

Evento: XXVII Seminário de Iniciação Científica

**A CONTRIBUIÇÃO DA MODELAGEM MATEMÁTICA NA PRODUTIVIDADE
DO MILHO PELO USO DE NITROGÊNIO E INOCULANTE¹
THE CONTRIBUTION OF MATHEMATICAL MODELING IN CORN
PRODUCTIVITY BY USE NITROGEN AND INOCULANT**

**Fagner Weirich², Elizandro Locateli³, Rubia Diana Mantai⁴, Sabrina Aquino
Zarzicki⁵, Francieli Almeida Rocha Locateli⁶, Daiane Dos Santos Da Silva
Weirich⁷**

¹ Parte de Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Matemática

² Licenciado em Matemática da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, fagner18weirich@gmail.com

³ Licenciado em Matemática da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, elizandroelizandrolocateli@hotmail.com

⁴ Professora do Departamento de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, rdmantai@santoangelo.uri.br

⁵ Licenciado em Matemática da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, sabrinaazarzicki@aluno.santoangelo.uri.br

⁶ Licenciada em Pedagogia da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, francielirocha2008@hotmail.com

⁷ Licenciada em Pedagogia da Faculdade CNEC Santo Ângelo, daiane18weirich@gmail.com

INTRODUÇÃO

O uso da modelagem matemática nas ciências agrárias, tornou-se uma ferramenta eficaz e complementar às pesquisas, sendo caracterizada como um conjunto de ações as quais envolvem atividades em busca de soluções, além disso, utilizada para explicar e interpretar fatos, realizar previsões e mostrar tendências (Biembengut e Hein, 2000). O emprego de modelos matemáticos geram importantes informações para o planejamento agrícola, viabilizando sistemas sustentáveis.

O milho é uma das principais culturas de verão com grande importância econômica para o estado do Rio Grande do Sul. A adubação nitrogenada é um dos fatores que mais contribui para o aumento da produtividade do milho, podendo influenciar inclusive na qualidade dos grãos (Farinelli e Lemos, 2012). Sua disponibilidade afeta diretamente a área foliar, a taxa de fotossíntese, o crescimento do sistema radicular, o tamanho de espigas, o número e a massa e a sanidade dos grãos (Ferreira et al., 2001)

Outro componente atuante no cultivo do milho é o uso de inoculantes, constituintes de microrganismos que produzem uma grande variedade de hormônios que auxiliam no crescimento vegetal, sendo capazes de aumentar a superfície de absorção das raízes da planta, não só em comprimento, mas também no número de pelos radiculares, responsáveis pela absorção de nutrientes e de água. O uso de inoculantes vem a ser uma alternativa de redução de custos com

Evento: XXVII Seminário de Iniciação Científica

insumos sem perda na produtividade (Reis; Resende; Xavier, 2014).

A contribuição da modelagem matemática no cultivo do milho se dá através de modelos conceituais e fórmulas pré-determinadas, unindo assim teoria e prática. Portanto, o uso de modelos matemáticos podem avaliar e simular a produtividade do milho pelo uso de distintas doses de fertilizante nitrogenado e tipos de inoculantes, maximizando a produtividade do milho e determinando um manejo mais sustentável.

O objetivo deste trabalho é aplicar a modelagem matemática para explicar a dinâmica de produtividade de grãos de milho, influenciados por distintas doses de fertilizante nitrogenado e tipos de inoculantes.

MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no município de São Miguel das Missões, durante a safra de 2018/2019. O experimento foi delineado em blocos casualizados com quatro repetições, seguindo um modelo fatorial 4x3, representando quatro doses adubações nitrogenadas (0, 60, 120 e 250 kg/ha) e três tipos de inoculantes (sem inoculação, com inoculante (*Rhizobium*) e coinoculante (*Rhizobium* + *Azospirillum*)). A semente de milho utilizada foi transgênica, com resistência a lagarta do cartucho, lagarta da espiga e broca no colmo. A densidade populacional utilizada foi em média de 3,5 plantas por metro linear. A adubação de manutenção com 300 kg ha⁻¹ de NPK (10, 20, 10). Quando o milho se encontrou no estágio V3/V4 foi feita a primeira aplicação da adubação nitrogenada (50% da dose total) com fonte ureia (composta de 45% de N), da mesma forma quando a planta atingiu o estágio V7/V8 foi aplicado os outros 50% da dose total. A estimativa da produtividade de grãos ocorreu de forma manual pela coleta das espigas das 3 linhas centrais de cada parcela, as quais foram debulhadas, pesadas em balança de precisão. Foi realizada a análise de variância para detecção de diferenças estatísticas entre os tratamentos. Testes de médias foram realizados para verificar as diferenças estatísticas entre as médias de produtividade de grãos de cada tratamento, assim como, determinar os melhores manejos. Por fim, regressões polinomiais foram utilizadas para descrever o comportamento da produtividade de grãos em função da adubação nitrogenada. As análises matemáticas e estatísticas foram executadas pelo software Genes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta a análise de variância da produtividade de grãos de milho por dose de nitrogênio e tipos de inoculantes, a fim de verificar se as diferenças nas médias são dadas pelos fatores de tratamento ou ao acaso. O resultado da análise de variância indica que a produtividade de grãos de milho é influenciada tanto pelas doses de nitrogênio como pelos tipos de inoculação, além disso, os fatores também apresentam interação significativa entre eles, mostrando que a produtividade de grãos é diferentemente influenciada na presença de ambos. Desta forma, devemos encontrar modelos matemáticos que expliquem a produtividade de grãos do milho influenciada pela adubação nitrogenada para cada tipo de inoculante.

Evento: XXVII Seminário de Iniciação Científica

Tabela 1- Análise de variância da variável da produtividade de grãos

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	3	211958,5	70652,83	
DN	3	10990602,5	3663534,1	87,2 *
TI	2	102355098,2	51177549,1	1217,6 *
DN X TI	6	13736041,8	2289340,3	54,5 *
Erro	33	1387035,5	2031,3	
Total	47	128680736,6		

N= nitrogênio; GL= grau de liberdade; SQ= soma de quadrados; QM= quadrado médio; F= teste de Fischer; *= significativo a uma probabilidade de 5% de erro.

A Tabela 2, traz o resultado do teste de médias da produtividade de grãos de milho por dose de adubação nitrogenada para cada tipo de inoculante utilizado. Destaca-se que no manejo sem o uso de inoculante, a maior produtividade de grãos se deu com o uso de 120 kg ha⁻¹ de nitrogênio, seguido da dose de 60 Kg N ha⁻¹ como a segunda de maior média. O teste de médias mostra também que, a dose testemunha tem a mesma média de produtividade que a maior dose de nitrogênio aplicada (250 kg N ha⁻¹). Possivelmente a mais elevada dose pode ter levado a planta a direcionar o nitrogênio a outro componente da sua estrutura, e não ao grão.

Tabela 2 - Teste de médias da produtividade de grãos de milho por dose de adubação nitrogenada

Tipos de inoculante	Doses de nitrogênio (kg ha ⁻¹)			
	0	60	120	250
Sem inoculante	12325C	12742B	13000A	12408C
<i>Rhizobium</i>	11617D	12967C	13358B	14600A
<i>Rhizobium</i> + <i>Azospirillum</i>	15342D	16018B	16987A	15580C

Valores médios com seguidos de letras iguais na linha não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade de erro.

O manejo da cultura do milho com o uso de inoculante *Rhizobium* (Tabela 2) mostrou uma tendência de crescimento linear da produtividade de grãos. O uso de *Rhizobium* capta o nitrogênio da atmosfera e transforma em nitrogênio assimilável para o milho, desta forma, o uso desta bactéria possivelmente tenha auxiliado a planta quanto a absorção do nitrogênio de forma natural e química, aumentando sua produtividade de grãos.

Destaque se dá ao uso da coinoculação (*Rhizobium* + *Azospirillum*) (Tabela 2), onde a maior produtividade de grãos de milho é alcançada com o uso de 120 kg ha⁻¹ de nitrogênio. O uso combinado dos dois inoculantes auxiliaram a absorção do nitrogênio pelas raízes e pelas folhas, como resultado temos a redução do uso de adubação química nitrogenada. Conforme Tabela 2, temos para a dose 120 kg ha⁻¹ de nitrogênio, um acréscimo de 30% na produtividade de grãos na comparação da testemunha (sem uso de inoculante) com a coinoculação. Desta forma, a

Evento: XXVII Seminário de Iniciação Científica

inoculação traz ganhos consistentes para o agricultor a baixo custo, junto a redução dos resíduos químicos ao meio ambiente.

Conforme Quadros (2009) a média de incremento na produtividade utilizando a inoculação com *Azospirillum* é em torno de 20 a 30%. Resultado também encontrado neste trabalho. Moreira et al. (2019) comenta que manejo com coinoculação não substitui totalmente a utilização do adubo nitrogenado em cobertura, porém, a aplicação do *Azospirillum* no sulco de semeadura apresenta ainda melhores produtividades quando comparado à inoculação nas sementes.

A Tabela 3 apresenta a equação de regressão da produtividade de grãos de milho em função da dose de nitrogênio aplicada para cada tipo de manejo com inoculação de semente. No manejo do milho sem o uso de inoculante, obteve-se uma equação quadrática, onde atinge-se o valor máximo de produtividade de grãos quando aplicada uma dose de 127 kg ha⁻¹ de nitrogênio, estimando uma produtividade de 12960 kg ha⁻¹ de grãos.

Tabela 3- Modelo de regressão da produtividade de grãos por tipo de manejo com e sem inoculante

Manejo	FV	QM	$PG = ax^2 + bx + c$	R^2	DNs	PGs
Sem Inoculante	L	ns	$12616 - 0,01x$	0	—	—
	Q	*	$12310 + 10,2x - 0,04x^2$	99	127	12960
<i>Rhizobium</i>	L	*	$11935 + 11,17x$	94	—	—
	Q	ns	$11708 + 18,7x - 0,03x^2$	98	—	—
<i>Rhizobium</i> + <i>Azospirillum</i>	L	ns	$15890 + 0,48x$	58	—	—
	Q	*	$15250 + 21,7x - 0,08x^2$	93	135	16721

SS= sistema de sucessão; PG= produtividade de grãos (kg ha⁻¹); FV= fonte de variação; QM= significância do quadrado médio; R²= coeficiente de determinação; DNS= dose ideal simulada de nitrogênio (kg ha⁻¹); PGs= Produtividade de grãos simulada com base na dose ideal de N (kg ha⁻¹); L=equação linear; Q= equação quadrática; * = significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F; ns= não significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

No manejo do milho quando aplicado o inoculante *Rhizobium* (Tabela 3), obteve-se uma equação linear crescente, desta forma, quanto mais nitrogênio é aplicado, maior é a produtividade de grãos, claro que isso não seria viável ao produtor, pois ocasionará um aumento expressivo do custo de produção, e segundo a Tabela 2, os testes de média mostra que a produtividade com *Rhizobium* + *Azospirillum* é maior do que todos as doses de nitrogênio testadas na pesquisa com *Rhizobium*.

Ainda na Tabela 3, quanto ao manejo do milho com *Rhizobium* + *Azospirillum*, obteve-se uma equação quadrática, a qual atinge o valor máximo de produtividade de grãos quando aplicado uma dose de 135 kg ha⁻¹ de nitrogênio, estimando uma produtividade de 16721 kg ha⁻¹ de grãos. Nota-se que, em comparação ao manejo sem inoculante, a dose de nitrogênio que expressa a maior produtividade de grãos são similares, porém a produtividade de grãos com coinoculação é maior,

Evento: XXVII Seminário de Iniciação Científica

onde segundo os dados da pesquisa estima-se ganhos de aproximadamente 3671 kg ha-1.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de coinoculação (Rhizobium + Azospirillum) na semente do milho possibilita reduzir a dose de nitrogênio aplicada em cobertura, tendo maior produtividade de grãos utilizando a coinoculação junto a 120 kg ha-1 de nitrogênio. Destaca-se que o manejo do milho com coinoculação mostrou resultados de produtividade de grãos superiores que os demais tipos testados para todas as doses de nitrogênio aplicadas.

Os modelos de regressão desenvolvidos para a estimar a produtividade de grãos em função da dose de nitrogênio, podem servir como base e tomada de decisão quanto a prática do uso do fertilizante nitrogenado, de modo que, através da interpolação de pontos, é possível estabelecer uma previsão de produtividade futura.

Palavras-chave: Regressão. Teste de média. Zea mays. Fertilização.

Keywords: Regression. Average test. Zea mays. Fertilization.

REFERÊNCIAS

Biembengut, M. S.; Hein, N. Modelagem Matemática no ensino. São Paulo: 2000.

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

Ferreira, A. C. B.; Araújo, G. A. A.; Pereira, P. R. G.; Cardoso, A. A. Características agrônomicas e nutricionais do milho adubado com nitrogênio, molibdênio e zinco. Scientia Agricola, v.58, n.1, p.131-138, 2001.

Moreira, R.C.; Valadão, F. C. A.; Valadão Júnior, D. D. Desempenho agrônômico do milho em função da inoculação com Azospirillum brasilense e adubação nitrogenada. Ciências Agrárias, v. 62, p 1-10, 2019.

Quadros, P. D. Inoculação de Azospirillum em sementes de genótipos de milho cultivados no Rio Grande do Sul. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Dissertação de Mestrado em Ciência do Solo. Porto Alegre, 2009.

Reis, V. M.; Resende, A. S. de; Xavier, G. R. Papel da fixação biológica de nitrogênio na conservação do solo e no manejo sustentável. Agricultura conservacionista no Brasil. Brasília, DF: Embrapa, 2014. 425-445