

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

LEONARDO BORGES COLETO CORREIA

**ENSAIO SOBRE A AÇÃO DE INOCULANTES BIOLÓGICOS DE *Azospirillum  
brasiliense* EM *Triticum aestivum*.**

CAMPO MOURÃO

2022

LEONARDO BORGES COLETO CORREIA

**ENSAIO SOBRE A AÇÃO DE INOCULANTES BIOLÓGICOS DE *Azospirillum  
brasiliense* EM *Triticum aestivum*.**

**Assay on the action of biological inoculants from *Azospirillum brasiliense* on  
*Triticum aestivum*.**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Ambiental, do curso de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campus Campo Mourão.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Agenor Alves Bueno.

Co-Orientadora: Dra. Adriele Rodrigues dos Santos.

CAMPO MOURÃO

2022



4.0 Internacional

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**LEONARDO BORGES COLETO CORREIA**

**ENSAIO SOBRE A AÇÃO DE INOCULANTES BIOLÓGICOS DE *Azospirillum brasilense* EM  
*Triticum aestivum*.**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Ambiental, do curso de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campus Campo Mourão.

Data de aprovação: 01/Dezembro/2022

---

Paulo Agenor Alves Bueno  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Adriele Rodrigues dos Santos  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Ana Paula Peron  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

---

Raquel de Oliveira Bueno  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

**CAMPO MOURÃO**

**2022**

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, ao merecedor de tudo, Deus, que me concedeu à vida, e com ele o privilégio de poder exercer uma profissão tão linda e digna, além de ter colocado em meu caminho pessoas que acrescentaram tanto no profissional quanto pessoal.

Aos meus pais, José Artur e Roseli, que foram meu alicerce nessa caminhada, agradeço todo o amor e força quando pensei em desistir de tudo, todo o apoio pelos anos longe de casa, vocês não mediram esforços para que eu realizasse esse sonho. Essa conquista é de vocês.

A minha irmã, Carol, agradeço com todo amor pois graças a ela consegui entrei na universidade e, por sempre ter me acompanhado do inicio ao fim dessa trajetória, me guiando e mostrando os melhores caminhos a serem tomados durante esse período.

A minha amiga Leticia Nagima, por ela ter encaminhado a mim a colocar a nota do sisu para essa universidade que me agregou muito na minha vida profissional e pessoal, e também por sempre ter me ajudado com todas as dúvidas possíveis que geraram durante esse período.

Aos meus familiares, agradeço todo o carinho e compreensão, por muitas vezes não estar presente em reuniões de família e datas tão importantes, quando estava longe ou atarefado.

Ao meu orientador e co-orientadora, Paulo e Adriele, por ter me dado forças e suporte para concluir esse trabalho. Obrigado por me deixar ser um pedaço desse seu objetivo maior, foi uma honra trabalhar com vocês.

Aos meus amigos de Campo Mourão e Rancharia, agradeço por toda força nesses anos de caminhada, por entenderem quando precisei me ausentar, por não deixar nossa amizade se abalar com a distância, e por torcerem tanto pela minha vitória.

Aos colegas de projeto Ederson, Letícia, João e Sabrina, que acompanharam todo o projeto que tocamos com a professora Ana Paula, e também aos amigos Karine, Ana Luísa, Bruno, Laura, Luíz e João Victor que me ajudaram em noites e finais de semana na conclusão desse trabalho, o meu muito obrigado. Sem vocês seria um caminho longo e solitário.

A todos os meus professores do curso e de projetos, obrigado pelos ensinamentos passados, e por me ajudarem a descobrir minha paixão e vocação neste curso.

E por último, mas não menos importante, a minha vó Tereza, que não conseguiu me ver concluindo esta etapa, muito obrigado por todo apoio e força, por ter tanto orgulho de mim e da profissão que escolhi. Dedico todo este trabalho a senhora.

Meus sinceros agradecimentos, tenho um carinho imenso por cada um de vocês.

## RESUMO

A maneira com que a agricultura tradicional vem utilizando os insumos agrícolas para produção em grande escala, tem preocupado a população sobre seus efeitos e com isso promovendo pesquisas no ramo por alternativas que aumentem a produção agrícola sem prejudicar o meio ambiente e a saúde humana. Este trabalho visou avaliar diferentes concentrações de inóculos de *Azospirillum brasilense* na germinação e desenvolvimento da cultura do trigo, como promotores de crescimento. O experimento foi dividido em duas etapas, uma manipulada a germinação em laboratório e a outra em simulação ao plantio convencional, ambas aplicados água e diferentes concentrações de inóculo de *Azospirillum brasilense*. As variáveis analisadas foram taxa de germinação (TG), índice de velocidade de germinação (IVG) tempo médio de germinação (TMG), fitomassa fresca das partes aéreas e das raízes, e fitomassa seca das partes aéreas e das raízes, altura das plantas e número médio de folhas por planta. De modo geral, os resultados não se alinharam para uma concentração específica, cada tratamento apresentou eficiência em um parâmetro diferente. Para a Taxa de Germinação, Taxa média de Germinação, Fitomassa Fresca da Raíz do teste de germinação e o número de folhas do plantio, não ofereceram diferença significativa. Os resultados do presente trabalho mostrou eficiência na fitomassa seca, tanto das raízes quanto da parte aérea, nos testes de germinação e plantio, ocorrendo um resultado de uma melhor eficiência com o tratamento de 5% dos demais ensaios.

Palavras-chave: agricultura; controle biológico; biofertilizante; *azospirillum brasilense*; bactérias promotoras de crescimento vegetal; trigo.

## ABSTRACT

The way in which traditional agriculture has been using agricultural inputs for production on a larger scale has worried the population about its effects and thus promoting research in the field for alternatives that increase agricultural production without harming the environment and human health. This work aimed to evaluate different concentrations of *Azospirillum brasilense* inoculum on germination and development of wheat as growth promoters. The experiment was divided into two stages, one manipulated germination in the laboratory and the other simulated conventional planting, both applied water and different concentrations of *Azospirillum brasilense* inoculum. The variables analyzed were germination rate (TG), germination speed index (IVG), mean germination time (AMT), fresh biomass of shoots and roots, and dry biomass of shoots and roots, plant height and number of plants. average number of leaves per plant. In general, the results did not align for a specific concentration, each treatment showed efficiency in a different parameter. For the Germination Rate, Average Germination Rate, Fresh Phytomass of the Root of the germination test and the number of leaves in the planting, there was no significant difference. The results of the present work showed efficiency in the dry phytomass, both of the roots and of the shoot, in the germination and planting tests, with a result of a better efficiency with the treatment of 5% of the other tests.

Keywords: agriculture; biological control; biofertilizer; *azospirillum brasilense*; plant growth promoting bacteria; wheat.

## LISTA DE FIGURAS

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Figura 1 - Morfologia do Trigo. ....</b>   | <b>19</b> |
| <b>Figura 2 - Classificação das raízes do trigo: a) raízes seminais, b) raízes permanentes e c) raízes adventícias. ....</b>  | <b>20</b> |
| <b>Figura 3 - Manipulação do experimento em fluxo laminar. ....</b>   | <b>23</b> |
| <b>Figura 4 - Pesagem de 100 gramas de semente de trigo e inoculação das sementes em sacos plasticos com 0,4 mL dos inóculos 1%, 5% e 10%. ....</b>   | <b>23</b> |
| <b>Figura 5 – Monitoramento das sementes de trigo inoculadas com <i>Azospirillum brasilense</i>. A – Controle; B – Concentração de 1; C – Contração de 5% e D – Concentração de 10%. ....</b>   | <b>24</b> |
| <b>Figura 6 - Canteiros antes da limpeza; B - Canteiros limpos e descompactados. ....</b>   | <b>26</b> |
| <b>Figura 7 - Ilustração do canteiro com as sementes de 5% já plantadas em berços e com matéria orgânica seca nas fileiras onde foi realizado os berços. ....</b>   | <b>27</b> |
| <b>Figura 8 - Monitoramento dos canteiros plantados com trigo sem e com inoculação em diferentes concentrações de <i>Azospirillum brasilense</i> (1%, 5% e 10%). A – Irrigação diaria nos canteiros após as 18 horas no horário de Brasília; B – Análise do desenvolvimento dos grãos de trigo na fase de espigamento; C – Comparação do desenvolvimento do trigo inoculado com a concentração de 1% da bactéria no parâmetro altura com 15 dias; D – Comparação do desenvolvimento do trigo inoculado com a concentração de 1% da bactéria no parâmetro altura com 30 dias. ....</b> | <b>28</b> |
| <b>Figura 9 - Grafico de média e desvio padrão da taxa de germinação realizada no teste germinativo mostra que não houve diferença significativa entre os tratamentos de diferentes concentrações de <i>Azospirillum brasilense</i> (1%, 5% e 10%) e o controle. ....</b>   | <b>31</b> |
| <b>Figura 10 - Grafico de média da taxa de germinação realizada no teste germinativo mostra que não houve diferença significativa entre os tratamentos de diferentes concentrações de <i>Azospirillum brasilense</i> (1%, 5% e 10%) e o controle. No sexto dia houve estabilização da germinação de todos os ensaios. ....</b>  | <b>32</b> |



|   |           |
|---|-----------|
| <b>Figura 11 - Grafico de índice de velocidade de germinação realizado em trigo com e sem a inoculação de diferentes concentrações de <i>Azospirillum brasilense</i> (1%, 5% e 10%). Não houve diferença significativa entre as concentrações. ....</b>   | <b>33</b> |
| <b>Figura 12 - Grafico de Tempo Médio de Germinação (TMG) realizado em trigo com e sem a inoculação de diferentes concentrações de <i>Azospirillum brasilense</i> (1%, 5% e 10%). Não houve diferença significativa entre os tratamentos, mostrando que todos tiveram o TMG de 5 dias. ....</b> | <b>34</b> |
| <b>Figura 13 - Grafico de massa fresca da parte aérea realizado em trigo com e sem a inoculação de diferentes concentrações de <i>Azospirillum brasilense</i> (1%, 5% e 10%). Não houve diferença significativa entre os tratamentos. ....</b>  | <b>35</b> |
| <b>Figura 14 - Grafico de fitomassa seca da parte aérea realizado em trigo com e sem a inoculação de diferentes concentrações de <i>Azospirillum brasilense</i> (1%, 5% e 10%). Houve diferença significativa no tratamento de 5% em relação ao tratamento controle.</b>                        | <b>36</b> |
| <b>Figura 15 - Grafico de fitomassa fresca das raízes realizado em trigo com e sem a inoculação de diferentes concentrações de <i>Azospirillum brasilense</i> (1%, 5% e 10%). Não houve diferença significativa entre os tratamentos. ....</b>  | <b>37</b> |
| <b>Figura 16 - Grafico de fitomassa seca da parte aérea realizado em trigo com e sem a inoculação de diferentes concentrações de <i>Azospirillum brasilense</i> (1%, 5% e 10%). Houve diferença significativa no tratamento de 5% e de 10%, obtendo uma maior massa seca da raiz. ....</b>      | <b>38</b> |
| <b>Figura 17 - Grafico da média da altura realizado em trigo com e sem a inoculação de diferentes concentrações de <i>Azospirillum brasilense</i> (1%, 5% e 10%). Houve diferença significativa nos tratamentos de 1% e 5%, com uma estatura inferior ao tratamento controle.....</b>           | <b>39</b> |
| <b>Figura 18 - Grafico da média da altura realizado em trigo com e sem a inoculação de diferentes concentrações de <i>Azospirillum brasilense</i> (1%, 5% e 10%). Houve diferença significativa nos tratamentos de 1% e 5%, com uma estatura inferior ao tratamento controle.....</b>           | <b>40</b> |
| <b>Figura 19 - Grafico de número de folhas realizado em trigo com e sem a inoculação de diferentes concentrações de <i>Azospirillum brasilense</i> (1%, 5% e 10%). Não houve diferença significativa. ....</b>  | <b>41</b> |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Figura 20 - Grafico da altura realizado em trigo com e sem a inoculação de diferentes concentrações de Azospirillum brasilense (1%, 5% e 10%). Houve diferença significativa no tratamento de 10%, mostrando ser estatisticamente inferior aos demais tratamentos.....</b>  | <b>42</b> |
| <b>Figura 21 - Grafico da fitomasssa seca da parte aérea realizado em trigo com e sem a inoculação de diferentes concentrações de Azospirillum brasilense (1%, 5% e 10%). Houve diferença significativa no tratamento de 5%. .....</b>   | <b>43</b> |
| <b>Figura 22 - Grafico da Fitomassa fresca das raízes realizado em trigo com e sem a inoculação de diferentes concentrações de Azospirillum brasilense (1%, 5% e 10%). Houve diferença significativa entre todos os trataentos com o inoculante. ....</b>  | <b>44</b> |
| <b>Figura 23 - Grafico da Fitomassa fresca das raízes realizado em trigo com e sem a inoculação de diferentes concentrações de Azospirillum brasilense (1%, 5% e 10%). Houve diferença significativa no trataento com a concentração de 10% do inoculante, apresentou-se uma maior fitomassa seca das raízes. ....</b> | <b>45</b> |

## LISTA DE QUADROS

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Quadro 1 - Parâmetros e procedimentos analisados no período germinativo de <i>Triticum aestivum</i>. em um período de 08 dias.....</b>   | <b>25</b> |
| <b>Quadro 2 - Parâmetros e procedimentos analisados no período tardio de <i>Triticum aestivum</i>. em um período de 75 dias.....</b>  | <b>28</b> |
| <b>Quadro 3 - Resultados obtidos em análises comparativas de inoculações de <i>Azospirillum brasilense</i> em trigo. Os testes e parâmetros analisados são: teste germinativo de duração de 8 dias com os parâmetros de Taxa de Germinação (TG), Índice de Velocidade de Germinação (IVG), Fitomassa Fresca e Seca da parte Aérea e Fitomassa Fresca e Seca das Raízes e teste tardio/espigamento de duração de 75 dias com os parâmetros de Altura, Número Médio de Folhas, Fitomassa Fresca e Seca da parte Aérea e Fitomassa Fresca e Seca das Raízes. Os resultados obtidos consistem em Não Significativo (N.S.), Significativamente Maior (S. MAIOR) e Significativamente menor (S. MENOR).....</b> | <b>47</b> |

## SUMÁRIO

|      |  |    |
|------|--|----|
| 1    | INTRODUÇÃO .....   | 12 |
| 2    | OBJETIVOS.....   | 14 |
| 2.1  | Objetivo Geral .....   | 14 |
| 2.2  | Objetivos Específicos .....  | 14 |
| 3    | REVISÃO DE LITERATURA.....   | 15 |
| 3.1  | Crescimento populacional, demanda de alimentos e fertilizantes                       | 15 |
| 3.2  | Bactéria promotora de crescimento vegetal: <i>Azospirillum<br/>brasiliense</i> ..... | 16 |
| 3.3  | Cultivo de trigo .....   | 17 |
| 4    | MATERIAL E MÉTODOS.....  | 22 |
| 4.1  | Obtenção do <i>Azospirillum brasiliense</i> e do trigo.....                          | 22 |
| 4.2  | Teste germinativo .....  | 22 |
| 4.3  | Teste do plantio em solo.....  | 25 |
| 4.4  | Procedimentos analíticos .....   | 29 |
| 5    | RESULTADO E DISCUSSÃO .....  | 31 |
| 5.1  | Taxa de Germinação (TG) .....  | 31 |
| 5.2  | Índice de Velocidade de Germinação (IVG) .....                                       | 32 |
| 5.3  | Tempo Médio de Germinação (TMG).....   | 33 |
| 5.4  | Fitomassa Fresca e seca da parte aérea.....  | 34 |
| 5.5  | Fitomassa fresca e seca da raiz .....  | 36 |
| 5.6  | Análise da Altura .....  | 38 |
| 5.7  | Número de Folhas .....   | 40 |
| 5.8  | Biomassa Fresca e Seca da parte Aérea .....  | 42 |
| 5.9  | Biomassa Fresca e Seca das raízes .....  | 43 |
| 5.10 | Análise de dados .....   | 45 |
| 6    | CONCLUSÃO .....  | 49 |
|      | REFERÊNCIAS.....   | 50 |

## 1 INTRODUÇÃO

Os cereais representam o grupo de plantas responsável por quase toda a produção mundial de alimentos, principalmente o arroz, milho e centeio, além de serem responsáveis pelo fornecimento de 70 a 80% do total de calorias e 45% de proteínas da dieta humana (MOREIRA, 2012). Um dos cereais mais produzidos do mundo é a cultura do trigo (*Triticum spp.*) (CRUZ JUNIOR *et al.*, 2018) sendo de grande importância no agronegócio brasileiro (RODRIGUES *et al.*, 2014) e sua produção está concentrada na região Sul do País (CRUZ JUNIOR *et al.*, 2018).

No entanto, o crescimento populacional gera uma necessidade de aumento na produção de grãos e de seus valores proteicos, e para isso precisa-se de uma absorção maior de nutrientes pelas plantas, em um caso especial, o nitrogênio (MOREIRA, 2012). Com isso, a produção de cereais torna-se dependente da utilização de produtos como os fertilizantes químicos, tornando a produção mais cara e agredindo o meio ambiente (MOREIRA, 2012), seja no solo ou recursos hídricos, tanto os encontrados no subsolo quanto os corpos hídricos superficiais (SILVA *et al.*, 2019).

Com a crescente busca por sustentabilidade nos sistemas agrícolas de produção, uma das alternativas apresentadas por autores, é a utilização de fixação biológica de nitrogênio (FBN), o qual pode suplementar ou até mesmo substituir a utilização desses fertilizantes (BALDANI; BALDANI, 2005; BERGAMASCHI *et al.*, 2007; HUNGRIA *et al.*, 2010). Segundo a afirmação de Moreira e Siqueira 2002, a fixação do nitrogênio atmosférico pela microbiota é a principal via de adição de nitrogênio no sistema solo-planta, ajudando duas vezes mais no desenvolvimento da planta do que a aplicação via fertilizante mineral. Desta forma, as bactérias promotoras do crescimento vegetal (BPCV), fixam nitrogênio (N<sub>2</sub>) para a planta disponibilizando NH<sub>3</sub> ou aminoácidos (MENDES *et al.*, 2011) além de produzirem hormônios de crescimento, como as auxinas e giberelinas, aumentando a capacidade de desenvolvimento da planta, reduzindo o custo da produção e agressão ao meio ambiente (DOBBELAERE; CROONENBORGHES, 2002).

Um exemplo de BPCV são as bactérias do gênero *Azospirillum*, que são frequentemente encontradas habitando raízes de gramíneas (MULLER, 2013). O

*Azospirillum* spp. colabora para a nutrição da planta, seja no processo de fixação biológica de nitrogênio (FBN) ou na produção de hormônios vegetais atuantes no aumento do sistema radicular das plantas por modificação da morfologia do sistema radicular pela produção de substâncias promotoras de crescimento, aumentando não apenas o número de radículas, mas também o diâmetro das raízes laterais e adventícias, ampliando o volume de solo explorado pela raiz e, conseqüentemente, promovendo ganhos em rendimento (OKON; VANDERLEYDEN, 1997), além de auxiliar na resistência da planta com patógenos devido a produção de fitohormônios, como por exemplo, auxinas, citocininas, giberelinas e etileno (VOGEL *et al.*, 2015).

## 2 OBJETIVOS

Visando a necessidade de uma alta produção de trigo, o alto custo para produzi-lo e o impacto ambiental, o estudo realizado tem o intuito de testar a eficiência da bactéria (BPCV) *Azospirillum brasilense*, em três concentrações diferentes. Analisando o desenvolvimento da planta de trigo.

### 2.1 Objetivo Geral

Testar o efeito de concentrações diferentes de inóculos de *Azospirillum brasilense* em solo para o desenvolvimento de *Triticum aestivum*.

### 2.2 Objetivos Específicos

Comparar diferentes concentrações do inóculo *Azospirillum brasilense*;

Medir a taxa de germinação (TG); Índice de Velocidade de Germinação (IVG); Tempo Médio de Germinação (TMG); Fitomassa fresca da parte aérea, raíz e total das plântulas, Fitomassa seca da parte aérea, raíz e o total das plântulas das sementes no estágio inicial;

Medir a altura da planta (H), número médio de folhas por planta, a Fitomassa fresca da parte aérea, raízes e total das plantas e a Fitomassa seca das partes aérea, raízes e total das plantas no estágio de desenvolvimento tardio;

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Crescimento populacional, demanda de alimentos e fertilizantes

A população mundial chegará a 11,2 bilhões em 2100, tendo um crescimento de 53%. Embora os países europeus, por serem mais desenvolvidos, apresentem baixo/nulo crescimento populacional, países subdesenvolvidos como África e Índia apresentam crescimento acelerado, no caso da África, apresentará uma taxa de crescimento acima de 100% até 2100, já a Índia ultrapassará a população chinesa em 2022 (ONU, 2015). O impacto na população mundial não se trata apenas por novos nascimentos, mas também pelo desenvolvimento mundial, proporcionando uma melhor qualidade de vida, aumentando o número médio de idosos, diminuindo mortes por morbidade de nascituros (GISSI, 2017).

Segundo Belik e Correa (2013) advertem que os fatores contribuintes para a fome, seja de forma direta ou indireta, está ligada com a falta de alimentos e pela má condução destes. Contudo, juntamente ao crescimento populacional, a produção de alimentos deve aumentar/acompanhar crescimento populacional para sanar a necessidade da fome (CRUZ JUNIOR *et al.*, 2018). No entanto, para aumentar essa produção se faz necessário a utilização de fatores externos, como a adubação, optando pela aplicação de fertilizantes com o intuito de uma otimização da produção (CRUZ JUNIOR *et al.*, 2018). A adubação nitrogenada se faz indispensável quando o assunto é produção em massa, aumentando de forma considerável a produção, mas também se faz o processo de maior custo do processo produtivo (RODRIGUES *et al.*, 2014).

Se tratando de nutrição, o nitrogênio (N) e o potássio (K) destacam-se, de maior necessidade por diversas culturas, principalmente aos cereais. Ambas devem estar em concentrações adequadas, pois o excesso de uma e deficiência de outra limita o desenvolvimento, e conseqüentemente, a produtividade. O nitrogênio encontra-se como o segundo fator limitante para o desenvolvimento de trigo, atrás apenas da deficiência hídrica (DATE *et al.*, 2000) e é responsável pela formação de compostos essenciais e sobrevivência da planta. Já o potássio, está relacionado às reações bioquímicas do metabolismo vegetal (VIANA, 2017). Esses dois nutrientes



são de grande importância para o desenvolvimento da massa verde da parte aérea, da produção de grãos e do enraizamento da planta (VIANA, 2017).

Na produção de trigo, mais especificamente no Brasil, é utilizado em média 60 kg de nitrogênio por hectare e, em 2011, cerca de 2,16 milhões de hectares foram ocupados com plantio de trigo, dessa forma, ao multiplicarmos a quantidade de nitrogênio aplicado por hectare pela dimensão plantada do cereal resulta em 130 mil toneladas desse nutriente no solo. Dependendo das características do solo, é possível obter uma perda de 60 a 90% dos nutrientes adicionados à lavoura, ocorrendo o desperdício. No caso do nitrogênio, pode ser volatilizado, gerando gás de efeito estufa, imobilizado pelo solo ou lixiviado, contaminando corpos d'água. A apresentação desse nutriente em excesso nos recursos hídricos pode causar eutrofização, através do aumento em massa de algas e cianobactérias podendo causar mortandade de peixes por hipóxia e outros danos ao meio ambiente. Portanto, além das perdas econômicas por desperdício, a produção agrícola tem se tornado preocupação social acerca do impacto ambiental provocado por fertilizantes e pesticidas químicos (MOREIRA, 2012).

Portanto, se faz necessário encontrar alternativas para que a planta faça a absorção de nitrogênio atmosférico (N), neste contexto, alguns microrganismos, como bactérias fixadoras de N e algumas bactérias promotoras do crescimento de plantas podem apresentar alta produtividade, baixo custo e menor dependência da importação de adubos (HUNGRIA, 2011).

### **3.2 Bactéria promotora de crescimento vegetal: *Azospirillum brasilense***

É argumentado que entre 30 a 90% do solo coletado no planeta contenham *Azospirillum brasilense* ou *Azospirillum lipoferum* (KEFALOGIANNI; AGGELIS, 2002). Possuindo um diâmetro de um micrômetro ( $\mu\text{m}$ ) e um comprimento de 2,1 a 3,8  $\mu\text{m}$ , as bactérias do gênero *Azospirillum* estão presentes em todos os tipos de solo (SILVA *et al.*, 2004). A temperatura ótima de crescimento varia entre 28 e 41°C, dependendo da espécie (ECKERT *et al.*, 2001). São microrganismos aeróbicos típicos quando supridos com fonte de N combinado e, microaerofílicos quando crescem dependente da fixação de  $\text{N}_2$  (DONZELI, 2002). Segundo DOBEREINER (1995), o *Azospirillum* tem como preferência a absorção de ácidos orgânicos como,

o malato, piruvato, succinato, glicose e frutose, e como fonte de nitrogênio, pode advir de amônia, aminoácidos, nitrato, nitrito e nitrogênio atmosférico (N<sub>2</sub>). São capazes de utilizar apenas o N atmosférico como única fonte de nitrogênio (HUERGO, 2006).

Algumas bactérias fixadoras de nitrogênio atuam nas superfícies das raízes, diferente a espécie *Azospirillum* ocorrem no interior, em espaços intercelulares ou até dentro de algumas células das raízes (SIQUEIRA; FRANCO, 1988). Estas bactérias tem a capacidade de colonizar o sistema radicial, assim como o colmo das gramíneas. Dentro das raízes a bactéria fica protegida dos estresses do solo, como por exemplo os processos competitivos com outros organismos, acidez do solo, deficiência de fosfato, entre outros (SIQUEIRA; FRANCO, 1988).

Essa bactéria é capaz de mobilizar nutrientes presentes no solo e na atmosfera tornando-os disponíveis para a planta. O nitrogênio atmosférico é um dos maiores limitantes ao crescimento vegetal, e esse microorganismo é capaz de fixá-lo, agindo como biofertilizante (MOREIRA, 2012). O *A. brasilense* produz fitormônios, como por exemplo, as auxinas e citocinas, responsáveis por regular o crescimento vegetal (GLICK, 2005; SOKOLOVA *et al.*, 2011). Porém, alguns fatores podem influenciar a eficiência da fixação biológica de nitrogênio (FBN) como a existência de microorganismos competidores, a escolha da estirpe, estado nutricional da planta e a qualidade dos exsudatos (QUADROS, 2009).

A utilização de inoculantes a base de microrganismos tem sido uma alternativa eficiente e economicamente viável. Tais práticas são capazes da substituição parcial ou integral de pesticidas e fertilizantes nitrogenados e fosfatados, diminuindo tanto o gasto por desperdício quanto o impacto gerado ao meio ambiente, e ainda aumentando a produtividade do plantio (MOREIRA, 2012).

A bactéria *Azospirillum brasilense* é de grande interesse na utilização para a nutrição das plantas, principalmente de gramíneas. Devido ao alto valor financeiro investido com fertilizantes, a demanda tem aumentado anualmente, isso acontece também, devido à valorização da cultura sustentável (HUNGRIA *et al.*, 2010).

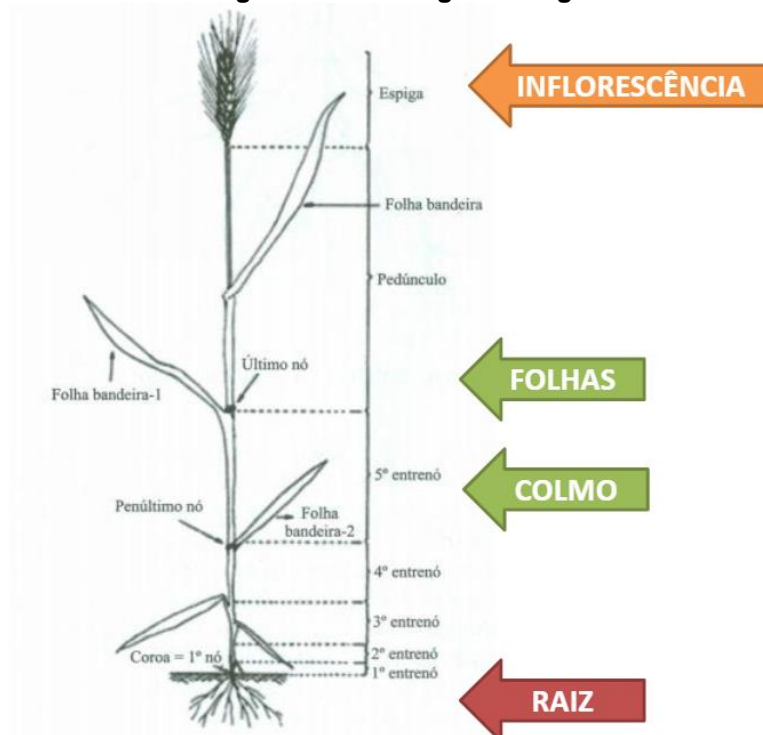
### **3.3 Cultivo de trigo**

Na classificação botânica o trigo pertence à família Poaceae, subfamília Pooideae, Tribo Triticeae Dumort., Subtribo Triticinae, gênero *Triticum* e espécie *Triticum aestivum* (L.). Acredita-se que por volta dos anos 10.000 a 15.000 a. C., o trigo tenha sido originado de gramíneas silvestres localizadas nas proximidades dos rios Tigre e Eufrates. Porém, os registros mais antigos encontrados datam no ano de 550 a. C. Podemos notar que as características das plantas são conhecidas a mais de 2.000 anos. A espécie *Triticum aestivum* L. (trigo comum), juntamente as outras espécies do trigo menos conhecidas surgiram a partir da hibridação natural entre a espécie *Triticum turgidum* e uma gramínea selvagem conhecida como *Aegilops squarrosa* (SCHEEREN *et al.*, 2015).

Os trigos primitivos tinham espigas frágeis, sendo facilmente quebradas quando maduras. As sementes eram aderidas às partes florais. Os trigos cultivados hoje em dia passaram por anos de processos de seleção natural e artificial, tornando-se resistente as condições atuais (SCHEEREN *et al.*, 2015).

O trigo possui uma morfologia muito parecida aos demais cereais de inverno que tem a mesma finalidade de produção de grãos (cevada, aveia, centeio e triticale). A planta do trigo é dividida morfológicamente em raízes, colmo, folhas e inflorescência (Figura 1) (SILVA, 2018).

**Figura 1 - Morfologia do Trigo.**

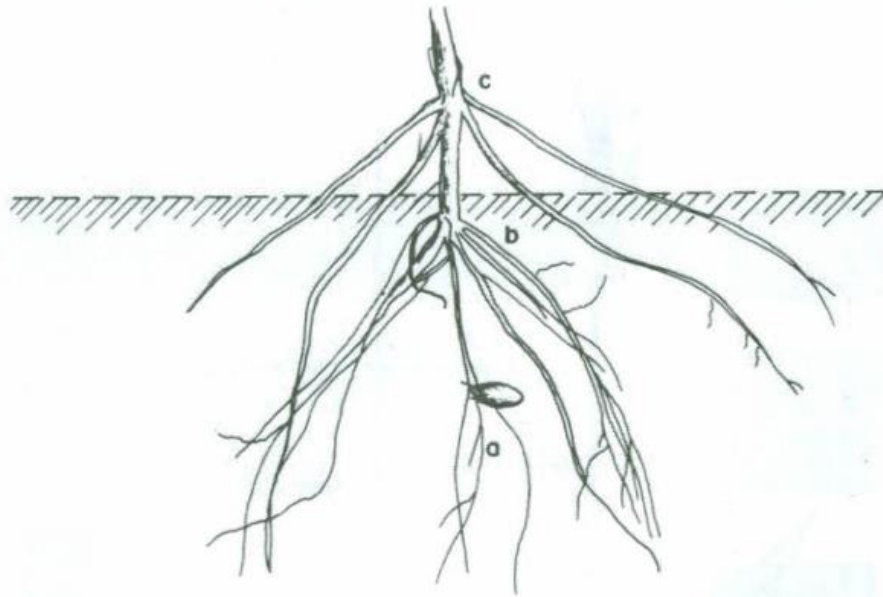


**Fonte: Silva (2018, p.4).**

O sistema radicular do trigo é dividido em três grupos de raízes (Figura 2 a, b e c): a) raízes seminais; b) raízes permanentes e c) raízes adventícias (Figura 2). Cada um dos grupos de raízes tem um papel importante no desenvolvimento da planta. As raízes seminais, originadas da semente, são de extrema importância até o início do estágio de afilamento e têm como funcionalidade principal o estabelecimento da planta (SILVA, 2018). No início do desenvolvimento do trigo, os nutrientes são absorvidos pelo endosperma da semente e, futuramente, as raízes seminais se tornam funcionais, tornando a plântula capaz de absorver nutrientes e água no solo (SCHEEREN *et al.*, 2015).

Na maior parte das plantas, entre uma profundidade de 1 a 2 cm abaixo da superfície do solo é formada a região denominada coroa, onde são emergidas as raízes permanentes (dentro de 20 dias após a emergência). Os desenvolvimentos dessas raízes são lentas e passam por um estágio de alongamento. Durante o processo de espigamento, o sistema radicular permanente está completamente formado. Por fim, acima da superfície do solo, a partir do primeiro e segundo nós da planta, surgem as raízes adventícias (SCHEEREN *et al.*, 2015).

**Figura 2 - Classificação das raízes do trigo: a) raízes seminais, b) raízes permanentes e c) raízes adventícias.**



**Fonte: Silva (2018, p.5).**

O Brasil possui ótimas condições de clima, solo, posições estratégicas de mercado e capacidade de industrialização na região do Cerrado para a cultura do trigo. Pode ser colhido nas entressafras da produção do Sul do país e da Argentina, obtendo características melhores na qualidade para a indústria de panificação (TEIXEIRA FILHO *et al.*, 2011). No Paraná, o trigo é de grande importância econômica na região oeste do estado, e sua cultura abrange diversos setores como a pesquisa, produção, industrialização e comercialização, gerando milhares de empregos no país (RODRIGUES *et al.*, 2014).

A maior parte do custo de produção do grão está ligado a aplicação de adubos nitrogenados (CÁNOVAS; SILVA, 2000). As plantas de trigo demandam elevada quantidade de macronutrientes, sendo os principais, nitrogênio e potássio (PAULETTI, 1998; FOLONI *et al.*, 2009) e sua deficiência afeta principalmente as folhas mais velhas, as plantas ficam débeis, folhas com o limbo reduzido e apresenta coloração verde-amarelada além da redução do perfilhamento (MUNDSTOCK *et al.*, 2002). De certa forma, tal produção se faz dependente de fatores externos para a obtenção de uma maior produção, um deles é a adubação (CRUZ JUNIOR *et al.*, 2018), e dentre os insumos mais utilizados, a adubação nitrogenada é responsável por grande parte dos custos produtivos, e sua aplicação

em gramíneas, como o trigo, eleva significativamente o custo de produção (RODRIGUES *et al.*, 2014). Porém, se faz indispensável, devido ao nitrogênio, ser o macronutriente mais limitante na produtividade do trigo e responsável pelo número de perfilhos, sendo essencial na fase de formação dos nós e no início do alongamento do colmo (SALA *et al.*, 2005). No entanto, o uso indiscriminado e mal planejado dos fertilizantes pode acarretar em problemas ambientais como acidificação do solo, contaminação pelos metais pesados contidos na formulação (CIRINO *et al.*, 2001), além do desequilíbrio ou falta de balanço entre o nitrogênio e os outros nutrientes disponíveis no solo, acarretando em um efeito negativo também à planta (CABEZAS *et al.*, 2000). Levando em consideração que menos da metade do nitrogênio aplicado no solo é absorvido pelas culturas, o restante é mobilizado e/ou volatilizado ou lixiviado (MOREIRA; SIQUEIRA, 2002). Por sua fácil lixiviação, volatilização e alta toxicidade em organismos biológicos, os fertilizantes podem levar poluição para cursos hídricos, seja em águas superficiais e/ou subterrâneas, causando prejuízo para o ecossistema (CABEZAS; SOUZA, 2008).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na horta e no laboratório de Microbiologia de Solo e Biologia Molecular da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, no campus de Campo Mourão e no laboratório da empresa Agrocells Biotecnologia. Ambos disponibilizaram materiais, insumos e apoio técnico necessário para a realização da pesquisa. Realizou-se o teste inicialmente no dia 09 agosto a 18 de outubro de 2021. O estudo foi realizado com dois experimentos diferentes simultaneamente, o teste laboratorial e o teste de plantio. Os seguintes experimentos tiveram como objetivo acompanhar o desenvolvimento do trigo sob utilização de três diferentes concentrações (1%, 5% e 10%) de *Azospirillum brasilense* nas fases de germinação (duração de 8 dias) e fase tardio ou espigamento/enchimento de grãos (duração de 75 dias).

### 4.1 Obtenção do *Azospirillum brasilense* e do trigo.

A bactéria *Azospirillum brasilense* foi multiplicada na empresa Agrocells Biotecnologia em forma de inóculo líquido de concentração  $1,0 \times 10^9$  UFC/g. O inóculo líquido concentrado foi diluído em outras três concentrações (1%, 5% e 10%), foram mantidas/guardadas em congelador para evitar a morte dos microrganismos. Quando houve necessidade da sua aplicação, o *Azospirillum brasilense* foi deixado para descongelar em temperatura ambiente.

Para o experimento foram utilizadas sementes de *Triticum* spp. (Trigo) doadas pela Fundação Pró-Sementes, localizada no município de Campo Mourão-PR, sem nenhum tratamento prévio.

### 4.2 Teste germinativo

Para o teste germinativo, foi utilizada a autoclave a uma temperatura de 121 °C por 30 minutos dos materiais utilizados (BARILLI *et al.*, 2009). Os instrumentos não autolaváveis foram previamente esterilizados com água sanitária minutos antes de sua utilização.

Toda a manipulação dos processos foi realizada em fluxo laminar disponibilizado no laboratório C006 na UTFPR-CM para evitar ao máximo a contaminação microbiológica do ambiente no experimento (Figura 3).

**Figura 3 - Manipulação do experimento em fluxo laminar.**



**Fonte: Autoria Própria (2021).**

Foi utilizado a metodologia de Zepka, 2007 para a inoculação do trigo, utilizando o inoculante líquido de *Azospirillum brasilense* nas proporções de 0%, 1%, 5% e 10% nas proporções de 0,4 mL do inoculante para 100 gramas da semente de trigo (Figura 4).

**Figura 4 - Pesagem de 100 gramas de semente de trigo e inoculação das sementes em sacos plasticos com 0,4 mL dos inóculos 1%, 5% e 10%.**



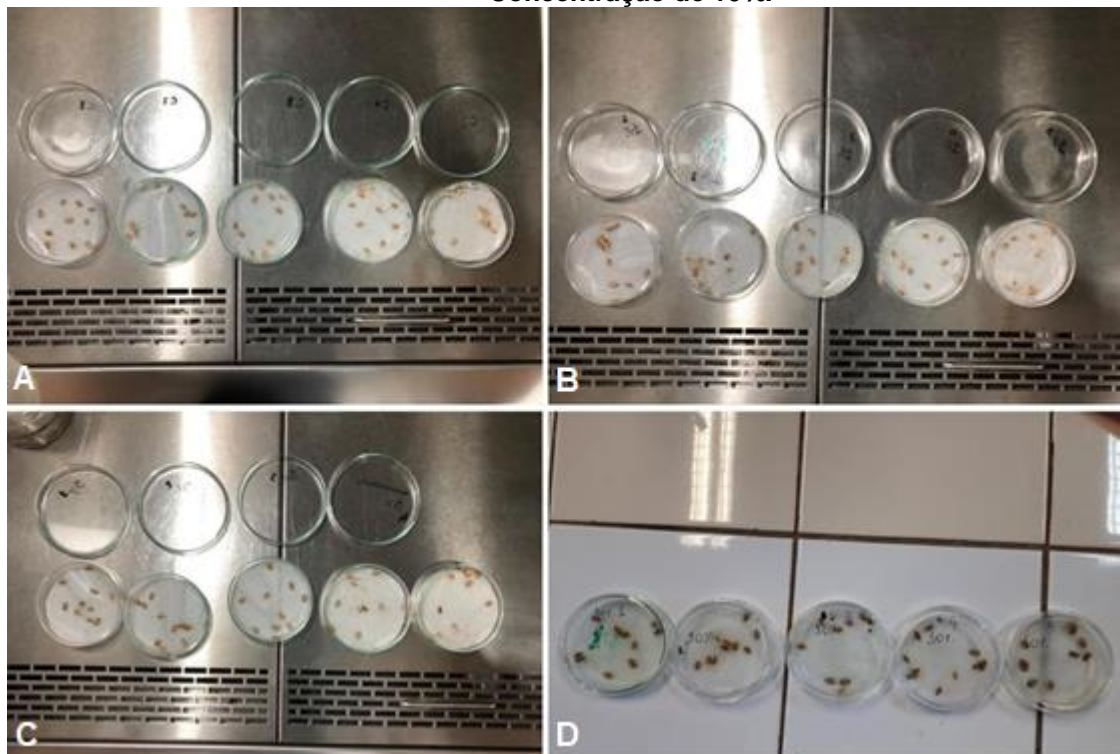
**Fonte: Autoria Própria (2021).**

O teste de germinação foi conduzido por 50 sementes/concentração de trigo e distribuídas de forma igual em 5 placas de petri com papel filtro, contendo a cada



placa uma quantidade de 10 sementes tratadas com as respectivas concentrações do inoculo a ser testado (0%, 1%, 5% e 10). Além da inoculação, as sementes foram mantidas nas placas de petri com uma quantidade do inoculo de 2 mL do tratamento a ser testado (ZEPKA, 2007). As placas foram mantidas na incubadora BOD, também disponibilizadas pelo laboratório C006, a uma temperatura de 25°C (ZEPKA, 2007). O experimento foi monitorado diariamente por oito dias. Tornou-se necessário a adição dos inóculos com as concentrações (1, 5 e 10%) e água destilada estéril de forma igual nas placas com os respectivos tratamentos no quarto dia de monitoramento, mantendo as sementes sempre úmidas (Figura 5).

**Figura 5 – Monitoramento das sementes de trigo inoculadas com *Azospirillum brasilense*. A – Controle; B – Concentração de 1%; C – Contração de 5% e D – Concentração de 10%.**



Fonte: Autoria Própria (2021).

Todos os dias durante o experimento realizou-se contagens de sementes germinadas e de plântulas emergidas. E após o oitavo dia de experimento, analisou-se e contou-se as plântulas normais/saudáveis e, com a utilização de uma balança analítica, foi medido a massa fresca das partes aéreas e das raízes. Para a retirada de água das partes aéreas e das raízes, as mesmas foram colocadas em envelopes

de papel Kraft a unidade de raiz/planta e parte aérea/planta e levadas a estufa de secagem a uma temperatura de 65 °C até a secagem total (obtendo a massa constante) e novamente foi feito a medição da massa da parte aérea e das raízes (ZEPKA, 2007), como descrito no Quadro 1.

**Quadro 1 - Parâmetros e procedimentos analisados no período germinativo de *Triticum aestivum*. em um período de 08 dias.**

| Variáveis   | Procedimentos   |
|---|---|
| Taxa de Germinação ( <b>T.G</b> )   | 8 contagem diária das plântulas de cada unidade após a semeadura.   |
| Índice de velocidade de Germinação ( <b>I.V.G</b> )   | Contagem diária das plântulas emergidas.  |
| Tempo Médio de Germinação ( <b>T.M.G</b> )  | Qualificação das sementes germinadas nas placas de Petri.   |
| Fitomassa Fresca das partes aéreas ( <b>F.F.A</b> ), das raízes ( <b>F.F.R</b> ) e total das plântulas ( <b>F.F.T</b> ) | Pesagem das fitomassa fresca das partes aéreas, das raízes e do total das plantas em uma balança analítica digital.   |
| Fitomassa Seca das partes aéreas ( <b>F.S.A</b> ), das raízes ( <b>F.S.R</b> ) e total das plântulas ( <b>F.S.T</b> )   | As plântulas foram empacotadas de forma delicada em papel Kraft e foram secas em estufa a 65°C por 72 horas, para posteriormente a medição da fitomassa seca das partes aéreas, raízes e total das plântulas com a balança analítica digital. |

Fonte: Adaptado de Lacerda *et al.*, (2011)

### 4.3 Teste do plantio em solo

Na etapa de enchimento de grãos (75 dias), foi realizado um plantio na horta experimental da UTFPR-CM com o objetivo analisar as medidas de fitomassa fresca e seca da parte aérea, raiz e total da plântula, medição da estatura da plântula e contagem de folhas emergidas a cada 10 dias e na última contagem foi feito com 5 dias, completando os 75 dias totais.

O preparo do solo foi utilizado o método convencional, que constitui a metodologia de retirada de toda a vegetação superficial da área e, por meio de arado foi feito a descompactação do solo revolvendo-o para um melhor desenvolvimento da raiz (PIRES; SANTOS, 2015). Com auxílio de uma enxada, os quatro canteiros disponibilizados pela horta sustentável da UTFPR-CM foram limpos,

retirando toda a vegetação, e revolvidos com uma profundidade de 25 cm (Figura 6) (EMBRAPA, 2002).

**Figura 6 - Canteiros antes da limpeza; B - Canteiros limpos e descompactados.**



**Fonte: Autoria própria (2021).**

Os canteiros possuíam uma medida em metros de 3x1, contendo uma área de 3 m<sup>2</sup>, cada um obteve-se três fileiras com um espaçamento de 20 centímetros entre linhas. Todos os quatro canteiros foram tratados com NPK 05:20:20 a partir de uma concentração de 90 kg/há (MAGMANTE, 2017). Para o plantio foi preparado 12 berços com profundidade de 5 centímetros em cada uma das fileiras, e em cada berço foi semeado 8 sementes de trigo respectivamente tratado com as concentrações.

A matéria orgânica de gramíneas foi essencial para proteger o local de efeito splash, mantimento de uma temperatura e umidade, e também para evitar o crescimento de ervas daninhas (alelopatia) (Figura 7).

**Figura 7 - Ilustração do canteiro com as sementes de 5% já plantadas em berços e com matéria orgânica seca nas fileiras onde foi realizado os berços.**

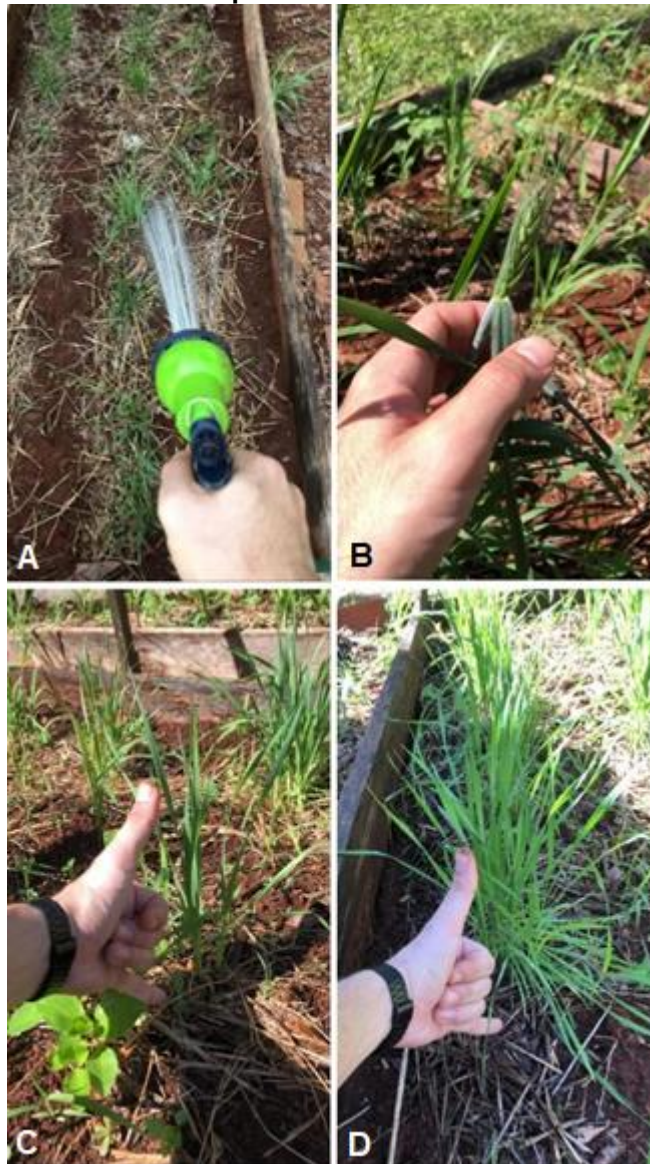


**Fonte: Autoria Própria (2021).**

Foi monitorado diariamente o desenvolvimento do trigo plantado, o controle de pragas, controle de gramíneas e irrigação dos canteiros, e juntamente a esses cuidados, foi retirado os parâmetros necessários para a obtenção dos resultados da pesquisa como a altura da planta e contagem de folhas emergidas (Figura 8). Foram realizadas as análises altura, número de folhas, fitomassa seca e fresca da parte aérea e das raízes (Quadro 2).



**Figura 8 - Monitoramento dos canteiros plantados com trigo sem e com inoculação em diferentes concentrações de *Azospirillum brasilense* (1%, 5% e 10%). A – Irrigação diária nos canteiros após as 18 horas no horário de Brasília; B – Análise do desenvolvimento dos grãos de trigo na fase de espigamento; C – Comparação do desenvolvimento do trigo inoculado com a concentração de 1% da bactéria no parâmetro altura com 15 dias; D – Comparação do desenvolvimento do trigo inoculado com a concentração de 1% da bactéria no parâmetro altura com 30 dias.**



Fonte: Autoria Própria (2021).

**Quadro 2 - Parâmetros e procedimentos analisados no período tardio de *Triticum aestivum*. em um período de 75 dias.**

| Variáveis                             | Procedimentos   |
|---------------------------------------|---|
| Altura da planta ( <b>H</b> )         | Mediu-se a altura de cada unidade após 75 dias da cultura   |
| Número médio de folhas ( <b>N.F</b> ) | Contagem das folhas de cada unidade de planta de dez em dez dias e na última com cinco dias, esse |

|   |   |
|---|---|
|   | procedimento foi realizado até a completar 75 dias de cultivo.  |
| Fitomassa fresca das partes aéreas (F.F.A), Fitomassa fresca das raízes (F.F.R) e Fitomassa total da planta (F.F.T) | Após 75 dias de cultivo, foi pesado com uma balança analítica a massa fresca das partes aéreas, das raízes e o total de plantas, os dados obtidos foram tabulados.  |
| Fitomassa seca das partes aéreas (F.S.A) e Fitomassa seca das raízes (F.S.R) e a Fitomassa total da planta (F.S.T)  | As plântulas foram empacotadas de forma delicada em papel Kraft e foram secas em estufa a 65°C por 72 horas, para posteriormente a medição da fitomassa seca das partes aéreas, raízes e total das plantas com a balança analítica digital. |

Fonte: Adaptado de Lacerda *et al.*, (2011)

#### 4.4 Procedimentos analíticos

Os procedimentos analisados forneceram informações para obter uma conclusão de dosagem mais eficiente para o desenvolvimento do trigo na fase inicial e tardia.

O índice de velocidade de germinação (IVG) foi calculado seguindo a fórmula proposta por Maguire (1962) (1), e, segundo o autor, quanto maior for o índice, maior será sua velocidade de germinação.

$$IVG = \frac{G1}{T1} + \frac{G2}{T2} + \dots + \frac{Gi}{Ti} \quad (1)$$

Onde:

IVG = Índice de Velocidade de Germinação;

G1, G2, Gi = número de plântulas na primeira, na segunda e na última contagem; T1, T2, Ti = número de dias da primeira, da segunda e da última contagem.

Para o cálculo do tempo médio de germinação (TMG), utilizou-se a fórmula proposta por Labouriau (1983) (2), onde os resultados são expressos em dias.

$$TMG = \frac{\sum Ni \cdot Ti}{\sum Ni} \quad (2)$$

Onde:

TMG = Tempo Médio de Germinação (dias);

Ni = número de sementes germinadas no intervalo entre cada contagem; Ti = tempo decorrido entre o início da germinação e a última contagem.

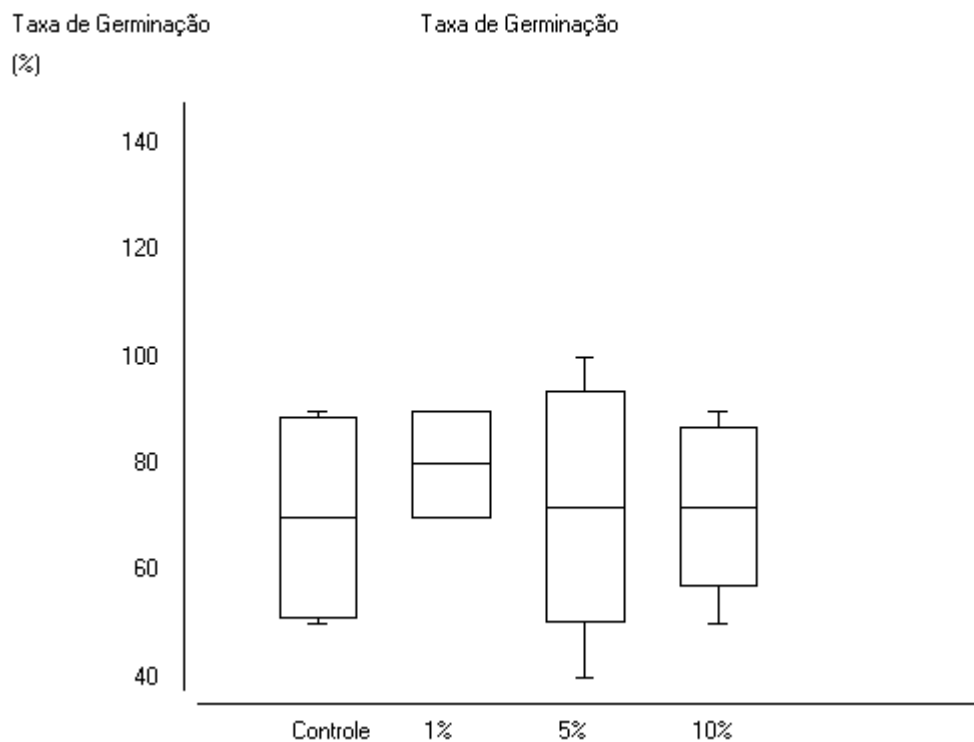
Os dados obtidos foram analisados no programa Bioestat 5.3 pelo método estatístico de ANOVA Variância de um critério para analisar a diferença significativa entre os tratamentos. Os dados que resultaram em  $p < 0,05$ , mostraram que houve diferença significativa em relação ao tratamento controle. O teste Tukey foi aplicado em seguida para analisar quais tratamentos se diferenciaram do controle.

## 5 RESULTADO E DISCUSSÃO

### 5.1 Taxa de Germinação (TG)

Na análise de TG, o valor  $p = 0,1972$ , no entanto, não houve diferença significativa entre os tratamentos (Gráfico 1 e 2).

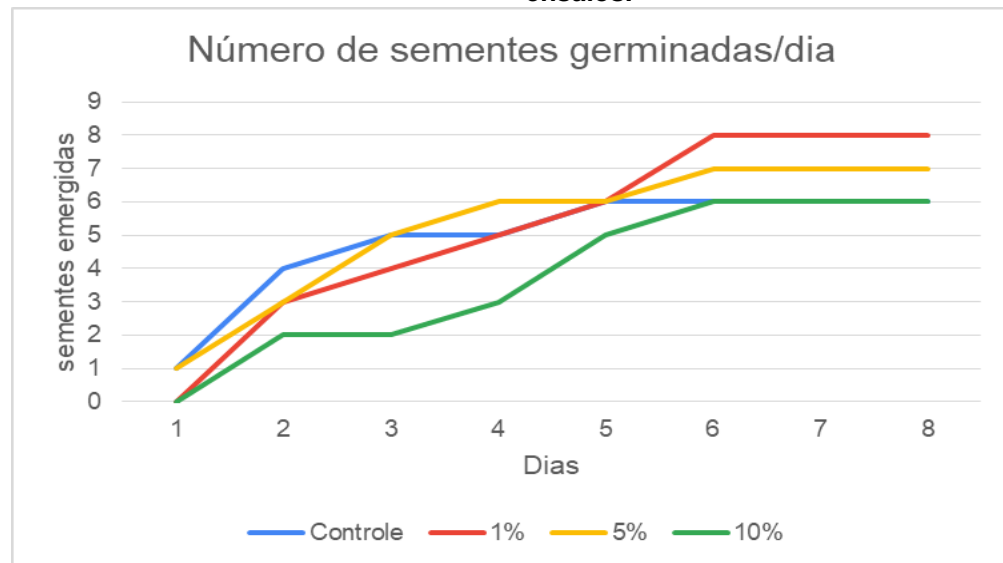
**Figura 9 - Gráfico de média e desvio padrão da taxa de germinação realizada no teste germinativo mostra que não houve diferença significativa entre os tratamentos de diferentes concentrações de *Azospirillum brasilense* (1%, 5% e 10%) e o controle.**



Fonte: Autoria Própria (2022).



**Figura 10 - Grafico de média da taxa de germinação realizada no teste germinativo mostra que não houve diferença significativa entre os tratamentos de diferentes concentrações de *Azospirillum brasilense* (1%, 5% e 10%) e o controle. No sexto dia houve estabilização da germinação de todos os ensaios.**



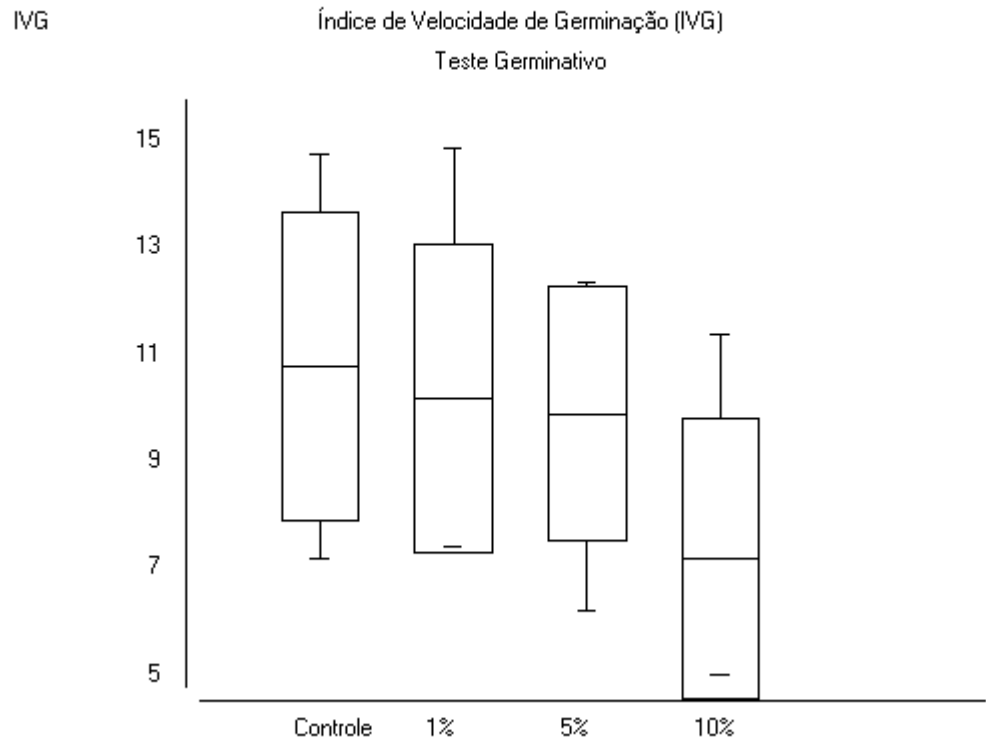
**Fonte: Autoria Própria (2022).**

Porém, um trabalho com *Trichoderma harzianum* resultou significativamente na emergência e no rendimento de grãos de milho entre as concentrações aplicadas com o fungo, indicando a eficiência no aumento da emergência das plântulas (LUZ, 2001). Ao verificar a influência do inóculo de *Trichoderma ssp.* no experimento com arroz, notaram resultados de emergência positivos nos tratamentos com a aplicação do fungo quando comparados ao controle, diferentemente dos resultados encontrados no presente trabalho (CADORE *et al.*, 2016).

## 5.2 Índice de Velocidade de Germinação (IVG)

Não houve diferença significativa entre os tratamentos, p valor = 0,1981. O resultado mostrou que o maior dado obtido foi no tratamento de 5%, seguido de uma pequena diferença o tratamento controle e 1%, e por último, obtendo um resultado distante, o tratamento de 10% (Grafico 3).

**Figura 11 - Grafico de índice de velocidade de germinação realizado em trigo com e sem a inoculação de diferentes concentrações de *Azospirillum brasilense* (1%, 5% e 10%). Não houve diferença significativa entre as concentrações.**



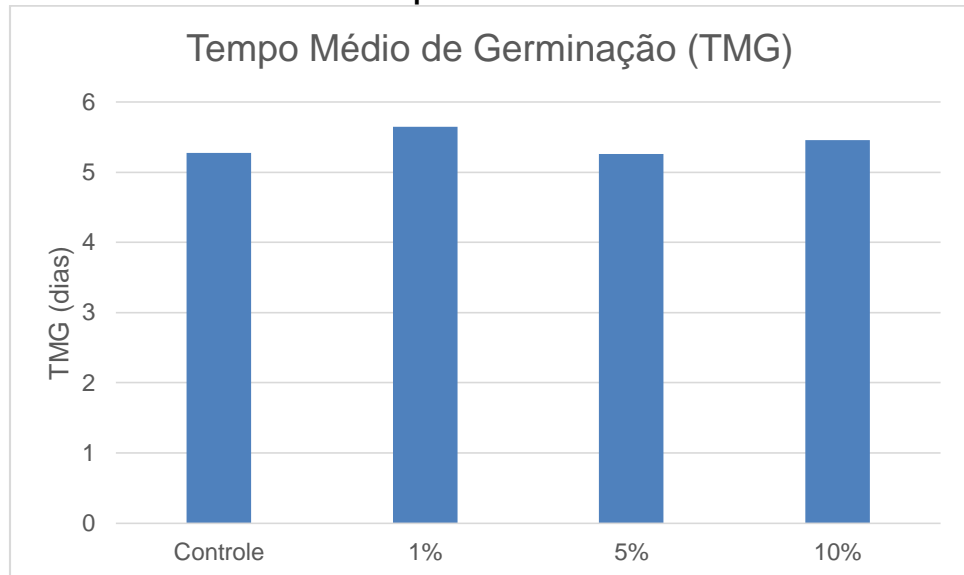
**Fonte: Autoria Própria (2022).**

Este teste consiste em mostrar a velocidade de germinação dos tratamentos, quanto maior for o IVG, melhores e mais vigorosas as plantas serão, tendo elas um maior potencial para poder germinar e gerar plântulas normais, obtendo a resistência à condições adversas do ambiente (KRZYZANOWSKI; NETO, 2001). Mostrando que os tratamentos de 5%, controle e 1%, tem maior probabilidade de um crescimento de plântulas mais vigorosas.

### 5.3 Tempo Médio de Germinação (TMG)

O tempo médio de germinação obteve resultado médio de 5 dias em todos os tratamentos, inclusive o controle (Gráfico 4), porém, não foi identificado diferença significativa entre os ensaios, obtendo um valor de  $p = 0,1951$ .

**Figura 12 - Gráfico de Tempo Médio de Germinação (TMG) realizado em trigo com e sem a inoculação de diferentes concentrações de *Azospirillum brasilense* (1%, 5% e 10%). Não houve diferença significativa entre os tratamentos, mostrando que todos tiveram o TMG de 5 dias.**

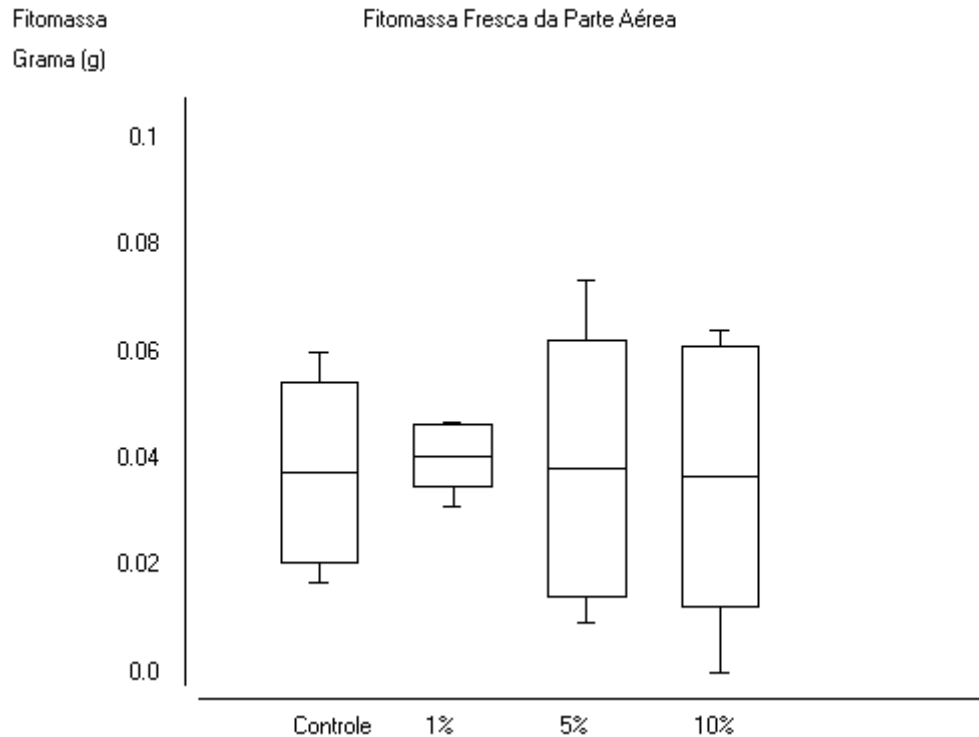


Fonte: Autoria Própria (2022).

#### 5.4 Fitomassa Fresca e seca da parte aérea

Os maiores dados obtidos para a massa fresca da parte aérea, de ordem do maior ao menor, foram os tratamentos de 1%, controle, 10% e por último 5%. Mas segundo análise estatística aplicada, não houve diferença significativa entre os tratamentos ( $p = 0,9903$ ) (Gráfico 5).

**Figura 13 - Grafico de massa fresca da parte aérea realizado em trigo com e sem a inoculação de diferentes concentrações de *Azospirillum brasilense* (1%, 5% e 10%). Não houve diferença significativa entre os tratamentos.**

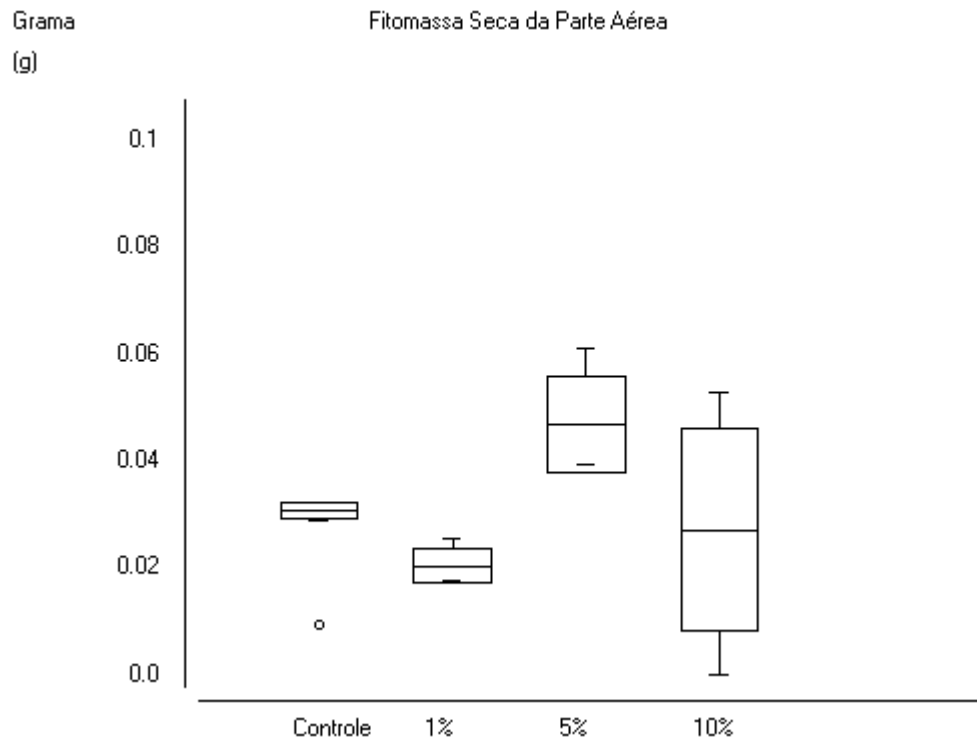


**Fonte: Autoria Própria (2022).**

Experimentos com *Trichoderma spp.* aplicados ao milho mostraram resultados positivos, conseqüentemente, obteve-se um aumento da massa fresca da parte aérea nos tratamentos inoculados com o fungo quando comparados ao tratamento controle, mostrando que fungos desse gênero também podem ser utilizados como promotores de crescimento (STEFANELLO; BONETT, 2013). Já Carvalho Filho *et al.* (2008), observaram que proporcionou um maior índice de desenvolvimento de das partes aéreas úmidas de mudas de eucalipto, gerando plantas robustas e resultando também em um aumento médio de altura em 43% em relação ao ensaio testemunha.

Segundo a análise estatística aplicada, variância de um critério, notou-se que, em relação a fitomassa seca da parte aérea, o melhor resultado foi o tratamento de 5%, seguido do tratamento controle, 10%, e por último, a concentração de 1%. Foi identificado também diferença significativa ( $p$  valor = 0,0126) para o tratamento de 5%, enquanto os tratamentos de 1% e 10% não diferiram estatisticamente do controle (Gráfico 6).

**Figura 14 - Gráfico de fitomassa seca da parte aérea realizado em trigo com e sem a inoculação de diferentes concentrações de *Azospirillum brasilense* (1%, 5% e 10%). Houve diferença significativa no tratamento de 5% em relação ao tratamento controle.**



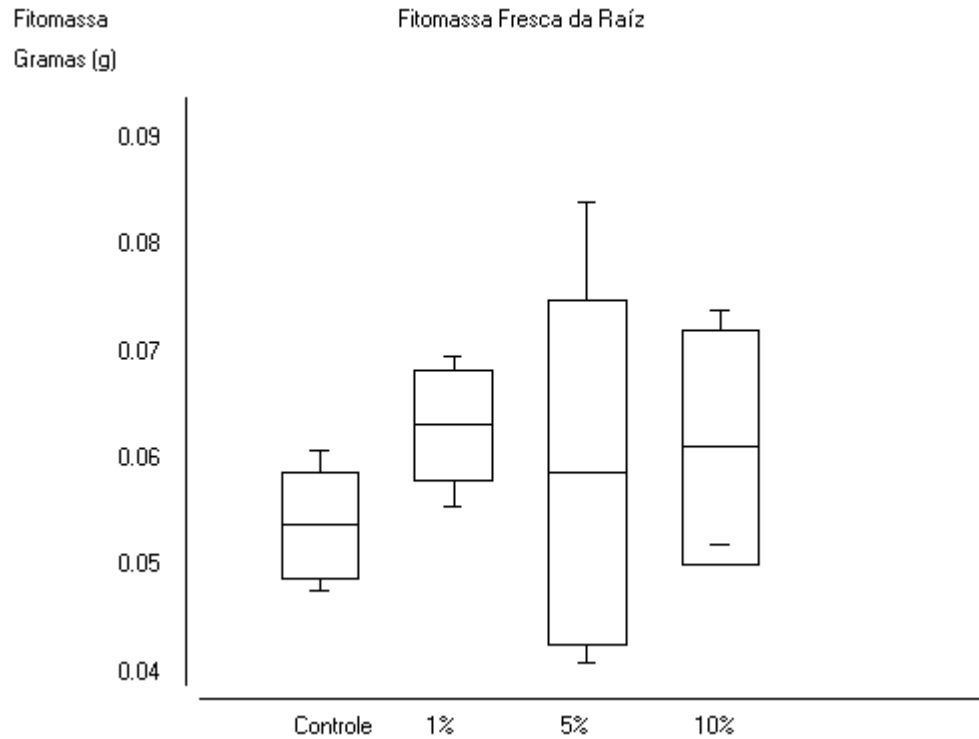
Fonte: Autoria Própria (2022).

Um trabalho utilizando o *Azospirillum brasilense* realizado em Passo Fundo-RS mostrou que não houve diferença significativa de massa seca da parte aérea nos ensaios tratados com a bactéria quando comparado ao ensaio testemunha (DIDONET *et al.*, 1996). Assim como também o trabalho de Nunes *et al.* (2015), não só houve diferença entre o tratamento controle e os demais tratamentos tratados como obteve resultados inferiores aos ensaios inoculados com *A. brasilense*.

### 5.5 Fitomassa fresca e seca da raiz

Houve um aumento da fitomassa fresca da raiz nos tratamentos com a aplicação do inóculo resultando em dados positivos, o tratamento de maior resultado foi o de concentração 1%, em seguida, 10%, 5% e por último o tratamento testemunha. Porém, segundo o teste de Variância de um critério, não foi verificada diferença significativa entre eles ( $p = 0,5397$ ) (Gráfico 7).

**Figura 15 - Grafico de fitomassa fresca das raízes realizado em trigo com e sem a inoculação de diferentes concentrações de *Azospirillum brasilense* (1%, 5% e 10%). Não houve diferença significativa entre os tratamentos.**

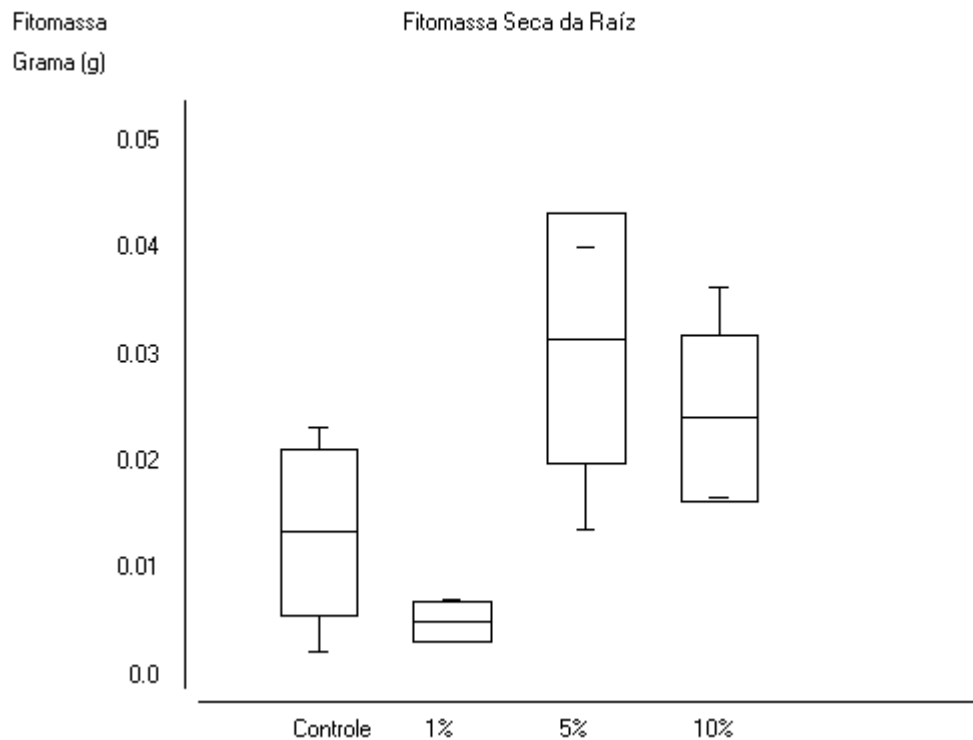


**Fonte: Autoria Própria (2022).**

Mudas de cedro tratadas com *Trichoderma spp.* mostraram um aumento no crescimento radicular, reforçando os resultados obtidos no presente trabalho (JUNGLES *et al.*, 2016). Stefanello e Bonett (2013) notaram nas sementes do milho tratadas um aumento do comprimento das raízes. O trabalho de Guareschi *et al.*, (2012) também resultaram em crescimento radicular no cultivo de girassol, demonstrando um enraizamento progressivo da cultura.

Diferente dos dados analisados da massa fresca da raiz, a fitomassa seca mostrou diferença significativa ( $p = 0,0007475$ ) e maior no tratamento de 5% (Gráfico 8). A média dos dados tabulados foram maiores, do maior ao menor, nos ensaios de 5%, 10%, controle e por último 1%.

**Figura 16 - Grafico de fitomassa seca da parte aérea realizado em trigo com e sem a inoculação de diferentes concentrações de *Azospirillum brasilense* (1%, 5% e 10%). Houve diferença significativa no tratamento de 5% e de 10%, obtendo uma maior massa seca da raíz.**



Fonte: Autoria Própria (2022).

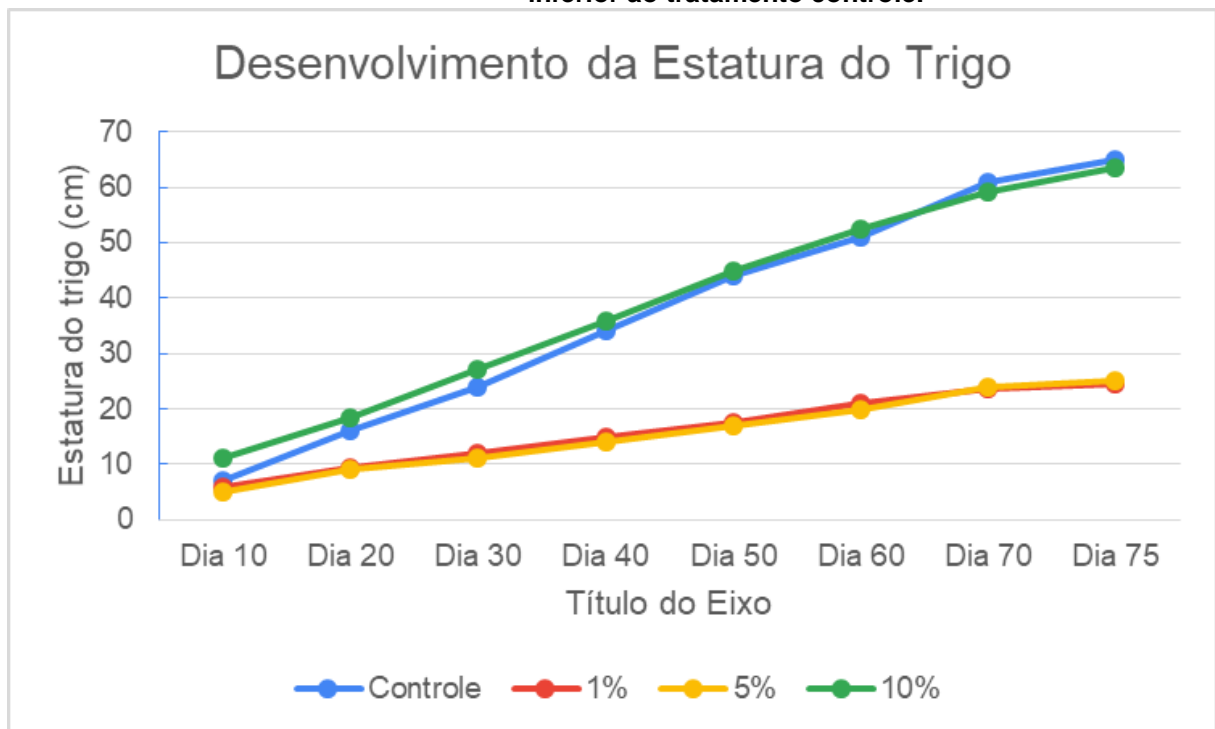
Zorita *et al.* (2008) reportaram que as plantas de trigo inoculadas com *Azospirillum brasilense*, apresentaram um crescimento mais vigoroso, obtendo uma maior expansão da área e maior acúmulo de matéria seca, com resultados entre 12,9 e 22% acima do tratamento testemunha.

## 5.6 Análise da Altura

Analisando as médias, ao longo dos dias de medições, foi possível perceber que os melhores resultados foram dos tratamentos extremos, controle e 10%, e utilizando o teste ANOVA de um critério seguido do teste de Tukey, estatisticamente ( $p < 0,05$ ) a concentração de 10% foi a que apresentou um melhor resultado de um modo geral quando o assunto é altura. Com um olhar mais analítico para o gráfico 9, notou-se que no 10º dia, e primeira coleta, o tratamento de 10% se situava com uma estatura relativamente maior dos outros tratamentos, inclusive ao controle. Mas ao

75º dia, e última coleta, a altura do tratamento controle havia passado o tratamento de 10%. O que indica que o tratamento de 10% obteve um desenvolvimento no estágio inicial quando comparado aos outros tratamentos. Mas ambos tiveram dados próximos em todo o levantamento quando comparados às concentrações de 1% e 5%. Os levantamentos de 1% e 5% também obtiveram dados próximos entre si (Gráfico 9 e 10).

**Figura 17 - Grafico da média da altura realizado em trigo com e sem a inoculação de diferentes concentrações de *Azospirillum brasilense* (1%, 5% e 10%). Houve diferença significativa nos tratamentos de 1% e 5%, com uma estatura inferior ao tratamento controle.**



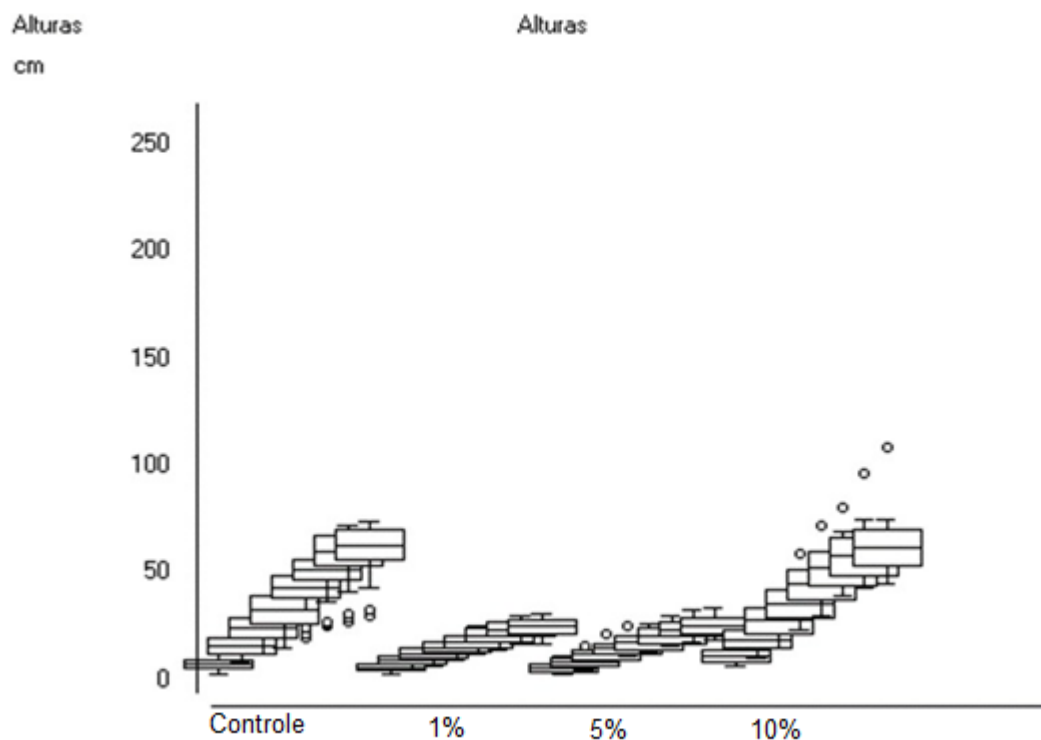
Fonte: Autoria Própria (2022).

Resultados de prosperidade em estatura da planta com maiores teores de *Azospirillum brasilense* aplicados foram encontrados no trabalho de Lemos *et al.*, 2020, em que foi obtido sucesso nas maiores concentrações do *Azospirillum brasilense*. Outro trabalho que apresentou resultados de um aumento da altura da planta foram os de Repke *et al.*, 2013. Mas também resultados diferentes como não haver influência alguma foram encontrados nos trabalhos de Lana *et al.*, 2012 e Dartora *et al.*, 2013.



Desta forma, não há como afirmar a real resposta para a análise à altura já que há vários parâmetros que poderiam ter influenciado o resultado como um deles, a característica do solo (disponibilidade de nutrientes). Os trabalhos citados mostram a elasticidade do resultado, podendo obter um aumento ou não na estatura da planta.

**Figura 18 - Grafico da média da altura realizado em trigo com e sem a inoculação de diferentes concentrações de *Azospirillum brasilense* (1%, 5% e 10%). Houve diferença significativa nos tratamentos de 1% e 5%, com uma estatura inferior ao tratamento controle.**



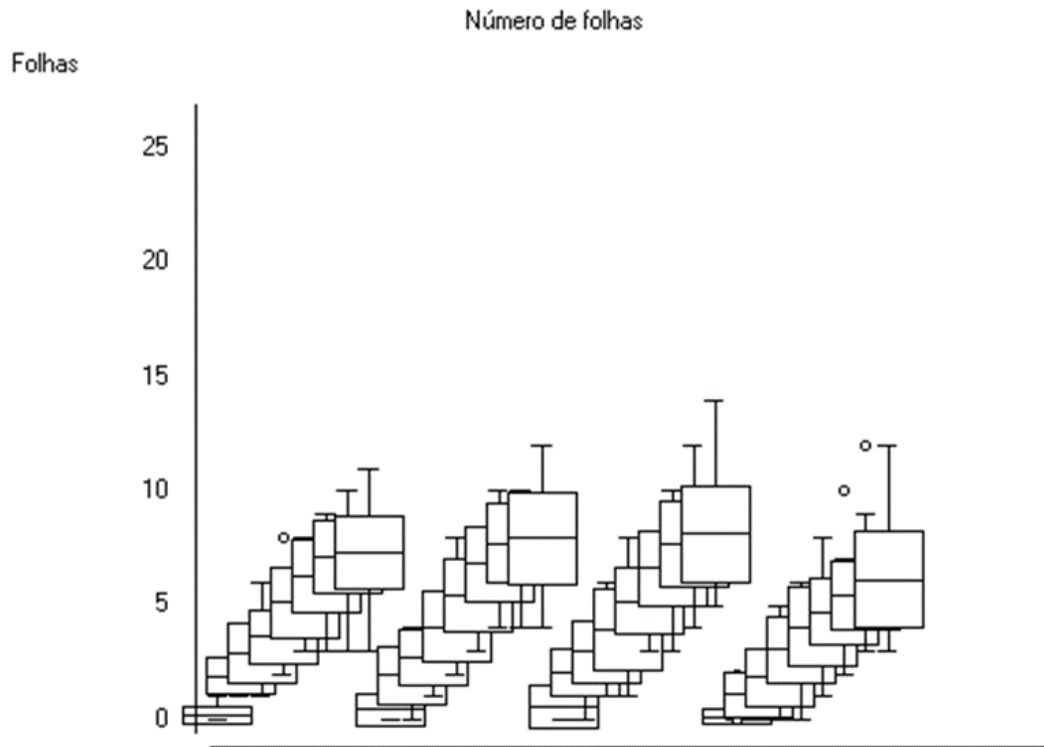
Fonte: Autoria Própria (2022).

## 5.7 Número de Folhas

Notou-se também que não houve diferença significativa entre o número de folhas entre os tratamentos (Gráfico 11). NETO *et al.*, 2014, testou a aplicação de *Azospirillum brasilense* em sete concentrações diferentes a cada 100 gramas de semente (1 mL/100g; 2mLmL/100g; 3 mL/100g; 4 mL/100g; 5 mL/100g; 6 mL/100g; 7 mL/100g) e o tratamento testemunha, o resultado de seu trabalho não obteve diferença significativa nos tratamentos de 4 e 7 mLs mas diferiu das outras

concentrações. Domingues Neto *et al.* (2013), não observaram aumentos significativos no número médio de folhas de milho com o uso do inoculante em aplicação via foliar.

**Figura 19 - Grafico de número de folhas realizado em trigo com e sem a inoculação de diferentes concentrações de *Azospirillum brasilense* (1%, 5% e 10%). Não houve diferença significativa.**

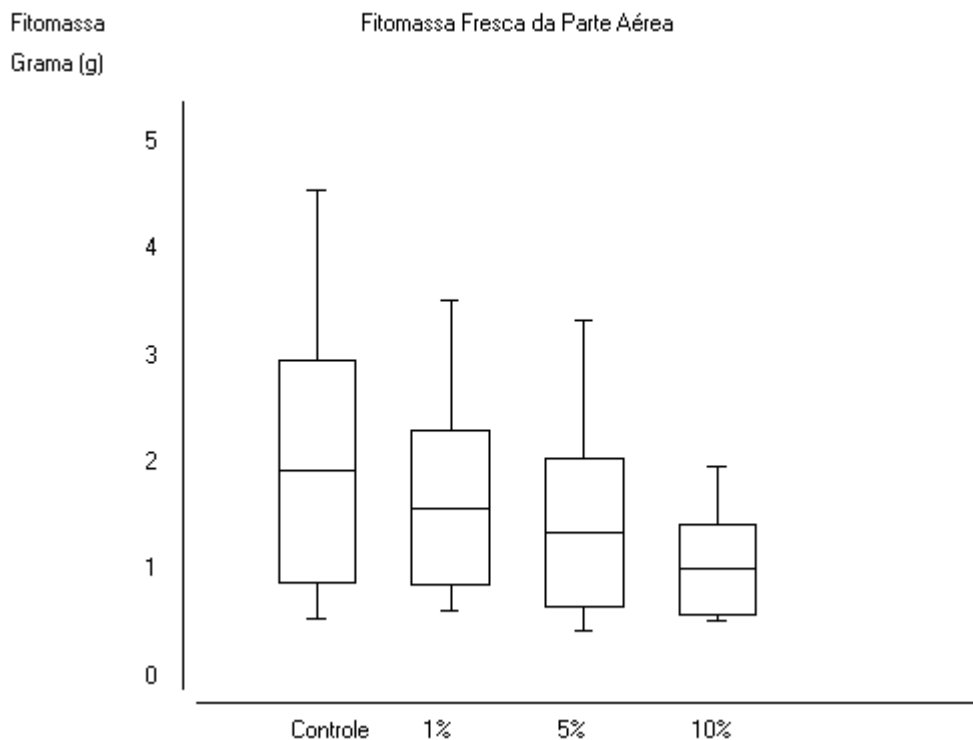


Fonte: Autoria Própria (2022).

## 5.8 Biomassa Fresca e Seca da parte Aérea

Conforme a análise realizada no bioestat, obteve-se um valor de  $p = 0,0001928$ , o que mostrou-se uma diferença significativa entre os tratamentos. biomassa fresca da parte aérea foi diferente estatisticamente nas concentrações de 5 e 10%, diferentemente do trabalho de Neto *et al.*, 2014, onde todos os tratamentos foram estatisticamente maiores do que o tratamento controle, e a maior biomassa fresca resultou no tratamento de maior concentração e de Domingues Neto *et al.*, 2013, em que houve aumento na biomassa fresca comparada ao tratamento testemunha. Os resultados de Campos *et al.*, 1999 em uma dosagem de 200 gramas de *Azospirillum brasilense* em 50 kg de sementes de aveia, não obteve diferença estatística na biomassa fresca (Gráfico 12).

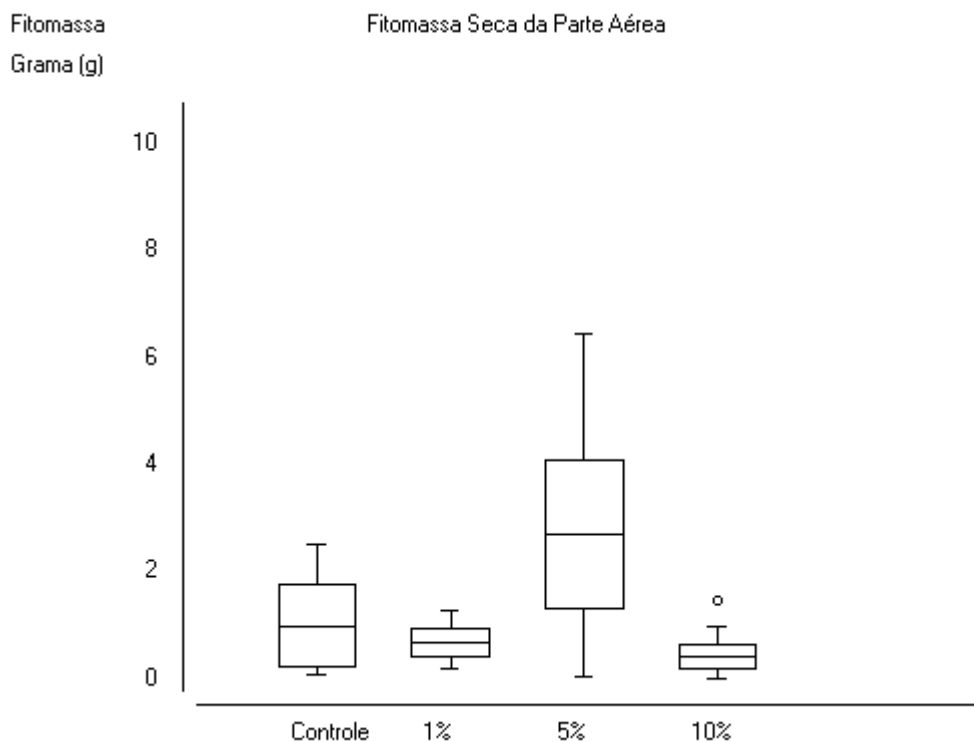
**Figura 20 - Grafico da altura realizado em trigo com e sem a inoculação de diferentes concentrações de *Azospirillum brasilense* (1%, 5% e 10%). Houve diferença significativa no tratamento de 10%, mostrando ser estatisticamente inferior aos demais tratamentos.**



Fonte: Autoria Própria (2022).

Em relação a fitomassa seca da parte aérea, notou-se diferença significativa nos tratamentos de 5% e de 10% ( $p < 0,0001$ ). O resultado do tratamento de 5% foi estatisticamente significativa superior em relação ao controle, diferente dos resultados encontrados no tratamento de 10%, o qual apresentou diferença significativa inferior. Nos trabalhos de (SALA *et al.*, 2007) e de (LANA *et al.*, 2012) em que obtiveram incremento de matéria seca no trigo. No entanto, foi observado que no tratamento de 10% foi significativamente inferior. No trabalho de Nunes *et al.* (2015) não obtiveram diferença significativa entre os tratamentos devido ao excesso de Nitrogênio que havia no solo e ainda pelo fato da bactéria *Azospirillum* ser nativa do solo de estudo, anulando o efeito do inoculante (Gráfico 13).

**Figura 21 - Grafico da fitomasssa seca da parte aérea realizado em trigo com e sem a inoculação de diferentes concentrações de *Azospirillum brasilense* (1%, 5% e 10%). Houve diferença significativa no tratamento de 5%.**



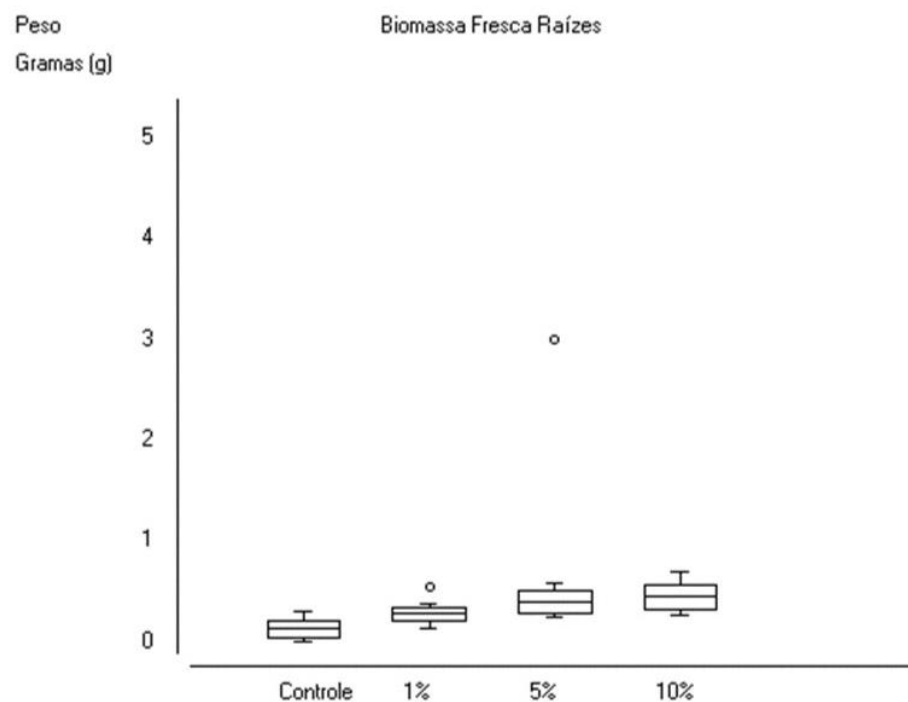
Fonte: Autoria Própria (2022).

## 5.9 Biomassa Fresca e Seca das raízes

Conforme o teste de Tukey aplicado, há uma diferença significativa estatística entre todos os tratamentos ( $p = 0,0322094$ ), mostrando que o controle se difere de

todos os tratamentos com a aplicação do inóculo. Os gráficos mostram a diferença que houve entre os três tratamentos (Gráfico 14). O resultado mostra que a aplicação do microrganismo influencia como estimulante no crescimento das raízes da planta de trigo (SALA *et al.*, 2005). O parâmetro analisado tem concordância ao trabalho realizado por Zaied *et al.* (2003) mostrando a capacidade de desenvolvimento radicular com a aplicação deste inóculo.

**Figura 22 - Grafico da Fitomassa fresca das raízes realizado em trigo com e sem a inoculação de diferentes concentrações de *Azospirillum brasilense* (1%, 5% e 10%). Houve diferença significativa entre todos os trataentos com o inoculante.**

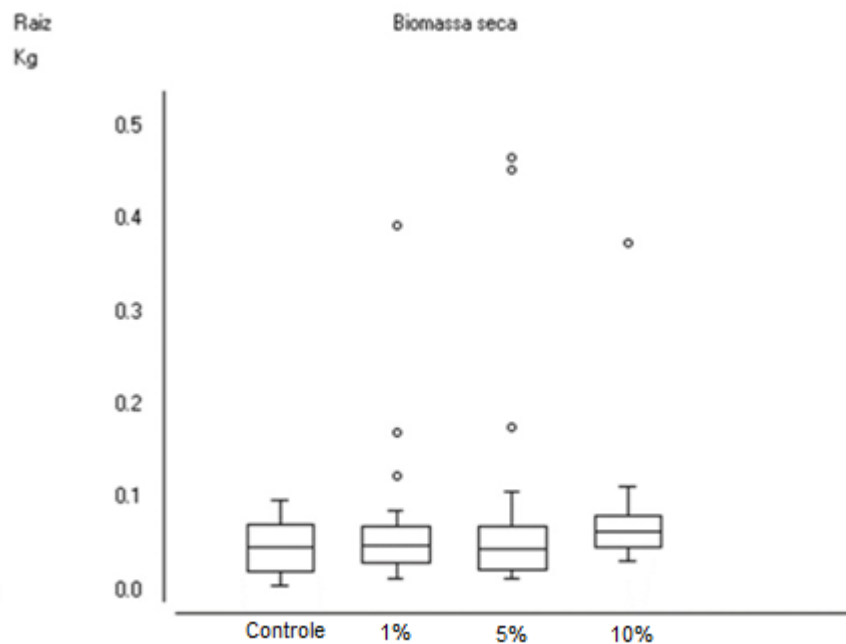


Fonte: Autoria Própria (2022).

Os resultados da análise obtida para o parâmetro da massa da raiz seca mostrou-se diferença significativa com o valor de  $p = 0,0347542$ , notou-se que o tratamento de 10% foi estatisticamente maior (Gráfico 15). Conforme o trabalho realizado de Scatambulo (2017) mostrou que quando há inóculo na raiz úmida, aumenta o rendimento, possuindo uma retenção de água na raiz, mas quando seco, não houve acúmulo de biomassa. Diferentemente da concentração de 10%, em que obteve o resultado superior ao do controle ( $p < 0,05$ ) concordando com os resultados em um trabalho utilizando melão (CRUZ, 2010), e discordando com os resultados

deste trabalho com os tratamentos de 1% e 5%. Outro trabalho onde os resultados foram positivos sobre a matéria seca nas raízes foi o de Guareschi *et al.* (2012) em que observou-se, em média, valores de 22,40% e 23,04% a mais quando comparados ao controle.

**Figura 23 - Grafico da Fitomassa fresca das raízes realizado em trigo com e sem a inoculação de diferentes concentrações de *Azospirillum brasilense* (1%, 5% e 10%). Houve diferença significativa no tratamento com a concentração de 10% do inoculante, apresentou-se uma maior fitomassa seca das raízes.**



Fonte: Autoria Própria (2022).

### 5.10 Análise de dados

Os resultados obtidos não são alinhados de forma uniforme, cada tratamento apresentou uma eficiência diferente nos parâmetros. Houve resultados não significativos, como a Taxa de Germinação (TG), Taxa Média de Germinação (TMG), Índice de Velocidade de Germinação (IVG), Fitomassa Fresca da parte Aérea e da Raíz no teste de germinação, e no teste tardio, altura e número de folhas. E resultados também negativos quando comparados ao controle, como a Fitomassa Fresca da parte Aérea do teste tardio com o tratamento de 10% sendo

significativamente menor. Já a análise de Fitomassa Seca da parte Aérea e da Raíz no teste de germinação, os melhores resultados foram os tratamentos de 5%. Isso mostra que o tratamento de 5% que não apresentou resultado significativamente diferente na massa com a quantidade de água, mas sim de biomassa sólida do trigo. No teste tardio, analisando a pesagem da Fitomassa Fresca da parte Aérea os tratamentos de 5 e 10% foram significativamente inferiores ao controle, porém a biomassa seca da parte aérea obteve resultado estatisticamente inferior para a concentração de 10% mas superior para a concentração de 5%, mostrando que a concentração de 5% possuía baixa quantidade de água. Para os parâmetros de fitomassa fresca das raízes, obteve-se resultados estatisticamente superiores para todos os tratamentos, enquanto para a fitomassa seca da raíz, o resultado foi estatisticamente superior apenas para o tratamento de 10% (Quadro 3).

**Quadro 3 - Resultados obtidos em análises comparativas de inoculações de *Azospirillum brasilense* em trigo. Os testes e parâmetros analisados são: teste germinativo de duração de 8 dias com os parâmetros de Taxa de Germinação (TG), Índice de Velocidade de Germinação (IVG), Fitomassa Fresca e Seca da parte Aérea e Fitomassa Fresca e Seca das Raízes e teste tardio/espigamento de duração de 75 dias com os parâmetros de Altura, Número Médio de Folhas, Fitomassa Fresca e Seca da parte Aérea e Fitomassa Fresca e Seca das Raízes. Os resultados obtidos consistem em Não Significativo (N.S.), Significativamente Maior (S. MAIOR) e Significativamente menor (S. MENOR).**

| Testes aplicados  | Parâmetros                               | 1%       | 5%       | 10%      |
|-------------------|--|----------|----------|----------|
| Teste Germinativo | Taxa de Germinação (TG)                  | N.S.     | N.S.     | N.S.     |
|                   | Índice de Velocidade de Germinação (IVG) | N.S.     | N.S.     | N.S.     |
|                   | Tempo Médio de Germinação (TMG)          | N.S.     | N.S.     | N.S.     |
|                   | Fitomassa Fresca da Parte Aérea          | N.S.     | N.S.     | N.S.     |
|                   | Fitomassa Seca da Parte Aérea            | N.S.     | S. MAIOR | N.S.     |
|                   | Fitomassa Fresca das Raízes              | N.S.     | N.S.     | N.S.     |
|                   | Fitomassa Seca das Raízes                | N.S.     | S. MAIOR | N.S.     |
| Teste Tardio      | Altura                                   | N.S.     | N.S.     | N.S.     |
|                   | Número Médio de Folhas                   | N.S.     | N.S.     | N.S.     |
|                   | Fitomassa Fresca da Parte Aérea          | N.S.     | S. MENOR | S. MENOR |
|                   | Fitomassa Seca da Parte Aérea            | N.S.     | S. MAIOR | S. MENOR |
|                   | Fitomassa Fresca das Raízes              | S. MAIOR | S. MAIOR | S. MAIOR |



|  |                           |      |      |          |
|--|---------------------------|------|------|----------|
|  | Fitomassa Seca das Raízes | N.S. | N.S. | S. MAIOR |
|--|---------------------------|------|------|----------|

**Fonte: Autoria Própria (2022).**

## **6 CONCLUSÃO**

O resultado que apresentou melhores resultados para a biomassa seca do trigo foi a concentração de 5%, obtendo melhores resultados tanto no teste de germinação quanto no teste tardio, ajudando na obtenção de massa seca, reduzindo as aplicações de nitrogênio e impacto ambiental. Já os outros parâmetros analisados, não foi identificado diferença significativa entre os tratamentos.

## REFERÊNCIAS

- BALDANI, J. I.; BALDANI, V. L. D. **History on the biological nitrogen fixation research in graminaceous plants: special emphasis on the Brazilian experience.** Anais da Academia Brasileira de Ciências, v.77, p.549-579, 2005.
- BELIK, W.; CORREA, V. H. C. A. **Crise dos Alimentos e os Agravantes para a Fome Mundial.** Mundo Agrário, vol. 14, n. 27, dez, 2013
- BERGAMASCHI, C. *et al.* **Ocorrência de bactérias diazotróficas associadas a cultivares de sorgo forrageiro.** Ciência Rural, v.37, p.727- 733, 2007.
- CABEZAS, W. A. R. L. *et al.* **Balço da adubação nitrogenada sólida e fluida de cobertura na cultura do milho em sistema plantio direto no Triângulo Mineiro.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 14, p. 363-376, 2000.
- CABEZAS, W. A. R. L.; SOUZA, M. A. **Volatilização de Amônia, Lixiviação de Nitrogênio e Produtividade de Milho em Resposta à Aplicação de misturas de uréia com sulfato de amônio ou com gesso agrícola.** R. Bras. Ci. Solo, v. 32, p. 2331-2342, 2008.
- CABRERA, O. A. G. *et al.* **Impacto de los biofertilizantes en la agricultura.** Revista Mexicana de Ciências Agrícolas. Guanajuato, vol. 3, n. 6 Nov/Dez. 2012. Disponível em: <https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/editorial/index.php/agricolas/article/view/1376/1210>. Acesso em 24 mar.2021
- CAFÉ, L. S. *et al.* **Cadeia produtiva do trigo.** BNDES Setorial, n. 18, p. 193-220, set. 2003.
- CAMPOS, B.H.C.; THEISEN, S.; GNATTA, V. **Inoculante “Graminante” nas culturas de trigo e aveia.** Ciência Rural, Santa Maria, v.23, n.3, p.401-407, 1999.
- CÁNOVAS, A.D.; SILVA, O.F. **Aspectos econômicos da cultura do trigo em Goiás.** Safra: Revista do Agronegócio, v.1, n. 2, p. 22-24, 2000.
- CARVALHO FILHO, M. R. *et al.* **Avaliação de isolados de *Trichoderma* na promoção de crescimento, produção de ácido indolacético in vitro e colonização endofítica de mudas de eucalipto.** Boletim de pesquisa e desenvolvimento. Brasília, DF. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2008.
- CIRINO, E. *et al.* **O uso de fertilizantes e seus impactos ambientais.** 2013. Trabalho de Conclusão de Curso, Técnico de Química. ETEC Benedito Storani, Jundiáí-SP, 2021.
- BARILLI, A. L. A. *et al.* **Manual de Qualificação de Esterelização em Autoclaves. Subcomissão de Qualificação de Esterelização em Autoclaves da CCI-SMS.**

Cohabrp, 2009. Disponível em: <http://cohabrp.com.br/files/ssauade/pdf/autoclave-cci.pdf>. Acesso em: 24 mar. 2021.

CRUZ, J. L. D.; **Efeito de *Trichoderma spp.* no potencial fisiológico de sementes e mudas de melão.** 2010. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

CRUZ JUNIOR, N. R. F. *et al.* **Diferentes fontes de adubação apresentam resposta similar no rendimento de trigo.** XII Reunião Sul Brasileira de Ciência do Solo, 7., 2018, Santa Catarina, Diferentes fontes de adubação apresentam resposta similar no rendimento de trigo. Santa Catarina: Abr, 2018.

DAORTA, J. *et al.* **Adubação nitrogenada associada à inoculação com *Azospirillum brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae* na cultura do milho.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 17, n. 10, p. 1023-1029, 2013.

DATE, R. A. **Inoculated legumes in cropping systems of the tropics.** Field Crops Research, Amsterdam, v. 65, p.123-136, 2000.

DIDONET, A. D.; RODRIGUES, O. KENNER, M. H. **Acúmulo de nitrogênio e de massa seca em plantas de trigo inoculadas com *Azospirillum brasilense*.** Pesq. Agropec. Bras. V. 31, n. 9, p. 645-651, set. 1996.

DOBBELAERE, S. *et al.* **Responses of agronomically important crops to inoculation with *Azospirillum*.** Australian Journal of Plant Physiology. v.28, p.871-879, 2001.

DONZELI, V.P. **Atividade de alguns componentes da comunidade microbiana do solo e microrganismos diazotróficos endofíticos sob influência do nitrogênio na cultura do milho.** 2002. Dissertação (Mestrado Pós-Graduação Instituto de Biologia) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

DOBEREINER, J. *et al.* **Como isolar e identificar bactérias diazotróficas de plantas não leguminosas.** Brasília. EMBRAPA-SPI. Itajaí, RJ. EMBRAPA-CNPAB. 1995.

DOMINGUES NETO, F. J D. *et al.* **Influência de *Azospirillum brasilense* no desenvolvimento vegetativo, produção de forragem e acúmulo de massa seca da aveia preta.** Enciclopédia Biosfera, v. 10, n. 18, p. 2013, 2014.

DOMINGUES NETO, F. J D. *et al.* **Desenvolvimento e produtividade do milho verde safrinha em resposta à aplicação foliar com *Azospirillum brasilense*.** Enciclopédia Biosfera, v. 9, n. 17, p. 1030, 2013.

ECKERT, B. *et al.* ***Azospirillum doebereineriae* sp. nov., a nitrogen-fixing bacterium associated with the C4-grass *Miscanthus*.** International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology, v.51, p.17-26, 2001.

EMBRAPA. **Indicações técnicas da comissão sul-brasileira de pesquisa de trigo**. Publicações. CNPT. Embrapa trigo sistema de produção. Disponível em: Sistema de Produção de Trigo (embrapa.br). Acesso em: 24 mar. 2021.

FOLONI, J. S. S. *et al.* **Ureia e nitrato de amônio via pulverização foliar no trigo**. Cultura Agronômica, v.18, p.83-94, 2009.

GISSI, L., **Mitigação das emissões de óxido nitroso pelo uso de fertilizantes nitrogenados revestidos**, 2017, dissertação de mestrado da escola de economia de São Paulo, Mestrado, Escola de Economia de São Paulo, São Paulo, 2017.

GIICK, B. R. **Modulation of plant ethylene levels by the bacterial enzyme ACC deaminase**. FEMS Microbiol Lett 251:1–7. (HUNGRIA, 1997) HUNGRIA, M.; VARGAS, M.A.T.; CAMPOS, T.J.A. A inoculação da soja. Londrina: Embrapa-CNPSO. (Embrapa - CPAC. Circular Técnica, 34), 1997.

GUARESCHI, R. F. *et al.* **Emprego de *Trichoderma* spp. no controle de *Sclerotinia sclerotiorum* e na promoção de crescimento vegetativo nas culturas de girasol e soja**. Global Science and Technology (ISSN 1984-3801). Rio Verde – GO, v. 05, n. 02, p. 1-8. 2012.

HUERGO, L. F. **Regulação do metabolismo do nitrogênio em *Azospirillum brasilense***. 2006. Tese (Doutorado Pós Graduação em Ciências Bioquímica) - Ciências Bioquímica, Universidade federal do Paraná, Curitiba, 2006. 170 p.

HUNGRIA, M. *et al.* **Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil**. Plant and Soil, v. 331, n.1/2, p. 413-425, 2010.

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo**. Londrina: EMBRAPA SOJA, 2011. 37P (EMBRAPA SOJA. Documentos, 325).

JUNGES, E. *et al.* ***Trichoderma* spp. na produção de mudas de espécies florestais**. Floresta e Ambiente. 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.107614>>. Acesso em: 21 mar. 2021.

KAVADIA, A. *et al.* **Dynamics of free-living nitrogen-fixing bacterial populations and nitrogen fixation in a two-prey–onepredator system**. Ecological Modelling, v. 218, p. 323-338, 2008.

KEFALOGIANNI, I.; AGGELIS, G. **Modeling growth and biochemical activities of *Azospirillum* spp.** Applied Microbiology Biotechnology, v. 58, p. 352-357, 2002.

KRZYZANOWSKI, F. C.; NETO, J. B. França. **Vigor de sementes**. Informativo ABRAPES. Londrina – PR, v. 11, n. 3, p. 81-84. 2001.

LABOURIAU, L. G. **A germinação das sementes**. Washington: Secretaria Geral da Organização dos Estados Americanos, 1983. 174p.

LACERDA, P. M. *et al.* **Influência da irrigação com águas residuárias no desenvolvimento de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*)**. Revista Acadêmica: Ciência Animal. Curitiba, vol. 9, n. 2. Jun, 2011. Disponível em: <https://periodicos.pucpr.br/index.php/cienciaanimal/article/view/11768/11105>. Acesso em: 20 mar 2022.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do solo**. Lavras: Editora UFLA, 2002. 626p.

LANA, M. C. *et al.* **Inoculation with *Azopirillum*, associated with nitrogen fertilization in maize**. Revista Ceres, v. 59, n. 3, p. 399-405, 2012.

LEMOS, E. F.; RODRIGUEZ, A. P. R. M.; ALVES, T. L. **Doses de modo de aplicação de inoculante com *Azospirillum brasilense* na cultura do milho**. Revista Ciência et Praxis, v. 13, n. 26, p. 83-94, 2020.

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

MAGUIRE, J. D. **Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor**. Crop Science, Madison, v. 2, n. 1, p. 176-177. jan./fev. 1962.

MAGNANTE, L.; **Fertilizante na medida certa no trigo**. Notícias. EMBRAPA. C2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/17063710/fertilizante-na-medida-certa-em-trigo#:~:text=A%20quantidade%20de%20N%20recomendada,favorecer%20a%20concentra%C3%A7%C3%A3o%20de%20prote%C3%ADnas>>. Acessado em: 20 Mar. 2022.

MENDES, M. C. *et al.* **Avaliação da eficiência agrônômica de *Azospirillum brasilense* na cultura do trigo e os efeitos na qualidade da farinha**. Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias, Guarapuava-PR, V. 4, N. 3, P. 95-110, 2011.

MOREIRA, F.S. **Isolamento e caracterização de rizobactérias promotoras de crescimento vegetal em regiões produtoras de trigo no Rio Grande do Sul**. 2012. Programa de pós-graduação em genética e biologia molecular (Pós-graduação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2012. Disponível em: Isolamento e caracterização de rizobactérias promotoras de crescimento vegetal em regiões produtoras de trigo no Rio Grande do Sul ([ufrgs.br](http://ufrgs.br)). Acesso em: 21 mar. 2021.

MULLER, T. M. **Inoculação de *Azospirillum brasilense* associada a níveis crescentes de adubação nitrogenada e o uso de bioestimulante vegetal na cultura do milho**, 2013, Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual do Centro-Oeste. Agronomia. Guarapuava-PR, 2013. Disponível em: [http://www.unicentroagronomia.com/imagens/noticias/dissertacao\\_tania.pdf](http://www.unicentroagronomia.com/imagens/noticias/dissertacao_tania.pdf). Acesso em: 21 mar. 2021.

MUNDSTOCK, C. M.; BREDEMEIER, C. **Dinâmica do afilamento afetada pela disponibilidade de nitrogênio e sua influência na produção de espigas e grãos em trigo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 62, p. 141-149, 2022.

NUNES, P. H. M. P.; AQUINO, L. A.; SANTOS, L. P. D.; XAVIER, F. O.; DEZORDI, L. R.; ASSUNÇÃO, N. S. **Produtividade do trigo irrigado submetido à aplicação de nitrogênio e à inoculação com *Azospirillum brasilense***. Ver. Bras. Ci. Solo, v. 39, p. 174-182, 2015.

OKON, Y.; VANDERLEYDEN, J. **Root-associated *Azospirillum* species can stimulate plants**. Applied and Environment Microbiology, v. 6, n. 7, p. 366-370, 1997.

ONU. **População mundial deve atingir 9,6 bilhões em 2050. Notícias. ONU. 2013. Disponível em: População mundial deve atingir 9,6 bilhões em 2050, diz novo relatório da ONU**. Nações Unidas no Brasil. Acesso em 9 de dezembro de 2021

PAULETTI, V. **Plantio direto: atualização tecnológica**. São Paulo: Fundação Cargil, 1998. Disponível em: [Plantio Direto - Atualização Tecnológica - Alimentação em Foco \(alimentacaoemfoco.org.br\)](http://www.plantiodireto.org.br). Acesso em: 20 mar. 2021.

PIRES, J. L. F.; SANTOS, H. P. **Preparo do Solo e Plantio**. Ainfo. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/128604/1/ID-43068-2015-trigo-do-plantio-a-colheita-cap4.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2021.

PUGNAIRE, F.; VALLADARES, F. **Functional Plant Ecology**. 2. Ed. Taylor & Francis Group, 2007. 748 p.

QUADROS, P. D. **Inoculação de *Azospirillum* ssp. em sementes de genótipos de milho cultivados no Rio Grande do Sul**. 2009. 74 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

REPKE, R. A. *et al.* **Eficiência da *Azospirillum brasilense* combinada com doses de nitrogênio no desenvolvimento de plantas de milho**. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v. 12, n. 3, p. 214-226, 2013.

RODRIGUES, L. F. O. S. *et al.* **Características agronômicas do trigo em função de *Azospirillum brasilense*, ácidos húmicos e nitrogênio em casa de vegetação**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 18, n. 1, p. 31-37. 2014.

SALA, V. M. R. *et al.* **Ocorrência e efeito de bactérias diazotróficas em genótipos de trigo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 29, p. 345-352, 2005.

SALA, V. M. R. *et al.* **Resposta de genótipos de trigo à inoculação de bactérias diazotróficas em condições de campo.** Pesq Agropec Bras, Brasília, v. 42, n. 6, p. 833-842, jun. 2007.

SCATAMBULO, L. V. **Ensaio com Inóculos de *Trichoderma asperellum* e Lodo Ativado em *Triticum sp.*** Trabalho de Conclusão de Curso.(Bacharelado em Engenharia Ambiental). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2017. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/8297/1/trichodermaasperellumlodotriticum.pdf> . Acesso em 9 mar 2021.

SCHEEREN, P. L.; CASTRO, R. L.; CAIERÃO, E. **Botânica, morfologia e descrição fenotípica.** CNPTIA. Disponível em: ID430662015trigodoplantioacolheitacap2.pdf (embrapa.br). Acesso em: 21 mar. 2021.

SILVA, A. A. O.; FELIPE, T. A.; BACH, E. E. **Ação do *Azopirillum brasiliense* no desenvolvimento das plantas de trigo (variedade IAC-24) e cevada (variedade CEV 95033).** Conscientiae Saúde, v. 3, p. 29-35, 2004.

SILVA, A. N. E. *et al.* **Percepções de estudantes do curso técnico em agropecuária sobre o uso de fertilizantes no semiárido.** Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, v. 9, n. 8, p. 168-177, 2019. Disponível em: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2018.008.0015>. Acesso em: 12 abr. 2021.

SILVA, **Fitotecnia: Arroz, Feijão e Trigo. Unidade 01 – Trigo Botânica e morfologia do trigo.** DOCPLAYER. c2018. Disponível em: <https://docplayer.com.br/72679877-Unidade-01-trigo-botanica-e-morfologia-do-trigo.html>. Acesso em: 20 mar. 2022.

SIQUEIRA, J. O., FRANCO, A. A. **Biotecnologia do solo: fundamentos e perspectivas.** Brasília: MEC Ministério da Educação, ABEAS, Lavras: ESAL, FAEPE, 1988. 236p.

SOKOLOVA M. G.; AKIMOVA G. P.; VAISHLYA O. B. **Effect of phytohormones synthesized by rhizosphere bacteria on plants.** Appl Biochem Microbio. v. 47, n. 3, p. 274-278, 2011.

STEFANELLO, L; BONETT, L. P. **Avaliação do desenvolvimento de milho com *Trichoderma spp.*** Cultivar o Saber, v. 6, n. 1, p. 121-127, 2013.

TEIXEIRA FILHO, M. C. M. *et al.* **Application times, sources and doses of nitrogen on wheat cultivars under no-till in the Cerrado region.** Ciência Rural, v. 41, n. 8, p. 1375-1382, 2011.



VIANA, E. M. **Interação de nitrogênio e potássio na nutrição, no teor de clorofila e na atividade da redutase do nitrato em plantas de trigo**. Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, ESALQ, Solos e Nutrição de Plantas, Piracicaba, 2007.

VOGUEL, G. F. *et al.* **Efeitos da combinação de *Azospirillum brasilense* com fungicidas no desenvolvimento do trigo**. Brazilian journal of applied technology for agricultural Science, Guarapuava-PR, v. 8, n. 3, p. 73-80 2015.

ZAIED, K. A. *et al.* **Yield and nitrogen assimilation of winter wheat inoculated with new recombinant inoculants of rhizobacteria**. Pakistan. Journal of Biological Sciences, v. 4, p. 344-358, 2003.

ZEPKA, A. P. S.; LARRE, C. F. ; LOPES, N. F. . **Efeito do herbicida pendimethalin na germinação de sementes de trigo**. Revista Brasileira de Biociências (Impresso), v. 5, p. 630-632, 2007.

ZORITA, M. D.; CANIGGIA, M. V. G. **Field performance of a liquid formulation of *Azospirillum brasilense* on dryland wheat productivity**. European Journal of Soil Biology, p.1010-1016, 2008.