

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL

UNIDADE UNIVERSITÁRIA EM TRÊS PASSOS

CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA

THANIEL CARLSON WRITZL

**PRODUTIVIDADE DE TRIGO SOB DIFERENTES DOSES DE PÓ DE BASALTO COM E
SEM INOCULAÇÃO DE *AZOSPIRILLUM***

TRÊS PASSOS - RS

2020

THANIEL CARLSON WRITZL

**PRODUTIVIDADE DE TRIGO SOB DIFERENTES DOSES DE PÓ DE BASALTO COM E
SEM INOCULAÇÃO DE *AZOSPIRILLUM***

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo pela Universidade Estadual do Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Marciel Redin

TRÊS PASSOS - RS

2020

THANIEL CARLSON WRITZL

PRODUTIVIDADE DE TRIGO SOB DIFERENTES DOSES DE PÓ DE BASALTO COM E SEM INOCULAÇÃO DE *AZOSPIRILLUM*

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo pela Universidade Estadual do Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Marciel Redin

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Marciel Redin

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul - UERGS

Prof. Dr. Mastrângello Enivar Lanza Nova

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul - UERGS

Prof^a. Dra. Danni Maisa Da Silva

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul - UERGS

1 **Produtividade de trigo sob diferentes doses de pó de basalto com e sem inoculação de *Azospirillum***¹

2

3 **Resumo:** A fertilidade dos solos é fator determinante para a produtividade do trigo (*Triticum aestivum*). Muitos
4 nutrientes podem ser fornecidos pelo pó de basalto (PB), que é obtido através do processo de rochagem. O
5 nitrogênio (N), fundamental para a cultura, pode ser fornecido através da simbiose com *Azospirillum*. O
6 objetivo do estudo foi avaliar a eficiência do PB associado ou não com *Azospirillum* no desempenho do trigo.
7 O experimento foi conduzido em delineamento de blocos ao acaso, com três repetições, em Latossolo
8 Vermelho, durante dois anos. O trigo foi semeado em linhas, em áreas com residual de doses de PB,
9 subsequente ao cultivo de feijão. Os tratamentos foram: 5, 10, 20, 40, 60, 80, 120, 160 e 200 Mg ha⁻¹, NPK e
10 testemunha. As parcelas foram subdivididas para avaliar a inoculação com *Azospirillum*. As sementes
11 receberam 100 ml ha⁻¹ de inoculante. As subparcelas não inoculadas receberam N de cobertura, aos 30 e 45
12 dias pós-semeadura. As subparcelas inoculadas, receberam inoculante 30 dias pós-semeadura. As avaliações
13 foram de matéria seca da parte aérea, produtividade de grãos, número de grãos por espiga e peso de mil
14 sementes. O trigo inoculado se mostrou superior ao trigo não inoculado, para todas as variáveis, em todos os
15 tratamentos, exceto com NPK. O PB se igualou à fertilização com NPK em todas as variáveis. O uso de
16 *Azospirillum* e PB são alternativas à fertilização NPK, atendendo a demanda nutricional do trigo.

17 **Palavras-chave:** fertilização alternativa, bactérias diazotróficas, nutrição de plantas, pó de rocha.

18

19 **Wheat yield under different doses of basalt powder with and without *Azospirillum* inoculation**

20

21 **Abstract:** Soil fertility is a determining factor for wheat productivity (*Triticum aestivum*). Many nutrients can
22 be supplied by the basalt powder (PB), which is obtained through the wastes from mining activities. Nitrogen
23 (N), essential for culture, can be supplied through symbiosis with *Azospirillum*. The aim of the study was to
24 evaluate the efficiency of PB associated or not with *Azospirillum* in the performance of wheat. The experiment
25 was carried out in randomized block design, with three replications, in Red Oxisol and for two years. Wheat
26 was sown in rows, in areas with residual doses of PB, subsequent to black bean crop. The treatments were: 5,
27 10, 20, 40, 60, 80, 120, 160 and 200 Mg ha⁻¹, NPK and control. The plots were subdivided to evaluate
28 inoculation with *Azospirillum*. The seeds received 100 ml ha⁻¹ of inoculant. The non-inoculated subplots
29 received N coverage, 30 and 45 days after sowing. The inoculated subplots received inoculant 30 days after
30 sowing. The evaluations were of dry matter of the aerial part, grain yield, number of grains per ear and weight
31 of a thousand seeds. Inoculated wheat was superior to uninoculated wheat, for all variables, in all treatments,
32 except with NPK. PB was equal to fertilization with NPK in all variables. The use of *Azospirillum* and PB are
33 alternatives to NPK fertilization, supporting the wheat nutritional demand.

34 **Keywords:** alternative fertilization, diazotrophic bacteria, plant nutrition, rock powder.

35

¹ Artigo elaborado de acordo com normas da Revista Agrarian: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/index>

36 **Introdução**

37 O trigo é o segundo cereal mais cultivado no Brasil e tem grande importância na economia,
38 especialmente no Centro-Sul do Brasil. Os estados do Paraná (PR) e Rio Grande do Sul (RS), são os maiores
39 produtores, contribuindo com 87,8% da produção nacional de trigo (CONAB, 2020). Essa cultura, cultivada
40 no outono/inverno é uma das poucas alternativas para ocupação das áreas, e ainda, a principal fonte de renda
41 ao produtor rural no inverno. Pertencente à família Poaceae, o trigo é muito influenciado por problemas
42 climáticos e de estresse ambiental (MORALES et al. 2019), além de pragas e doenças (TONIN et al. 2013),
43 com destaque para os problemas relacionados à baixa fertilidade dos solos (KRAMER et al. 2014).

44 De modo geral os solos brasileiros apresentam, baixo teor matéria orgânica, tornando a adubação
45 nitrogenada uma prática indispensável, garantindo assim as melhores respostas em termos de rendimento
46 (MUMBACH, 2017). O nitrogênio (N) constitui componentes essenciais da célula vegetal sendo considerado
47 um nutriente essencial responsável pelo crescimento e desenvolvimento morfológico das culturas, faz parte da
48 composição da molécula da clorofila e ainda influenciar no teor de proteína presente nos tecidos das plantas e
49 nos grãos, especialmente em espécies da família das *Poaceae*. Atualmente, o uso de adubação nitrogenada é o
50 principal responsável pelo aumento dos custos de produção do trigo (GITTI et al. 2012). Alguns autores têm
51 apresentado estudos sobre práticas alternativas sustentáveis e ambientalmente corretas de fertilização dos
52 solos, supressão, complementação ou redução do uso de fertilizantes, incluindo os nitrogenados na cultura do
53 trigo (MUNARETO et al. 2019, QUATRIN et al. 2019). Neste sentido, tem se destacado a possibilidade da
54 utilização de inoculantes à base de bactérias fixadoras de nitrogênio (FBN), principalmente do gênero
55 *Azospirillum* com grande potencial simbiótico, incluído a cultura do trigo (MILLÉO & CRISTÓFOLI, 2016).

56 O uso de bactérias do gênero *Azospirillum* já foram testadas em associação, com diversas culturas,
57 como milho (DARTORA et al., 2013; MUMBACH et al., 2017), trigo (PEREIRA et al. 2017; MUNARETO
58 et al. 2019), cevada (BARZOTTO et al. 2018), arroz (BEUTLER et al. 2016), pastagens (AGUIRRE et al.
59 2020) e soja (NAOE et al. 2020). A associação de bactérias do gênero *Azospirillum* podem promover uma
60 série de benefícios para o desenvolvimento das culturas hospedeiras. Bactérias do gênero *Azospirillum*
61 promovem um aumento no crescimento das plantas, devido a fixação biológica de N, atuam na solubilização
62 de fosfato inorgânico, possibilitando um maior desenvolvimento e absorção das raízes, e ainda causam
63 fisiologicamente aumento nos teores de clorofila e condutância estomática que acarretam em alterações
64 positivas nas atividades fotossintéticas das plantas (FUKAMI et al., 2016; GORDILLO-DELGADO et al.,
65 2016). Estudos também mostram que a associação de *Azospirillum* na cultura do trigo pode substituir em parte
66 (QUATRIN et al., 2019) ou totalmente a adubação nitrogenada (MUNARETO et al., 2019).

67 Além do uso de inoculação com *Azospirillum*, outra prática em rápida expansão é a rochagem, na qual
68 são utilizadas rochas moídas como fonte de nutrientes para as plantas (THEODORO & LEONARDOS, 2006).
69 Dentre as principais rochas, destaca-se o basalto, pela sua composição química com diversos elementos, tanto
70 macro quanto micronutrientes, além de ter uma distribuição geográfica bastante ampla e de fácil obtenção. Os
71 pós de rochas são utilizados como fonte de nutrientes de baixo custo e de amplo alcance no setor agropecuário,
72 tanto para pequenos, quanto para grandes produtores (DETTMER et al., 2019). Dentre os pós de rochas, se
73 destaca o pó de basalto (PB), que comparado aos fertilizantes minerais solúveis, apresenta baixa solubilidade

74 e lenta liberação de nutrientes contribuindo para um maior efeito residual a longo prazo (HARLEY & GILKES,
75 2000). O uso de rochas moídas já mostrou eficiência na fertilização de solos em algumas culturas, usado puro
76 (KNAPIK; KNAPIK & SILVA 2005; MELO, et al. 2012; SILVA et al., 2015) ou em associação com
77 fertilizantes orgânicos (WRITZL et al., 2019; GOTZ et al., 2019). Entretanto, a grande limitação do PB, é o
78 não fornecimento de N, que pode ser complementado com fertilização orgânica ou através da FBN. A
79 associação dos nutrientes fornecidos pelo PB, aliado a inoculação com *Azospirillum*, pode contribuir para a
80 redução no uso de fertilizantes nitrogenados e do custo de produção, permitindo uma produção mais lucrativa,
81 e principalmente, sustentável e com preservação ambiental.

82 A literatura dispõe de trabalhos que avaliam a inoculação de *Azospirillum* em trigo e uso de PB em
83 algumas culturas, porém, não existe informação da associação, sobretudo de doses de PB, com inoculação de
84 *Azospirillum* no desempenho agrônômico do trigo. Ainda, é importante se conhecer a dinâmica e a eficiência
85 em condições de agroecossistemas locais, sobretudo em áreas de Latossolo. Embora o uso de fontes de
86 fertilizantes nitrogenados minerais solúveis seja eficiente para produção da cultura do trigo, o uso associado
87 de *Azospirillum* com PB poderia suprir a necessidade de N, mantendo a produtividade da cultura. Assim, o
88 trabalho tem como objetivo avaliar a eficiência do PB associado ou não com *Azospirillum* no desempenho
89 agrônômico da cultura do trigo.

90

91 **Objetivo geral**

92 Avaliar a eficiência do PB associado ou não com *Azospirillum* no desempenho agrônômico da cultura
93 do trigo.

94 **Objetivos específicos**

95 Avaliar a produção de biomassa seca da parte aérea do trigo com diferentes doses PB associado ou
96 não com *Azospirillum*.

97 Avaliar a produtividade de grãos do trigo nas diferentes doses de PB associado ou não com
98 *Azospirillum*.

99 Indicar a melhor dose de PB, associado ou não com *Azospirillum*, para a maior produtividade de
100 biomassa seca e de grãos de trigo.

101

102 **Materiais e Métodos**

103 O estudo foi conduzido por dois anos experimentais, safras 2018/19 e 2019/20 na região Noroeste do
104 Rio Grande do Sul em solo caracterizado como Latossolo Vermelho Distrófico típico (EMBRAPA, 2018). As
105 parcelas experimentais foram constituídas de 6 m² (3m x 2m) em um delineamento experimental de blocos
106 casualizados (DBC) com três repetições. No primeiro ano experimental antes da implantação do experimento
107 foi realizada amostragem de solo para análise química nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm (Tabela 1).

108 Nos dois anos experimentais a cultura do trigo foi implantada sobre parcelas com efeito residual de
109 nove doses de PB, previamente cultivadas com feijão preto. Em ambas as safras, após a colheita do feijão cada
110 parcela foi subdividida ao meio, e posteriormente semeada a cultura do trigo, cultivar TBIO Toruk em parcelas

111 subdividas, com e sem inoculação de *Azospirillum*. As sementes na condição inoculada, receberam uma dose
112 de *Azospirillum* na proporção de 100 ml ha⁻¹.

113

114 **Tabela 1.** Propriedades químicas do solo da área no início do experimento. Bom Progresso/RS

| Camadas | pH ^a | V | MOS | Argila | P mg | K mg | H + Al | Ca | Mg |
|---------|------------------|------|-----|--------------------|------------------|------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| cm | H ₂ O | % | % | g kg ⁻¹ | kg ⁻¹ | kg ⁻¹ | mmol _c dm ⁻³ | mmol _c dm ⁻³ | mmol _c dm ⁻³ |
| 0 - 10 | 5,6 | 64,5 | 3,5 | 172,1 | 10,2 | 156,4 | 2,8 | 3,1 | 3,5 |
| 10 - 20 | 5,2 | 59,3 | 2,4 | 160,6 | 8,7 | 80,3 | 2,9 | 2,6 | 2,7 |

115 ^apH: Potencial de hidrogênio; V: Saturação por bases; MOS: Matéria orgânica do solo; P: Fósforo; K: Potássio; H+Al: Acidez potencial;
116 Ca: Cálcio; Mg: Magnésio.

117

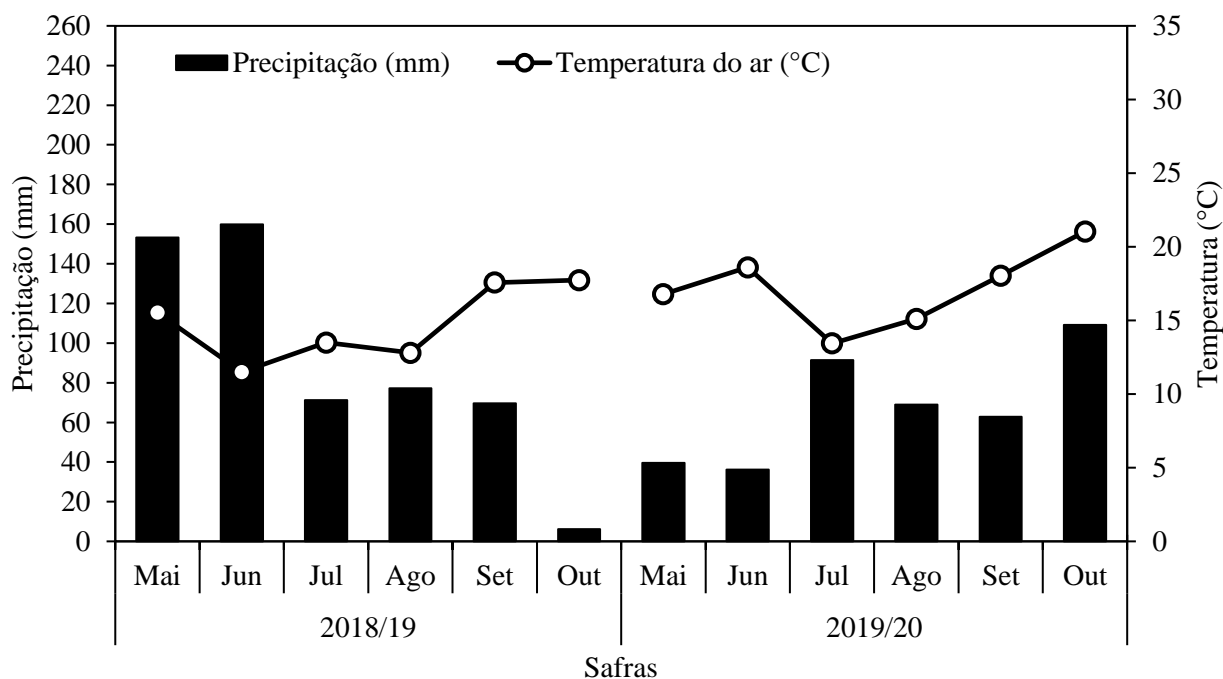
118 Os tratamentos residuais de PB foram os seguintes: 5, 10, 20, 40, 60, 80, 120, 160 e 200 Mg ha⁻¹. Além
119 desses, foi ainda conduzido um tratamento com adubação química NPK de acordo com a análise de solo e
120 seguindo as recomendações da Comissão de Química e Fertilidade do RS (CQFS, 2016), e um tratamento,
121 testemunha, sem adição de nenhum tipo de fertilizante. O PB foi aplicado a lanço em dose única na camada
122 superficial, na implantação da cultura anterior do experimento (feijão preto), o qual apresentava as seguintes
123 propriedades químicas: Ca = 12,7 mmolc dm⁻³; Mg = 2,4 mmolc dm⁻³; Al e H + Al = 0,0 mmolc dm⁻³; saturação
124 por bases = 96%; S = 7 mg dm⁻³; P (Mehlich⁻¹) = 349 mg dm⁻³; K = 72 mg dm⁻³; Cu = 13,7 mg dm⁻³; Zn =
125 1,8 mg dm⁻³; Fe = 430 mg dm⁻³ e Mn = 3,4 mg dm⁻³.

126 A semeadura do trigo nos dois anos experimentais foi realizada dentro do zoneamento agroclimático
127 da região, no dia 10 de maio, de forma manual, com espaçamento de 17 cm entre linhas e 186 mil plantas por
128 hectare, sendo também realizada nessa mesma data a aplicação do NPK, nas parcelas deste tratamento. O
129 tratamento de sementes, realizado de forma prévia à semeadura, foi realizado com fungicida e inseticida
130 indicados para a cultura. A primeira adubação nitrogenada de cobertura com ureia a lanço, nas subparcelas não
131 inoculadas com *Azospirillum* foi realizada 30 dias após a semeadura. Na outra metade da parcela, subparcelas
132 com inoculação, foi aplicada sobre as plantas de trigo uma dose de 200 ml ha⁻¹ de *Azospirillum* diluído em 10
133 litros de água com um pulverizador costal. A segunda aplicação de nitrogênio foi realizada no estágio de
134 alongamento de colmos aos 45 dias somente, nas subparcelas que não receberam inoculação, as subparcelas
135 inoculadas não receberam uma segunda dose de *Azospirillum*.

136 O experimento foi conduzido em condições naturais e sem irrigação. Na Figura 1 são mostrados os
137 dados de precipitação e temperatura média do ar durante os dois períodos experimentais. A limpeza das
138 parcelas experimentais foi realizada através de capinas manuais quinzenalmente ou quando necessário, assim
139 como o controle de pragas e doenças utilizando controle químico, baseando-se nos critérios mínimos para a
140 tomada de decisão de aplicação.

141 No estágio de pleno florescimento das plantas de trigo foi realizada a avaliação da produção de matéria
142 seca da parte aérea (MSPA). A avaliação foi realizada com a coleta de dois segmentos de 0,75m lineares em
143 duas linhas no interior de cada subparcela. As amostras foram secas em estufa a 65°C até peso constante,
144 posteriormente pesadas e calculado a produção de MSPA. A colheita do trigo foi realizada no estágio de plena

145 maturação fisiológica. A avaliação do rendimento de grãos foi realizada com a colheita manual de dois
146 segmentos de 0,75m lineares em outras duas linhas centrais de cada subparcela. Os grãos foram retirados das
147 espiguetas, limpos, secos, pesados, e posteriormente determinados o rendimento de grãos a 13% de umidade
148 e peso de mil sementes (PMS). A avaliação do número de grãos por espiga (NGE) foi realizado em três espigas
149 de outras plantas de trigo do interior de cada subparcela.
150



151 **Figura 1.** Precipitação e temperatura média do ar nos dois anos experimentais, safras 2018/19 e 2019/20.

152 **Fonte:** INMET, 2020.

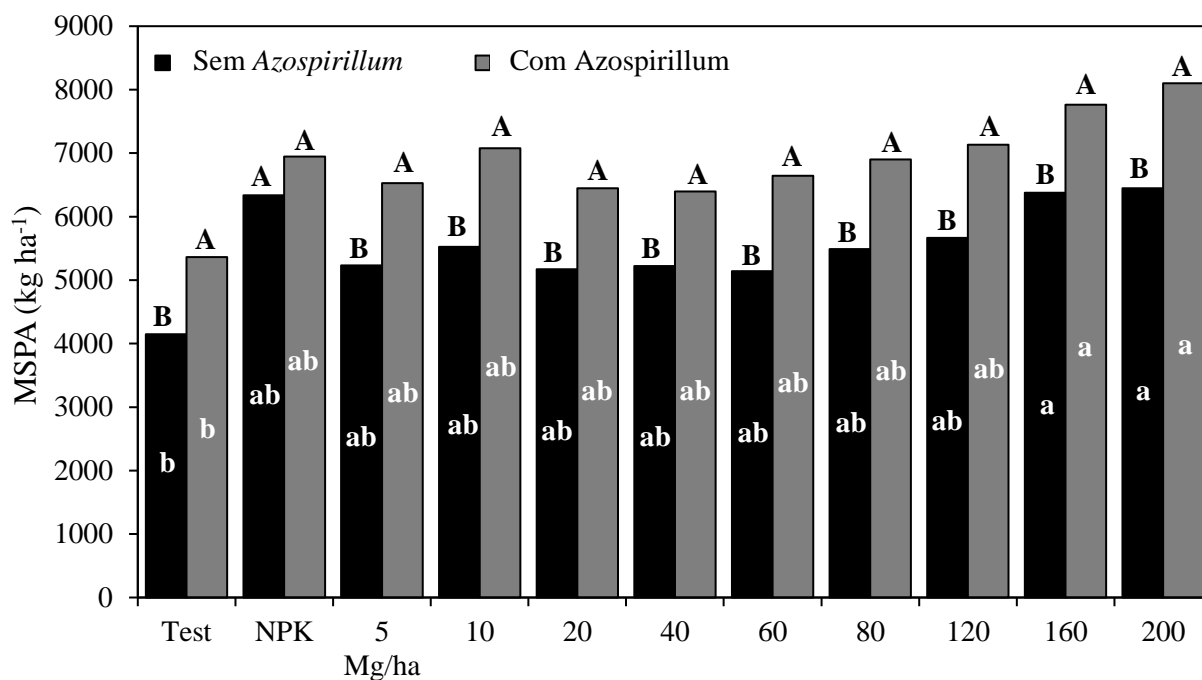
153

154 Os dados obtidos foram sumarizados e submetidos a análise de variância (ANOVA), seguido pelo teste
155 de Tukey ($p \leq 0,05$). Para os comparativos entre inoculado e não inoculado com *Azospirillum* foi realizado com
156 teste T ($p \leq 0,05$).

157

158 **Resultados e Discussões**

159 Através da análise dos dados não foi verificada diferença significativa entre os anos de cultivo da
160 cultura do trigo (Valor de $P = 0,9981$). Os resultados de produção de massa seca da parte aérea (MSPA) de
161 trigo, com e sem a inoculação de *Azospirillum*, nos diferentes tratamentos, são demonstrados na Figura 2. Na
162 comparação entre as condições de inoculação (com inoculação e sem inoculação) de *Azospirillum*, a produção
163 de MSPA foi superior em todos os tratamentos inoculados, exceto para o tratamento de fertilização com NPK
164 (Figura 2).



165

166 **Figura 2.** Produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) das plantas de trigo com e sem a inoculação de
 167 *Azospirillum* em diferentes tratamentos com doses de adubação de pó de basalto, NPK e testemunha (sem
 168 adubação). Letras maiúsculas iguais não apresentam diferença significativa para cada tratamento entre a
 169 condição inoculado e não inoculado com *Azospirillum* pelo teste T ($p \leq 0,05$). Letras minúsculas iguais, não
 170 representam diferença significativa entre as médias dos tratamentos entre condição sem inoculação (barras
 171 pretas) e com inoculação (barras cinzas) pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

172

173 Na avaliação do rendimento do trigo em resposta a análise de diferentes modos de inoculação com
 174 *Azospirillum brasilense*, Pereira et al. (2017) observaram aumento do acúmulo de MSPA no trigo inoculado,
 175 independentemente do modo de inoculação. Dartora et al. (2013), mostraram uma potencialização em 12% na
 176 MSPA em milho inoculado com *Azospirillum*. A maior produção de MSPA no estudo pode ser pelo fato que
 177 as plantas inoculadas com *Azospirillum* sofrem alteração na morfologia das raízes, como o aumento do
 178 diâmetro das raízes laterais e adventícias e do número de pelos radiculares, a maior exploração do solo pelas
 179 raízes resulta em maior superfície de absorção de água e nutrientes aumentando o acúmulo de massa seca
 180 (HUNGRIA et al, 2010). A ausência de diferença significativa no tratamento NPK pode ser explicado pela
 181 disponibilização de N mineral presente na formulação do fertilizante. Segundo De Freitas et al. (2019), a
 182 inoculação quando associada à fertilização nitrogenada mineral, possui benefícios inversamente proporcionais
 183 a dose de N aplicada, pois esse N, por estar disponível para a planta, causa um efeito inibitório na associação
 184 simbiótica do grupo de bactérias na planta.

185

186 O aumento da doses de PB promoveu incremento na produção de MSPA das plantas (Figura 2), tanto
 187 nas condições inoculado e não inoculado com *Azospirillum*. Esse resultado pode ser associado ao fornecimento
 188 de altas quantidades de nutrientes com as doses mais altas de pó de basalto adicionado ao solo, em especial o
 Ca, Mg, Si, K e alguns micronutrientes, bem como seu efeito residual e a lenta liberação, sendo absorvidos

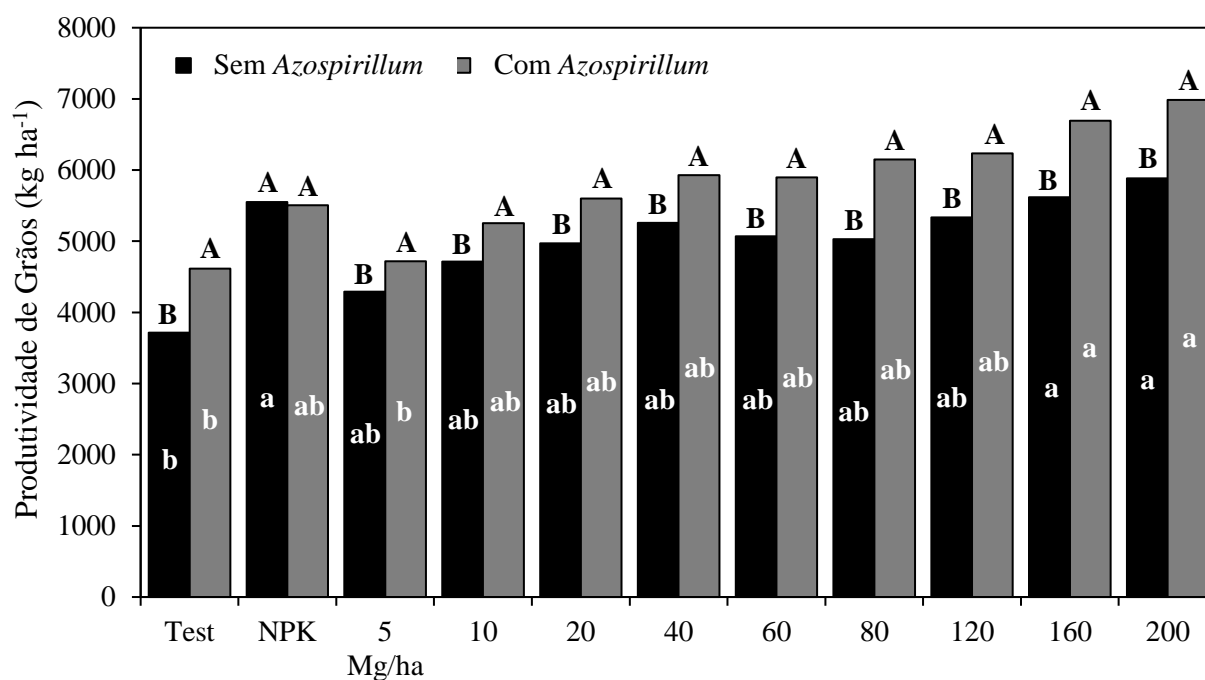
189 conforme a necessidade da cultura, resultando no aumento da acumulação de biomassa nas plantas (TOSCANI
190 & CAMPOS, 2017).

191 A produção de MSPA, em relação as doses de PB testadas não diferiram estatisticamente da
192 fertilização química NPK, tanto em condições de inoculação e não inoculação com *Azospirillum* (Figura 2).
193 Knapik (2005) também não verificou diferença significativa na produção de biomassa seca de parte aérea de
194 mudas de *Mimosa scabrella* 120 dias após emergência, utilizando substratos com uso de pó de basalto e NPK.
195 Esse resultado é interessante, pois, mesmo com a solubilização e liberação lenta de nutrientes do pó de basalto,
196 até mesmo doses baixas de PB conseguiram se igualar ao uso de um fertilizante mais solúvel na produção de
197 massa seca de trigo. Esse resultado pode ser associado ao fornecimento equilibrado de macro e micronutrientes
198 do pó de basalto ao solo, que proporciona excelente desenvolvimento das plantas (HARLEY & GILKES,
199 2000), se igualando inclusive ao fertilizante químico NPK, que fornece menor variedade de nutrientes ao solo.

200 A produtividade nos tratamentos de 5 a 120 Mg ha⁻¹ de PB variaram de 5231 a 5666 kg ha⁻¹ e se
201 igualaram estatisticamente ao tratamento testemunha, sendo que este apresentou resultados inferiores as doses
202 de 160 e 200 Mg ha⁻¹ que produziram respectivamente 6375 e 6449 kg ha⁻¹ de MSPA. Essa crescente na
203 produção de MSPA em relação au aumento da dose de PB, ocorreu em todas as subparcelas, todavia, quando
204 houve a inoculação com *Azospirillum* nota-se um acréscimo médio de 19,4 % na MSPA, exceto no tratamento
205 com adubação química NPK. Sendo assim, nota-se o efeito positivo do PB na disponibilização de nutrientes
206 para o trigo ao longo do tempo, doses altas possivelmente liberaram maior quantidade de nutrientes para a
207 nutrição das plantas. Toscani e Campos (2017), descrevem que o uso de pó de rochas, resulta em um
208 significativo aumento das substâncias e parâmetros físico-químicos responsáveis pela fertilidade dos
209 solos, bem como de um melhor desenvolvimento da área foliar, além de apresentar um importante
210 efeito residual.

211 A produtividade de grãos dos diferentes tratamentos, com e sem inoculação de *Azospirillum* pode ser
212 observada na Figura 3. A inoculação, promoveu aumento significativo no rendimento em relação aos
213 tratamentos não inoculados, exceto o tratamento NPK (Figura 3). O aumento observado na média dos
214 tratamentos, foi de 13,9% no rendimento de grãos. Na correlação dos resultados das variáveis de MSPA e
215 produtividade de grãos, tem-se o valor de 0,82 que indica que a inoculação exerceu influência positiva
216 significativa para o aumento dos dois parâmetros. Diversos autores relatam aumento da produtividade de grãos
217 de plantas inoculadas com *Azospirillum*, tais como Dartora et al. (2013), que mostraram uma potencialização
218 em 12% na MSPA e 7% na produção de grãos de milho, quando as plantas foram inoculadas com *Azospirillum*.
219 Vazquez et al. (2018) verificaram acréscimos no rendimento de grãos de trigo de 9,8% e 23% em dois anos
220 respectivamente, comparando inoculação de sementes com *Azospirillum* e sementes não inoculadas, assim
221 como Munareto et al. (2019) inocularam *Azospirillum* em sementes de trigo + 70 kg ha⁻¹ de N e obtiveram um
222 incremento de 36,8% quando comparado as sementes que não receberam inoculação, recebendo somente a
223 dose de 70 kg ha⁻¹ de N. Ainda nesse sentido, Pereira et al. (2017) concluíram que a inoculação com bactérias
224 do gênero *Azospirillum* constituem uma alternativa viável para aumentar o desempenho agrônomico e o
225 rendimento de grãos da cultura do trigo. Já Gotz et al., (2019), ao contrário do presente estudo, não verificaram

226 diferença significativa com diferentes doses de pó de rocha nos componentes de produtividade de trigo, porém,
 227 os mesmos observaram uma tendência de aumento, mesmo na utilização de doses baixas de pó de rochas,
 228 sendo essas de 0, 3, 6, 9 e 12 Mg ha⁻¹. O aumento da produtividade observado nesse estudo se deve,
 229 possivelmente, a melhor distribuição das raízes no solo, que é induzida pelas bactérias diazotróficas,
 230 favorecendo a absorção de água e nutrientes, e conseqüentemente o desenvolvimento do vegetal, o acúmulo
 231 de biomassa e a produtividade de grãos (BERTICELLI & NUNES, 2008).
 232



233
 234 **Figura 3.** Produtividade de grãos de trigo com e sem a inoculação de *Azospirillum* em diferentes tratamentos
 235 com doses de adubação de pó de basalto, NPK e testemunha (sem adubação). Letras maiúsculas iguais não
 236 apresentam diferença significativa para cada tratamento entre a condição inoculado e não inoculado com
 237 *Azospirillum* pelo teste T ($p \leq 0,05$). Letras minúsculas iguais, não representam diferença significativa entre as
 238 médias dos tratamentos pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).
 239

240 Pode-se observar que, tanto para MSPA (Figura 2), quanto para a produtividade de grãos (Figura 3),
 241 doses crescentes de PB incrementaram também de forma crescente a produtividade da cultura do trigo,
 242 independentemente da inoculação com *Azospirillum*. Com a utilização de doses mais altas de PB verificou-se
 243 aumento com tendência linear, para essas duas variáveis, fato que pode ser explicado pelo maior fornecimento
 244 de nutrientes por doses mais altas de pó de basalto (TOSCANI & CAMPOS, 2017). Nessa ideia observa-se na
 245 Figura 3, que o tratamento testemunha, com produção de 4613 kg ha⁻¹ difere estatisticamente das doses de 160
 246 e 200 Mg ha⁻¹ que produziram respectivamente, 6691 e 6986 kg ha⁻¹ de grãos de trigo.

247 Nos tratamentos sem inoculação, as doses de PB de 5 até 120 Mg ha⁻¹ variaram de 3716 a 5335 kg ha⁻¹
 248 em produtividade de grãos, não apresentando diferença significativa em relação a testemunha (Figura 3).
 249 Esse fato pode estar associado a baixa solubilização e disponibilidade de nutrientes na utilização da doses

250 menores de PB, pois a ausência dos microrganismos que podem aumentar a velocidade de disponibilização
251 dos nutrientes para as plantas combinada com baixa concentração desses no solo, ocasiona uma menor
252 absorção pelas plantas, a qual resulta em produtividade de grãos similar ao não uso de adubação (COLA &
253 SIMÃO 2012, FUKAMI et al., 2016).

254 Por outro lado, conforme a figura 3, nos tratamentos com doses de 160 e 200 Mg ha⁻¹ de PB e adubação
255 de NPK observa-se produtividade de grãos de 5335, 5616, 5883 e 5550 kg ha⁻¹, respectivamente, que foram
256 estatisticamente superiores a testemunha, na ausência de inoculação de *Azospirillum*. Nesse caso, a ausência
257 de adubações reduz a fertilidade do solo e resulta em menor produtividade das culturas (AOSANI et al., 2018).
258 Por outro lado, o fertilizante químico formulado NPK de alta solubilidade apresentou resultado semelhante as
259 doses mais altas de pó de basalto. Isso indica um bom efeito residual do PB, o qual disponibilizou nutrientes
260 suficientes por período prolongado para a cultura do trigo, mesmo sem a utilização de bactérias solubilizadoras,
261 equiparando-se ao adubo químico.

262 Quando os tratamentos são submetidos a inoculação, o NPK, com produção de grãos de 5505 kg ha⁻¹
263 se iguala estatisticamente a todas as doses de PB, que variaram de 4718 a 6986 kg ha⁻¹. Gotz et al. (2019), com
264 aplicação de PB associado com esterco bovino na cultura do trigo, nas dosagens de 0, 3, 6, 9 e 12 Mg ha⁻¹, não
265 obtiveram resultados conclusivos, sobre os rendimentos da cultura, indicando a necessidade de testes com
266 maiores doses de PB ou associação com *Azospirillum*. Hungria et al. (2010) constataram aumentos no
267 rendimento de milho e trigo em 27 e 31%, respectivamente e atribuíram o efeito da inoculação com os
268 aumentos gerais na absorção de vários macros e micronutrientes e na produção de fitohormônios. A inoculação
269 ocasiona aumento da solubilização dos nutrientes na rizosfera, em especial o nitrogênio, portanto, essa maior
270 disponibilidade dos nutrientes resulta em maior absorção pelas plantas e consequentemente aumento de
271 produtividade (BERTICELLI & NUNES, 2008). Sendo assim, com o residual do PB de baixa solubilidade e
272 a maior área e absorção radicular ocasionada pela inoculação, a demanda de nutrientes das plantas de trigo foi
273 alcançada com sucesso, que pode ser observado para MSPA (Figura 2) e para o rendimento de grãos de trigo
274 (Figura 3).

275 Na Tabela 2, pode-se observar os dados de componentes de produtividade de número de grãos por
276 espiga (NGE) e peso de mil sementes (PMS) de trigo, com e sem a inoculação de *Azospirillum*, nos diferentes
277 tratamentos. Nota-se que a inoculação com *Azospirillum* resultou no aumento significativo do NGE e o PMS
278 de trigo, exceto para o tratamento com fertilização química (NPK). As doses de PB, nas condições de plantas
279 inoculadas e não inoculadas apresentaram resultados semelhantes a fertilização química NPK. Esse resultado
280 pode ser explicado pelo fato de que a associação simbiótica das plantas com os microrganismos promoveu o
281 aumento da área radicular e liberação de componentes que promovem a solubilização mais rápida e
282 consequentemente maior absorção de nutrientes pelas plantas, resultando em maior acúmulo de massa seca na
283 parte aérea (Figura 2) e consequentemente maior acúmulo nutritivo na espiga e nas sementes de trigo
284 (BERTICELLI & NUNES, 2008).

285
286

287 **Tabela 2.** Componentes de produtividade de número de grãos por espiga (NGE) e peso de mil sementes (PMS)
 288 de trigo nos diferentes tratamentos, com e sem inoculação de *Azospirillum*.

| Tratamentos | NGE | | PMS (g) | |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | Sem <i>Azospirillum</i> | Com <i>Azospirillum</i> | Sem <i>Azospirillum</i> | Com <i>Azospirillum</i> |
| Testemunha | 29 Bb* | 31 Ab | 32,39 Bb | 35,00 Ab |
| NPK | 32 Aab | 33 Aab | 35,35 Aa | 36,26 Aab |
| 5 Mg ha ⁻¹ | 33 Bab | 35 Aab | 32,01 Bb | 36,17Aab |
| 10 Mg ha ⁻¹ | 34 Bab | 36 Aab | 33,78 Bab | 37,13 Aab |
| 20 Mg ha ⁻¹ | 34 Bab | 37 Aab | 34,82 Bab | 36,98 Aab |
| 40 Mg ha ⁻¹ | 35 Ba | 36 Aab | 34,38 Bab | 36,88 Aab |
| 60 Mg ha ⁻¹ | 35 Ba | 37 Aab | 35,40 Bab | 37,21Aab |
| 80 Mg ha ⁻¹ | 36 Ba | 38 Aa | 34,98 Ba | 38,51 Aa |
| 120 Mg ha ⁻¹ | 34 Bab | 36 Aab | 35,78 Ba | 39,30 Aa |
| 160 Mg ha ⁻¹ | 34 Bab | 38 Aa | 35,77 Ba | 38,76 Aa |
| 200 Mg ha ⁻¹ | 33 Bab | 36 Aab | 35,59 Ba | 38,45 Aa |

289 * Letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de
 290 Tukey ($p \leq 0,05$) e T ($p \leq 0,05$), respectivamente.

291

292 A inoculação com *Azospirillum* mostrou-se eficiente no aumento do NGE e PMS, sendo que a
 293 correlação entre essas variáveis no trigo inoculado é de 0,76 sendo significativa a 5%, enquanto que para a
 294 condição de trigo sem inoculação é de 0,50, valor não significativo a 5%. Nesse contexto, plantas que
 295 produzem maior NGE e maior massa de grãos resultam em maior produtividade final de grãos com o uso de
 296 *Azospirillum*. Nunes et al. (2015) não obtiveram diferença significativa em dois anos no NGE de plantas de
 297 trigo inoculadas com *Azospirillum* em solos com baixo teor de nitrogênio, porém quando inoculado em solos
 298 com alto nitrogênio, reduziu o NGE e 6% a produtividade de grãos. Estudo realizado por Mumbach et al.
 299 (2017), não mostrou diferença no PMS ao avaliar aplicação de *Azospirillum*, associado ou não com N mineral.
 300 Assim, é possível associar a redução do NGE e PMS em nosso estudo, ambos pela presença de N mineral no
 301 solo, pois segundo De Freitas et al. (2019), causa efeito inibitório da inoculação com *Azospirillum*.

302 Em relação as doses de PB, quando não inoculados com *Azospirillum*, o NGE e PMS, para todas as
 303 doses de PB, não diferiram estatisticamente da fertilização NPK, com produção entre 32 e 36 grãos por espiga
 304 e PMS de 34,38 a 35,78g, respectivamente. Porém quando submetidos a inoculação com *Azospirillum*, os
 305 valores de NGE e PMS mostraram acréscimo médio de 6,06 e 7,38%, respectivamente. A testemunha
 306 apresentou o menor NGE, 29 e 31, PMS de 32,39 e 35,00g quando não inoculado e inoculado, respectivamente.
 307 A inoculação com *Azospirillum* nas doses de PB aumentou 6,85% o NGE e 8,65% o PMS, em relação as
 308 subparcelas que não receberam inoculação. Writzl et al. (2019) mostraram que o PMS, de milho pipoca com
 309 uso de PB, foi igual ao uso do fertilizante químico NPK e Vazquez et al. (2018) também obtiveram diferença
 310 significativa no PMS de trigo comparando tratamentos com e sem inoculação de *Azospirillum*.

311 Diante dos resultados obtidos no estudo, fica evidente que a inoculação das plantas de trigo com
 312 *Azospirillum* promove o aumento da massa seca da parte aérea (MSPA), da produtividade de grãos e dos
 313 componetes de produtividade de peso de mil sementes (PMS) e número de grãos por espiga (NGE). A
 314 inoculação do trigo com *Azospirillum*, para suprir em parte ou totalmente as demandas de N da cultura,

315 associada a utilização de adubação de PB para o fornecimento de macro e micronutrientes pode configurar
316 uma alternativa viável, em vista de redução de custos com fertilizantes químicos formulados, maior
317 sustentabilidade na produção, diminuição da emissão de gases do efeito estufa com a diminuição da aplicação
318 de N mineral (ureia), que gera menores perdas por volatilização, menor risco de contaminação dos recursos
319 hídricos pelo menor uso de fertilizantes minerais solúveis e aumento da produtividade, no cultivo do trigo
320 (TOSCANI & CAMPOS, 2017; QUATRIN et al. 2019).

321

322 **Conclusões**

323 A inoculação com *Azospirillum* promove maior produção de massa seca da parte aérea, produtividade
324 de grãos, número de grãos por espiga e peso de mil sementes na cultura do trigo, exceto no tratamento com
325 NPK.

326 As doses de 160 e 200 Mg ha⁻¹ de PB apresentaram os melhores resultados na produção de massa seca
327 da parte aérea e produtividade de grãos, independente do uso da inoculação.

328 O PB apresenta eficiência agrônômica semelhante à fertilização química NPK para os parâmetros de
329 massa seca da parte aérea, produtividade de grãos, número de grãos por espiga e peso de mil sementes na
330 cultura do trigo inoculada com *Azospirillum*.

331

332 **Referências**

333 AGUIRRE, P. F. et al. Biological nitrogen fixation and urea-N recovery in 'Coastcross-1' pasture treated with
334 *Azospirillum brasilense*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 55, p. 1-10, 2020.

335 AOSANI, A. et al. Eficiência da inoculação com *Azospirillum brasilense* na cultura do milho e adubação
336 nitrogenada. **Unoesc & Ciência-ACET**, v. 9, n. 2, p. 137-146, 2018.

337 BARZOTTO, G. R. et al. Adubação nitrogenada e inoculação com *Azospirillum brasilense* em cevada. **Nativa**,
338 v. 6, p. 1-8, 2018.

339 BERTICELLI, E.; NUNES, J. Avaliação da eficiência do uso de enraizador na cultura do milho. **Cultivando**
340 **o saber**, v. 1, n. 1, p. 34-42, 2008.

341 BEUTLER, A. N. et al. Efeito de bactérias fixadoras de nitrogênio no rendimento de grãos e no
342 desenvolvimento de arroz irrigado inundado. **Revista Caatinga**, v. 29, n. 1, p. 11-17, 2016.

343 COLA, G. P. A.; SIMÃO, J. B. P. Rochagem como forma alternativa de suplementação de potássio na
344 agricultura agroecológica. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 4, p. 3,
345 2012.

346 CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, sétimo**
347 **levantamento**. Safra 2019/2020. v. 7, 2020.

348 CQFS/RS-SC - Comissão De Química e Fertilidade Do Solo RS-SC. **Manual de adubação e calagem para**
349 **os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.** Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo,
350 p. 324, 2016.

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

354 DE FREITAS, P. V. D. X. et al. Produção de gramíneas forrageiras inoculadas com *Azospirillum brasilense*
355 associada à adubação nitrogenada. **Revista Científica Rural,** v. 21, n. 2, p. 31-46, 2019.

356 DETTMER, C. A. et al. **Agricultura e inovação: estudo sobre a viabilidade de uso do pó de rocha em**
357 **sistemas de produção agrícola.** In: Embrapa Pantanal-Artigo em anais de congresso (ALICE). In:
358 ENCONTRO INTERNACIONAL DE GESTÃO DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO, v.3, Naviraí.
359 Anais... Naviraí: UFMS, 2019.

360 DOBBELAERE, S. et al. Phytostimulatory effect of *Azospirillum brasilense* wild type and mutant strains
361 altered in IAA production on wheat. **Plant and Soil,** v. 212, p. 155-164, 1999.

362 EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de classificação de solos.**
363 3.ed. Brasília: Embrapa, p. 208, 2018.

364 FUKAMI, J. et al. Accessing inoculation methods of maize and wheat with *Azospirillum brasilense*. **AMB**
365 **Express,** v. 6, p. 1-13, 2016.

366 GALINDO, F. S. et al. Produtividade do trigo no Cerrado em função da fertilização com nitrogênio e
367 inoculação com *Azospirillum brasilense*. **Pesquisa agropecuária sutia**, v. 52, n. 9, p. 794-805, 2017.

368 GITTI, D. C. et al. Influência da fertilização com nitrogênio e adubação verde na viabilidade econômica do
369 trigo sem lavoura no Cerrado. **Revista Ceres,** v. 59, n. 2, p. 246-253, 2012.

370 GORDILLO-DELGADO, F.; MARÍN, E.; CALDERÓN, A. Effect of *Azospirillum brasilense* and
371 *Burkholderia unamae* Bacteria on Maize Photosynthetic Activity Evaluated Using the Photoacoustic
372 Technique. **International Journal of Thermophysics.** v. 37, p. 1-11, 2016.

373 GOTZ, L. F. et al. Use of rock powder associated with bovine manure in Latossolo Vermelho cultivated with
374 wheat. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável,** v. 9, n. 2, p. 131-139, 2019.

375 HARLEY, A. D.; GILKES, R. J. Factors influencing the release of plant nutrient elements from silicate rock
376 powders: a geochemical overview. **Nutrient Cycling in Agroecosystems,** v. 56, n. 1, p. 11-36, 2000.

377 HUNGRIA, M. et al. A inoculação com cepas selecionadas de *Azospirillum brasilense* e *A. lipoferum* melhora
378 a produtividade do milho e do trigo no Brasil. **Planta e solo,** v. 331, p. 413-425, 2010.

379 KNAPIK, B.; KNAPIK, J.G.; SILVA, F.J.P. Utilização de pó de basalto como substituto a adubação química
380 no plantio de soja. **3º Seminário Estadual de Agroecologia.** Florianópolis - Santa Catarina: Epagri/UFSC,
381 2005.

382 KNAPIK, J. G. Utilização do pó de basalto como alternativa à adubação convencional na produção de mudas
383 de *Mimosa scabrella Benth* e *Prunus sellowii Koehne*. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais).
384 Curitiba: Universidade Federal do Paraná. 163 p. 2005.

385 KRAMER, L. F. M. et al. Atributos químicos do solo associados à produtividade do trigo em um talhão com
386 diferentes potenciais produtivos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 4, p. 1190-1199, 2014.

387 MELO, V. F. et al. Doses de basalto moído nas propriedades químicas de um Latossolo Amarelo distrófico da
388 savana de Roraima. **Acta Amazonica**, v. 42, n. 4, p. 471-476, 2012.

389 MILLÉO, M. V. R. & CRISTÓFOLI, I. Avaliação da eficiência agrônômica da inoculação de *Azospirillum* sp.
390 na cultura do milho. **Scientia Agraria**, v. 17, p. 14-23, 2016.

391 MORALES-CORONADO, D. et al. O aquecimento global está reduzindo a capacidade de perfilhamento e a
392 produção de grãos do trigo no Vale Yaqui, no México. **Agronomia colombiana**, v. 37, n. 1, p. 90-96, 2019.

393 MUMBACH, G. L. et al. Resposta da inoculação com *Azospirillum brasilense* nas culturas de trigo e de milho
394 safrinha. **Scientia Agraria**, v. 18, n. 2, p. 97-103, 2017.

395 MUNARETO, J. D. et al. Nitrogen management alternatives using *Azospirillum brasilense* in wheat. **Pesquisa**
396 **agropecuária brasileira**, v. 54, p. 1-8, 2019.

397 NAOE, A. M. L. et al. Co-inoculação com *Azospirillum brasilense* em cultivares de soja com déficit hídrico.
398 **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v. 24, n. 2, p. 89-94, 2020.

399 NUNES, P. H. M. P. et al. Produtividade do trigo irrigado submetido à aplicação de nitrogênio e à inoculação
400 com *Azospirillum brasilense*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 1, p. 174-182, 2015.

401 PEREIRA, L. C. et al. Rendimento do trigo (*Triticum aestivum*) em resposta a diferentes modos de inoculação
402 com *Azospirillum brasilense*. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 1, p. 105-113, 2017.

403 QUATRIN, M. P. et al. Response of dual-purpose wheat to nitrogen fertilization and seed inoculation with
404 *Azospirillum brasilense*. **Ciência e agrotecnologia**, v. 43, p. 1-12, 2019.

405 RIBEIRO, L. S. et al. Rochas silicáticas portadoras de potássio como fontes do nutriente para as plantas solo.
406 **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 3, p. 891-897, 2010.

407 SILVA, V. N. et al. Biofertilizantes e desempenho de *Paenibacillus* na absorção de macronutrientes pelo feijão-
408 caupi e na fertilidade do solo. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v. 19, n. 12, p. 1136-
409 1142, 2015.

410 THEODORO, S. H.; LEONARDOS, O. H. Sustainable farming with native rocks: the transition without
411 revolution. **Academia Brasileira de Ciências**, v. 78, n. 4, p. 721-730, 2006.

412 TONIN, R. F. B.; REIS, E.M.; DANELLI, A. L. D. Etiologia e quantificação dos agentes causais de manchas
413 foliares na cultura do trigo nas safras 2008 a 2011. **Summa phytopathology**, v. 39, n. 2, p. 102-109, 2013.

- 414 TOSCANI, R. G. S.; CAMPOS, J. E. G. Uso de pó de basalto e rocha fosfatada como remineralizadores em
415 solos intensamente intemperizados. **Geociências**, v. 36, n. 2, p. 259-274, 2017.
- 416 VAZQUEZ, G. H. et al. Inoculação com *Azospirillum brasilense* e tratamento de semente em trigo irrigado no
417 noroeste paulista. **Nucleus**, v. 15, n. 2, p. 463-473, 2018.
- 418 WRITZL, T. C. et al. Produção de milho pipoca com uso do pó de rocha de basalto associado à cama de frango
419 em Latossolo. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 9, n. 2, p. 101-109, 2019.