2009. p.07-14.

MUKHERJEE, P. K.; HORWITZ, B. A.; KENERLEY, C. M. Secondary metabolism in *Trichoderma* – a genomic perspective. **Microbiology**, v.158, n.1, p.35-45, 2012.

NICCHIO, B.; BOER, C. A.; SIQUEIRA, T. P.; VASCONCELOS, A. C. P.; REZENDE, W. S.; LANA, R. M. Q. Ácido húmico e bioativador no tratamento de sementes de milho. **Journal of Agronomic Sciences**, v.2, n.2, p.61-73, 2013.

OLIVEIRA-LONGATTI, S. M.; MARRA, L. M.; SOARES, L. B.; BOMFETI, C. A.; SILVA, K.; AVELAR FERREIRA, P. A. A.; MOREIRA, F. M. S. Bacteria isolated from soils of the western Amazon and from rehabilitated bauxite-mining areas have potential as plant growth promoters. **World Journal of Microbiology & Biotechnology**, v.30, n.4, p.1239-1250, 2014.

OLIVEIRA-LONGATTI, S. M.; MARRA, L. M.; MOREIRA, F. M. S. Evaluation of plant growth promoting traits of *Burkholderia* and *Rhizobium* strains isolated from Amazon soils

for their co-inoculation in common bean. **African Journal of Microbiology Research**, v.7, n.11, p.948-959, 2013.

PAVINATO, P. S.; ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de nutrientes no solo: decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.911-920, 2008.

PEIXOTO NETO, P. A. S.; AZEVEDO, J. L.; ARAÚJO, W. L. Microrganismos endofíticos. **Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, v.29, p.62-77, 2002.

PIMENTA, A. S.; SANTANA, J. A. S.; ANJOS, R. M.; BENITES, V. M.; ARAÚJO, S. O. Caracterização de ácidos húmicos produzidos a partir de carvão vegetal de duas espécies florestais do semi-árido: Jurema preta (*Mimosa tenuiflora*) e Pereiro (*Aspidosperma pyrifolium*). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.4, n.4, p.01-11, 2009.

PIRES, J. L. F.; VARGAS, L.; CUNHA, G. R. **Trigo no Brasil: bases para produção competitiva e sustentável**. 1ª ed. Passo Fundo, RS: Embrapa Trigo, 2011. 488 p.

POMELLA, A. W. V.; RIBEIRO, R. T. S. Controle biológico com *Trichoderma* em grandes culturas - uma visão empresarial. In: BETTIOL, W.; MORANDI, M. A. B. **Biocontrole de Doenças de Plantas**, v.1, 1ª ed. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2009. p.239-244.

PUNJA, Z. K.; UTKHEDE, R. S. Using fungi and yeasts to manage vegetable crop diseases. **Trends in Biotechnology**, v.21, n.9, p.400-407, 2003.

QUAGGIOTTI, S.; RUPERT, B.; PIZZEGHELLO, D.; FRANCIOSO, O.; TUGNOLI, V.; NARDI, S. Effect of low molecular size humic substances on nitrate uptake and expression of genes involved in nitrate transport in maize (*Zea mays* L.). **Journal of Experimental Botany**, v.55, n.398, p.803-813, 2004.

RAMPIM, L.; RODRIGUES, A. C. C.; NACKE, H.; KLEIN, J.; GUIMARÃES, V. F. Qualidade fisiológica de sementes de três cultivares de trigo submetidas à inoculação e diferentes tratamentos. **Journal of Seed Science**, v.34, n.4, 2012.

SAMUELS, G. J. *Trichoderma*: systematics, the sexual state, and ecology. **Phytopathology**, v.96, n.2, p.195-206, 2006.

SCHEUER, P. M.; FRANCISCO, A. D.; MIRANDA, M. D.; LIMBERGER, V. M. Trigo: Características e utilização na panificação. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.13, n.2, p.211-222, 2011.

SHANMUGAIAH, V.; BALASUBRAMANIAN, N.; GOMATHINAYAGAM, S.; MONOHARAN, P. T.; RAJENDRAN, A. Effect of single application of *Trichoderma viride* and *Pseudomonas fluorescens* on growth promotion in cotton plants. **African Journal of Agricultural Research**, v.4, p.1220-1225, 2009.

SHORESH, M.; MASTOURI, F.; HARMAN, G. E. Induced systemic resistance and plant responses to fungal biocontrol agents. **Annual Review of Phytopathology**, v.48, p.21-43, 2010.

SILVA, V. N.; GUZZO, S. D.; LUCON, C. M. M.; HARAKAVA, R. Promoção de crescimento e indução de resistência à antracnose por *Trichoderma* spp. em pepineiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.12, p.1609-1618, 2011.

TAIZ L.; ZEIGER E. **Fisiologia vegetal**. 5<sup>a</sup>.ed. Porto Alegre RS: Artmed, 2013, 954 p.

VAUGHAN, D.; MALCOLM, R. E. **Soil organic matter and biological activity**. Netherlands: Springer, 1985. 443 p.

VENDRUSCOLO, E. P.; SANTOS, O. F.; ALVES, C. Z. Substâncias húmicas na qualidade fisiológica de sementes de sorgo. **Journal of Agronomic Sciences**, v.3, n.2, p.169-177, 2014.

VINALE, F.; SIVASITHAMPARAM, K.; GHISALBERTI, E. L.; MARRA, R.; BARBETTI, M. J.; LI, H.; WOO, S. L.; LORITO, M. A novel role for *Trichoderma* secondary metabolites in the interactions with plants. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v.72, n.1, p.80-86, 2008.

WANG, B.; QIU, Y. L. Phylogenetic distribution and evolution of mycorrhizas in land plants. **Mycorrhiza**, v.16, p.299-363, 2006.

WOO, S. L.; SCALA, F.; RUOCCO, M.; LORITO, M. The molecular biology of the interactions between *Trichoderma* spp., pathogenic fungi and plants. **Phytopathology**, v.96, p.181-185, 2006.

XIAOXUE, Y.; HUA, C.; JINZHU, S.; JUNZHENG, Z. Heterologous expression of an aspartic protease gene from biocontrol fungus *Trichoderma asperellum* in *Pichia pastoris*. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v.29, n.11, p.2087-2094, 2013.

YAN, W.; HOLLAND, J. B. A heritability-adjusted GGE biplot for test environment evaluation. **Euphytica**, v.171, p.355-369, 2010.