

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
CURSO DE AGRONOMIA

Matheus Santos Aroni

**Avaliação da eficiência de rizóbios isolados de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) em solos do município de Curitibanos - Santa Catarina**

Curitibanos

2020

Matheus Santos Aroni

**Avaliação da eficiência de rizóbios isolados de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) em solos do município de Curitibanos - Santa Catarina**

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Agronomia do Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Agrônomo.  
Orientador: Profª. Drª. Glória Regina Botelho

Curitibanos  
2020



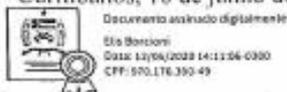
SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**  
Coordenação do Curso de Graduação em Agronomia  
Rodovia Ulysses Gaboardi km3  
CP: 101 CEP: 89520-000 - Curitibanos - SC  
TELEPHONE (048) 3721-2176 E-mail: agronomia.cbs@contato.ufsc.br.

MATHEUS SANTOS ARONI

**Avaliação da eficiência de rizóbios isolados de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) em solos do município de Curitibanos - Santa Catarina**

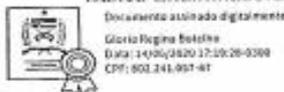
Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Engenheiro Agrônomo, e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Agronomia.

Curitibanos, 10 de junho de 2020.



Prof. Dra. Elis Borcioni  
Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:



Profa. Dra. Glória Regina Botelho  
Orientadora  
Universidade Federal de Santa Catarina

Dr. Jerri Edson Zilli  
Membro da banca examinadora  
Embrapa- Agrobiologia - RJ



Ms. Gustavo Comin  
Membro da banca examinadora

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer e dedicar esse trabalho as seguintes pessoas:

Primeiramente a minha mãe Andrea, meu pai Herbson, minha irmã Julia, pois sempre me apoiaram e me deram confiança em todas as decisões durante a vida.

Agradeço minha namorada Isadora que durante o período de graduação esteve sempre ao meu lado nos bons e maus momentos me dando força e alegria.

Ao grupo de pesquisa do Laboratório de microrganismos Promotores de Crescimento de Plantas (LMPCP), por todo o conhecimento adquirido ao longo dos anos, e claro pela ajuda no desenvolvimento deste projeto

Agradeço diretamente a Camila que durante anos foi minha parceira tanto na graduação quanto no desenvolvimento desse projeto.

Um agradecimento especial para a Prof Dra Gloria minha orientadora, por ter me acolhido em seu grupo de pesquisa (LMPCP) e ter sido minha mentora durante 3 anos no desenvolvimento de pesquisa acadêmica.

Agraço o Setor Agropecuário da UFSC por todo o auxílio prestado no desenvolvimento desse experimento.

Agradeço a Cultivar Distribuidora de Insumos Agrícolas LTDA, a qual nos doou o material para pesquisa.

## RESUMO

A busca por tecnologias para nutrição de plantas mais eficientes e menos agressivas ao meio ambiente é alvo de pesquisa constante. A utilização de microrganismos promotores de crescimento é um dos pilares da revolução para produzir alimentos. O feijão é uma das culturas mais importantes no país. Devido à extensão territorial do Brasil existe grande variação nas condições edafoclimáticas entre as regiões, dificultando a adaptação de alguns microrganismos, principalmente os veiculados por inoculantes. Neste trabalho, o objetivo foi avaliar o efeito da inoculação de isolados de rizóbios obtidos de feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivado em Curitiba - SC. A região possui características climáticas e de solo diferenciadas. O experimento foi instalado na Área Experimental da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), *campus* Curitiba. O plantio foi realizado em dezembro de 2018. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com cinco tratamentos (T1-testemunha; T2 - CIAT 899 (estirpe padrão); T3 – Isolado RZ14; T4 – isolado RZ15; T5 - 150 kg de N/ ha – 333,33 kg de ureia/ ha, sem inoculação) e cinco repetições. As parcelas mediam 3,0 x 2,0 m. Os parâmetros avaliados foram o teor de nitrogênio foliar, teor de nitrogênio no grão e produtividade. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e quando significativos, ao teste de Scott-Knott a 5%. Na produtividade, observou-se significância nos tratamentos com a ureia e com a inoculação de RZ15 e , sugerindo seu potencial de FBN. Houve incremento de produção de 552,41 kg/ha com o RZ15, quando comparado à estirpe padrão, propondo sua eficiência, nas condições edafoclimáticas da região.

**Palavras-chave:** Feijão. FBN. Produtividade. Isolamentos. Endógenos.

## ABSTRACT

The search for more efficient plant nutrition technologies that are less aggressive to the environment is the subject of constant research. The use of growth-promoting microorganisms is one of the pillars of the revolution to produce food. Beans are one of the most important crops in the country. Due to the territorial extension of Brazil, there is great variation in edaphoclimatic conditions between regions, making it difficult to adapt some microorganisms, especially those carried by inoculants. In this work, the objective was to evaluate the effect of inoculation of rhizobia isolates obtained from common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) grown in Curitiba - SC. The region has different climatic and soil characteristics. The experiment was installed in the Experimental Area of the Federal University of Santa Catarina (UFSC), Curitiba campus. Planting was carried out in December 2018. The experimental design was in randomized blocks, with five treatments (T1-control; T2 - CIAT 899 (standard strain); T3 - Isolated RZ14; T4 - isolated RZ15; T5 - 150 kg of N / ha - 333.33 kg of urea / ha, without inoculation) and five replications. The plots measured 3.0 x 2.0 m. The evaluated parameters were the leaf nitrogen content, nitrogen content in the grain and productivity. The data were submitted to analysis of variance (ANOVA) and when significant, to the Scott-Knott test at 5%. In productivity, significance was observed with the inoculation of RZ15 and with urea, suggesting its potential of FBN. There was an increase in production of 552.41 kg / ha with RZ15, when compared to the standard strain, proposing its greater efficiency, in the edaphoclimatic conditions of the region.

**Keywords:** Beans. FBN. Productivity. Isolations. Natives.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Radiação e precipitação (a) e Temperatura máxima e mínima durante a condução do experimento, Curitibanos - SC .....	18
Figura 2 - Croqui do experimento.....	20
Figura 3- Sementes inoculadas prontas para o plantio.....	22
Figura 4 – Demonstração da parcela.....	25
Figura 5 - Processo de secagem do material colhido em casa de vegetação.....	25
Figura 6 – Medidor de umidade de grãos.....	27

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Análise de solo camada 0-20 cm.....	18
Tabela 2 – Tratamentos utilizados no experimento.....	19
Tabela 3 - Análise estatística do teor de nitrogênio foiliar, Scott-Knott 5% significância.....	28
Tabela 4 - Análise estatística do teor de nitrogênio no grão, Scott-Knott 5% significância.....	29
Tabela 5 - Análise da produtividade total de grão, 98 DAS, Scott-Knott 5% significância.....	30

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

% Porcentagem  
°C Graus Celsius  
mL Mililitro  
L Litro  
g Grama  
mg Miligrama  
Kg Quilograma  
cm Centímetro  
cmol Centimol  
mm Milímetro  
dm<sup>3</sup> Decímetro cúbico  
FBN Fixação biológica de nitrogênio  
DAS Dias após semeadura  
DAE Dias após emergência  
ha Hectare

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
1.1 JUSTIFICATIVA.....	12
1.2 OBJETIVOS .....	13
<b>1.2.1 Objetivo geral.....</b>	<b>13</b>
<b>1.2.2 Objetivos específicos.....</b>	<b>13</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>14</b>
2.1 A CULTURA DO FEIJOEIRO .....	14
2.2 FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO (FBN) .....	15
2.3 FATORES QUE AFETAM A FBN .....	16
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>18</b>
3.1 ORIGEM DOS ISOLADOS .....	18
3.2 CLASSIFICAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	18
3.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL .....	20
3.4 CARACTERIZAÇÃO DA CULTIVAR.....	21
3.5 PREPARO DO INÓCULO E INOCULAÇÃO.....	22
3.6. PLANTIO DO EXPERIMENTO .....	23
3.7 MANEJO DE ADUBAÇÃO .....	24
3.8 TRATOS CULTURAIS.....	24
3.9. AMOSTRAGEM DE NITROGÊNIO FOLIAR.....	25
3.10 COLHEITA DO EXPERIMENTO.....	25
3.11 PARÂMETROS AVALIADOS.....	27
<b>3.11.1 Avaliação do teor de nitrogênio foliar .....</b>	<b>27</b>
<b>3.11.2 Avaliação do teor de nitrogênio no grão.....</b>	<b>27</b>
<b>3.11.2 Produtividade .....</b>	<b>27</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>29</b>
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>34</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>35</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores e consumidores de feijão (*Phaseolus vulgaris*) no mundo, pois é o alimento indispensável na mesa da população brasileira, sendo a principal fonte de proteína e de ferro de origem vegetal (SOARES *et al.*, 2006). A produção na safra de 2016/2017 foi de 3.124 milhões de toneladas, em uma área de 2.980,8 mil hectares, em que estado de Santa Catarina contribuiu com 126,0 mil toneladas em 68,1 mil hectares (MAPA, 2017).

Novas tecnologias tendem a buscar inovações no modo de produção de alimentos, visando melhor qualidade do produto, alta produtividade e menores impactos ambientais (HESS, 2007). Deste modo, destaca-se a inoculação de bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico, cuja técnica possibilita um importante ganho econômico e ecológico dentro dos ecossistemas (CARDOSO; ANDREOTE, 2016). Essa tecnologia é aplicada com maior efetividade em espécies de plantas que possuam a capacidade de simbiose natural com rizobactérias, como por exemplo, as leguminosas (HUNGRIA; CAMPO; MENDES, 2001).

A associação de bactérias do gênero *Rhizobium* com plantas leguminosas da família *Fabaceae* é algo que já vem sendo estudada a anos, e com resultados positivos para algumas culturas como na soja (*Glycine max*), em que a fixação biológica de nitrogênio (FBN) é muito eficiente (BÁRBARO *et al.*, 2009) Todo nitrogênio necessário no ciclo da planta é fornecido através desta interação planta bactéria (FAGAN *et al.*, 2007). Gera uma economia de aproximadamente de US\$ 9 bilhões em fertilizantes nitrogenados (EMBRAPA, 2016).

A cultura do feijão possui a capacidade de associação simbiótica com diversas estirpes bacterianas, (BRITO *et al.*, 2015). Porém essa associação ainda não é capaz de suprir totalmente de modo eficiente a demanda de nitrogênio no feijoeiro comum (WOLSCHICK *et al.*, 2016).

Dentre os fatores que limitam a resposta efetiva dos rizóbios com a planta, está a heterogeneidade genética das cultivares de feijão produzidas nacionalmente, dada a diversidade de consumo do grão nas diferentes regiões do país (YAGI *et al.*, 2015). Outra dificuldade é a capacidade de competição e sobrevivência das estirpes comerciais inoculadas, comparadas com os rizóbios nativos (endógenos) da comunidade do solo, normalmente mais agressivos no processo de infecção das raízes e menos eficientes na FBN (XAVIER *et al.*, 2006).

Um outro impasse é o baixo nível de tecnologia implementado pelos agricultores familiares, e os baixos teores de nitrogênio e matéria orgânica encontrados naturalmente nos solos brasileiros (REIS, 2007). Necessitando de aplicações em grandes quantidades de fertilizantes minerais para o desenvolvimento da cultura, podendo chegar 30% do custo total de produção (CONAB 2016)

Sugerindo a busca por estirpes endógenas eficientes na FBN , uma alternativa de solução para a melhoria de parâmetros produtivos, econômicos e ambientais na implementação da cultura do feijão .

## 1.1 JUSTIFICATIVA

A importância no desenvolvimento desse trabalho se dá, pois, a região de Curitiba historicamente é a maior região produtora de feijão de cor no estado, possuindo grande extensões cultivadas e produtividade elevada devido as boas condições climáticas e fitossanitárias dessa região.

Segundo dados da safra 2017/2018 fornecidos pelo boletim agropecuário da EPAGRI (2019), Curitiba foi responsável por praticamente 22% da produção do estado com 19.967 toneladas nos 9.095 hectares plantados.

Porém, conforme relatado no acompanhamento da safra brasileira realizado pela CONAB (2019), de maneira geral no Brasil ocorreu diminuição da área plantada com feijão em 3,9% , em relação à safra passada, e no estado de Santa Catarina, os valores foram ainda mais representativos, com redução de 9,3 % da área plantada.

O Boletim Agrícola da EPAGRI (2019), afirma que o principal fator por trás da diminuição da área plantada no estado está o aumento no preço dos adubos e a grande variação nos valores de comercialização do grão, desestimulando os produtores a investir na cultura. Nesse contexto, a utilização de bactérias fixadoras de N na cultura pode ser uma alternativa para o produtor, visando a diminuição de custos com a adubação nitrogenada. Entretanto, alguns inoculantes comerciais, atualmente utilizando a *Rhizobium tropici* estirpe CIAT 899, isolado na Colômbia, perderam um pouco de sua credibilidade frente aos produtores, por não mostrar respostas eficientes no seu uso na região de Curitiba-SC.

Um dos fatores que influenciam em sua eficiência são as diferenças edafoclimáticas junto à a microbiota nativa presente no solo, características essas que podem afetar o desenvolvimento e eficiência da fixação de nitrogênio.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo geral

Analisar a viabilidade de inoculação de isolados de rizóbios obtidos de feijão cultivado em solos da região de Curitiba - SC.

### 1.2.2 Objetivos específicos

Quantificar o nitrogênio presente no grão e nas folhas do feijoeiro,

Mensurar a produtividade do feijão inoculado.

Comparar a eficiência dos isolados com a da estripe padrão CIAT 899 e a adubação nitrogenada.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 A CULTURA DO FEIJOEIRO

O feijão teve sua origem evolutiva nas Américas, mas ainda não se sabe ao certo o local exato dentro desta região, pois ainda há muitas controvérsias (FREITAS, 2006). Os materiais genéticos de feijão selvagem se desenvolveram desde o norte do México até o norte da Argentina, em altitudes entre 500 e 2000 metros. Devido a isso, há controvérsia sobre a exatidão de sua origem (VIEIRA; JUNIOR; BORÉM, 2011).

Além de apresentar grande importância na dieta nutricional de grande parte da população brasileira, devido a sua rica composição nutricional e popularidade cultural, a cultura do feijão se apresenta como uma ótima alternativa de atividade agrícola, principalmente, para a agricultura familiar. Isto se deve ao fato do seu ciclo relativamente curto, com aproximadamente 90 dias, suportar sombreamento, possibilitando consórcio com outras culturas e também, por apresentar um importante papel na rotação de culturas e sucessão de cultivos ao longo do ano (MICHELS, 2011; EMBRAPA, 2012)

Outra característica atribuída ao seu ciclo curto, é a possibilidade do cultivo em três safras durante o ano. Na primeira safra, denominada safra das águas, em que a colheita ocorre principalmente nas regiões Sul e Sudeste e se concentra no período de dezembro a março. A segunda safra, com colheita de entre os meses de abril e julho, possui ampla distribuição de plantio sobre o território nacional. E a terceira safra, chamada safra de inverno, onde predomina o cultivo do feijão irrigado e se concentra nos estados do Sudeste e Centro Oeste, com colheita entre os meses de julho a outubro (EMBRAPA, 2003). A produção brasileira de feijão para safra 18/19 foi cerca de 3.022,8 toneladas, distribuídas entre as três safras anuais. A produção da primeira safra contribuiu com 985,9 toneladas de grãos, a segunda safra com 1.292,8 toneladas e a terceira safra 743,8 toneladas (CONAB, 2019).

Apesar das condições edafoclimáticas do Brasil serem relativamente favoráveis a produção do feijoeiro, o principal fator limitante está relacionado ao seu cultivo em solos de baixa fertilidade, especialmente solos pobres em nitrogênio (CABALLERO *et al.*, 1985).

Devido ao curto ciclo de desenvolvimento da cultura e ao sistema radicular pouco desenvolvido, a capacidade de exploração do solo em busca de nutrientes é limitada. O nitrogênio é o nutriente mais absorvido, com o pico de absorção no florescimento, com taxa de

2,0-2,5 kg N/ha/dia (ROSOLEM; MARUBAYASHI, 1994). Responsável por diversas funções vitais, principalmente correlacionadas ao desenvolvimento vegetativo, o nitrogênio além de ser o mais extraído (140 kg/ha), também é o mais exportado, com uma média de 25 kg/toneladas de grãos (SORATTO et al., 2013b).

Grande parte do N é fornecida ao feijoeiro na forma de adubos nitrogenado, por ser um elemento que possui uma alta mobilidade e dinâmica dentro do sistema solo-planta-atmosfera, existe uma alta taxa de perda e baixa eficiência no seu uso gerando um alto custo ao produtor (SANTOS et al., 2006).

Considerando que a adubação nitrogenada é basicamente utilizada na forma de ureia, e que o país apresenta um clima com alta intensidade de chuvas, pode haver perdas de até 50 % dos adubos nitrogenados por lixiviação, apresentando elevado custo econômico e ambiental (STRALIOTTO et al., 2002).

## 2.2 FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO (FBN)

A fixação biológica do nitrogênio (FBN), ao lado da fotossíntese é um dos processos naturais mais importantes do planeta, em que o N<sub>2</sub> presente na atmosfera é transformado em formas absorvíveis pela planta (EMBRAPA, 2016).

Existem dois agentes naturais que possibilitam a quebra do N<sub>2</sub> atmosférico em NH<sub>3</sub>, prontamente disponível para as plantas. O primeiro, são as descargas elétricas, e o segundo consiste na FBN, realizada por bactérias (MALAVOLTA; MORAES, 2006). A FBN simbiótica se dá pela associação de bactérias do gênero rizóbio com raízes de plantas leguminosas, em que após a formação dos nódulos, o N<sub>2</sub> é convertido em NH<sub>3</sub> pelos microrganismos e transferido para a planta, em troca de compostos orgânicos (MENDES; REIS; CUNHA, 2010).

O feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*), assim como a soja, pertencem a família Fabaceae, portanto possuem capacidade de estabelecer simbiose mutualística com algumas espécies de bactérias da família Rhizobiaceae (MATOSO; KRUSDA, 2014). Estima-se que o potencial de aporte de N via simbiose possa alcançar 300 kg. ha<sup>-1</sup>, e esse valor dependerá da cultivar de feijão e da espécie de bactéria utilizada (PACHECO, 2014). Existem estudos que demonstram o fornecimento de 125 kg ha<sup>-1</sup> apenas pela FBN em diferentes cultivares de feijão (PEOPLES et al., 1995).

Porém essa não é a forma de assimilação de N preferida da planta pois possui um alto custo energético gerado possivelmente pela falta de especificidade e compatibilidade entre os simbioses (MERCANTE *et al.*, 2007)

Para a leguminosas em geral, um grama de nitrogênio bacteriano requer seis a sete gramas de carbono, enquanto a assimilação de N mineral utiliza três gramas de carbono (TAMAGNO *et al.*, 2017)

### 2.3 FATORES QUE AFETAM A FBN

Um dos problemas quanto à eficiência na FBN na cultura do feijoeiro está relacionado ao melhoramento genético de plantas, que por muitos anos negligenciou características favoráveis à nodulação, selecionando apenas características importantes às respostas frente a adubação nitrogenada (FRANCO *et al.*, 2002). Tal melhoramento gerou um sistema simbiótico que requer muitos cuidados em relação à nutrição da planta e dos microrganismos, para que a interação entre eles seja eficiente. O pH do solo ideal e alguns nutrientes como, cálcio, fósforo, magnésio e molibdênio são de extrema importância (HUNGRIA; CAMPO e MENDES, 2001).

As altas e baixas temperaturas e o estresse hídrico são os principais fatores limitantes à fixação biológica do nitrogênio, pois afeta a simbiose em todos os estágios, principalmente, na fase inicial de desenvolvimento das bactérias (HUNGRIA; CAMPO; MENDES, 2001). Logo, a semeadura direta favorece extremamente esse sistema, porque a cobertura mantém o solo com temperaturas amenas e alta umidade (HUNGRIA; CAMPO; MENDES, 2001).

Um dos principais fatores relacionados a baixa nodulação é a deficiência hídrica, que reduz drasticamente a capacidade de formação de nódulos e sobrevivência das bactérias inoculadas (THOMAS; COSTA, 2010).

É importante destacar ainda, que a produtividade de culturas inoculadas com isolados bacterianos, ambos adaptados a ambientes com elevadas temperaturas, é prejudicada quando o ambiente é afetado por deficiência hídrica simultaneamente, a elevadas temperaturas (FERNANDES JÚNIOR e REIS, 2008). Regiões onde ocorrem períodos de estiagem frequentemente, dificultam o crescimento da população de rizóbios. Algumas estirpes podem resistir, porém, em caso de ausência de planta hospedeira, essas não sobreviverão no solo até a próxima safra (FERNANDES JÚNIOR e REIS, 2008).

A relação de tolerância à acidez é diferente entre os tipos de rizóbios, causando influência direta na FBN, especialmente para as bactérias específicas do feijoeiro. Essa característica classifica os rizóbios como tipo I, apresentando maior sensibilidade a acidez do solo, e o tipo II, que possuem maior tolerância. (MERCANTE *et al.*, 1998 apud FERNANDES JÚNIOR e REIS, 2008). Além disso, outro fator de influência é o ciclo da cultura, em função do tempo de resposta à nodulação. Normalmente, está ocorre entre 15 a 20 DAS, apontando que cultivares mais tardias são mais eficientes na FBN, pois possuem uma janela de tempo maior para assimilar o N fornecido via simbiose (ARAÚJO *et al.*, 1996).

Os rizóbios competem pela ocupação dos sítios de infecção, e quanto mais competitivas as bactérias se apresentarem, maior será a formação de nódulos. Porém, pouco eficientes no caráter de FBN (ROMERO, 2003).

Desta forma, há necessidade de seleção de rizóbios que possuam elevada capacidade competitiva no meio, e FBN eficiente para que assim se atinja o sucesso da inoculação (FERNANDES; JÚNIOR; REIS, 2008). Tal necessidade foi corroborada por Yahdijan *et al.* (2011), salientando a inclusão de estirpes de rizóbios eficientes e adaptadas às condições climáticas locais como uma alternativa para aumentar a produtividade sem necessariamente aplicar fertilizantes químicos.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 ORIGEM DOS ISOLADOS**

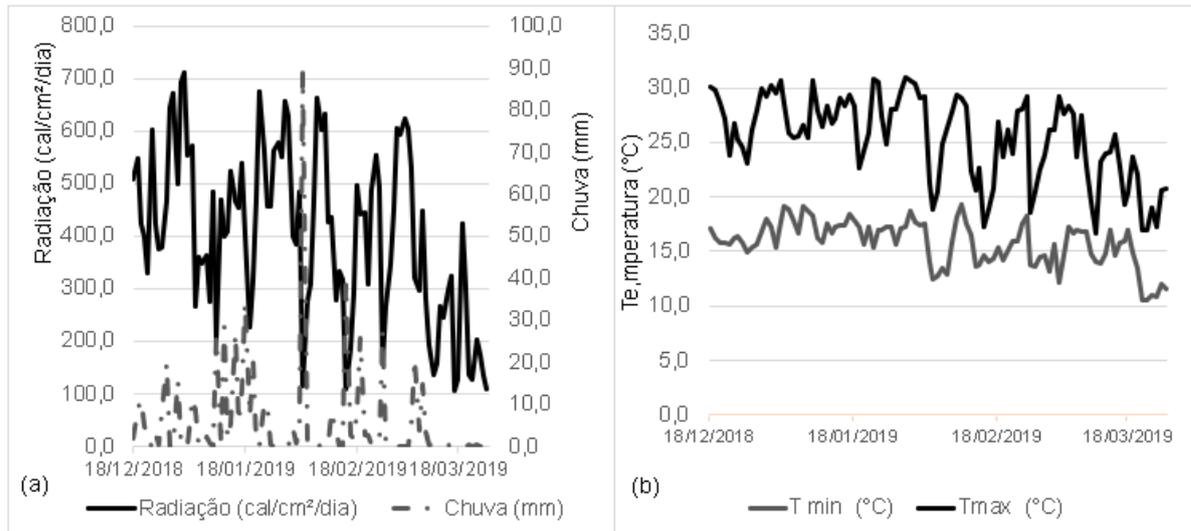
O trabalho isolamento de rizóbios de feijão iniciou-se em 2016 com a hoje formada Eng<sup>a</sup>. Agrônoma Janaína Lisot, para a realização do seu trabalho de conclusão de curso (TCC), do curso de Agronomia da UFSC, campus Curitibanos. Esses isolados com capacidade de nodulação foram extraídos de nódulos de feijão formados de maneira espontânea no cultivo realizado na região de Curitibanos. Após o processo de isolamento e purificação desses microrganismos, os mesmos foram depositados no banco de germoplasma do laboratório de Microrganismos Promotores de Crescimento de plantas, mais precisamente sobre, e hoje servem como material de pesquisa sobre microbiologia do solo.

#### **3.2 CLASSIFICAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL**

O experimento foi conduzido em condição de campo na safra 2018/2019 na Área experimental Agropecuária da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), *campus* Curitibanos. A área está situada nas coordenadas geográficas 27°16'26.55" S e 50°30'14.41W, a aproximadamente 1000 m de altitude em relação ao nível do mar. Conforme a classificação de Köppen, o clima da região predominando é o CFB temperado, mesotérmico úmido e verão ameno, com temperatura média entre 15°C e 25°C, com precipitação média anual de 1500 mm. Os valores de precipitação e radiação solar no período do experimento estão apresentados na Figura 1.

O tipo de solo predominante na área experimental é o Cambissolo Háplico de textura argilosa (EMBRAPA, 2016). O manejo de adubação para a correção de fertilidade da área foi realizado mediante a análise de solo representada na Tabela 1. Para o plantio do experimento foi necessário a retirada da cultura do milho em ciclo fisiológico inicial, que estava alocada na mesma área. No plantio do milho não foi realizada calagem, apenas a adubação com 300 kg/ha do adubo formulado 9-33-12. Devido à baixa quantidade de N e a alta mobilidade do nutriente no solo, os resultados do trabalho não sofreram influência desta adubação (BREDEMEIER; MUNDSTOCK, 2000).

Figura 1 – Radiação e precipitação (a) e Temperatura máxima e mínima durante a condução do experimento, Curitibaanos - SC.



Fonte: Estação Meteorológica da Área Experimental - UFSC Curitibaanos (CIRAM/EPAGRI), 2018 - 2019.

Tabela 1 – Análise de solo, camada 0-20 cm.

Propriedades	Amostras (0-20)
pH CaCl <sub>2</sub>	4,3
P (mg.dm <sup>-3</sup> )	40,12
K (mg.dm <sup>-3</sup> )	89,7
Ca (cmolc.dm <sup>-3</sup> )	3,43
Mg (cmolc.dm <sup>-3</sup> )	2,18
Al (cmolc.dm <sup>-3</sup> )	1,47
H + Al (cmolc.dm <sup>-3</sup> )	12,13
MO g/dm <sup>3</sup>	61,28
SB (cmolc.dm <sup>-3</sup> )	5,84
V (%)	32,5
CTC pH7 (cmolc.dm <sup>-3</sup> )	17,97
Fe (mg/dm <sup>3</sup> )	100,2
Mn (mg/dm <sup>3</sup> )	39,62
Cu (mg/dm <sup>3</sup> )	9,5
Zn (mg/dm <sup>3</sup> )	1,7

Fonte: Análise disponibilizada pelo Setor Agropecuário UFSC (2019).

### 3.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Levando em consideração o fato de o experimento ser realizado em campo, o delineamento experimental utilizado foi o DBC – Delineamento em Blocos Casualizados, visando diminuir o coeficiente de variação nas análises estatísticas.

Foram implementados cinco tratamentos com cinco repetições, totalizando 25 parcelas, com área de 6 m<sup>2</sup> e dimensões de 3,0 x 2,0 metros com quatro linhas de semeadura espaçadas em 0,4m. Os tratamentos utilizados estão representados na Tabela 2 e implantados no campo conforme demonstrado no croqui (Figura 2).

Tabela 2 – Tratamentos analisados

<b>Tratamentos</b>		
T1	Testemunha	Sem inoculação e sem adubação nitrogenada
T2	CIAT 889 (SEMIA 4077)	(estirpe padrão de <i>Rhizobium tropici</i> )
T3	RZ14	Isolado do banco de germoplasma
T4	RZ15	Isolado do banco de germoplasma
T5	150 kg N/ha	Dose recomendada para cultura JUNIOR et al., (2007)

Fonte: Arquivo pessoal (2019).

Figura 2 – Croqui do experimento.



Fonte: Arquivo pessoal (2019).

### 3.4 CARACTERIZAÇÃO DA CULTIVAR

A cultivar de feijão utilizada para a realização do trabalho foi TAA DAMA, grão carioca com ciclo 82 a 96 dias da emergência até a colheita. O florescimento se dá entre 37 a 48 dias após a emergência, possui hábito de crescimento indeterminado, porte prostrado (tipo III), flor de coloração branca, vagem amarela, grão de forma esférica, potencial produtivo máximo em sequeiro de 4.200 kg/hectare (MARABAIA, 2017).

A dificuldade para aquisição de sementes certificadas sem nenhum tipo de tratamento químico foi um fator limitante para a escolha da cultivar.

### 3.5 PREPARO DO INÓCULO E INOCULAÇÃO.

A produção do inóculo ocorreu em duas etapas, a primeira se sucedeu nos tubos de ensaio contendo 10 ml do meio de cultivo Luria Bertani (LB) líquido, previamente esterilizados, conforme protocolo da EMBRAPA (1999). Foram inoculados com os isoladas RZ14 e RZ15.

Logo após esse processo, os tubos foram conduzidos até a BOD com temperatura de 27,5 °C onde foram mantidos durante um período de 48 horas, para que ocorresse o crescimento das bactérias.

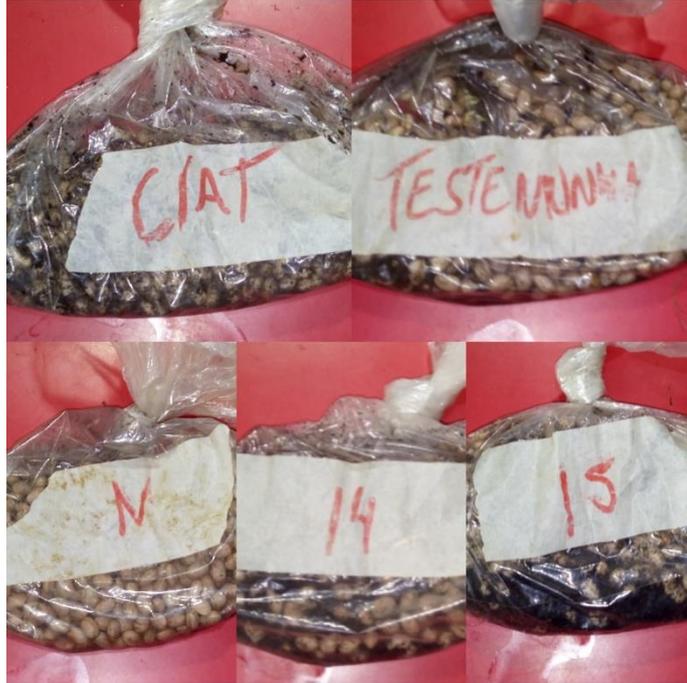
Após esse processo, uma alíquota das suspensões bacterianas foi transferida para béqueres contendo 1g de turfa, resultante da proporção de 50kg de sementes para 100 g de turfa, recomendada para inoculante comercial. As bactérias foram mantidas por mais 72 horas na estufa BDO, até o dia do plantio.

Para a inoculação das sementes foram utilizados 500 g de sementes para cada tratamento. Essas sementes foram depositadas em sacos plásticos (Figura 3), com a adição da turfa inoculada e mais 5 mL de solução açucarada (10%), também baseados na recomendação de 500mL para 50Kg de semente, para inoculantes comerciais.,

Para o tratamento padrão com o *Rhizobium tropici* CIAT 899 (SEMIA 4077) CIAT 899 foi utilizado 1 g do inoculante turfoso comercial Biomax contendo  $2 \times 10^9$  ufc/g, de acordo com as recomendações do fabricante.

Os demais tratamentos, T1- testemunha e T5-150 kg de N/ha também foi adicionado solução açucarada e a turfa não inoculada nas mesmas proporções, visando oferecer condições iguais na manipulação das sementes para todos os tratamentos.

Figura 3- Sementes inoculadas prontas para o plantio.



Fonte: Arquivo pessoal (2019).

### 3.6. PLANTIO DO EXPERIMENTO

A fim de facilitar o plantio, foi solicitado ao Setor Agropecuário que no dia anterior ao plantio 17/12/2018 fosse realizado o pré-preparo da área, utilizando a sementeira de verão da Universidade para demarcar as linhas de cultivo espaçadas 0,40 m. Seguindo as recomendações da cultivar, o plantio foi realizado com o espaçamento de 0,40 m entre linhas, contendo quatro linhas por parcela, e o espaçamento entre plantas de 0,10 m, ou seja, 10 plantas/metro linear. Totalizando a densidade de sementeira em 250.000 plantas/ha.

O plantio foi realizado manualmente no dia 18 de dezembro de 2018, por se tratar de inóculos/inoculantes microbiológicos. O cuidado com a contaminação entre os tratamentos foi rigorosamente prevenido, através da utilização de luvas de látex descartáveis, cuja troca era realizada após o plantio de cada parcela.

### 3.7 MANEJO DE ADUBAÇÃO

A adubação foi realizada posteriormente ao plantio, pois esse foi realizado de maneira manual, não sendo possível a aplicação dos fertilizantes no sulco de semeadura.

No dia 05 de janeiro de 2018, com a cultura já emergida e ainda contendo seus cotilédones, foi realizada a primeira adubação, seguindo as recomendações disponíveis no Manual de Adubação e Calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, as doses de adubo foram calculadas para o rendimento de 1.500kg de grãos/hectare.

Os adubos utilizados foram: superfosfato triplo, na dose de 55 kg de  $P_2O_5$ /ha, cloreto de potássio 60 kg de  $K_2O$ /ha e apenas no tratamento T5 foi adicionado ureia, na dose de 75 kg de N/ha. O restante da adubação nitrogenada para completar a dose desse último tratamento (150 kg de N/há) foi efetuada assim que a planta atingiu o estágio vegetativo V4, 30 dias após a emergência. Todas aplicações foram realizadas manualmente, com a distribuição do adubo próximas a linha de cultivo.

### 3.8 TRATOS CULTURAIS

Durante o ciclo da cultura foram efetuados alguns tratamentos com defensivos químicos, a fim de garantir a boa condução e resultados do experimento.

O controle de planta daninha foi realizado manualmente através de capinas, porém com o rápido crescimento das gramíneas foi necessário realizar uma aplicação do gramínicida sistêmico, Cletodim 240g/L + Alquibenzeno 670,9 g/L na dose de 50ml/ 100 Litros de calda.

No dia 24 de janeiro de 2019 foi aplicado o inseticida do grupo piretróide, i.a Deltametrina 25g/L dose de 30 mL/ 100 Litros de calda, com o objetivo de controlar algumas pragas com potencial de dano na cultura, a principal praga e motivo da aplicação, foi a Vaquinha (*Diabrotica speciosa*).

No período anterior a abertura floral foi possível visualizar o princípio de infecção do fungo (*Colletotrichum lindemuthianum*) responsável por causar a doença antracnose na cultura do feijoeiro. Sabendo do seu potencial de dano e alastramento pela área de cultivo, no dia 25 de janeiro de 2019 foi realizada uma aplicação preventiva utilizando o i.a Mancozebe 750 g/kg e dose de 2,5kg/ ha..

### 3.9. AMOSTRAGEM DE NITROGÊNIO FOLIAR

A amostragem foliar foi efetuada seguindo as recomendações de Oliveira *et al.* (1998), o qual relata que o momento mais propício para sua realização ocorre no período de maior crescimento da cultura, ou seja, em pleno florescimento.

No dia 04 de fevereiro de 2019, 48 dias após o plantio, a cultura entrou em pleno florescimento, possibilitando a realização da amostragem foliar.

Para cada amostra foram retiradas folhas posteriores às flores de dez plantas de maneira aleatória, dentro de cada parcela, acondicionadas separadamente em sacos de papel.

Posteriormente, as amostras foram transferidas para uma estufa de secagem com circulação de ar forçada, com a temperatura de 78,5 °C por 96 horas até atingir o peso constante.

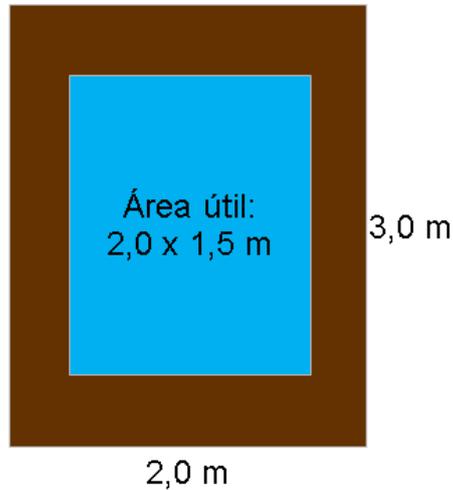
### 3.10 COLHEITA DO EXPERIMENTO

Em 26 de março de 2019 exatamente 98 dias após o plantio, a cultura atingiu o ponto de maturidade fisiológica possibilitando sua colheita.

A umidade dos grãos estava um pouco acima do ideal para a colheita, que seria em torno de 15-18% de umidade, devido à alta taxa pluviométrica da época. Então, como medida preventiva, a cultura foi retirada do campo antecipadamente, para evitar a possibilidade de germinação de grãos na vagem, pois a inserção baixa de vagens é uma característica da cultura do feijão, o que favorece o contato com o solo úmido.

A colheita foi realizada de forma manual com o auxílio de uma trena, utilizada para delimitar a área útil do experimento (2,0 x 1,5 m), como demonstrado na Figura 4. As plantas presentes dentro dessa área foram arrancadas totalmente e depositadas dentro de sacos de rafia.

Figura 4 – Dimensões da área útil da parcela.



Fonte: Arquivo Pessoal (2019).

O material coletado foi depositado dentro de casa de vegetação da Universidade (Figura 5), para finalizar o processo de secagem. Esse permaneceu durante uma semana, até que a umidade chegasse próxima a 13 %, parâmetro utilizado para armazenamento e comercialização dos grãos.

Figura 5 - Processo de secagem do material colhido em casa de vegetação.



Fonte: Arquivo Pessoal (2019).

Posteriormente, à secagem ocorreu o processo de debulha e limpeza do material manualmente.

### 3.11 PARÂMETROS AVALIADOS

Para a avaliação do experimento foram verificados três parâmetros: a quantificação de nitrogênio foliar, quantificação de nitrogênio no grão e produtividade do feijão, a fim de testar a viabilidade na utilização dos isolados pertencentes ao banco de germoplasma da UFSC, além de analisar a eficiência na fixação biológica de nitrogênio, quando comparadas ao tratamento padrão CIAT 899 e o tratamento com 150kg N/ ha.

Todos os resultados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e quando significativo, as médias comparadas, através do teste Scott-Knott a nível de 5% de significância, no programa (SISVAR, 2019).

#### 3.11.1 Avaliação do teor de nitrogênio foliar

O procedimento utilizado para essa avaliação foi o de combustão ácida dos materiais foliares amostrados, conforme anteriormente descrito no tópico 3.9, seguindo o protocolo determinado por Tedesco (1995).

#### 3.11.2 Avaliação do teor de nitrogênio no grão.

Do mesmo modo que a avaliação do nitrogênio foliar, também foi utilizada a metodologia descrita por Tedesco (1995), com os grãos moídos e peneirados para a quantificação do nitrogênio.

#### 3.11.2 Produtividade

A produtividade dos tratamentos foi mensurada na empresa Cultivar Distribuidora de Insumos Agrícolas LTDA, pois essa possui o equipamento Motonco 999-ESI próprio para aferir a umidade presente nos grãos, através da condutividade elétrica (Figura 6).

O equipamento possui em seu software uma tabela específica de condutividade elétrica para cada cultura. Para sua utilização é necessário a umidade desejada, o peso total de grãos e um a amostra de massa conhecida, neste caso, foram utilizados 100g de grãos para cada amostra. Desta maneira, o equipamento reajusta automaticamente o peso total de grãos, levando em consideração a umidade esperada.

Todas as parcelas colhidas foram amostradas individualmente, para obter melhor precisão nos resultados. O peso dos grãos de todos os tratamentos foi ajustado para uma umidade de 13%.

Com a variável umidade ajustada foi possível estimar a produtividade da cultura, extrapolando o peso colhido na área útil da parcela, contendo 3 m<sup>2</sup> para 10.000 m<sup>2</sup> (há),

Figura 6 – Medidor de umidade de grãos.



Fonte: Arquivo pessoal (2019).

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância mostrou que houve significância entre os tratamentos para a variável teor de nitrogênio foliar, conforme demonstrado na Tabela 3.

Tabela 3 – Teor de nitrogênio foliar.

Tratamentos	Nitrogênio Foliar g/Kg
T1 – Testemunha	9,40 b
T2 – CIAT 899	12,20 b
T3 – RZ14	17,90 a
T4 – RZ15	22,30 a
T5 – 150 Kg N/ ha	20,08 a
CV%	<b>33,90</b>

Pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância, médias seguidas de mesma letra não diferem entre si.

Os valores mínimos de nitrogênio foliar, para que não haja deficiência na cultura, segundo Cavalcanti et al. (2009) estão entre 20-30 g de N/ kg. Outros trabalhos relataram teores ainda maiores, na faixa de 30-50 g de /Kg (MALAVOLTA; MORAES, 2006). Os tratamentos T4 e T5 foram os únicos que apresentaram valores dentro do nível crítico de nitrogênio foliar

preconizado por Cavalcanti et al. (2009). Entretanto, foi possível observar que o tratamento T3 - RZ14 se equiparou estatisticamente aos tratamentos T4 - RZ15 e T5 - 150 kg N/ha. Isto indica que esses isolados podem auxiliar no desenvolvimento das plantas, através da FBN, auxiliando no ganho de massa seca na parte aérea. Segundo Soares et al. (2006), existe relação direta entre o teor de N foliar e a massa seca da parte aérea.

Os tratamentos T1 – Testemunha e T2 – CIAT 899 não diferiram entre si e apresentaram as menores médias de 9,40 e 12,20 g/Kg, respectivamente). Isto indicou que pode ter havido dificuldade de adaptação da bactéria padrão, frente as condições de solos na região. Em trabalhos realizados em regiões mais quentes por Hungria *et al.* (2000), mostraram que a CIAT899 foi capaz se igualar estatisticamente, no teor de nitrogênio foliar com o tratamento com adubação nitrogenada.

As temperaturas noturnas de Curitiba são muito baixas (Figura 1), quando comparadas ao local de isolamento da estirpe CIAT 889, na Colômbia, praticamente na linha equatorial do globo, local onde a temperatura é alta o ano inteiro (HUNGRIA; CAMPO; MENDES, 2001). Esse fator pode ter sido um dos fatores impeditivo para a bactéria se adaptar e realizar a nodulação e a FBN eficientemente, não obtendo teores de N foliar dentro do recomendado para o desenvolvimento da cultura.

Segundo Brito (2010), doses baixíssimas de nitrogênio representam ganhos muito altos no teor de nitrogênio foliar, sendo necessário apenas a adubação de 15mg kg<sup>-1</sup> de N no solo, para que o nível exigido de N na folha seja suprido. Isso pode indicar que os tratamentos que não conseguiram atingir o nível de N foliar acima de 20 g de N/kg, no momento da coleta estavam passando por um déficit nutricional. Em relação ao T2 possivelmente a estirpe utilizada não conseguiu competir com a microbiota nativa do solo ou então a simbiose não conseguiu atingir o ápice do fornecimento de N pela FBN, durante o pico de demanda da planta o florescimento.

Os tratamentos com as bactérias RZ14 e RZ15, se igualou a T5, com 150 kg de N/ha, , indicando que essas bactérias têm capacidade de conversão de N<sub>2</sub> atmosférico para o NH<sub>3</sub>.

Em relação a variável teor de nitrogênio no grão, os tratamentos não apresentaram diferença estatística, conforme demonstrado na Tabela 4.

Tabela 4 - Teor de nitrogênio no grão,

<b>Tratamentos</b>	<b>Nitrogênio no grão g/Kg</b>
<b>T1 – Testemunha</b>	14,0 a
<b>T2 – CIAT 899</b>	16,8 a
<b>T3 – RZ14</b>	17,2 a
<b>T4 – RZ15</b>	16,2 a
<b>T5 – 150 Kg N/ há</b>	19,8 a
<b>CV%</b>	<b>20,14</b>

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.  
Cv – Coeficiente de variância 20,14%.

Resultados similares foram obtidos por Pelegrin *et al.* (2009), em que também não observaram diferença significativa no teor de nitrogênio dos grãos de feijão. Foi observado por Fidelis *et al.* (2019), que 13 dos 40 genótipos de feijão avaliados, não aumentaram o acúmulo de nitrogênio exportado para o grão independente da disponibilidade de N no meio.

Mesmo em condições de alta disponibilidade de nitrogênio no solo. Dessa maneira, passaram a estocar N em seus tecidos, gerando um acúmulo de ‘luxo’ que não traria ganho em produtividade ou qualidade do grão (EPSTEIN; BLOOM,2004). A cultivar dama então talvez se encaixe dentro desse grupo, que ajusta o acúmulo de N em forma de proteína no grão conforme a disponibilidade do nutriente no meio.

Ambos os tratamentos não atingiram os valores de nitrogênio preconizados por Pessoa (1998), em que valores acima de 34,5 g/Kg de N no grão, não indicam deficiência de nitrogênio na planta. Valores de N no grão abaixo do preconizado podem, muitas vezes, não apresentar sintomas de deficiência na planta ou diminuição da produtividade, mas existe uma ligação direta com a diminuição do teor de proteína do grão, afetando, diretamente, o valor nutricional do alimento evidenciado por (SILVA *et al.*, 2006).

Uma possível explicação para os valores de N abaixo dos valores de referência seria o tempo de armazenamento. Mesmo o armazenamento do grão sendo feito da maneira correta em ambiente refrigerado, o tempo entre a colheita e a análise do nitrogênio do grão pode ser um fator que explique, pela possível metabolização ou catabolismo do N do grão.

Para a produtividade, observou-se diferença estatística entre os tratamentos, conforme mostrado na Tabela 5.

Tabela 5 - Produtividade total de grão, 98 DAS

<b>Tratamentos</b>	<b>Produtividade kg/ha</b>
<b>T1 – Testemunha</b>	1.563 <b>d</b>
<b>T2 – CIAT 899</b>	1.796 <b>c</b>
<b>T3 – RZ14</b>	1.756 <b>cd</b>
<b>T4 – RZ15</b>	2.348 <b>b</b>
<b>T5 – 150 Kg N/ ha</b>	2.627 <b>a</b>
<b>CV%</b>	<b>7,78</b>

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

A variável produtividade apresentou significância entre os tratamentos, ocorrendo uma variação de produtividade entre 1.563 a 2.627 kg/ha (Tabela 5). Como esperado, o tratamento T1- testemunha apresentou a menor produtividade, mas valores semelhantes à média nacional, conforme relatado pela CONAB (2019), que descreveu valores em média de 1.513 Kg/ha. Isto pode ter ocorrido devido aos altos teores de MO ( 61,28 g /dm<sup>3</sup>) existentes na área, segundo análise de solo (Tabela 1), fornecendo, em parte, o suprimento de N. As chuvas (562 mm) que ocorreram de maneira bem distribuída durante a maior parte ciclo da cultura também pode ter sido um fator importante para explicar a produtividade da testemunha.

O tratamento T4- isolado RZ14 não mostrou diferença significativa quando comparada a testemunha, porém, apresentou incremento de 12,34% na produtividade. A inoculação com o isolado (RZ14) também se equiparou estatisticamente a da obtida com a CIAT 899, havendo diferença entre os tratamentos de apenas 40kg, ou seja, 2,22%.

Soares *et al.* (2006) atingiu resultados parecidos com a utilização de isolados nativos de rizóbio de Perdões – MG, em que os isolados UFLA 02-100, UFLA 02-86 e UFLA 02-127 obtiveram rendimento de grãos também semelhante ao da estirpe padrão, CIAT899. Esse resultado sugeriu que o isolado RZ14 pode ser tão eficiente quanto CIAT 899 no processo de FBN nas condições de clima e solo de Curitiba – SC.

Outro fator que pode explicar a os melhores resultados dos isolados frente a CIAT 899 está no trabalho apresentado por Lisot (2017), onde foi constatado que os mesmos isolados

isolados RZ14 e RZ15 possu capacidade tanto para a solubilização de fosfato quanto para a produção de AIA assim como a estirpe CIAT 899, podendo então auxiliar no desenvolvimento radicular e absorção de nutrientes pela planta.

A avaliação da síntese de AIA e o potencial de solubilização de fosfato são características que podem proporcionar mais um critério a ser utilizado para a seleção de estirpes de rizóbios (SOTTERO, *et al.*, 2006).

Em relação ao T4 - RZ15, a inoculação com o isolado alcançou acréscimo na produtividade significativo, especialmente em relação àquela obtida com a CIAT 899 (30,73%), valor só foi inferior a produtividade obtida com a adubação nitrogenada (Tabela 5) . O mesmo foi observado por Hungria *et al.* (2000) em um trabalho realizado com os isolados PRF 35, PRF 54 e PRF 81, nativos de solos do Paraná.

O tratamento mais produtivo foi o T5 - 150 Kg de N/ha, mostrando que o feijoeiro é bastante responsivo quando existe alta disponibilidade de nitrogênio. Conforme Pelegrin *et al.* (2009), a aplicação de doses a partir de 20 kg de N/ha promovem incrementos significativos de produção. Segundo JUNIOR *et al.* (2007), a utilização de doses de nitrogênio em cobertura até 75 kg de N/ha possui respostas produtivas superiores aos tratamentos com inoculantes. Porém, o manejo com altas doses N é demasiadamente oneroso, uma vez que os fertilizantes são caros e possuem alta taxa de perda por volatilização o que dificulta ou até mesmo impossibilita sua execução por grande parte dos produtores (HUNGRIA *et al.*, 2001). Por este motivo, a busca por isolados de rizóbios mais eficientes na fixação biológica do N, é uma estratégia importante na consolidação do feijão nos sistemas de produção agrícola. Onde essas novas estirpes além de poder proporcionar um aumento de produtividade diminuem o custo de implementação e conseqüentemente diminui o impacto ambiental pelo uso de adubos nitrogenados (ROMANINI *et al.*, 2007).

Como o experimento foi realizado a campo a interação com a microbiota do solo é inevitável, podendo ocorrer a infecção do sistema radicular da planta por outros microrganismos que podem interagir de maneira positiva ou negativa com os tratamentos utilizados no experimento.

Frente a essas condições a utilização do isolado RZ15 se mostrou bastante eficiente, de maneira geral, em todas as variáveis avaliadas. Isso possivelmente está relacionado ao fato de

ser uma bactéria endógena dos solos da região, já adaptada às condições edafoclimáticas e a microbiota presente. Possivelmente por este motivo, essa bactéria deve ter potencial competitivo por sítios de infecção nas raízes. Isto pode explicar a sua eficiência, visto que superou em 30,73% o tratamento com a estirpe CIAT 899.

Os resultados obtidos evidenciam a necessidade de aprofundar os estudos em FBN no feijão, para que futuramente, a simbiose entre bactéria e planta seja melhor compreendida e, conseqüentemente, incrementada. Este entendimento é importante para que sua eficiência atinja os níveis obtidos na soja, em que é possível a produção sem adubação nitrogenada (HUNGRIA et al., 2001), mantendo a mesma produtividade, com menor custo econômico e ambiental. Baseado nisto, o isolado RZ15 merece destaque pois alcançou índices de produtividades elevados, próximos ao tratamento com adubação nitrogenada. Um indicativo de que a sua simbiose com a cultura do feijão pode beneficiar bastante através da FBN eficiente.

## **5 CONCLUSÃO**

Os isolados RZ14 e RZ15 foram mais eficientes que a estirpe-padrão CIAT 899 no acúmulo de N foliar e tão eficientes quanto a adubação nitrogenada. O isolado RZ15 apresentou produtividade superior à obtida com a inoculação da estirpe padrão. Esses resultados indicam que o isolado RZ15 possui eficiência na FBN em feijoeiro nas condições edafoclimáticas da região, sendo necessário aprofundar os estudos sobre seus efeitos na planta, através da realização de mais experimentos em maiores escalas.

## REFERÊNCIAS

Araújo, F. F. de; Munhoz, R. E. V.; Hungria, M. Início da nodulação em sete cultivares de feijoeiro inoculadas com duas estirpes de Rhizobium. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.31, p.435-443, 1996

BÁRBARO, I. M. et al. Produtividade da soja em resposta à inoculação padrão e co-inoculação. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 5, n. 1, p.01-07, jan. 2009.

BREDEMEIER, Christian; MUNDSTOCK, Claudio Mario. REGULAÇÃO DA ABSORÇÃO E ASSIMILAÇÃO DO NITROGÊNIO NAS PLANTAS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 2, p.365-372, maio 2000.

BRITO, L. F. *et al.* Resposta do Feijoeiro Comum à Inoculação com Rizóbio e Suplementação com Nitrogênio Mineral em Dois Biomas Brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [s.l.], v. 39, n. 4, p.981-992, ago. 2015.

CARDOSO, E. J. B. N.; ANDREOTE, F. D. **Microbiologia do solo**. Piracicaba: ESALQ. 221 p. 2016.

CARVALHO, M.A.C.; ARF, O.; SÁ, M.E.; BUZETTI, S.; SANTOS, N.C.B. & BASSAN, D.A.Z. **Produtividade e qualidade de sementes de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob influência de parcelamentos e fontes de nitrogênio**. R. Bras. Ci. Solo, 25:617-624, 2001.

CAVALCANTI, M. L. F. et al., Produção de feijão caupi em função de diferentes dosagens e concentração de biofertilizantes. **Revista Verde**, Mossoró–RN, v.4, p.45-49, 2009.

CONAB. **Compêndio de Estudos Conab Companhia Nacional de Abastecimento.v.1**. Brasília DF Conab, 2016, p16-17

CONAB (2019) - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Safra Brasileira de Grãos**.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Agrobiologia **Protocolos para Preparo de Meios de Cultura da Embrapa Agrobiologia**. Seropédica, 1999

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Cerrados. **Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN)**, 2016.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição e Crescimento. In: Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Editora Planta, Londrina, p. 251-284, 2004.

FAGAN, E. B. et al. Fisiologia da fixação biológica de nitrogênio em soja – revisão. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia, Uruguaiana**, v. 14, n. 1, p. 89-106, 2007

FERNANDES JÚNIOR, P. I.; REIS, V. M. **Algumas limitações a fixação biológica de nitrogênio em leguminosas**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia. 33 p. 2008.

FERREIRA, Alessandro Nunes et al. ESTIRPES DE *Rhizobium Tropicum* NA INOCULAÇÃO DO FEIJOEIRO. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 3, p.507-5012, set. 2000.

FIDELIS, R. R. et al. Determinação do teor de proteína em genótipos de feijão comum cultivados em diferentes níveis de nitrogênio. **Ambiência**, Guarapuava, v. 15, n. 1, p. 161-172, abr. 2019.

FRANCO, M. C.; Cassini, S. T. A.; Oliveira, V. R.; Vieira, C, Tsai, S. M. Nodulação em cultivares de feijão dos conjuntos gênicos andino e meso-americano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.1145-1150, 2002.

FREITAS, A. D. S. *et al.* Caracterização de rizóbios isolados de Jacatupé cultivado em solo salino do estado de Pernambuco, Brasil. **Bragantia**. Campinas, v. 66, n. 3 p. 497-504, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/brag/v66n3/a17v66n3.pdf>.

FREITAS, F. O. **Evidências genético-arqueológicas sobre a origem do feijão comum no Brasil**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 41, n. 7, p.1199-1203, jul. 2006.

GIEHL, Alexandre Luís et al. **Boletim Agropecuário**. 69. ed. Florianópolis: Centro de Socioeconomia e Planejamento Agrícola (EPAGRI/cepa), 2019. 48 p.

HESS, D. J. **Alternative pathways in science and industry**. Massachusetts: The MIT Press, 2007.

HUNGRIA, M. Como ocorre a fixação do N. In: HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, L.C. **Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja. p. 15-16. 2001.

HUNGRIA, M.; ANDRADE, D.S.; CHUEIRE, L.M.O.; PROBENZA, A.; GUTTIERREZ-MAÑERO, F.J. & MEGIAS, M. **Isolation and characterization of new efficient and competitive bean (*Phaseolus vulgaris* L.) rhizobia from Brazil**. Soil Biol. Biochem., 32:1515-1528, 2000.

HUNGRIA, M.; BARRADAS, C.A.; VALLSGROVE, R.M. Nitrogen fixation, assimilation and transport during the initial growth stage of *Phaseolus vulgaris* L. Journal of Experimental Botany, v.42, p.839-844, 1991.

LISOT, J. Caracterização e Seleção de Rizóbios Isolados do Planalto Catarinense para Inoculação em Feijoeiro - Comum (*Phaseolus Vulgaris* L.). Trabalho de conclusão de curso (Graduação), UFSC, Curitibaanos, 2017.

MALAVOLTA, E.; MORAES, F. M. **O nitrogênio na agricultura brasileira**. São Paulo, 2006.

MATOSO, S. C. G.; KUSDRA, J. F. Nodulação e crescimento do feijoeiro em resposta à aplicação de molibdênio e inoculante rizobiano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 6, p.567-573, jan. 2014.

MENDES, I. C.; REIS, F. B. J.; CUNHA, M. H. **20 Perguntas e respostas sobre fixação biológica de nitrogênio**. Planaltina: Embrapa cerrados, 2010.

MERCANTE, F. M.; OTSUBO, A. A.; BRITO, O. R. . New native rhizobia strains for inoculation of common bean in the Brazilian savanna. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 41, e0150120, 2017.

MICHELS, Adelina Ferreira. **QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE FEIJÃO CRIOULO PRODUZIDAS NO OESTE E PLANALTO CATARINENSE ASSOCIADA AO POTENCIAL AGRONÔMICO**. 2011. 80 f. Tese (Doutorado) – Curso

de Agronomia. Udesc, Lages, Sc, 2012

MINISTERIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, 2017. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/>

OLIVEIRA, Alaíde Soares de et al. Tecidos Vegetais. In: NOGUEIRA, Ana Rita de Araujo et al. **Manual de laboratório: solo, água, nutrição vegetal, nutrição animal e alimentos**. São Carlos: Embrapa-ccpse, 1998. p. 27-36.

PELEGRIN, R. et al. Resposta da Cultura do Feijoeiro à Adubação Nitrogenada e à Inoculação com Rizóbio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 1, p.219-226, fev. 2009.

PEOPLES, M. B.; HERRIDGE, D. F.; LADHA, J. K. Fixação biológica de nitrogênio: uma fonte eficiente de nitrogênio para a produção agrícola sustentável? **Plant and Soil**, v.174, p.3-28, 1995.

PESSOA, A. C. S. **Atividade de nitrogenase e redutase do nitrato e produtividade do feijoeiro em resposta a adubação com molibdênio e fósforo**. Tese (Doutorado em solos e nutrição de plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.

REIS, V.M. 2007. Uso de bactérias fixadoras de nitrogênio como inoculante para aplicação em gramíneas. Seropédica: **Embrapa Agrobiologia**. p.22

ROMANININ JUNIOR, A. et al. Avaliação da inoculação de rizóbio e adubação nitrogenada no desenvolvimento do feijoeiro, sob sistema de plantio direto. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 23, n. 4, p.74-82, out. 2007.

ROMERO. M. E. Diversidade na simbiose de Rhizobium – Phaseolus vulgaris, visão geral e perspectivas. **Plant and Soil**, v.252, p.11-23, 2003.

ROSOLEM, C. A.; MARUBAYASHI, O. M. Seja o doutor do seu feijoeiro. **Encarte de Informações Agronômicas**, São Paulo, n. 68, p. 1-4, dez. 1994.

SANTOS, S. M. C.; ANTONANGELO, J. A.; DEUS, A. C. F.; FERNANDES, D. M. Perdas de amônia por volatilização em resposta a adubação nitrogenada do feijoeiro. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 3, n. 1, p. 16–20, jan./mar. 2016.

SILVA, T. R. B.; LEMOS, L. B.; TAVARES, C. A. **Produtividade e característica tecnológica de grãos em feijoeiro adubado com nitrogênio e molibdênio**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.41, n. 5, p.739-745, 2006.

SIRIO WIETHÖLTER (Org.). **Manual de adubação e calagem de para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Porto Alegre: Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 2004. 404 p.

SOARES, A. L. L. et al. Eficiência agrônômica de rizóbios selecionados e diversidade de populações nativas nodulíferas em Perdões (MG). II - Feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, p.803-811, 2006.

SOTTERO, N. A, FREITAS, S.S, MELO, A. M. T, TRANI, P. E. Rizobactéria e alface: colonização rizosférica, promoção de crescimento e controle biológico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Thakuria. 2006.

SORATTO, R.P.; FERNANDES, A.M.; SANTOS, L.A.; JOB, A.L.G. Nutrient extraction and exportation by common bean cultivars under different fertilization levels: I - Macronutrients. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v.37, p.1027- 1042, 2013b.

STRALIOTTO, R.; TEIXEIRA, M.G., MERCANTE, F.M. **Fixação biológica de nitrogênio. In: AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J., STONE, L.F. Produção de feijoeiro comum em várzeas tropicais.** Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, 2002. p.122-153.

TAMAGNO, S.; SADRAS, V. O.; HAEGELE, J. W.; ARMSTRONG, P. R.; CIAMPITTI, I. A. Interplay between nitrogen fertilizer and biological nitrogen fixation in soybean: implications on seed yield and biomass allocation. **Scientific reports**, London, v. 8, n. 1

THOMAS, A. L., COSTA, J. A. Fixação Biológica de Nitrogênio na soja . **Manejo para alta produtividade de grãos.** Evangraf. Porto Alegre, 2010.

VIEIRA, C.; JÚNIOR, T. J. P. BORÉM, A. **Feijão.** Viçosa: Ed. UFV. 2011, ed.2, p.600.  
WOLSCHICK, N.H.; Barbosa, F.T.; Bertol, I.; Santos, K.F.; Werner, R.S.; Bagio, B. Cobertura do solo, produção de biomassa e acúmulo de nutrientes por plantas de cobertura. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.15, n.2, p.134-143, 2016.

YAGI, Renato et al. Nodulações e Produtividades de Grãos de Feijoeiros diante da Adubação Nitrogenada ou da Inoculação com *Rhizobium Freirei*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [s.l.], v. 39, n. 6, p.1661-1670, dez. 2015.

XAVIER, G. R. et al. Especificidade Simbiótica Entre Rizóbios e Acessos de Feijão-Caupi de Diferentes Nacionalidades. **Revista Caatinga, Mossoró**, v. 19, n. 1, p.25-33, mar. 2006.

