

**Leonardo Tullio
(Organizador)**

**CARACTERÍSTICAS DOS
SOLOS E SUA INTERAÇÃO
COM AS PLANTAS**

Atena
Editora
Ano 2019

Leonardo Tullio
(Organizador)

Características dos Solos e sua Interação com as Plantas

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Lorena Prestes e Geraldo Alves

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

C257 Características dos solos e sua interação com as plantas [recurso eletrônico] / Organizador Leonardo Tullio. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: World Wide Web.

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-185-5

DOI 10.22533/at.ed.855191403

1. Ciência do solo. 2. Solos e nutrição de plantas. 3. Solos – Pesquisa – Brasil. I. Tullio, Leonardo.

CDD 625.7

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “Características dos solos e sua interação com as plantas” aborda uma apresentação de 18 capítulos, no qual os autores tratam as mais recentes e inovadoras pesquisas voltadas para a área da Ciência do Solo.

O envolvimento das plantas com o solo requer conhecimento técnico de alto nível, pois a interação Solo – Planta – Ambiente é sem dúvida um universo complexo de informações e resultados que são influenciados por vários agentes externos e internos e que respondem no potencial produtivo de uma cultura. Entretanto, essa interação exige modelagem de dados que muitas vezes são inacabáveis, fazendo assim estimativas conforme os parâmetros estudados.

Porém, com a pesquisa voltada cada vez mais para o estudo do ambiente como um complexo sistema de produção, torna-se favorável para conhecer mais sobre os processos químicos, físicos e biológicos envolvidos no solo e na planta.

Assim, o conhecimento da relação Solo - Planta é fundamental para o entendimento desse sistema de produção, no qual a sua interação com as diversas características define seu potencial.

Por fim, espero que esta obra atenda a demanda por conhecimento técnico de qualidade e que novas pesquisas surjam neste contexto.

Leonardo Tullio

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
CLASSIFICAÇÃO DE GENÓTIPOS DE MILHO QUANTO À RESPOSTA E EFICIÊNCIA NO USO DO POTÁSSIO	
<i>Lucas Carneiro Maciel</i>	
<i>Weder Ferreira dos Santos</i>	
<i>Rafael Marcelino da Silva</i>	
<i>Layanni Ferreira Sodré</i>	
<i>Eduardo Tranqueira da Silva</i>	
<i>Fernando Assis de Assunção</i>	
<i>Lázaro Tavares da Silva</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8551914031	
CAPÍTULO 2	8
DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL DAS FRAÇÕES DA MATÉRIA ORGÂNICA DE NEOSSOLOS E SUAS RELAÇÕES COM A GEOMORFOLOGIA DE UMA CATENA DO PAMPA	
<i>Daniel Nunes Krum</i>	
<i>Julio César Wincher Soares</i>	
<i>Lucas Nascimento Brum</i>	
<i>Jéssica Santi Boff</i>	
<i>Higor Machado de Freitas</i>	
<i>Pedro Maurício Santos dos Santos</i>	
<i>Gabriel Rebelato Machado</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8551914032	
CAPÍTULO 3	21
EFEITOS DAS FORMAS DE MANEJO SOBRE OS ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS EM LATOSSOLO VERMELHO DISTROFÉRRICO TÍPICO EM DIFERENTES AGROECOSSISTEMAS	
<i>Valéria Escaio Bubans</i>	
<i>Adriano Udich Bester</i>	
<i>Murilo Hedlund da Silva</i>	
<i>Tagliane Eloíse Walker</i>	
<i>Leonir Terezinha Uhde</i>	
<i>Cleusa Adriane Menegassi Bianchi</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8551914033	
CAPÍTULO 4	28
EFFECTS OF SOIL, SPATIAL PARAMETERS AND FOLIAR PHENOLIC CONTENTS ON ENTOMOFAUNA VARIABILITY IN PEQUIZEIRO	
<i>Deomar Plácido da Costa</i>	
<i>Gislene Auxiliadora Ferreira</i>	
<i>Suzana Costa Santos</i>	
<i>Pedro Henrique Ferri</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8551914034	
CAPÍTULO 5	43
EFICIÊNCIA DE AQUISIÇÃO DE NUTRIENTES DO CAPIM-TIFTON 85 ADUBADO COM DEJETO LÍQUIDO DE SUÍNOS	
<i>Alexandra de Paiva Soares</i>	
<i>Oscarlina Lúcia dos Santos Weber</i>	
<i>Cristiane Ramos Vieira</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8551914035	

CAPÍTULO 6 47

ESTRATÉGIA NA SELEÇÃO DE MILHO QUANTO A EFICIÊNCIA AO NITROGÊNIO NO ESTADO DO PARÁ SAFRA 2017/2018

Weder Ferreira dos Santos
Elias Cunha de Faria
Layanni Ferreira Sodré
Rafael Marcelino da Silva
Eduardo Tranqueira da Silva
Fernando Assis de Assunção
Lázaro Tavares da Silva

DOI 10.22533/at.ed.8551914036

CAPÍTULO 7 54

VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DA ESTRUTURA DE NEOSSOLOS, APÓS A INSERÇÃO DA CULTURA DA SOJA, COM PREPARO CONVENCIONAL

Lucas Nascimento Brum
Julio César Wincher Soares
Daniel Nunes Krum
Jéssica Santi Boff
Higor Machado de Freitas
Pedro Maurício Santos dos Santos
Vitória Silva Coimbra
Matheus Ribeiro Gorski
Thaynan Hentz de Lima

DOI 10.22533/at.ed.8551914037

CAPÍTULO 8 65

ÍNDICE DE ESTRATIFICAÇÃO DE CARBONO EM ÁREAS DE EXPANSÃO DA AGRICULTURA NA REGIÃO SUL DO BRASIL

Nádia Goergen
Felipe Bonini da Luz
Ijésica Luana Streck
Marcos André Bonini Pires
Jovani de Oliveira Demarco
Vanderlei Rodrigues da Silva

DOI 10.22533/at.ed.8551914038

CAPÍTULO 9 74

NUTRITIONAL AND PHENOLOGICAL INFLUENCE IN ESSENTIAL OILS OF *Eugenia dysenterica* ("CAGAITEIRA")

Yanuzi Mara Vargas Camilo
Eudécio Bonfim dos Santos Dias
Eli Regina Barboza de Souza
Suzana Costa Santos
José Realino de Paula
Pedro Henrique Ferri

DOI 10.22533/at.ed.8551914039

CAPÍTULO 10 88

QUIMIOVARIAÇÕES EM CASCAS E SEMENTES DE JABUTICABAS EM FUNÇÃO DOS NUTRIENTES DO SOLO DE CULTIVO DOS FRUTOS

Gustavo Amorim Santos
Luciane Dias Pereira
Suzana da Costa Santos

Pedro Henrique Ferri

DOI 10.22533/at.ed.85519140310

CAPÍTULO 11 103

RESPOSTA DA CULTURA DO MILHO SOBRE EFEITO DE INOCULAÇÃO EM DIFERENTES DOSAGENS DE NITROGÊNIO

Leandro dos Santos Barbosa

Fernando Zuchello

Paula Fernanda Chaves Soares

DOI 10.22533/at.ed.85519140311

CAPÍTULO 12 112

SOLUÇÕES CONSERVANTES EM ARMADILHAS *PITFALL TRAPS* PARA CAPTURA DA FAUNA EPIEDÁFICA

Ketrin Lohrayne Kubiak

Dinéia Tessaro

Jéssica Camile Silva

Luis Felipe Wille Zarzycki

Karina Gabrielle Resges Orives

Regiane Franco Vargas

Maritânia Santos

Bruno Mikael Bondezan Pinto

DOI 10.22533/at.ed.85519140312

CAPÍTULO 13 127

USO DE COVARIÁVEIS AMBIENTAIS PARA A PREDIÇÃO ESPACIAL DO CONTEÚDO DE CARBONO ORGÂNICO DO SOLO

Nícolas Augusto Rosin

Ricardo Simão Diniz Dalmolin

Jean Michel Moura-Bueno

Taciara Zborowski Horst

João Pedro Moro Flores

Diego José Gris

DOI 10.22533/at.ed.85519140313

CAPÍTULO 14 136

USO DO BIOATIVADOR DE SOLO E PLANTA NA CULTURA DO MILHO SEGUNDA SAFRA

Cláudia Fabiana Alves Rezende

Rodrigo Caixeta Pinheiro

Jéssica de Lima Pereira

Carlos Henrique Melo

Thiago Rodrigues Ramos Farias

João Maurício Fernandes Souza

DOI 10.22533/at.ed.85519140314

CAPÍTULO 15 148

UTILIZAÇÃO DE PSEUDO-AMOSTRAGEM NO MAPEAMENTO DIGITAL DE SOLOS NO MUNICÍPIO DE SÃO JOÃO DO POLÉSINE-RS UTILIZANDO FLORESTA ALEATÓRIA

Daniely Vaz Rodrigues da Silva

Ricardo Simão Diniz Dalmolin

Jéssica Rafaela da Costa

Jean Michel Moura-Bueno

Cândida Regina Müller

Beatriz Wardzinski Barbosa

DOI 10.22533/at.ed.855191403

CAPÍTULO 16 156

VARIABILIDADE E CORRELAÇÕES ESPACIAIS DAS PROPRIEDADES QUÍMICAS DE NEOSSOLOS, SOB CULTIVO MÍNIMO, NUMA CATENA DO PAMPA

Jéssica Santi Boff

Julio César Wincher Soares

Claiton Ruviano

Kauã Ereno Fumaco

Daniel Nunes Krum

Pedro Maurício Santos dos Santos

Higor Machado de Freitas

Lucas Nascimento Brum

Vitória Silva Coimbra

DOI 10.22533/at.ed.85519140316

CAPÍTULO 17 168

VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DA MATÉRIA ORGÂNICA, FÓSFORO E POTÁSSIO DE NEOSSOLOS, APÓS A INSERÇÃO DA CULTURA DA SOJA, COM PREPARO CONVENCIONAL

Higor Machado de Freitas

Julio César Wincher Soares

Pedro Maurício Santos dos Santos

Daniel Nunes Krum

Lucas Nascimento Brum

Jéssica Santi Boff

Matheus Ribeiro Gorski

Thaynan Hentz de Lima

DOI 10.22533/at.ed.85519140317

SOBRE O ORGANIZADOR..... 176

RESPOSTA DA CULTURA DO MILHO SOBRE EFEITO DE INOCULAÇÃO EM DIFERENTES DOSAGENS DE NITROGÊNIO

Leandro dos Santos Barbosa

Facc - Faculdade Concórdia, Concórdia, Santa Catarina.

Fernando Zuchello

Facc - Faculdade Concórdia, Concórdia, Santa Catarina.

Paula Fernanda Chaves Soares

UNIG - Universidade Iguazu, Nova Iguazu, Rio de Janeiro

RESUMO: Estudos realizados com a inoculação de *Azospirillum brasilense* nas culturas de interesse econômico do grupo das gramíneas têm demonstrado grandes benefícios ao crescimento e desenvolvimento das plantas, pela produção de alguns hormônios dos vegetais e da fixação biológica de nitrogênio que trazem efeitos positivos ao meio ambiente, reduzindo a necessidade de adubação nitrogenada. Contudo, estirpes eficientes e genótipos promissores, devem ser associados para que se obtenham benefícios com essa associação. Desta forma, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a resposta de um híbrido de milho à associação com *A. brasilense* e adubação nitrogenada. O delineamento experimental empregado foi em esquema fatorial 1x2x5 com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos no híbrido de milho P-4285YHR; inoculação ou não de produto comercial a

base de *A. brasilense*, e cinco doses de N (0, 72, 117, 162 e 207 kg ha⁻¹). Foram avaliados os parâmetros: Altura de planta, comprimento e diâmetro de espiga, peso total de grãos por parcela, verificação da produtividade e análise a viabilidade. Houve interação entre inoculação e adubação nitrogenada no estágio vegetativo da cultura e adubação nitrogenada para a produtividade. O híbrido respondeu as variáveis analisadas e a aplicação de doses crescentes de N proporcionou incrementos para variáveis de produtividade. Houve influência da inoculação com *A. brasilense* na cultura, que apresentaram incremento em presença da inoculação.

PALAVRAS-CHAVE: *Zea mays* L., inoculação, bactérias diazotróficas, doses de nitrogênio.

ABSTRACT: Studies carried out with the inoculation of *Azospirillum brasilense* on crops of economic interest of the grasses group have shown great benefits to the growth and development of the plants, by the production of some plant hormones and biological nitrogen fixation that bring positive effects to the environment, reducing the need for nitrogen fertilization. However, efficient strains and promising genotypes should be associated in order to obtain benefits from this association. The objective of evaluating the response of a corn hybrid to the association with *A. brasilense* and nitrogen fertilization. The experimental

design used in a 1x2x5 factorial scheme with four replications. The treatments were constituted in maize hybrid P-4285YHR; inoculation or not of commercial product based on *A. brasilense*, and five doses of N (0, 72, 117, 162 and 207 kg ha⁻¹). The following parameters evaluated: plant height, spike length and diameter, total grain weight per plot, productivity check and viability analysis. There was interaction between inoculation and nitrogen fertilization at the vegetative stage of the crop and nitrogen fertilization for yield. The hybrid responded to the analyzed variables and the application of increasing doses of N provided increases for productivity variables. There was influence of the inoculation with *A. brasilense* in the culture, which presented increase in presence of the inoculation.

KEYWORDS: *Zea mays* L., inoculation, diazotrophic bacteria, nitrogen doses.

1 | INTRODUÇÃO

Mediante o crescimento populacional exponencial das últimas décadas (FAO, 2017) a preocupação com segurança alimentar e nutricional aliada a sustentabilidade tem ganhado foco. Cada vez mais, se faz necessário o aumento de produtividade para atender a população sem degradar o meio ambiente. Neste cenário, a fixação biológica de nitrogênio (FBN) pelas bactérias diazotróficas rizosféricas é uma das tecnologias que está sendo utilizadas para redução de insumos agrícolas, com acréscimo de produtividade e com um ganho muito importante para o meio ambiente pela minimização da emissão de gases de efeito estufa (MAPA, 2014).

O milho (*Zea Mays*) é um cereal largamente utilizado para alimentação humana e animal, possuindo excepcionais qualidades nutricionais: fonte de vitaminas, carboidratos, aminoácidos e sais minerais e estando presente na manutenção da dieta humana (MENKIR et al., 2008). Servindo de para alimentação humana *in-natura* ou como matéria prima para subprodutos como doces, cremes, sucos, saladas, sorvetes, etc (BERGEROT, 2013), e para a alimentação animal serve de matéria prima para rações balanceadas, sendo um dos principais ingredientes com função de fornecer energia ao animal (ZARDO & LIMA, 1999).

Toda via, a cultura do milho é muito exigente em nutriente, sendo o nitrogênio o elemento mineral mais importante e que limita sua produtividade (GIRACCA et al, 2015). Para suprir a demanda da cultura são realizadas adubações nitrogenadas com elevadas doses de N, porém, os fertilizantes nitrogenados elevam o custo de produção, e somado a essa questão, o fertilizante nitrogenado mais utilizado (ureia) é derivado de petróleo, por tanto, um recurso energético não renovável com grande impacto ao meio ambiente (DOTTO et al, 2010).

Assim a FBN surge como alternativa para viabilizar uma produção com menores custos, além de minimizar o impacto ambiental causado pela emissão de N₂O. Dessa forma, a utilização do potencial genético das plantas, aliado aos recursos biológicos do solo, como as bactérias fixadoras de nitrogênio apresenta grande potencial para suprir

a demanda da cultura fixando nitrogênio (N₂), sendo um desafio para uma agricultura sustentável (GRAHAM & VANCE, 2000)

A FBN é largamente utilizada em leguminosas, já em gramíneas é mais recente, existindo divergências de autores quanto sua eficiência. Godoy et al., (2011) utilizaram como inoculante cepas de *Azospirillum brasilense* e não encontraram respostas positivas da inoculação sobre a produtividade do milho. Por outro lado, Hungria et al., (2010) avaliaram o uso de *Azospirillum brasilense* sobre o milho e encontraram um aumento em 30% na produtividade em relação ao controle sem inoculação, enquanto Xu et al, (2018) testando diferentes estirpes afirma que o houve crescimento das plantas aumentando em pelo menos um parâmetro ou na concentração de nutrientes das plantas de milho.

Diante disso, esta pesquisa tem como objetivo avaliar a resposta do milho sobre efeito de inoculação com *Azospirillum brasilense* em diferentes dosagens de nitrogênio fornecendo informações para os agricultores.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido a campo no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Catarinense - Câmpus Concórdia localizado na Rodovia SC 283 - Km 08 - Bairro Fragosos - Concórdia - Santa Catarina está em uma longitude de 52° 5'0,08"O, latitude 27° 12'10,36" S e altitude média de 639 metros. O clima da região, segundo a classificação de Köppen e Geiger é subtropical úmido (Cfa), com temperatura média de 18.4 °C e pluviosidade média anual de 1878 mm.

O delineamento experimental utilizado foi em esquema fatorial 1 x 2 x 5, com quatro blocos. O primeiro fator refere-se aos híbridos simples de milho, P-4285YHR, com ciclo produtivo precoce; o segundo fator é relativo à inoculação ou não de produto comercial a base de *Azospirillum brasilense* (líquido); e o terceiro fator refere-se às diferentes doses de N em adubação de cobertura. Cada parcela experimental contou com 6 linhas de plantio com espaçamento de 0,5 m entre linhas e 5 metros de comprimento totalizando 12,5 m² por parcela, considerando parcela útil as 4 linhas centrais e desconsiderando 1 metro das laterais como bordadura e os corredores de 1 m de largura entre parcelas e 1 m de largura entre blocos totalizando área total do experimento de 775,5 m².

Para inoculação das sementes foi utilizado um produto comercial líquido (Nitro1000®) com composição de *Azospirillum brasilense*, estirpes AbV5 e AbV6, vitaminas, sais minerais, fonte de carbono, água, espessante, conservante e estabilizante PVP (aquoso) com concentração de 2,0 x 10⁸ células viáveis por mL. A inoculação foi realizada adicionando-se o inoculante, na proporção de 100 mL do produto para 60.000 sementes, com auxílio de pipetas, diretamente sobre as sementes, em sacos plásticos. Posteriormente agitado por aproximadamente 2 minutos para

uniformizar a distribuição do produto nas sementes. A massa de sementes foi mantida à sombra por 10 minutos e logo em seguida feita a semeadura.

A adubação de base foi realizada no dia 16 de outubro de acordo com as análises de solo e recomendações conforme descritas pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo - CQFS-RS/SC (2004). Foram adicionados no sulco de semeadura 27 kg ha⁻¹ de N, 99 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 36 kg ha⁻¹ de K₂O, utilizando-se como fonte o adubo de formulação 09- 33-12, e aplicação realizada com semeadora adubadora de arrasto e trator.

A semeadura foi realizada em 20 de outubro utilizando-se o sistema de semeadura direta feita com semeadora manual deixando-se 7 sementes por metro linear. Após 15 dia da emergência (DAE), foi realizado o desbaste mantendo uma população 3,5 plantas por metro linear, num total de 70.000 plantas ha⁻¹.

A adubação de cobertura, foi realizada em duas etapas, uma no estágio V4 e outra V8, nas dosagens de 0, 45, 90, 135 e 180 kg ha⁻¹ de N utilizando ureia como fonte de N.

As avaliações foram feitas em estágio R6 (maturação fisiológica) da cultura, sendo colhidas 10 espigas da área útil previamente delimitada. Foi determinado o comprimento médio e diâmetro de espiga com régua graduada. O peso total de grãos foi obtido pelo somatório das massas de grãos das 10 espigas.

A análise estatística foi feita com auxílio do software estatístico R. Para testar a normalidade e homogeneidade das variâncias dos erros foram utilizados os testes de Shapiro Wilck de Cochran & Bartley, respectivamente. Com os pressupostos atendidos, foi realizada a análise de variância (ANOVA) com a aplicação do teste F e, para as variáveis, cujo teste F for significativo, as médias foram comparadas, uma a uma, pelo teste Tuckey, (P<0,05).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O peso total de grãos não inoculado para todas as doses diferiram significativamente, observando incremento de peso juntamente com a elevação nas dosagens, isso já se era esperado já que o híbrido escolhido é de alta tecnologia e responsável a adubação nitrogenada. A mesma situação ocorre para os tratamentos inoculado. Ulger et al. (1995) constataram estreita ligação entre o teor de N presentes nas folhas e os componentes de rendimento, como número de grãos por espiga e massa de grãos, exercendo influência no enchimento de grãos e na produtividade da cultura.

Houve diferença significativa entre as doses inoculadas e as não inoculada, onde o inoculado obteve maior peso de grãos, com elevação gradual na massa produzida nas parcelas em que foi aplicado as maiores doses de adubação nitrogenada. Quanto ao tratamento inoculado a produtividade média foi de 188 sacas ha⁻¹, e a menor de 45 sacas, para as doses de 207 kg ha⁻¹ de N e de 0 kg ha⁻¹ de N (Figura 1).

Nota-se que quanto maior a dose de N maior a diferença de produtividade do inoculado para o não inoculado, Dobbelaere (2002) verificaram que o efeito da inoculação de *Azospirillum brasilense* estirpe Sp 245 e *Azospirillum irakense* estirpe KBC1 foi maior quando associado às doses de N.

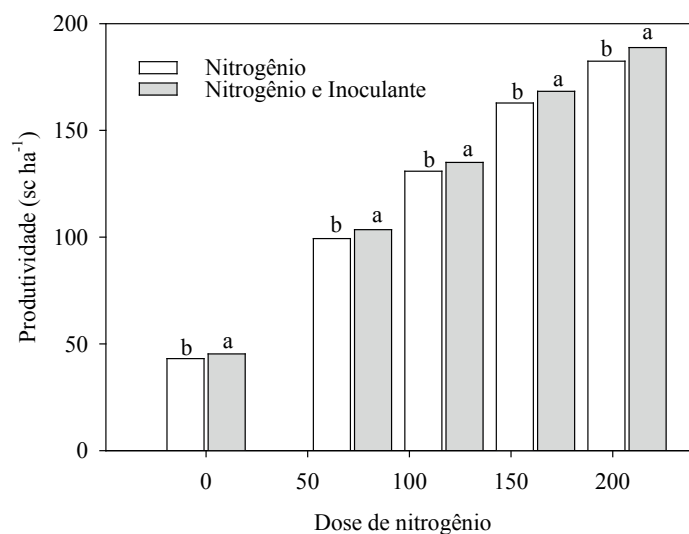


Figura 1. Produtividade em sacas por hectare, para cada dose utilizada no experimento. Médias seguidas de mesma letra dentro de cada dose não diferem entre si pelo teste de Tukey $p < 0,05$

Para as doses de nitrogênio utilizadas, o aumento da produtividade de 0 a 207 kg N ha⁻¹, no tratamento não inoculado, elevou linearmente a produtividade das plantas (Figura 2). Já para as doses em que foi associado a inoculação a resposta foi também linear, com a produtividade 45 a 188 sacas por hectare.

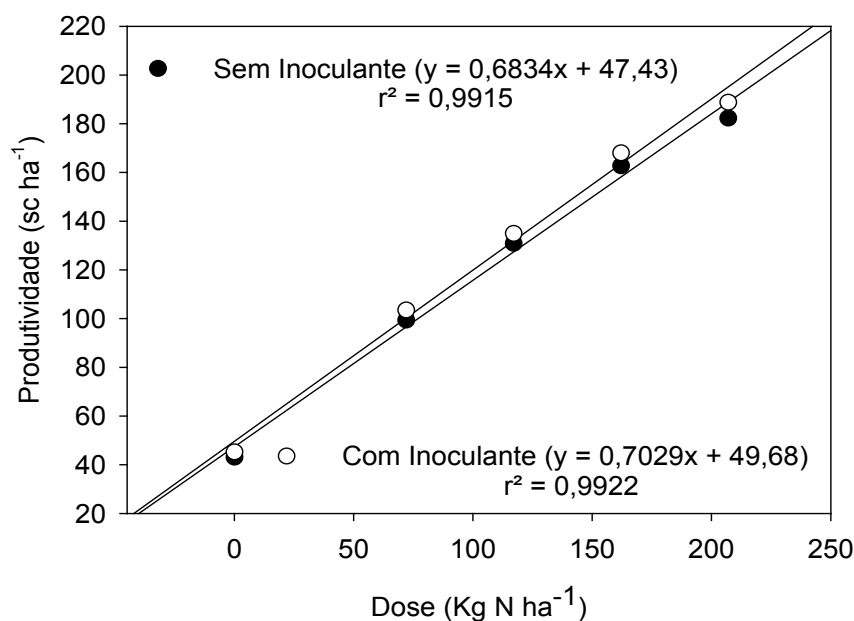


Figura 2. Regressão entre a produtividade em sacas por hectare e as doses de nitrogênio utilizadas no experimento, para os tratamentos inoculados e não inoculados.

Na comparação entre os tratamentos o inoculado sempre foi superior ao não

inoculado. Ferreira et al. (2009), ao estudarem o efeito de diferentes doses de N para três genótipos de milho, constataram que o aumento das doses de N proporcionou reflexo direto na produtividade de grãos. A superioridade da inoculação foi de 2,2 sacas para a dose de 0 kg ha⁻¹ de N, 4 sacas par as doses de 72 e 117 kg ha⁻¹ de N, de 5,3 sacas para a dose de 162 kg ha⁻¹ de N e de 6,4 sacas para a dose de 207 kg ha⁻¹ de N (Figura 3). No comparativo de inoculado e não inoculado com mesma dose de N, em todos os resultados obtidos teve diferença significativa, obtendo-se maior produtividade no inoculado, houve influência da inoculação com *A. brasilense* apresentando incremento na presença da inoculação.

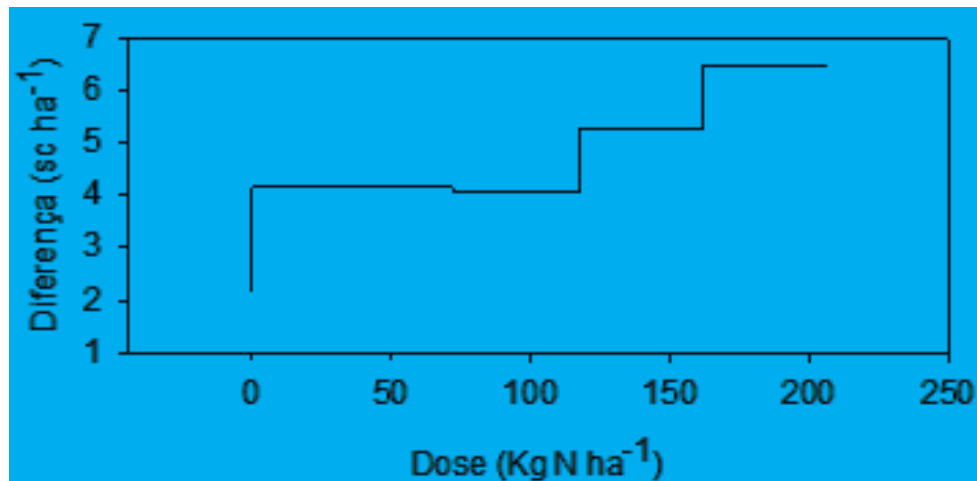


Figura 3. Diferença de produtividade em sacas por hectare, para cada dose utilizada no experimento.

Como constatado houve maiores rendimentos com a utilização do inoculante a base de *Azospirillum brasilense*, percebe-se que há viabilidade econômica no uso dessa tecnologia, já que o custo por hectare é baixo e ganho de produtividade foi comprovado, como visto por Hungria et al. (2010), a inoculação com *Azospirillum brasilense* proporcionou 24 a 30% de incremento no rendimento em relação a ausência de inoculação e Braccini et al. (2012) notaram que a inoculação das sementes com estirpes Abv5 e Abv6 de *A. brasilense* proporcionou incremento de produtividade do milho quando comparado aos tratamentos sem inoculação.

Os híbridos de milho apresentam comportamento diferenciado quanto à maioria das variáveis analisadas, houve maiores rendimentos com a utilização do inoculante a base de *Azospirillum brasilense*. Como constatado houve maiores rendimentos com a utilização do inoculante a base de *Azospirillum brasilense*, percebe-se que há viabilidade econômica no uso dessa tecnologia, já que o custo por hectare e baixo e ganho de produtividade foi comprovado, como visto por Hungria et al. (2010), a inoculação com *Azospirillum brasilense*, proporcionou 24 a 30% de incremento no rendimento em relação a ausência de inoculação e Braccini et al. (2012) notaram que a inoculação das sementes com estirpes Abv5 e Abv6 de *Azospirillum brasilense*, proporcionou incremento de produtividade do milho quando comparado aos tratamentos

sem inoculação.

O aumento da produtividade devido à inoculação com *Azospirillum* nos ensaios conduzidos no Brasil foi correlacionado não só com o aumento do N, mas também com outros nutrientes, como o P e K, fato também relatado em outros países (BASHAN & HOLGUIN, 1997; STEENHOUDT & VANDERLEYDEN, 2000; BASHAN et al., 2004).

Em relação aos níveis de N utilizados, os resultados mostram que, na média, houve um incremento significativo no número e na massa das espigas com o uso do nutriente. Esse efeito positivo do N sobre o rendimento do milho já é bastante conhecido e reforça a importância do elemento para a cultura. Segundo Bredemeier & Muddstock (2000), o N atua diretamente no desenvolvimento do milho, influenciando o rendimento da planta mais do que qualquer outro nutriente.

Nos parâmetros avaliados a realização de inoculação demonstrou-se como uma eficiente alternativa para alavancar a produtividade da cultura do milho. Também efeitos significativos no crescimento e produção das plantas de milho foram obtidos com uma combinação de bactérias indicando uma interação desconhecida ou talvez uma especificidade entre o genótipo da planta e a estirpe bacteriana (BASHAN & HOLGUIN, 1997). Outro estudo foi realizado em sorgo por García-Olivares et al. (2006) testando diversas cepas de *Azospirillum brasilense* que observaram um incremento na biomassa de grãos quando utilizada a inoculação, segundo os autores houve diferenças significativas entre as cepas na produção de grãos, devido principalmente às condições ambientais variáveis durante a colonização de cada cepa, segundo eles a inconsistência de resultados se deve a diversos fatores que são difíceis de identificar.

A utilização de inoculação do milho se torna uma nova ferramenta disponível e viável para os agricultores do Oeste Catarinense, justificada pelos índices observados no acréscimo na produtividade. Em estudos realizados por Campos et al. (2000) na cultura do milho, testando inoculante à base de uma estirpe de *Azospirillum* sp., os autores observaram, que o produto testado não incrementou o rendimento de grãos. Estes resultados foram atribuídos a escolha da estirpe que não foi suficientemente eficiente, e destacam a necessidade de se buscar e testar estirpes adaptadas a cada região em termos de clima, sistema de manejo e cultivares.

Em um extenso estudo em um conjunto de nove ensaios realizados em Londrina e Ponta Grossa, sul do Brasil, com nove estirpes de *Azospirillum*, Hungria et al. (2010) concluíram que as cepas de *A. brasilense* AbV4, AbV5, AbV6 e AbV7 aumentaram o rendimento de grãos de milho de 662 a 823 kg ha⁻¹, 24 a 30%, em relação ao controle não inoculado. Em um segundo ensaio conjunto, com oito experimentos em Londrina e Ponta Grossa, com inoculantes a base de *A. brasilense*, as cepas AbV5 e AbV6 aumentaram o rendimento de milho em 26% (Hungria et al., 2010). Os autores afirmam que os efeitos da inoculação foram atribuídos ao aumento geral da absorção de macro e micronutrientes e não especificamente a fixação biológica de nitrogênio. Também Cavallet et al. (2000) utilizando a inoculação de um produto comercial (Graminante®) à base de *Azospirillum* sp. teve como resultado um aumento significativo rendimento

de grãos de milho de 17%.

Porém, a imprevisibilidade dos resultados de inoculação, positivos e negativos, como o demonstrado por este trabalho, é o que tem limitado o uso comercial destes organismos como inoculantes na agricultura. Os possíveis fatores desta imprevisibilidade podem ser: a competitividade do inoculante com a população nativa de microrganismos, dificuldades na formulação de inoculantes (manutenção da viabilidade, alto número de células e estágio do crescimento), baixa sobrevivência das estirpes inoculadas nos diferentes solos, agentes microbianos adversos, especificidade do inoculante, entre outros (BASHAN E HOLGUIN, 1997).

Percebe-se que há viabilidade econômica no uso dessa tecnologia, já que o custo por hectare é baixo frente ao ganho de produtividade comprovado. A inoculação com *Azospirillum brasilense* é uma tecnologia barata e de baixo impacto ambiental. No entanto, sua indicação técnica ainda precisa ser melhorada, levando-se em conta, entre outros fatores, os genótipos e o nível de investimento adotados na lavoura. Adicionalmente, é necessário buscar e estudar novas estirpes e formulações de inoculantes para aumentar a eficiência da inoculação com o objetivo de diminuir a dose de fertilizantes nitrogenados ou aumentar o rendimento de grãos da cultura do milho.

4 | CONCLUSÕES

Nos parâmetros avaliados a realização de inoculação demonstrou-se como uma eficiente alternativa para alavancar a produtividade da cultura do milho.

A utilização de inoculação do milho se torna uma nova ferramenta disponível e viável para os agricultores do Oeste Catarinense, onde representa uma alternativa de baixo custo, justificada pelos índices observados no acréscimo na produtividade.

REFERÊNCIAS

Bashan, Y.; Holguin, G. *Azospirillum* – plant relationships: environmental and physiological advances (1990-1996). *Canadian Journal of Microbiology*, v.43, p.103-121, 1997.

Bashan, Y.; Holguin, G.; DE- Bashan, L.E., *Azospirillum*-plant relations physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997-2003). *Canadian Journal of Microbiology*, v.50, p.521-577, 2004.

Braccini, L.A.; Dan, L.G.M.; Piccinin, G.G.; Albrecht, L.P.; Barbosa, M.C.; Ortiz, A.H.T. (2012) Seed inoculation with *Azospirillum brasilense*, associate with the use of bioregulators in maize. *Caatinga*. 25:58-64.

Bredemeier, C.; Mundstock, CM. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. *Ciência Rural*, v.30, p.365-372, 2000. Disponível em: . Acesso em: 14 ago. 2013.

Campos, B.C.; Theisen, S.; Gnatta, V. Avaliação do inoculante “Graminante” na cultura de milho. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 30, n. 4, p. 713-715, 2000.

Cavallet, L.E.; Pessoa, A.C. S.; Helmich, J.J.; Helmich, P.R.; OST, C.F. produtividade do milho em resposta à aplicação de nitrogênio e inoculação das sementes com *Azospirillum* sp. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 129-132, 2000.

Dobbelaere, S. Effect of inoculation with wild type *Azospirillum brasilense* and A. (2002) irakense strains on development and nitrogen uptake of spring wheat and grain maize. Biology and Fertility of Soils. 36:284–297.

Dotto, Adriano P.; Lana, Maria do C.; Steiner, Fábio; Frandoloso, Jucenei F. 2010. Produtividade do milho em resposta à inoculação com *Herbaspirillum seropedicae* sob diferentes níveis de nitrogênio Revista Brasileira de Ciências Agrárias, vol. 5, núm. 3, pp. 376-382

Farinelli, R.; Lemos, L.B. Nitrogênio em cobertura na cultura do milho em preparo convencional e plantio direto consolidados. Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia, v.42, n.1, p.63-70, 2012.

Ferreira, A. de O.; Sá, J.C de M.; Briedis, C.; Figueiredo, A.G. (2009) Desempenho de genótipos de milho cultivados com diferentes quantidades de palha de aveia-preta e doses de nitrogênio. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 44:173-179.

Food and Agriculture Organization, (2017) Estado da Segurança Alimentar e da Nutrição no Mundo. <http://www.fao.org/state-of-food-security-nutrition/es/>, Acessado em 28 de Abr de 2018.

Giracca, E. M. N.; Nunes, J. L. S. Nitrogênio (N) – Fertilizantes. Agrolink, 2015. Disponível em: http://www.agrolink.com.br/fertilizantes/nutrientes_nitrogenio.aspx Acesso em 28 de Abr de 2018.

Glick BR. Plant growth-promoting bacteria: mechanisms and applications. Scientifica 2012. <http://dx.doi.org/10.6064/2012/963401>, Acessado em: 28 de Abr. 2018.

Godoy, J. C.; Watanabe, S. H.; Fiori, C. C. L.; Guarido, R. C. (2011) Produtividade de milho em resposta a doses de nitrogênio com e sem inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense*. Campo Digital. 6:26-30.

Graham, P. H.; Vance C. P. 2000. Nitrogen fixation in perspective: an overview of research and extension needs. Field Crops Res, v. 65, n. 2-3, p. 93-106.

Hungria, M.; Campo, R.J.; Souza, E.M.S.; Pedrosa, F.O. (2010) Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. Plant Soil. 331:413–425.

MENKIR, A.; LIU, W.; WHITE, W.S.; MAZIYA-DIXON, B.; ROCHEFORD, T. 2008. Carotenoid diversity in tropical-adapted yellow maize inbred lines. Food Chemistry 109, 521-529.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, (2014) Fixação Biológica do Nitrogênio. Programa ABC – Agricultura de Baixo Carbono.

Ohland, R.A.A.; Souza, L.C.F.; Hernani, L.C. et al. Culturas de cobertura do solo e adubação nitrogenada no milho em plantio direto. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v.29, n.3, p.538-544, 2005

Pandolfo, C.M.; Veiga, M.; Massignam, A.M. Resposta do milho à adubação nitrogenada quando cultivado em sucessão a plantas de cobertura de inverno, no sistema plantio direto. Agropecuária Catarinense, v.19, n.3, p.79-83, 2006.

Ulger, A.C.; Becker, A.C.; Kant, G. (1995) Response of various maize inbred line and hybrids to increasing rates of nitrogen fertilizer. Journal of Agronomy and Crop Science 159:157-1.

Valer, E.K.; Cirpiani, K.; Biazussi, C.; Pappen, A.; Sordi, A.; Cericato, A.; Lajús, C.R. (2017) Rendimento do milho (*Zea mays* L.) inoculado com *Azospirillum brasilense* e fertilizado com nitrogênio mineral. **Unoesc & Ciência - ACET**, v. 8, n. 1, p. 79-86, ISSN 2178-342X. Disponível em: <<https://editora.unoesc.edu.br/index.php/acet/article/view/13026>>. Acessado em: 30 Abr. 2018.

Xu. J.; Kloepper, J.W.; Huang, P.; McInroy, J.A.; Hu, C.H. (2018) Isolation and characterization of N₂-fixing bacteria from giant reed and switchgrass for plant growth promotion and nutrient uptake. Journal of Basic Microbiology. <https://doi.org/10.1002/jobm.201700535>

SOBRE O ORGANIZADOR

Leonardo Tullio - Doutorando em Ciências do Solo pela Universidade Federal do Paraná – UFPR (2019-2023), Mestre em Agricultura Conservacionista – Manejo Conservacionista dos Recursos Naturais (Instituto Agronômico do Paraná – IAPAR (2014-2016), Especialista MBA em Agronegócios – CESCAGE (2010). Engenheiro Agrônomo (Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais- CESCAGE/2009). Atualmente é professor colaborador do Departamento de Geociências da Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG, também é professor efetivo do Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais – CESCAGE. Tem experiência na área de Agronomia. E-mail para contato: leonardo.tullio@outlook.com

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-185-5

