

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL  
CAMPUS CERRO LARGO  
CURSO DE AGRONOMIA**

**CARLOS RODRIGO MARTIN**

**INOCULAÇÃO DE *Trichoderma asperellum* E DOSES DE NITROGÊNIO EM  
TRIGO**

**CERRO LARGO  
2022**

**CARLOS RODRIGO MARTIN**

**INOCULAÇÃO DE *Trichoderma asperellum* E DOSES DE NITROGÊNIO EM  
TRIGO**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação  
apresentado como requisito parcial para obtenção  
de título de Bacharel em Agronomia pela  
Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS).

Orientador: Prof. Dr. Renan Costa Beber Vieira

**CERRO LARGO**

**2022**

### **Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS**

Martin, Carlos Rodrigo  
Inoculação de *Trichoderma asperellum* e doses de  
nitrogênio em trigo / Carlos Rodrigo Martin. -- 2022.  
44 f.

Orientador: Prof. Dr. Renan Costa Beber Vieira

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -  
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de  
Bacharelado em Agronomia, Cerro Largo, RS, 2022.

1. *Triticum aestivum*. 2. fertilização nitrogenada. 3.  
ureia. 4. microrganismo biológico. I. Vieira, Renan  
Costa Beber, orient. II. Universidade Federal da  
Fronteira Sul. III. Título.

CARLOS RODRIGO MARTIN

INOCULAÇÃO DE *Trichoderma asperellum* E DOSES DE NITROGÊNIO EM  
TRIGO

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação  
apresentado como requisito para obtenção de  
título de Bacharel em Agronomia pela  
Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS).

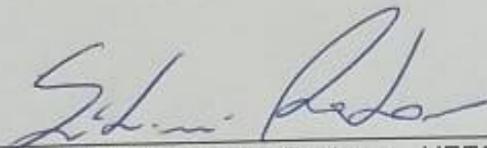
Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 05/04/2022.

BANCA EXAMINADORA



---

Prof. Dr. Renan Costa Beber Vieira – UFFS  
Orientador



---

Prof. Dr. Sidinei Zwick Radons – UFFS  
Avaliador



---

Prof.ª Dr.ª Juliane Ludwig – UFFS  
Avaliadora

Dedico este trabalho aos meus pais, que não pouparam esforços para que eu pudesse concluir meus estudos. E, aos pais do amigo, colega e sempre lembrado, Mateus Thomas, que também estariam celebrando a conquista do filho.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus pais e irmão, por todo o zelo e dedicação que sempre despenderam comigo. Aos amigos e colegas, pelos momentos de estudo e diversão. Aos professores, em especial ao orientador deste trabalho, pela dedicação no compartilhar do saber e disposição de ajuda nos momentos solícitos. Ao Pai Celeste, pela oportunidade da vida e pela proteção.

“-Escutem! Certo homem saiu para semear. Quando estava espalhando as sementes, algumas caíram-na beirado caminho, e os passarinhos comeram tudo. Outra parte das sementes caiu num lugar onde havia muitas pedras e pouca terra. As sementes brotaram logo porque a terra não era funda. Mas, quando o sol apareceu, queimou as plantas, e elas secaram porque não tinham raízes. Outras sementes caíram no meio de espinhos, que cresceram e sufocaram as plantas. Mas as sementes que caíram em terra boa produziram na base de cem, de sessenta e de trinta grãos por um. - Se vocês têm ouvidos para ouvir, então ouçam ” Bíblia Sagrada. Evangelho de Mateus, capítulo 13, versículos 3 a 9.

## RESUMO

O aumento dos custos de produção do trigo, proveniente da alta de preços dos insumos nitrogenados, potencializa pesquisas com o uso de agentes microbiológicos que possibilitem, pela substituição parcial ou total, o provimento de N-inorgânico às plantas. O presente estudo teve como objetivo, avaliar o uso da inoculação de *Trichoderma asperellum* na cultura do trigo associado a doses de nitrogênio. O experimento foi conduzido à campo no município de Senador Salgado Filho, RS. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados (DBC) em esquema fatorial 2x3, em 4 repetições. O fator A é representado pela inoculação de sementes de trigo com *T. asperellum* URM 5911 (com e sem inoculação), e o fator D pelas doses de nitrogênio (0, 60, 120 kg ha<sup>-1</sup>). A cultivar de trigo LG Oro foi avaliada pelo número de afilhos, estatura, grãos por espiga, massa de mil grãos e produtividade de grãos. Houve interação significativa entre os fatores para a variável produtividade de grãos. A produtividade média de grãos com inoculação de *T. asperellum* em todos níveis de fertilização nitrogenada, foi significativamente superior quando comparada ao não uso do microrganismo, nas mesmas doses. O número de afilhos por planta e massa de mil grãos foram significativos para o fator D, individualmente, apresentando aumento linear, conforme incremento das doses de N. Conclui-se, nas condições desse estudo, que a inoculação de *T. asperellum* possibilitou a substituição total da suplementação de N via adubação nitrogenada com ureia no trigo para a variável produtividade de grãos.

Palavras-chave: *Triticum aestivum*; fertilização nitrogenada; ureia; microrganismo biológico.

## ABSTRACT

The increase in wheat production costs, resulting from the high prices of nitrogen inputs, enhances research with the use of microbiological agents that allow, through partial or total replacement, the supply of inorganic-N to plants. The present study aimed to evaluate the use of inoculation of *Trichoderma asperellum* in wheat culture associated with nitrogen doses. The experiment was carried out in the field in the municipality of Senador Salgado Filho, RS. The experimental design used was randomized blocks (DBC) in a 2x3 factorial scheme, with 4 replications. Factor A is represented by inoculation of wheat seeds with *T. asperellum* URM 5911 (with and without inoculation), and factor D by nitrogen rates (0, 60, 120 kg ha<sup>-1</sup>). The wheat cultivar LG Oro was evaluated by the number of tillers, height, grains per ear, thousand-grain mass and grain yield. There was a significant interaction between the factors for the grain yield variable. The average grain yield with inoculation of *T. asperellum* at all levels of nitrogen fertilization was significantly higher when compared to the non-use of the microorganism, at the same doses. The number of tillers per plant and the weight of a thousand grains were significant for the factor D, individually, presenting a linear increase, according to the increment of the N doses. It is concluded, under the conditions of this study, that the inoculation of *T. asperellum* allowed the total replacement of N supplementation via nitrogen fertilization with urea in wheat for the variable grain yield.

Keywords: *Triticum aestivum*; nitrogen fertilization; urea; biological microorganism.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Precipitação pluviométrica (mm) e temperatura do ar (°c) durante o período experimental (18/06/2021 à 26/10/2021).....	29
Figura 2 – Análise de regressão linear para doses de n associado ao uso de <i>T. asperellum</i> na produtividade de grãos de trigo por hectare.....	31
Figura 3 – Efeito das doses de N na quantidade de afilhos por planta .....	33
Figura 4 - Efeito de doses de N sobre a massa de mil grãos. ....	35

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1– Atributos químicos de camada estratificada 0-10 cm e 10-20 cm do solo da área do experimento.....	25
Tabela 2 - Número de afilhos (NA), estatura de plantas (EP), grãos por espiga (GE), massa de mil grãos (MMG), produtividade de grãos (PG), e peso hectolitro (PH) do trigo em função do <i>Trichoderma asperellum</i> e doses de nitrogênio.....	30
Tabela 3 – Análise estatística de correlação de Pearson para as variáveis número de afilhos (NA), estatura de plantas (EP), grãos por espiga (GE), massa de mil grãos (MMG), produtividade de grãos (PG), obtidas do trigo em função de <i>T. asperellum</i> e doses de N.....	34

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AIA	Ácido indol acético
cm	Centímetro
ha <sup>-1</sup>	Por hectare
i.a	Ingrediente ativo
kg ha <sup>-1</sup>	Quilogramas por hectare
m	Metro
m <sup>2</sup>	Metro quadrado
mm	Milímetro
N	Nitrogênio
p.c	Produto comercial
P	Fósforo
ufc g <sup>-1</sup>	Unidades formadoras de colônia por grama
UFFS	Universidade Federal da Fronteira Sul

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1	OBJETIVO GERAL.....	14
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>15</b>
2.1	A CULTURA DO TRIGO .....	15
2.2	O NITROGÊNIO NA NUTRIÇÃO DE PLANTAS .....	16
2.3	O TRICHODERMA NA AGRICULTURA .....	19
<b>2.3.1</b>	<b><i>Trichoderma asperellum</i> na promoção de crescimento .....</b>	<b>23</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>25</b>
3.1	CARACTERÍSTICAS DA ÁREA.....	25
3.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS .....	25
3.3	IMPLANTAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO .....	26
3.4	VARIÁVEIS ANALISADAS.....	27
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>30</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>36</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>37</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O trigo tem grande importância na alimentação humana, serve de matéria prima para fabricação de alimentos como pães, massas e biscoitos. Também se destaca no uso para alimentação animal, principalmente na forma de farelos (SCHEUER *et al.*, 2011).

O Brasil não é autossuficiente na produção de trigo. O consumo de mais de 12 milhões de toneladas, representa quase o dobro da quantidade produzida na safra 2020/2021 (CONAB, 2021). O regresso de área cultivada com esse cereal da safra de 1976 (3.539,8 mil ha) para a safra de 2019 (2.040,5 mil ha) é de -42,4%. Porém, a produção aumentou 60,3% nesse mesmo período, partindo de 3.215,7 mil t para 5.154,7 mil t (FLOSS, 2020). Nas últimas quatro décadas, a produção de cereais triplicou enquanto que a quantidade de nitrogênio sintético aplicado às lavouras subiu de 12.000.000 t ano<sup>-1</sup> para 104.000.000 t ano<sup>-1</sup> (MULVANEY *et al.*, 2009).

O nitrogênio é o macronutriente mais exigido em quantidade pela planta de trigo (DE BONA; DE MORI; WIETHÖLTER, 2016). Ele é assimilado pelas raízes das plantas na forma inorgânica, como amônio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) ou preferencialmente na forma de nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) (SENAR, 2019). O nitrato se origina da mineralização da matéria orgânica do solo, dos fertilizantes minerais nitrogenados aplicados, bem como da decomposição de dejetos animais, resíduos de colheita e outros (WEIGHTMAN *et al.*, 2013).

Biologicamente, o solo constitui-se em um ecossistema diversificado onde as raízes das plantas e microrganismos se inter-relacionam. Vários microrganismos desempenham função importante na liberação (mineralização) de nutrientes de fontes orgânicas. Esses nutrientes podem então, ficar diretamente disponíveis para as plantas (TAIZ *et al.*, 2017).

Nesse contexto, surge o fungo *Trichoderma*. De acordo com Bettiol; Silva; Castro (2019), além de ser um importante agente de controle biológico de doenças, colabora no aumento da eficiência no uso de nitrogênio, promoção do desenvolvimento das plantas, produtividade, alívio dos impactos dos estresses salinos.

## 1.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o uso do *Trichoderma asperellum* na cultura do trigo associado a doses de nitrogênio.

## 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar a influência de doses de nitrogênio no desempenho da inoculação com *T. asperellum*.

Avaliar se a suplementação de N via adubação nitrogenada com ureia, é eficaz na manutenção de maior rendimento de trigo inoculado com *T. asperellum*.

Avaliar se a inoculação de *T. asperellum* possibilita a substituição parcial ou total da suplementação de N via adubação nitrogenada com ureia no trigo.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 A CULTURA DO TRIGO

O trigo pertence à Família *Poaceae*, Gênero *Triticum*. A espécie mais difundida é *Triticum aestivum* L (PIANA; CARVALHO, 2008). É uma gramínea originária da região do Crescente Fértil, sudoeste da Ásia. Sua domesticação foi iniciada a aproximadamente 10 mil anos e contribuiu para a alteração do sistema de vida nômade e início dos primeiros povoados (CAIERÃO *et al.*, 2016).

Esse cereal é empregado na alimentação humana (farinha, macarrão, biscoitos, pães, etc.), na elaboração de produtos não alimentícios (misturas adesivas ou de laminação para papéis ou madeiras, colas, misturas para impressão, agentes surfactantes, embalagens solúveis ou comestíveis, álcool, antibióticos, cosméticos, etc.) e também na alimentação animal na forma de forragem, de grão ou na composição de ração (DE MORI; IGNACZAK, 2011).

Os maiores produtores mundiais são China, Índia e Rússia. O Brasil encontra-se na 22ª colocação (FAOSTAT, 2020). É o segundo cereal mais produzido no mundo. Na safra 2019-2020 foram colhidos 216,5 milhões de hectares a nível mundial, com produção de 764,3 milhões de toneladas, volume 4,6% superior ao registrado na safra anterior (USDA, 2020). A estimativa da produção, consumo e importação em milhões de toneladas da safra de trigo brasileira de 2020 foi de 6,2, 12,1 e 6,6, respectivamente (CONAB, 2021).

O rendimento de grãos de trigo apresentou incremento de produção durante as últimas décadas no Brasil: 693 kg ha<sup>-1</sup> (década de 1960), 850 kg ha<sup>-1</sup> (década de 1970), 1.310 kg ha<sup>-1</sup> (década de 1980), 1.517 kg ha<sup>-1</sup> (década de 1990) e 1.883 kg ha<sup>-1</sup> (década de 2000). Os avanços são provenientes de melhoramento genético e manejos culturais (CAIERÃO, 2014). Com a consolidação da Embrapa e novas cultivares desenvolvidas, atinge-se mais de 3 t ha<sup>-1</sup> nas safras atuais (CONAB, 2017). No sul do Brasil, tem se chegado a 5,0 t ha<sup>-1</sup> em lavouras comerciais e até 7,0 t ha<sup>-1</sup> em parcelas experimentais (CAIERÃO *et al.*, 2016).

As práticas de manejo como adubação, controle de insetos-praga, doenças e plantas espontâneas são efetuadas sobre a ótica do desenvolvimento da cultura e não sobre datas no calendário (PIRES *et al.*, 2011). Os estádios de desenvolvimento mais

conhecidos da planta, em ordem cronológica, são: plântula, afilhamento, alongamento, emborrachamento, espigamento, florescimento, grão em estado leitoso, grão em massa, grão em maturação fisiológica e grão maduro. A escala de Feekes (1940), modificada por Large (1954), e a escala de Zadoks, Chang e Konzac (1974), são as mais citadas em trabalhos científicos (SCHEEREN *et al.*, 2015).

O componente primário determinante da produção de grãos de trigo é o número de afilhos por planta e ocorre durante o período de afilhamento. Já no período de alongamento do colmo, tem-se a definição do número de flores e número de espigas m<sup>2</sup>. No florescimento há a definição do número de grãos por espiga (RODRIGUES *et al.*, 2011).

As condições climáticas e meteorológicas como o excesso de chuva após a maturação fisiológica e o período de colheita, e a ocorrência de geadas e déficit hídrico no florescimento em regiões subtropicais durante a safra, influenciam na perda do rendimento de grãos e características de qualidade tecnológica (PASINATO *et al.*, 2014). Para alcançar produtividades em torno de 3,5 t ha<sup>-1</sup>, o trigo requer altos índices pluviométricos com boa distribuição durante todo o ciclo (BRUNETTA *et al.*, 2006).

Existem duas classificações de trigo quanto à vernalização. Os de primavera, com pouca ou nenhuma sensibilidade, e os de inverno, altamente sensíveis ou responsivos (PRÁIL *et al.*, 2004). O período ideal para semeadura de trigo no Rio Grande do Sul é entre os meses de maio e julho, onde desenvolve-se em temperaturas médias de 20°C (CUNHA, 2001). Sob altas temperaturas, a produção de grãos é o caractere mais afetado, seguido da altura, floração e massa de mil grãos (OLIVEIRA *et al.*, 2011).

O país necessita aumentar a produção, pois além da demanda interna de grãos, seu cultivo fornece palhada para as culturas subsequentes como soja e milho (CONAB, 2017). É necessário aprimorar conhecimentos em manejos empregados na cultura no intuito de melhoria na produção e sustentabilidade do sistema (ROSSATO, 2004).

## 2.2 O NITROGÊNIO NA NUTRIÇÃO DE PLANTAS

O nitrogênio é o elemento mineral que as plantas exigem em maior escala. Ele está presente em muitos componentes celulares vegetais, incluindo clorofila,

aminoácidos, ácidos nucleicos (TAIZ *et al.*, 2017), coenzimas, fitohormônios, metabólitos secundários (MARSCHNER, 2012) e proteínas. As proteínas sozinhas compreendem 60% ou mais do N das plantas (VIEIRA, 2017). É o nutriente em maior concentração nos tecidos vegetativos e grãos do trigo (DE BONA; DE MORI; WIETHÖLTER, 2016).

A deficiência de N nas plantas é percebida pelo baixo crescimento, clorose na forma de amarelecimento ou branqueamento das folhas velhas, e redução na produção de grãos (DE BONA; DE MORI; WIETHÖLTER, 2016).

Embora seja abundante na atmosfera em forma de gás, o nitrogênio ( $N_2$ , 78%) apresenta ligação tripla entre os átomos tornando a molécula quase inerte e sem utilidade para a maioria dos organismos. No solo, 95% do N está na forma orgânica. O restante está na forma inorgânica mineral ( $NH_4^+$ ,  $NO_2^-$ ,  $NO_3^-$ ) que ainda em menor concentração, são de grande importância na nutrição de plantas e processos do ciclo do N (VIEIRA, 2017).

Valores estimados de fluxos via processos mais importantes de adição de N no solo são: fixação biológica (50 a 500 kg ha<sup>-1</sup>), mineralização (2 a 5% do N-orgânico), reposição pelas chuvas (5 a 20 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) e fertilização (50 a 400 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>). As principais perdas podem ser por lixiviação (500 kg ha<sup>-1</sup>), erosão do solo (40 a 150 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>), extração pelas culturas (10 a 300 kg ha<sup>-1</sup>), volatilização/desnitrificação (10 a 80% de N aplicado) e imobilização no próprio solo (25 a 30% de N aplicado via fertilização) (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Biologicamente, o solo constitui-se em um ecossistema diversificado onde as raízes das plantas e microrganismos se inter-relacionam. Vários microrganismos desempenham função importante na liberação (mineralização) de nutrientes de fontes orgânicas. Esses nutrientes podem então, ficar diretamente disponíveis para as plantas (TAIZ *et al.*, 2017).

O desenvolvimento e atividade dos microrganismos ficam prejudicados em solos com pH menor que 5,0. Como consequência, a taxa de decomposição da matéria orgânica fica limitada, resultando em menor liberação de nutrientes, principalmente o N (ERNANI, 2008).

A obtenção ótima de nutrientes depende da capacidade do sistema radicular em absorvê-los, da capacidade de crescer em direção ao solo inexplorado, e da capacidade da planta em formar simbiose micorrízica. Com altas concentrações de nutrientes no solo, cerca de 3,5% do sistema de raiz do trigo de primavera é suficiente

para suprir toda a demanda desses nutrientes à planta. Desse modo, a alocação de recursos da planta para as raízes pode ser diminuída enquanto que a parte aérea e estruturas reprodutivas são favorecidas. Essa alteração de recursos é um mecanismo pelo qual a fertilização estimula a produtividade das culturas (TAIZ *et al.*, 2017).

A aplicação de N tem importância na composição de rendimento de grãos do trigo (RODRIGUES *et al.*, 2011). A demanda de N é alterada conforme o ciclo da planta. Assim, a aplicação parcelada da dose de N total visa sincronizar a disponibilidade de N do solo com a demanda da planta. A disponibilidade de N na fase inicial de afilhamento (4ª folha) define o número de espiguetas por espiga, e na fase final (7ª folha) determina o número de afilhos que formarão espigas férteis (DE BONA; DE MORI; WIETHÖLTER, 2016). Estima-se que para uma produção de 3 t de grãos desse cereal, a quantidade de N absorvido pela planta seja de 100 a 110 kg ha<sup>-1</sup> (WIETHÖLTER, 2011).

As variáveis que definem a quantidade de fertilizante nitrogenado a se aplicar são: nível de matéria orgânica do solo, a cultura precedente e a expectativa de rendimento de grãos da cultura (KUHNE, *et al.*, 2020). Para os solos do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, quando o nível de matéria orgânica for  $\leq 2,5\%$ , a cultura antecedente for leguminosa e a expectativa de rendimento de grãos de 3 t ha<sup>-1</sup>, utilizar 60 kg de N ha<sup>-1</sup>. Quando o teor de matéria orgânica do solo variar entre 2,6% e 5,0%, utilizar 40 kg de N ha<sup>-1</sup>, e quando  $> 5,0\%$  aplicar  $\leq 20$  kg de N ha<sup>-1</sup>, nas mesmas condições de cultura antecedente e estimativa de rendimento. Quando a expectativa de rendimento for maior, acrescentar 20 kg de N ha<sup>-1</sup>. A dose de N a ser aplicada na semeadura varia entre 15 kg ha<sup>-1</sup> e 20 kg ha<sup>-1</sup>. O restante deve ser aplicado em cobertura no estágio início de perfilhamento e início de alongamento do colmo da cultura (CQFS-RS/SC, 2016).

A eficiência agronômica de fertilizantes nitrogenados como ureia (45% de N), nitrato de amônio (32% de N) e sulfato de amônio (20% de N e 22% de S) para trigo é similar. Efeitos ambientais como precipitação, temperatura e volatilização ocasionam possíveis diferenças entre fontes. Por esse motivo, recomenda-se aplicar o fertilizante no momento oportuno e usar a fonte que apresentar menor custo por unidade de N, que, em geral, costuma ser a ureia (WIETHÖLTER, 2011).

### 2.3 O TRICHODERMA NA AGRICULTURA

O *Trichoderma* é um importante gênero de fungos habitantes do solo. Pertence ao Reino *Fungi*, Filo *Ascomycota*, Ordem *Hipocreales*, Família *Hypocreaceae* (AMORIM *et al.*, 2018), Classe *Sordariomycetes* (JAKLITSCH, 2009).

Esses fungos têm sido utilizados na produção agrícola mundial para melhorar a sanidade, o crescimento e a produtividade de diversas culturas de importância econômica (LUCON; CHAVES; BACILIERI, 2014). São endofíticos simbiotes de plantas, com habilidade de colonizar raízes (células da epiderme e de córtex exterior) sem ocasionar patologias, ao atuar como agentes de biocontrole de doenças e como promotores de crescimento de plantas (HARMAN *et al.*, 2004; SHORESH *et al.*, 2010; HARMAN, 2011, apud VERGARA *et al.*, 2019).

O *Trichoderma* se nutre pela absorção de nutrientes por meio das hifas. Assim, para poder atravessar a parede celular e utilizar os componentes como nutrientes, os substratos de alto peso molecular necessitam ser hidrolisados a moléculas menores. Para isso ocorrer, esses microrganismos liberam enzimas extracelulares que, quanto mais diversas e numerosas, proporcionarão maiores vantagens para viverem em ambientes com diferentes condições (MONTE; BETTIOL; HERMOSA, 2019).

Os mecanismos de ação do *Trichoderma* são: antibiose, competição, indução de resistência contra diferentes tipos de patógenos e micoparasitismo. Essas características fazem com que o fungo atue na promoção de crescimento de plantas, indução de resistência, supressão de patógenos de solo, entre outras (HARMAN *et al.*, 2004; WAGHUNDE *et al.*, 2016 apud MEDEIROS, *et al.*, 2019).

Em situações de parasitismo, hiperparasitismo e micoparasitismo, o *Trichoderma* se alimenta dos fitopatógenos, consumindo suas reservas e produzindo enzimas hidrolíticas, quitinases, proteases, glucanases e lipases, tóxicas para o hospedeiro (STEFFEN *et al.*, 2018).

O micoparasitismo do *Trichoderma* está associado a estruturas de resistência de patógenos difíceis de serem destruídas (DE MELO, 2000). Os escleródios de *Sclerotinia sclerotiorum* (mofo branco da soja) permanecem em repouso no solo por até 10 anos. Quando o local é infestado por essa estrutura infectiva do patógeno, havendo presença de plantas suscetíveis como soja, feijão, algodão e girassol, e as condições ambientais sendo favoráveis, o patógeno “acorda” e volta a causar

prejuízos ao produtor. Recomenda-se então, a aplicação de produtos a base de *Trichoderma* sobre a palhada para a eliminação do problema (LUCON; CHAVES; BACILIERI, 2014). Em experimento com quatro bioprodutos a base de *Trichoderma*. Rezende (2011) constatou que *Trichodermil*<sup>®</sup> (*T. harzianum*) e *Quality*<sup>®</sup> (*T. asperellum*) apresentaram a menor porcentagem de germinação de escleródios de *Sclerotinia sclerotiorum*, 44,4% e 49%, respectivamente, com diferença significativa para a testemunha 88,3%. *Trichodermil*<sup>®</sup> apresentou o melhor resultado sobre a porcentagem de escleródios colonizados com *Trichoderma*, 77%.

Na antibiose, o *Trichoderma* produz metabólito de efeitos tóxicos sobre os fitopatógenos, tais como enzimas e compostos com ação antibiótica. Já a indução de resistência nas plantas pelo fungo, é desencadeado pelo estímulo de enzimas do tipo quitinases, glucanases e peroxidases que possibilitam o reconhecimento da presença de patógeno, estimulando a síntese de outras enzimas no processo de resistência ao causador da doença (STEFFEN *et al.*, 2018).

Pufal (2017), em experimento de tratamento de sementes (TS) com *Trichoderma asperellum*, *T. harzianum*, *Trichoderma spp.* e químicos, avaliou o controle da ferrugem e da mancha amarela sobre variáveis de rendimento em trigo. Constatou-se que o uso de *Trichoderma spp.* em tratamento de sementes, interferiu positivamente no controle da ferrugem da folha, mas não foi eficiente para o controle da mancha amarela.

A competição é um comportamento desuniforme entre dois ou mais organismos pelo mesmo recurso, de modo que a utilização deste por um deles reduz a disponibilidade para os outros (MONTE; BETTIOL; HERMOSA, 2019). Esse fungo compete por espaço, luz, água, nutrientes e oxigênio com os fitopatógenos (STEFFEN *et al.*, 2018).

Os ácidos produzidos pelo *Trichoderma* colaboram para a solubilização de fosfatos, micronutrientes, alguns minerais como ferro, manganês e magnésio. Algumas linhagens do fungo produzem, também, substâncias que podem atuar como hormônios e/ou indutores de hormônios vegetais no crescimento de plantas. (LUCON; CHAVES; BACILIERI, 2014). A promoção de crescimento está associada a maiores níveis de absorção de fósforo e nitrogênio na presença desses endofíticos (SUDHA *et al.*, 2016; LUZ *et al.*, 2006).

O *Trichoderma* apresenta importante função ecológica, pois participa na mineralização dos restos vegetais mortos como folhas, caules e raízes, ajudando a

manter o equilíbrio do ambiente (GAMS; BISSET, 1998 apud SAITO *et al.*, 2009). Apresenta também eficácia fotossintética, o que está diretamente relacionado com a assimilação de nitrogênio (MONTE; BETTIOL; HERMOSA, 2019).

Harman (2000), em ensaios com sementes de milho tratadas com *Trichoderma harzianum* (T-22), verificou a possibilidade de aumento na eficiência de utilização de fertilizante nitrogenado. As doses de N foram 0, 40, 80, 160 e 240 kg ha<sup>-1</sup> quando as plantas apresentavam quatro folhas. Foi constatado maiores valores de altura de plantas, de produção de grãos e silagem na presença do T-22. Porém, quando as doses de N foram superiores a 150 kg ha<sup>-1</sup>, não ocorreu aumento de produção de grãos e silagem. Para as sementes sem TS de T-22 foi necessária a dose de 240 kg de N ha<sup>-1</sup> para atingir a quantidade produzida pela dose 150 kg de N ha<sup>-1</sup> com T-22. Segundo o autor, foi possível reduzir 38% no nitrogênio em cobertura com o TS de T-22.

Na Itália, Visconti *et al.* (2020) estudou os efeitos do *T. harzianum* cepa T-22 e *T. virens* cepa GV41 com três níveis de fertilização de N na cultura do alface e rúcula. O alface foi mais responsivo aos tratamentos. O *T. virens* GV41 aumentou o rendimento comercial da alface e a produção de biomassa, tanto sob fertilização ideal como abaixo do ideal. Além disso, foi observado um aumento na eficiência de utilização do N de até 116%, sugerindo que uma redução adicional dos insumos de N na produção desta cultura é possível.

A aplicação de N e doses adequadas de *T. harzianum* apresentam efeito sinérgico, porém, em condições de estresse salino é produzido um decaimento das plantas de tomate (RUBIO *et al.*, 2017). A super estimulação da planta por dupla fertilização (N e Trichoderma), em condições sub-ótimas, decorre em desequilíbrio fitohormonal resultando em alterações fenotípicas indesejáveis. Para tanto, seja para controle biológico ou para bioestimulante, é importante ajustar as doses de Trichoderma em função das condições do cultivo (MONTE; BETTIOL; HERMOSA, 2019).

O Trichoderma também proporciona o crescimento da parte aérea das plantas e produz auxinas e metabólitos como 6PP que beneficia o desenvolvimento radicular (VINALE *et al.*, 2008; CONTRERAS-CORNEJO *et al.*, 2009 apud MONTE; BETTIOL; HERMOSA, 2019) e desta forma as raízes são mais profundas e vigorosas, proporcionando maior tolerância a seca (HARMAN, 2000). As H<sup>+</sup>-ATPases da membrana plasmática energizam os sistemas de transporte de nutrientes. Assim, as

plantas inoculadas apresentam melhor desempenho em processos fisiológicos e indicadores de crescimento, resultando em maior produtividade (VERGARA *et al.*, 2019).

Plantas de milho inoculadas com micélio seco ao ar ou com solução metabólica de *T. harzianum*-22, apresentaram maiores incrementos em altura da planta, número de folhas, área foliar e massa seca da parte aérea e da raiz, conteúdo de clorofila, ácidos nucleicos, proteína, amido e fitohormônios (AKLADIOUS; ABBAS, 2013). Sementes de milho inoculadas com *T. harzianum* resultaram em plantas com maior acúmulo de matéria seca nas raízes, maior produção de grãos, aumento de altura de plantas e na inserção da espiga, dependendo da época de cultivo e da cultivar (RESENDE, 2003).

Em experimento com mudas clonais de *Eucalyptus camaldulensis*, observou-se incremento no número de folhas, massa seca aérea, das raízes em relação à testemunha, sem *Trichoderma*. As duas espécies utilizadas (*T. harzianum* e *T. virens*) foram detectadas nas raízes pelo teste de colonização endofítica. Seu uso mostrou ser uma alternativa promissora a ser adotada nos viveiros florestais, pois, além de atuar no biocontrole de fitopatógenos, foi capaz de promover o desenvolvimento das mudas (AZEVEDO *et al.*, 2017).

O *Trichoderma* apresenta relação de diminuição da produção de ácido 1-carboxílico-1-aminociclopropano (precursor do Etileno, responsável pela inibição do crescimento), e o aumento da síntese do Ácido Indolacético (AIA) (importante no desenvolvimento de raízes) (MARTÍNEZ-MEDINA *et al.*, 2014).

Algumas espécies de *Trichoderma* demonstram elevado número de genes que codificam chaperonas (proteínas que reparam os danos celulares provocados pelo crescimento em condições adversas) e transportadores ABC (proteínas da membrana celular que facilitam a entrada de muitos nutrientes e precursores biossintéticos, que secretam metabólitos primários e secundários, e que eliminam substâncias tóxicas e agroquímicos absorvidos pelas células) que lhes proporcionam um amplo oportunismo ambiental (MONTE; BETTIOL; HERMOSA, 2019).

O intervalo de temperatura ótima para o crescimento de algumas espécies de *Trichoderma* é entre 25-30 °C (MUKHERJEE; RAGHU, 1997; MONTALVÃO, 2012), umidade de 60 ± 10%, pH entre 4,5 e 5,5 e concentração de matéria orgânica maior que 2% (LUCON; CHAVES; BACILIERI, 2014). Porém, algumas cepas crescem em

altas temperaturas, solos salinos ou alcalinos e sob condições de baixa umidade (MONTE; BETTIOL; HERMOSA, 2019).

Quanto à dinâmica de populações, Lucon; Chaves; Bacilieri (2014) afirmam que a população de bioagentes comerciais quando aplicados ao solo diminui após cerca de 30 dias, com tendência a estabilização ou retorno à situação original. Já para Stummer *et al.* (2020), cepas comerciais colonizaram solos da rizosfera e raízes de trigo em 56 a 112 dias após emergência em profundidade de 20 cm, e em profundidade de raiz de 0-10 cm foram mais abundantes, com médias variando de 2 x 10<sup>2</sup> a 4 x 10<sup>5</sup> conídios por grama de solo da rizosfera ou tecido radicular.

Esses fungos são aplicados na maioria como tratamento de sementes, podendo melhorar o estande e a qualidade das plantas. As melhorias podem ser verificadas a curto e a longo prazo. Também podem apresentar desempenho benéfico na cultura subsequente (MASTOURI; BJÖRKMAN; HARMAN, 2010).

O primeiro produto à base de *Trichoderma* disponibilizado comercialmente para uso no Brasil, continha grãos de sorgo colonizados por *Trichoderma viride* para o controle de *Phytophthora cactorum*. Foi produzido pela Embrapa Clima Temperado no ano de 1987. Já o primeiro registro comercial de produto à base de *Trichoderma* foi em 2006 (BETTIOL; MAFFIA; CASTRO, 2014). Atualmente, existem 38 produtos microbiológicos à base de *Trichoderma* com registro comercial, alguns deles com presença de outros microorganismos na composição (AGROFIT, 2022).

O efeito de *Trichoderma* na produtividade varia com a planta cultivada, linhagem introduzida, e práticas culturais adotadas pelo produtor que podem favorecer ou não o crescimento e sobrevivência do fungo no local (LUCON; CHAVES; BACILIERI, 2014). Além disso, fatores bióticos e abióticos como temperatura, umidade, pH e disponibilidade de nutrientes também interfere na eficiência de atuação (NIETO-JACOBO *et al.*, 2017).

### **2.3.1 *Trichoderma asperellum* na promoção de crescimento**

*Trichoderma asperellum* URM 5911, é indicado contra doenças e patógenos como: *Rhizoctonia solani* e *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli*. Seu modo de ação é por parasitismo, competição, antibiose e indução de resistência de plantas (AGROFIT, 2021). Contudo, tem se verificado resultados positivos na promoção de crescimento.

Em experimento com plântulas de trigo, avaliando-se o crescimento inicial, a cepa *T. asperellum* URM 5911 se destacou das demais (*T. harzianum* IBLF006 WP, *T. harzianum* IBLF006 SC, *T. harzianum* ESALQ1306, Testemunha) em percentual de germinação, comprimento da raiz, comprimento da parte aérea e comprimento total de plântulas (OLIVEIRA *et al.*, 2017).

Outro ensaio, com inóculos de *T. asperellum* e lodo ativado em *triticum sp.* A adição de inoculante não interferiu na quantidade de sementes germinadas tanto em condições experimentais de laboratório quanto em cultivo. Mas, apresentou diferença e um maior acúmulo de água nas raízes, sendo favorável para alguns processos fisiológicos da planta. Houve diferenças estatísticas na parte aérea fresca da planta, indicando que o inóculo promove o acúmulo de biomassa (SCATAMBULO, 2017).

Com base nos resultados obtidos do experimento em arroz, Pires *et al.* (2018) constatou que o *T. asperellum* apresenta capacidade de desenvolvimento da raiz, quando pulverizado em parte aérea e tratamento de sementes. Quando utilizado somente em tratamento de semente, ele promove o desenvolvimento da parte aérea.

Chagas *et al.* (2017a) avaliou a eficiência da inoculação de *T. asperellum* no desempenho agrônômico de plantas de soja à campo. Observou-se que com o uso do inóculo, os incrementos de rendimento da colheita da safra 2013/2014 foram de 8,5%, e na safra 2014/2015 de 9,1%, quando comparados ao tratamento sem inoculação.

O uso de *T. asperellum* UFT 201 apresentou resultados positivos no acúmulo de biomassa (acima de 60% em relação às testemunhas) para as culturas da soja, feijão caupi, arroz e milho. Os resultados demonstram a capacidade do inoculante em promover o crescimento inicial de plantas (CHAGAS *et al.*, 2017b).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 CARACTERÍSTICAS DA ÁREA

O trabalho foi conduzido à campo em regime de sequeiro, no município de Senador Salgado Filho, noroeste do Rio Grande do Sul (Latitude 28° 2'41.39"S, Longitude 54°32'42.66"O e Altitude 315 metros). O solo é classificado como LATOSSOLO VERMELHO (EMBRAPA, 2018). O clima da região é Cfa pela classificação de Koppen (WREGE *et al.*, 2012). A cultura precedente ao experimento foi soja em sistema de manejo plantio direto.

As características químicas do solo foram obtidas mediante análise (Tabela 1) realizada pelo laboratório de solos da Sociedade Educacional Três de Maio, em profundidade estratificada de 0-10 cm e 10-20 cm do perfil do solo da área experimental (CQFS-RS/SC, 2016).

Tabela 1– Atributos químicos de camada estratificada 0-10 cm e 10-20 cm do solo da área do experimento.

Profundidade cm	Argila (%)	pH H <sub>2</sub> O (1:1)	Índice SMP	M.O (%)	P mg L <sup>-1</sup>	K mg L <sup>-1</sup>	Ca	Mg cmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>	Al	H+Al
0-10	88,0	5,7	6,2	3,2	11,8	264,0	9,4	3,2	0,0	3,4
10-20	90,0	5,7	6,3	1,8	3,8	136,0	7,0	2,2	0,0	3,0
Profundidade cm	CTC (cmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> ) Efetiva pH 7,00		Saturação (%) Bases Al		S	B	Cu	Zn	Mn	
0-10	13,2	16,7	79,2	0,0	11,9	0,5	12,8	6,2	15,2	
10-20	9,5	12,6	75,2	0,0	35,4	0,4	13,0	2,8	16,4	

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Não houve necessidade de calagem na área em virtude do pH em H<sub>2</sub>O ser maior que 5,5, saturação de alumínio abaixo de 30% na camada 10-20 cm, e saturação de bases maior de 65%. Os níveis de potássio no solo apresentam teores muito altos, dispensando a fertilização potássica mineral (CQFS-RS/SC, 2016).

#### 3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O delineamento experimental empregado foi o de blocos casualizados (DBC) em esquema fatorial 2x3, com 4 repetições. O fator A constituiu-se da inoculação de sementes com microrganismo biológico *Trichoderma asperellum* URM 5911 (1x10<sup>10</sup>

ufc g<sup>-1</sup>) (com e sem inoculação) na dose de 2,8 g p.c (ORGANIC WP<sup>®</sup>) kg<sup>-1</sup> de semente. O fator D refere-se a níveis de fertilização por nitrogênio: sem aplicação (testemunha), recomendado (expectativa de rendimento de grãos de 3 t ha<sup>-1</sup>) e supra-recomendado (expectativa de rendimento de grãos de 6 t ha<sup>-1</sup>) correspondendo a 0, 60, 120 kg N ha<sup>-1</sup>. Nos tratamentos com nitrogênio, a dose total foi parcelada em três aplicações, utilizando 15 kg ha<sup>-1</sup> na semeadura em ambos os tratamentos e o restante da dose no início do perfilhamento (50% da dose residual) e no início do alongamento (50% da dose residual). O fertilizante utilizado foi a ureia (45% de N).

As unidades experimentais foram compostas por 17 linhas de semeadura espaçadas de 0,17 m entre si, por 4 metros de comprimento, constituindo 11,56 m<sup>2</sup> de área total. A área útil considerada para as avaliações foi de 1,0 m linear em 5 linhas centrais, correspondendo a 0,85 m<sup>2</sup>. Manteve-se espaçamentos de 0,3 m entre parcelas, e 1,0 m entre blocos. Os posicionamentos dos diferentes tratamentos, bem como suas respectivas repetições nos blocos, foram definidos por sorteio.

### 3.3 IMPLANTAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

O preparo inicial da área ocorreu 9 dias antes da semeadura, através de dessecação de plantas infestantes com aplicação de ingredientes ativos Saflufenacil (Heat<sup>®</sup>) e Glifosato (Roundup Original<sup>®</sup> Mais), na dose de 35 g i.a e 0,72 L i.a por hectare, respectivamente, com o uso de pulverizador agrícola autopropelido Jan Powerjet 2500.

A semeadura ocorreu no dia 18 de junho de 2021, atendendo as recomendações do zoneamento agrícola de risco climático para o Estado do Rio Grande do Sul (ZARC, 2021). Nesse procedimento utilizou-se uma semeadora adubadora de fluxo contínuo KF 7040 PSM.

A cultivar de trigo utilizada foi a LG Oro. De acordo com Kuhnem *et al.* (2020), o genótipo foi lançado em 2014, provém do cruzamento entre Fundacep 30 e Fundacep Cristalino, é pertencente à classe comercial Melhorador, e seu obtentor é Limagrain Brasil S.A. Para LG Sementes (2021), as características agrônômicas são porte médio/baixo, acamamento moderadamente resistente, ciclo médio/tardio. Resistente ao Oídio, moderadamente resistente à ferrugem da folha e manchas foliares.

A recomendação de estande populacional para a cultivar LG Oro, de acordo com a obtentora do cultivar, é de 330 a 350 plantas por m<sup>2</sup>. Dessa forma, foi utilizado 110 kg de sementes ha<sup>-1</sup>, o que corresponde a 330 sementes viáveis por m<sup>2</sup> se observado o teor de germinação de 94% e 31,7 g de massa de mil sementes.

Nos tratamentos com *Trichoderma asperellum*, a inoculação via semente ocorreu em sacola plástica sob agitação vigorosa para homogeneização, 30 minutos antes da semeadura. Primeiro, foram semeadas as parcelas do tratamento sem *T. asperellum* (testemunha), e após, as parcelas com a inoculação desse microrganismo.

Todas as sementes receberam igual tratamento químico de inseticida e fungicida no dia anterior à semeadura, os quais 93,75 g i.a Carboxina + 93,75 g i.a Tiram (VITAVAX THIRAM WP®), e 60 g i.a Imidacloprido (MUCH 600 FS®) em 100 kg de sementes com auxílio de misturador tratador de sementes marca Grazmec.

A adubação em sulco de semeadura foi constituída de 170 kg ha<sup>-1</sup> de Superfosfato Triplo (42% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) pela semeadora adubadora para todos os tratamentos. Já o N foi distribuído em cobertura manualmente logo após a semeadura na dose de 15 kg ha<sup>-1</sup> nas parcelas que compreendiam tal tratamento. A primeira dose residual de N em cobertura foi distribuída no início do afilhamento (18 DAE) e a segunda, no início do alongamento (30 DAE) no dia antecedente à chuva. A massa das doses do fertilizante foi obtida por balança de precisão marca Beurer.

O controle de plantas daninhas foi realizado utilizando o produto comercial a base de metsulfurom-metilico na dose de 4 g i.a. ha<sup>-1</sup> aos 38 dias após a semeadura. Para o controle de pulgão verde dos cereais (*Rhopalosiphum graminum*) realizou-se duas aplicações de metomil na dose de 129 g i.a. ha<sup>-1</sup>.

A colheita e a trilha do trigo aconteceram manualmente, quando as plantas atingiram estágio de grão maduro.

### 3.4 VARIÁVEIS ANALISADAS

Foram avaliados à campo o número de afilhos por planta e estatura de plantas. No laboratório de sementes da UFFS, *campus* Cerro Largo, o número de grãos por espiga, massa de mil grãos, peso hectolitro e produtividade de grãos por hectare.

O número de afilhos (NA) por planta, constituiu-se pela média da contagem de 10 plantas aleatórias da área útil de cada parcela, na fase inicial do alongamento.

A determinação da estatura de plantas (EP) obteve-se pelo comprimento da planta (cm) a partir do nível do solo até o ápice da espiga, excluindo as aristas, em 10 avaliações por unidade experimental, no momento da antese.

O número de grãos por espiga (GE) foi obtido pela contagem em 10 espigas aleatórias da área útil de cada parcela, após a colheita.

Os dados da produtividade de grãos (PG) por hectare foram obtidos pela massa de grãos colhidos de 1,0 metro linear de plantas em 3 linhas centrais de cada parcela (0,51 m<sup>2</sup>). A umidade dos grãos foi corrigida para 13%, através do uso de estufa de circulação de ar forçado por 24 horas a 105 °C, conforme recomendações das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

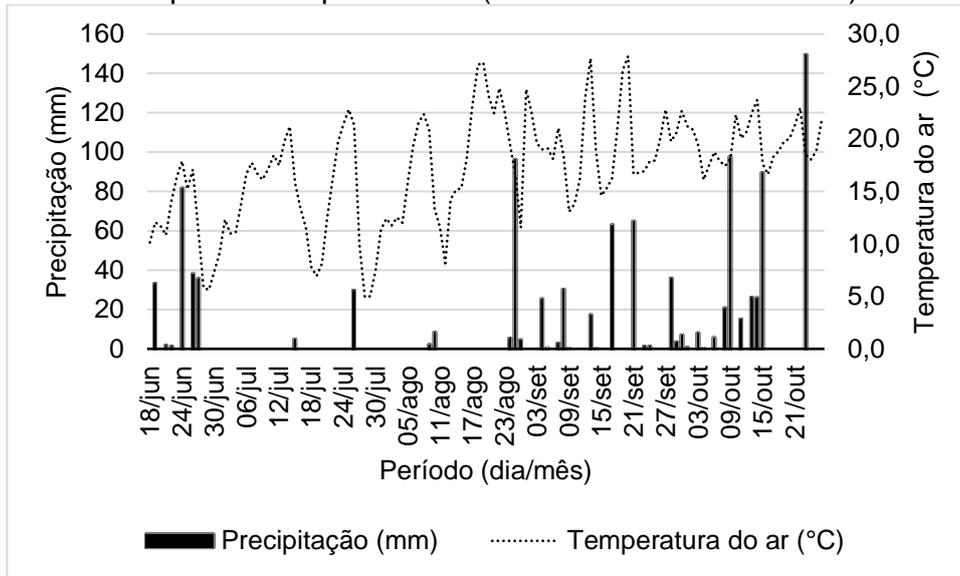
A determinação da massa de mil grãos (MMG) ocorreu mediante a contagem e pesagem da massa de 200 grãos de cada repetição, e posteriormente extrapolado a massa obtida para um volume de 1000 grãos, com umidade corrigida para 13%.

O peso hectolitro (PH) foi determinado para o somatório de repetições, pois o volume de algumas amostras de unidades experimentais foi inferior ao mínimo necessário para essa avaliação. Foi utilizado balança hectolétrica com capacidade de um quarto de litro, sendo o valor ajustado por tabela de conversão para cereais como o trigo. Desse modo, essa avaliação não foi considerada científica.

Os dados de precipitação pluviométrica e temperatura média diária do período do experimento (Figura 1) foram oriundos da estação meteorológica automática da UFFS situada em Guarani das Missões, pertencente ao Projeto de Pesquisa 0543/2019. A distância linear entre a estação e o experimento é de 11,3 km (GOOGLE EARTH, 2021).

No período avaliado de 130 dias (Figura 1), ocorreu um acumulado de 1.035 mm de chuva. A distribuição superficial dos 50% da dose residual de ureia no início do afilamento ocorreu no dia 13/07/2021, com registro de 4,8 mm de precipitação no dia 15/07/2021. Os outros 50% da dose residual de N em cobertura foram aplicados no dia 25/07/2021, em início de alongamento, com registro de 29,7 mm de chuva no dia seguinte.

Figura 1 – Precipitação pluviométrica (mm) e temperatura do ar (°C) durante o período experimental (18/06/2021 à 26/10/2021).



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Os dados obtidos nas avaliações dos tratamentos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro, com auxílio do programa estatístico Sisvar. Variáveis significativas do fator quantitativo (doses de nitrogênio) e interação, foram submetidas a análise de regressão.

A análise de correlação entre as variáveis foi realizada pelo coeficiente de correlação linear de Pearson ( $r$ ), ao nível de significância de 5% pelo Test Six Sigma. Dancey e Reidy (2005) apontam uma classificação de escores para a correlação de Pearson em que  $r = 0,10$  até  $0,30$  é denominado fraco;  $r = 0,40$  até  $0,6$  é moderado; e  $r = 0,70$  até  $1$  é forte.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise estatística do experimento foram sintetizados e representados pela tabela 2. Nela, estão demonstrados as médias das avaliações dos tratamentos qualitativos e quantitativos, da interação entre ambas, bem como, os respectivos F calculado, e o coeficiente de variação de cada componente avaliativo.

Tabela 2 - Número de afilhos (NA), estatura de plantas (EP), grãos por espiga (GE), massa de mil grãos (MMG), produtividade de grãos (PG), e peso hectolitro (PH) do trigo em função do *Trichoderma asperellum* e doses de nitrogênio.

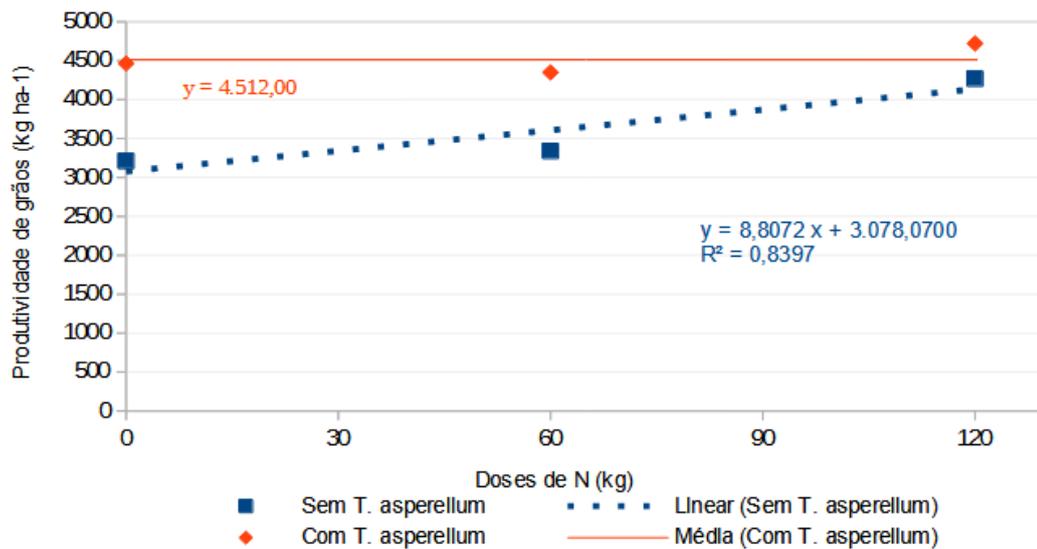
	NA	EP (cm)	GE	MMG (g)	PG (kg ha <sup>-1</sup> )	PH (kg hl <sup>-1</sup> )
Sem <i>T. asperellum</i>	4,70	67,13	24,30	33,79	3.606,50	76,16
Com <i>T. asperellum</i>	4,81	67,66	27,00	34,03	4.512,20	76,46
Fcal	0,293 <sup>ns</sup>	0,456 <sup>ns</sup>	2,729 <sup>ns</sup>	3,792 <sup>ns</sup>	92,369*	
Dose 0 kg N ha <sup>-1</sup>	4,06	66,35	23,27	33,79	3.838,13	75,77
Dose 60 kg N ha <sup>-1</sup>	5,05	68,31	25,93	33,73	3.845,18	76,55
Dose 120 kg N ha <sup>-1</sup>	5,17	67,53	27,75	34,20	4.494,74	76,62
Fcal	12,38*L	2,088 <sup>ns</sup>	2,514 <sup>ns</sup>	5,937*L	21,348*L	
Interação						
Fcal	0,179 <sup>ns</sup>	0,576 <sup>ns</sup>	0,795 <sup>ns</sup>	0,909 <sup>ns</sup>	6,322*	
C.V. (%)	10,29	2,87	15,65	0,87	5,69	

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

\* - significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F; <sup>ns</sup> - não significativo; L - função linear.

A interação entre doses de nitrogênio e *T. asperellum* (Figura 2) influenciou significativamente a produtividade de grãos de trigo. O rendimento médio de grãos obtido nos três níveis de fator Dose de Nitrogênio associado ao uso do microrganismo (4.512,20 kg ha<sup>-1</sup>), foi superior ao rendimento em todas as doses de N sem a inoculação do *T. asperellum*.

Figura 2 – Análise de regressão linear para doses de N associado ao uso de *T. asperellum* na produtividade de grãos de trigo por hectare.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Houve uma tendência de estabilidade de rendimento de grãos com a inoculação de *T. asperellum*, independente da dose de N utilizada, com níveis superiores de produtividade de grãos aos encontrados sem a utilização do microrganismo. O aumento das doses de nitrogênio, sem a utilização do microrganismo, exerceu crescimento linear na produção de trigo em kg ha<sup>-1</sup>, efeito esse, já elucidado por Trindade *et al.* (2006), onde verificaram que doses de nitrogênio contribuíram significativamente na produtividade do trigo cultivado em solo de Cerrado. Teixeira filho *et al.* (2010) observaram que o incremento de doses de N até a dose 121,5 kg ha<sup>-1</sup>, em média, aumentou a produtividade de grãos de trigo, independentemente da época de aplicação e da fonte de N utilizada.

As razões para o aumento de produtividade de grãos por decorrência da inoculação de sementes com cepas de Trichoderma, incorre de algumas hipóteses. Em experimento com inoculação de *T. harzianum* TF13 em sementes de milho, Tomazi *et al.* (2020), observaram aumento da capacidade das plantas inoculadas em absorver e translocar nutrientes e água durante o ciclo da cultura, o que foi evidenciado pelo aumento do volume do sistema radicular e do diâmetro do colmo. Em cultivo de pepino, Yedidia *et al.* (2001) constataram aumento de 75% no comprimento das raízes com inoculação de *T. harzianum* T-203, e ainda, aumento no conteúdo de fósforo e ferro nos tecidos da planta.

O fósforo atua no metabolismo das plantas, auxiliando na transferência de energia da célula, na respiração e na fotossíntese. Além disso, compõe a estrutura dos ácidos nucleicos de genes e cromossomos, de coenzimas, fosfoproteínas e fosfolípídeos. A absorção de P pelas plantas é favorecida pelo aumento de área superficial da massa radicular (GRANT *et al.*, 2001).

Bononi (2020), em condições de laboratório e casa de vegetação, cultivou soja em solo com gradiente de fosfato de rocha Bayóvar e de superfosfato triplo e verificou que a presença dos isolados de *Trichoderma spp.* AMS 34.39 e AMS 31.15 resultou na promoção de crescimento das plantas, de 2,1 a 41,1%, considerando as fontes e níveis de fósforo em relação ao tratamento sem a presença de *Trichoderma*. A aplicação do consórcio de *Trichoderma spp.* mostrou resultados positivos, auxiliando na absorção de fósforo em 39,6 a 49%. A aplicação do consórcio não alterou a comunidade bacteriana do solo, mas estimulou os grupos envolvidos na solubilização de fosfato.

Em avaliação *in vitro* para a solubilização de fosfato de cálcio em meio PVK, de 23 isolados de *T. asperellum* e 1 de *T. virens*, concluiu-se que os diferentes isolados possuem potencial de solubilização, tanto através da acidificação do meio quanto pela produção de fosfatase ácida e fosfatase alcalina (RIBAS *et al.*, 2016).

Chagas *et al.* (2013) em avaliação do potencial de produção de ácido indol acético (AIA) e de solubilização de fosfato *in vitro* (avaliação em 3, 6, 9 e 12 dias), com dez isolados de *Trichoderma spp.* relataram que todos foram capazes de solubilizar fosfato de Cálcio em meio de cultura e capazes de produzir AIA utilizando-se como precursor o L-triptofano. A possível resposta para o aumento, na média geral, da concentração de AIA ao longo do período de avaliado, segundo o autor, se dá em função do aumento no crescimento microbiano, conseqüentemente no metabolismo.

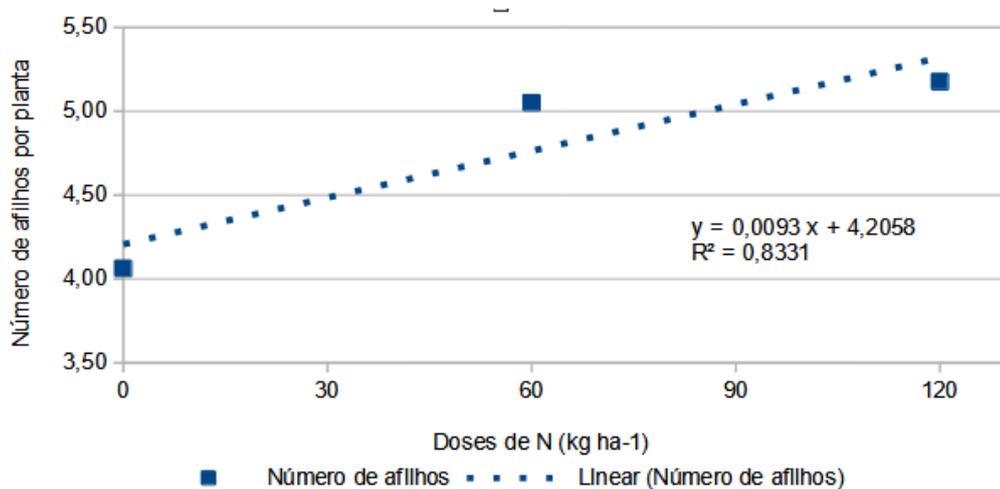
O AIA é uma auxina que influencia no desenvolvimento de plantas. Essa substância é produzida principalmente no meristema apical (gema) do caule e conduzida para as raízes por meio das células do parênquima. Dependente de energia para acontecer, o transporte do AIA é unidirecional e ajuda no crescimento de raízes e caules por meio do alongamento das células recém-formadas nos meristemas (ALBERTINI, 2017).

Levando em consideração as afirmativas sobre o potencial do *Trichoderma* na solubilização de fosfato e produção de AIA, supõe-se que este microrganismo pode ter exercido atividade indireta sobre a variável produtividade de grãos de trigo. Ambos

tratamentos desse experimento receberam quantidades iguais de  $P_2O_5$  ( $170 \text{ kg ha}^{-1}$  de Superfosfato Triplo - 42% de  $P_2O_5$ ) na semeadura, sob diferentes doses de N, com e sem a presença de *T. asperellum*. Porém, na presença do inóculo fúngico, sem suplementação de N via ureia, a produtividade de grãos ainda foi superior à todas encontradas sem o *T. asperellum*, independente da dose de N. O suprimento de N pode ter ocorrido pela presença do Trichoderma na mineralização da matéria orgânica do solo, fenômeno descrito por Altomare *et al.* (1999).

As avaliações de NA e MMG apresentaram diferença significativa no fator doses de nitrogênio, e foram submetidas a análise de regressão linear. Observou-se que há um aumento linear do número afilhos e massa de mil grãos quando submetido a doses crescentes de N fertilizante (Figura 3 e 4, respectivamente). Para Ramos (1973) o N deve estar disponível no estágio de perfilhamento, período no qual o mesmo é muito importante na determinação do número de perfilhos por planta, espigas por planta e de grãos por espiga de trigo.

Figura 3 – Efeito das doses de N na quantidade de afilhos por planta



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Observou-se nos níveis 0; 60; e 120  $\text{kg ha}^{-1}$  de fertilização nitrogenada, um aumento quantitativo de afilhos por planta, na ordem de 4,062; 5,050; e 5,175, respectivamente.

O aumento do número de perfilhos assemelha-se ao encontrado por Souza *et al.* (2013), quando submetido a doses crescentes do N, em diferentes épocas de avaliações. Martuscello *et al.* (2006) ao estudarem o *Panicum maximum* x *Panicum infestum* cv. *Massai* submetido a quatro doses de nitrogênio, observaram aumentos

de 26, 30 e 61% no número de perfilhos para as doses de nitrogênio de 40, 80 e 120 mg dm<sup>-3</sup>, respectivamente, em relação às plantas que não receberam adubação nitrogenada.

Porém, o maior número de perfilhos não é garantia de maiores produtividades de grãos. Para Borga (2020), a redução da competição entre perfilhos através de retirada manual destes, proporcionou aumentos na produção de grãos na cultura do trigo, independente do potencial de perfilhamento das duas cultivares estudadas. Segundo Santos; Mundstock (2002), a emissão de grande quantidade de perfilhos pode ser prejudicial para as plantas quando os recursos forem limitados, podendo ocasionar uma competição entre os perfilhos da própria planta por água, luz e nutrientes.

O número de perfilhos, de acordo com a análise de correlação linear de Pearson (Tabela 3) para esse experimento, apresentou correlação moderada (DANCEY; REIDY, 2005) com a produtividade de grãos ( $r=0,34$ ;  $p<0,109$ ). Ou seja, a variável número de perfilhos exerceu influência moderada sobre os resultados de produtividade de grãos.

Tabela 3 – Análise estatística de correlação linear de Pearson para as variáveis Número de afilhos (NA), estatura de plantas (EP), grãos por espiga (GE), massa de mil grãos (MMG), produtividade de grãos (PG), obtidas do trigo em função de *T. asperellum* e doses de N.

	NA	E (cm)	GE	MMG (g)	PG (kg ha <sup>-1</sup> )
NA	-	-	-	-	-
E (cm)	0,28	-	-	-	-
GE	0,60*	0,29	-	-	-
MMG (g)	0,32	-0,23	0,38	-	-
PG (kg ha <sup>-1</sup> )	0,34	0,05	0,46*	0,60*	-

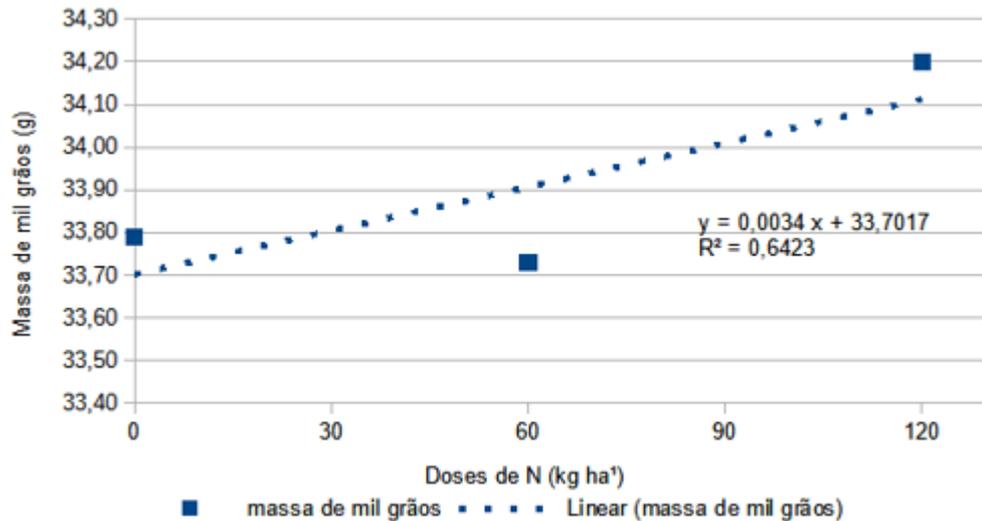
Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

\* - significativo a 5% pelo Test Six Sigma.

Houve efeito significativo das doses de N sobre a massa de mil grãos (Figura 4). Observou-se nos níveis 0; 60; e 120 kg ha<sup>-1</sup> de fertilização nitrogenada, um crescente quantitativo da massa de mil grãos, na ordem de 33,79 g; 33,73 g; e 34,20 g, respectivamente. Pela análise da correlação linear de Pearson (Tabela 3), a massa de mil grãos apresentou correlação moderada forte (DANCEY; REIDY, 2005) com a produtividade de grãos ( $r=0,60$ ;  $p<0,002$ ). Os grãos por espiga também contribuíram com a produtividade de grãos ( $r=0,46$ ;  $p<0,023$ ). Denota-se, por essa correlação, que

as variáveis MMG e GE interferiram positivamente no resultado de produtividade de grãos para esse experimento.

Figura 4 - Efeito de doses de N sobre a massa de mil grãos.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Contudo, em estudo realizado por Boschini *et al.* (2011), a massa de mil grãos não diferiu estatisticamente para 5 níveis de fertilização nitrogenada. Para Espindula *et al.* (2010), a massa de mil grãos decresceu em resposta ao aumento de doses de N, para duas cultivares de trigo, sem diferencial estatístico.

Em outro experimento, três cultivares de trigo obtiveram respostas diferentes quando as plantas foram submetidas às doses de nitrogênio. Duas cultivares não tiveram a massa de mil grãos alterada com o aumento das doses de nitrogênio, no entanto, a outra diferiu estatisticamente para todas as doses testadas (ULIANA *et al.*, 2018).

Os níveis do fator *T. asperellum* não apresentaram diferença significativa para as avaliações de NA, E, GE e MMG. As avaliações de E e GE, também não foram significativas entre os níveis do fator Doses de Nitrogênio.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Houve aumento significativo do número de afilhos por planta e da massa de mil grãos em resposta ao incremento de doses de N.

A produtividade média de grãos com a inoculação de *T. asperellum* em todos níveis de fertilização nitrogenada, foi significativamente superior quando comparada ao não uso do microrganismo em todas doses de N.

A inoculação de *T. asperellum* possibilitou a substituição total da suplementação de N via adubação nitrogenada com ureia no trigo para a variável produtividade de grãos.

## REFERÊNCIAS

- AGROFIT. **Sistemas de agrotóxicos fitossanitários**. Disponível em: <[https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons)>. Acesso em ago. 2021-2022.
- AKLADIOUS, S.A.; ABBAS, S.M. **Application of *Trichoderma harzianum* T22 as a biofertilizer potential in maize growth**. Journal of Plant Nutrition, v.37. p.30-49, dez. 2013. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01904167.2013.829100?scroll=top&needAccess=true>. Acesso em set. 2021.
- ALBERTINI, J. **Produção de ácido indol acético in vitro por *Torulaspora globosa***. Dissertação (mestrado)-Universidade Federal de São Carlos, campus Araras, Araras, 2017.
- ALTOMARE, C.; *et al.* **Solubilization of phosphates and micronutrients by the plant-growth-promoting and biocontrol fungus *Trichoderma harzianum* Rifai 1295-22**. Applied and Environmental Microbiology, Washington, US: American Society for Microbiology, v. 65, n. 7, p. 2926-2933, 1999.
- AMORIM, L; *et al.* **Manual da Fitopatologia**. Agronômica Ceres, 2018. ISBN: 9788531800566
- AZEVEDO, G. B. de. *et al.* **Efeito de *Trichoderma spp.* no crescimento de mudas clonais de *Eucalyptus camaldulensis***. Revista Scientia Forestalis, Piracicaba, v. 45, n. 114, p. 343-352, jun. 2017. Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr114/cap10.pdf>. Acesso em set. 2021.
- BETTIOL, W.; MAFFIA, L. A.; CASTRO, M. L. M. P. Control biológico de enfermidades de plantas en Brasil. In: BETTIOL, W.; RIVERA, M. C.; MONDINO, P.; MONTEALEGRE, J. R.; COLMENÁREZ, Y. C. **Control biológico de enfermidades de plantas en América Latina y el Caribe**. [Montevideú]: Facultad de Agronomía, Universidad de la Republica, 2014., p. 91-137, 2014, p. 91-137.
- BETTIOL, W; DA SILVA, J. C.; DE CASTRO, M. L. M. P.. Uso atual e perspectivas do *Trichoderma* no Brasil. In: MEYER, Mauricio Conrado *et al.* ***Trichoderma*: uso na agricultura**. Brasília, DF: Embrapa, 2019. 538 p.
- BONONI, L.. **Bioprospeção de *Trichoderma spp.* envolvidas na solubilização de fosfato e no controle biológico de *Sclerotinia sclerotiorum* em soja**. Tese de doutorado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.11606/T.11.2020.tde-18052020-093745>>. Acesso em: 28 mar. 2022.
- BOSCHINI, A. P. M; *et al.* **Aspectos quantitativos e qualitativos do grão de trigo influenciados por nitrogênio e lâminas de água**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.15, n.5, p.450–457, 2011.

BRASIL. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, 2009.

BRUNETTA, D. *et al.* **Características e desempenho agrônomo da cultivar de trigo BRS 229 no Paraná**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.41, n. 5, p.889-892, mai. 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/9YXN7rTxXrVBTYyqRvtrSLz/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em set. 2021.

CAIERÃO, E.. Introdução. In: EMBRAPA. **Cultivo de Trigo**. ISSN 1809-2985 4 Versão Eletrônica. 2ª edição. 2014.

CAIERÃO, E.; *et al.* Origem, Evolução e Melhoramento Genético. In: DE MORI, Claudia; *et al.* **Trigo: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. 309 p. ISBN 978-85-7035-549-2. Brasília, DF : Embrapa, 2016.

CHAGAS, L. F. B. *et al.* **Eficiência de *Trichoderma asperellum* nos componentes de produção de soja em campo**. Comunicata Scientiae, Bom Jesus, v. 8, n. 1, p. 165-169, jan./mar. 2017a. Disponível em: <https://www.comunicatascientiae.com.br/comunicata/article/view/1754/457>. Acesso em set. 2021.

CHAGAS, L. F. B. *et al.* **Trichoderma na promoção do crescimento vegetal**. Revista de Agricultura Neotropical, Cassilândia, v. 4, n. 3, p. 97-102, jul./set. 2017b. Disponível em: <https://periodicosonline.uems.br/index.php/agrineo/article/view/1529/1563>. Acesso em set. 2021.

CHAGAS, L. F. B.; *et al.* **Solubilização de fosfato e produção de AIA por *Trichoderma***. XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Florianópolis-SC, 2013. Disponível em: <https://www.eventossilos.org.br/cbcs2013/anais/arquivos/787.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2022.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO DO RIO GRANDE DO SUL E DE SANTA CATARINA. **Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. CQFS-RS/SC. 11 ed.: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Núcleo Regional Sul, 2016. 376 p. ISBN 978-85-66301-80-9.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **A cultura do trigo**. Brasília: Conab, 2017. Disponível em: [https://www.conab.gov.br/uploads/arquivos/17\\_04\\_25\\_11\\_40\\_00\\_a\\_cultura\\_do\\_trigo\\_versao\\_digital\\_final.pdf](https://www.conab.gov.br/uploads/arquivos/17_04_25_11_40_00_a_cultura_do_trigo_versao_digital_final.pdf). Acesso em: 26 jul. 2021.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, v. 8 – Safra 2020/21 - Décimo levantamento, Brasília, p. 1-110, julho 2021. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/gaos>. Acesso em: 29 jul. 2021.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Portal de informações agropecuárias.** CONAB. Disponível em: <https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/produtos-360.html>. Acesso em: set 2021.

CUNHA, G. R. *et al.* **Zoneamento agrícola e época de semeadura para trigo no Brasil.** Revista Brasileira de Agrometeorologia, Passo Fundo, v. 9, n. 3, p. 400-414, dez. 2001. Disponível em: <http://www.sbagro.org/files/biblioteca/1478.pdf> Acesso em set. 2021.

DANCEY, C.; REIDY, J. **Estatística Sem Matemática para Psicologia: Usando SPSS para Windows.** Porto Alegre, 2006.

DE BONA, F. D.; DE MORI, C.; WIETHÖLTER, S.. **Manejo nutricional da cultura do trigo.** International Plant Nutrition Institute - Brasil. Informações agrônômicas, n° 154. ISSN 2311-5904.

DE MELO, I. S.. **Agentes microbianos de controle de fungos fitopatogênicos.** In: MELO, Itamar Soares; DE AZEVEDO, João Lucio. **Controle biológico.** Jaguariúna, SP: Embrapa, 2000.

DE MORI, C.; IGNACZAK, J. C.. Aspectos econômicos do complexo agroindustrial do trigo. In: PIRES, J. L. F.; VARGAS, L.; CUNHA, G. R. da (Ed.). **Trigo no Brasil: bases para produção competitiva e sustentável.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2011. Cap. 3, p. 41-76. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/931524>. Acesso em set. 2021.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 5. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

ERNANI, Paulo Roberto. **Química do solo e disponibilidade de nutrientes.** Lages: O Autor, 2008. 230 p.

FAOSTAT – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS STATISTICS. **Produtos agrícolas e pecuários.** Disponível em: <<http://faostat.fao.org/>>. Acesso em abr. 2022.

FLOSS, Elmar Luiz. **Produção de alimentos: a nobre missão da agricultura.** Passo Fundo: Berthier; Aldeia Sul, 2020.

GOOGLE EARTH. **Medida de distância linear entre dois pontos.** Disponível em: <http://earth.google.com/> 2021.

GRANT, C.A. *et al.* **A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta.** Informações agrônômicas n° 95. Set. – 2001. Disponível em: <[http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/43C5E32F5587415C83257AA30063E620/\\$FILE/Page1-5-95.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/43C5E32F5587415C83257AA30063E620/$FILE/Page1-5-95.pdf)>. Acesso em: 29 mar. 2022.

HARMAN, G. E. **Myth and dogmas of biocontrol changes in perceptions derived from research on *Trichoderma harzianum* T-22.** Journal Plant Disease, St. Paul, v.

84, n. 4, p. 377-393, abr. 2000. Disponível em: <https://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PDIS.2000.84.4.377>. Acesso em set. 2021.

JAKLITSCH, W. M. **European species of Hypocrea** Part I. The green-spored species. *Studies in Mycology*, v. 63, p. 1-91, 2009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166061614600907>. Acesso em set.2021.

KUHNEM, P. *et al.* **Informações técnicas para o trigo e triticale: safra 2020.** Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale. Passo Fundo: Biotrigo Genética, 2020.

LG SEMENTES. **LG ORO:** características agronômicas. Disponível em: <https://www.lgsementes.com.br/produto/lg-oro>. Acesso em: 5 jun, 2021.

LUCON, C. M. M.; CHAVES, A. L. R.; BACILIERI, S. **Trichoderma:** O que é, para que serve e como usar corretamente na lavoura. São Paulo: Instituto Biológico, 2014. Disponível em: <http://www.biologico.sp.gov.br/uploads/files/pdf/cartilhas/trichoderma.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2021.

MARSCHNER, P. **Mineral nutrition of higher plants.** 3.ed. New York: Academic Press, 2012.

MARTÍNEZ-MEDINA, A. *et al.* Phytohormone **Profiles induced by trichoderma isolates correspond with their biocontrol and plant growth-promoting activity on melon plants.** *Journal of chemical ecology*, New York, v. 40, n. 7, p. 804-815, July 2014. DOI: 10.1007/s10886-014-0478-1.

MARTUSCELLO, J. A.; FONSECA, D. M.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. do; SANTOS, P. M.; CUNHA, D. N. F. V. C.; MOREIRA, L. M. **Características morfológicas e estruturais de capim-massai submetido a adubação nitrogenada e desfolhação.** *Revista Brasileira Zootecnia*, v.35, p.665-671, 2006.

MASTOURI, F.; BJÖRKMAN, T.; HARMAN, G. E. **Seed treatment with *Trichoderma harzianum* alleviates biotic, abiotic, and physiological stresses in germinating seeds and seedlings.** *Journal Biological Control*, Geneva, v. 100, n. 11, p. 1213-1221, jul. 2010. Disponível em: <https://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PHYTO-03-10-0091>. Acesso em set. 2021.

MEDEIROS, F. H. V.. *et al.* **Trichoderma: interações e estratégias.** In: MEYER, Mauricio Conrado *et al.* **Trichoderma: uso na agricultura.** Brasília, DF: Embrapa, 2019. 538 p.

MONTALVÃO, S. C. L. **Potencial de *Trichoderma* spp. no biocontrole de doenças do tomateiro.** 2012. 124 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2012. Disponível em: [https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/11223/1/2012\\_SandroCoelhoLinharesMontalvao.PDF](https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/11223/1/2012_SandroCoelhoLinharesMontalvao.PDF). Acesso em set. 2021.

MONTE, E.; BETTIOL, W; HERMOSA, R.. *Trichoderma* e seus mecanismos de ação para o controle de doenças de plantas. In: MEYER, M.C. *et al.* **Trichoderma**: uso na agricultura. Brasília, DF : Embrapa, 2019.

MOREIRA, F. M. S; SIQUEIRA, J. O. **Transformações bioquímicas e ciclos dos elementos no solo**: Nitrogênio. 2. ed. Lavras: UFLA, 2006. Disponível em: [http://www.esalq.usp.br/departamentos/Iso/arquivos\\_aula/LSO\\_400%20Livro%20-%20Microbiologia%20e%20bioquimica%20do%20solo.pdf](http://www.esalq.usp.br/departamentos/Iso/arquivos_aula/LSO_400%20Livro%20-%20Microbiologia%20e%20bioquimica%20do%20solo.pdf). Acesso em set. 2021.

MUKHERJEE, P. K.; RAGHU, K. **Effect of temperature on antagonistic and biocontrol potencial of *Trichoderma sp.* on *Sclerotium rolfsii***. Mycopathologia, EUA, v. 139, p. 151- 155, 1997. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16283454/>. Acesso em set. 2021.

MULVANEY, R. L.; KHAN, S. A.; ELLSWORTH, T. R. **Synthetic nitrogen fertilizers deplete soil nitrogen**: a global dilemma for sustainable cereal production. Journal Of Environmental Quality, v. 38, p. 2295-2314, 2009.

NIETO-JACOBO, M. F.; STEYAERT, J. M.; SALAZAR-BADILLO, F. B.; NGUYEN, D. V.; ROSTÁS, M.; BRAITHWAITE, M.; MENDOZA-MENDOZA, A. **Environmental growth conditions of *Trichoderma spp.* affects indole acetic acid derivatives, volatile organic compounds, and plant growth promotion**. Frontiers in Plant Science, v. 8, article 102, 2017.

OLIVEIRA, D. M. *et al.* **Desempenho de genitores e populações segregantes de trigo sob estresse de calor**. Bragantia, Campinas, v. 70, n. 1, p. 25-32, jun. 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/brag/a/zvQqJdRfrzWvWBPmclct47B/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em set. 2021.

OLIVEIRA, J. B. *et al.*, **Promoção do crescimento inicial de plântulas de trigo pelo emprego de *Trichoderma spp.*** Anais da Semana de Ciências Agrárias e Jornada de Pós-Graduação em Produção Vegetal. Universidade Estadual de Goiás. 2017.

PASINATO, A. *et al.* Zoneamento Agrícola. In: PIRES, J. L. F. *et al.* **Cultivo de Trigo**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2014. ISSN 1809-2985. Disponível em: [https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p\\_p\\_id=conteudoportlet\\_WAR\\_sistema\\_sdeproducaolf6\\_1ga1ceportlet&p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_state=normal&p\\_p\\_mode=view&p\\_p\\_col\\_id=column-1&p\\_p\\_col\\_count=1&p\\_r\\_p\\_-76293187\\_sistemaProducaold=3704&p\\_r\\_p\\_-996514994\\_topicold=3044](https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistema_sdeproducaolf6_1ga1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaold=3704&p_r_p_-996514994_topicold=3044). Acesso em: 12 ago. 2021.

PIANA, C. F. de B; CARVALHO, F. I. F. de. Trigo: a cultura que deu suporte à civilização. In: BARBIERI, R. L; STUMPF, E. R. T. **Origem e evolução de plantas cultivadas**. Brasília, DF: Embrapa, 2008. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/746617/origem-e-evolucao-de-plantas-cultivadas>. Acesso em set. 2021.

PIRES, J. L. F. *et al.* **Integração de práticas de manejo no sistema de produção de trigo**. In: PIRES, J. L. F. *et al.* Trigo no Brasil: bases para produção competitiva e sustentável. Passo Fundo: **Embrapa**, 2011.

PIRES, L. X. *et al.* **Avaliação de isolados de *Trichoderma asperellum* como biopromotores na cultura do arroz**. In: Congresso Paulista de Fitopatologia, 41., 2015, Marília. **Anais** [...]. Marília - SP, 2018. Disponível em: [http://ww1.infobibos.com.br/anais/cpfito/41/Resumos/Resumo41CPFito\\_0095.pdf](http://ww1.infobibos.com.br/anais/cpfito/41/Resumos/Resumo41CPFito_0095.pdf). Acesso em set. 2021.

PRÁIL, I.T.; PRÁILOVÁ, P.; PÁNKOVÁ, K. **Relationships among vernalization, shoot apex development and frost tolerance in wheat**. *Annals of Botany, London*, v. 94, n. 3, p. 413-418, 2004.

PUFAL, J. R. **Tratamento de sementes e fungicidas foliares no controle da ferrugem e da mancha amarela e sobre variáveis de rendimento em trigo**. 2017. 49 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação Agronomia) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, 2017.

RAMOS, M. **Efeitos do nitrogênio e fósforo sobre características agrônômicas da variedade de trigo IAS 54 e suas relações com a produção**. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.8, p.213-216, 1973.

RESENDE, M. de L. **Inoculação de sementes com *Trichoderma harzianum*, tratamento fungicida e adubação nitrogenada na cultura do milho**. 2003. 95 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

REZENDE, A. A.. **Eficiência de diferentes produtos comerciais à base de *Trichoderma spp.* no controle da podridão branca da haste da soja**. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2011.

RIBAS, P. P.; *et al.* **Potencial in vitro para solubilização de fosfato por *Trichoderma spp.***. *Revista Brasileira de Biociências*. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/seerbio/ojs/index.php/rbb/article/view/2967>>. Acesso em: 28 mar. 2022.

RODRIGUES, O. *et al.* **Ecofisiologia do trigo: bases para elevado rendimento de grãos**. In: PIRES, J. L. F. *et al.* Trigo no Brasil: bases para produção competitiva e sustentável. Passo Fundo: **Embrapa**, 2011.

ROSSATO, R. R. **Potencial de ciclagem de nitrogênio e potássio pelo nabo forrageiro intercalar ao cultivo do milho e trigo sob plantio direto**. 130 f. Dissertação (mestrado em ciência do solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

RUBIO, M. B. *et al.* **The combination of *Trichoderma harzianum* and chemical fertilization leads to the deregulation of phytohormone networking, preventing the adaptive responses of tomato plants to salt stress**. *Frontiers in Plant Science*,

EUA, v. 8, p. 294, 2017. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28303151/>. Acesso em set. 2021.

SAITO, L. R.. *et al.* **Aspectos dos efeitos do fungo *Trichoderma spp.* no biocontrole de patógenos de culturas agrícolas.** Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia. 2009. e-ISSN 1984-7548.

SANTOS, H. P.; MUNDSTOCK, C. M. **Parâmetros da habilidade competitiva no estabelecimento de populações caracterizam o potencial de produção individual em trigo e aveia.** Revista Brasileira de Botânica, v. 25, n. 1, p. 43-53, 2002.

SCATAMBULO, L. V. **Ensaio com Inóculos de *Trichoderma asperellum* e Lodo Ativado em *Triticum sp.*** 2017. 41 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2017.

SCHEEREN, P. L. *et al.* Botânica, morfologia e descrição fenotípica. In: BORÉM, A. *et al.* **Trigo: do plantio à colheita.** Viçosa, 2015. cap. 2, p. 35-55. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1022686>>. Acesso em: 29 jul. 2021.

SCHEUER, P. M.; *et al.* **TRIGO: CARACTERÍSTICAS E UTILIZAÇÃO NA PANIFICAÇÃO.** Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, v.13, n.2, p.211-222, 201. ISSN 1517-8595.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL. **Fixação Biológica de Nitrogênio.** PROGRAMA ABC CERRADO. Brasília - 2019.  
SOCIIDADE EDUCACIONAL TRÊS DE MAIO - SETREM. **Laudo de Análise de solo.** Laboratório de análises de solo. 2021.

SOUZA, W. P.; *et al.* **Desenvolvimento inicial de trigo sob doses de nitrogênio em latossolo vermelho de cerrado.** Manejo de Solo, Água e Planta. Rev. bras. eng. agríc. ambient. 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1415-43662013000600001>>.

STEFFEN, G. P. K. *et al.* **Trichoderma controla fitonematoides e aumenta produtividade da soja.** Revista Campo & Negócios, Ribeirão Preto, p. 18-21, mar. 2018. Disponível em: <<https://www.agricultura.rs.gov.br/upload/arquivos/201804/12095822-uso-de-trichoderma-na-agricultura.pdf>>. Acesso em set. 2021.

STUMMER, B. E. *et al.* **Quantification of *Trichoderma afroharzianum*, *Trichoderma harzianum* and *Trichoderma gamsii* inoculants in soil, the wheat rhizosphere and in planta suppression of the crown rot pathogen *Fusarium pseudograminearum*.** J Appl Microbiol, EUA, v. 4, p. 971-990, 2020. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32320112/>. Acesso em set. 2021.

TAIZ, L.; *et al.* **Fisiologia e desenvolvimento vegetal.** trad.: Alexandra Antunes Mastroberti *et al*; 6. ed. – Porto Alegre: Artmed, 2017. ISBN 978-85-8271-367-9

TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; *et al.* **Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em trigo irrigado em plantio direto.** 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/s0100-204x2010000800004>>. Acesso em: 29 mar. 2022.

TOMAZZI, D. J.; *et al.* **Incremento da produtividade de milho pelo uso de *Trichoderma harzianum* TF13.** Porto Alegre: SEAPDR/DDPA, 2020. 27 p.; il. – (Comunicado Técnico, ISSN 2675-5998; 3).

TRINDADE, M. G.; STONE, L. F.; HEINEMANN, A. B.; CÂNOVAS, A. D.; MOREIRA, J. A. A. **Nitrogênio e água como fatores de produtividade do trigo no cerrado.** Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental, v.10, p.24-29, 2006.

ULIANA, A. S.; *et al.* **Rendimento e atributos físicos de sementes de trigo sob influência de doses de nitrogênio.** XXVII Congresso de Iniciação Científica. UFPEL, 2018.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Production, supply and distribution.** 2020. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/home> . Acesso em: 20 jul. 2021.

VERGARA, C.; ARAUJO, K.E.C.; SOUZA, S.R. de; SCHULTZ, N.; SAGGIN JÚNIOR, O.J.; SPERANDIO, M.V.L.; ZILLI, J.É. **Plant-mycorrhizal fungi interaction and response to inoculation with different growth-promoting fungi.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.54, e25140, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2019.v54.25140>.

VIEIRA, R. F.. **Ciclo do Nitrogênio em Sistemas Agrícolas.** Brasília, DF: Embrapa, 2017. 163 p. : il. color. ISBN 978-85-7035-780-9.

VISCONTI, *et al.* **Can Trichoderma-Based Biostimulants Optimize N Use Efficiency and Stimulate Growth of Leafy Vegetables in Greenhouse Intensive Cropping Systems?** 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/agronomy10010121>>. Acesso em: 12 nov. 2021.

WEIGHTMAN, R.M.; HUDSON, E.M. **Noxious or nutritious?** Progress in controlling nitrate as a contaminant in leafy crop species. Food Energy Secur. 2013, 2, 141–156.

WIETHOLTER, S.. Fertilidade do solo e a cultura do trigo no Brasil. In: PIRES, J. L. F; VARGAS, L. CUNHA, G. R. da. **Trigo no Brasil: bases para a produção competitiva e sustentável.** Passo Fundo, RS: Embrapa Trigo. p. 135-184, 2011.

WREGG, M. S.; *et al.* **Atlas climático da região Sul do Brasil.** Brasília, DF: Embrapa, 2012. 344 p. ISBN 978-85-7035-013-8.

YEDIDIA, I. *et al.* **Effect of *Trichoderma harzianum* on microelement and increased growth of cucumber plants.** Plant and Soil, v. 235, n. 2, p. 235-242, 2001.

ZONEAMENTO AGRÍCOLA DE RISCO AGROCLIMÁTICO - ZARC. **Programa Nacional de zoneamento agrícola de risco climático.** Disponível em:

<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/programa-nacional-de-zoneamento-agricola-de-risco-climatico/portarias/safra-vigente/rio-grande-do-sul/word/PORTN07TRIGODESEQUEIRORS.ret.pdf>. Acesso em: set. 2021.