# MODELOS DE REGRESSÃO POLINOMIAL PARA PRODUTIVIDADE DA AVEIA EM FUNÇÃO DO NITROGÊNIO.

**Fernando P. B. do Amaral1, Rubia D. Mantai2, Maiqueli L. Junges3, Eliani Retzlaff4**

1Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, fernandoamaral70@yahoo.com

2Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, rdmantai@yahoo.com.br

3Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, maiqueli\_junges@hotmail.com

4Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, elianir@urisan.tche.br

**RESUMO:** Este trabalho objetiva utilizar a modelagem matemática através de regressões polinomiais para estimar a produtividade de grãos e biomassa da aveia sob doses de fertilizante nitrogenado em sistemas de cultivo de distinta relação C/N (soja/aveia, milho/aveia), e definir a dose ideal de N-fertilizante que eleve a produtividade de grãos. Foram testadas as doses 0, 30, 60e 120 kg ha-1 de nitrogênio com 4 repetições e em dois sistemas de cultivo. A modelagem matemática aplicada nas ciências agrárias trazem importantes contribuições com o desenvolvimento de modelos de equações polinomiais eficientes. A adubação nitrogenada influencia a produtividade de biomassa e palha através de uma regressão linear crescente, assim, quanto maior a dose aplicada maior a produção. Para a produtividade de grão as equações possuem um comportamento quadrático, com a máxima eficiência técnica do nitrogênio com 83 kg ha-1 no sistema soja/aveia, e de 96 kg ha-1 de nitrogênio no sistema milho/aveia.

**Palavras Chaves:** Modelagem Matemática. Regressão. *Avena sativa* L.

# 1 INTRODUÇÃO

Na busca por compreender o mundo, o homem utiliza de uma importante ferramenta, a matemática. Para isso, necessita-se a criação de um modelo matemático adequado a situação exposta (Ferreira, 2012). A modelagem matemática tem como objetivo estudar maneiras de desenvolver, resolver e implementar modelos matemáticos adequados à sistemas reais. Desta forma, simula saídas para sistemas conforme seus estímulos são aplicados, descrevendo o comportamento dinâmico do sistema (Bedendo, 2012).

A técnica da modelagem matemática já vem sendo usada para estimar a produtividade em diferentes culturas. Através de experimentos, coletam-se dados e usam-se de modelos matemáticos na busca de respostas. Nesta busca, ressalta-se a cultura da aveia, um cereal de inverno, utilizado para produção de grãos, forragem, para a alimentação humana e animal, e em indústrias farmacêuticas (Mori et al., 2012). Seu uso na alimentação humana traz benefícios a saúde, reduzindo o colesterol e a diabetes, auxiliando no funcionamento intestinal, ajudando no funcionamento do sistema imunológico do nosso corpo e na perda de peso (Crestani et al., 2010).

Nos últimos anos a aveia vem se destacando como cultura de inverno, principalmente na região noroeste do estado do Rio Grande do Sul. As estimativas da CONAB (2016) apresentaram um aumento de 38,2% na área de cultivo da aveia, o que acresce também a produção final.

Para alavancar a produtividade da aveia, se faz necessário a disponibilidade de nitrogênio, o qual é o principal fator para produtividade e qualidade de grãos e biomassa (Mantai et al., 2015). Segundo Teixeira Filho et al. (2010) deve-se encontrar uma dose de nitrogênio dita ideal a ser disponibilizada para as gramíneas, pois, doses muito pequenas limitaram a produtividade, e doses muito altas levaram ao acamamento, prejudicando a colheita, causando queda na produção, além de trazer prejuízos ao ambiente, e gastos desnecessários ao produtor.

O manejo inadequado deste produto eleva os custos de produção, de forma que, Ferreira (2012) menciona Raun e Johnson (1999) ao afirmar que “67% do N que são aplicados ao sistema não são aproveitados pelas plantas, tendo-se uma perda anual de 15,9 bilhões de dólares em fertilização nitrogenada”. O nitrogênio não absorvido pela planta, perde-se através da lixiviação, quando se dá excesso de chuvas e o fertilizante infiltra-se nos lençóis freáticos, ou através da volatilização, através da perda gasosa de nitrogênio condicionada por fatores como a temperatura do solo, o vento, a umidade do solo e do ar e teor de matéria orgânica do solo (Ferreira, 2012).

O sistema de sucessão de culturas também interfere na dose necessária de aplicação de nitrogênio, pois a soja (leguminosa) como cultura precedente deixa resíduos na terra com certa quantidade de nitrogênio (via simbiose) que vem a ser absorvido pela cultura sucessora, já o milho (gramínea) não possui fixação biológica de nitrogênio, tornado a decomposição da palhada e consequentemente liberação de minerais, mais lenta.

Modelos matemáticos têm sido utilizados com êxito para a previsão de safras agrícolas, tais como, o emprego de equações polinomiais que permitem simular a produtividade da cultura em função da quantidade de nitrogênio. Para Brezolin (2015) “os modelos de regressão permitem explorar e inferir a relação de uma variável dependente, sendo esta variável de resposta, com variáveis independentes específicas, ou seja, variáveis explicatórias.”

Objetivou-se com este estudo, utilizar a modelagem matemática através de regressões polinomiais que estimem a produtividade de grãos e biomassa da aveia sob doses de fertilizante nitrogenado em sistemas de cultivo de distinta relação C/N (soja/aveia, milho/aveia), e definir a dose ideal de N-fertilizante que eleve a produtividade de grãos.

# 2 METODOLOGIA

Os dados utilizados neste trabalho são referentes ao cultivo de junho de 2015. Realizado em uma área experimental, o delineamento foi de blocos casualizados com quatro repetições, seguindo um esquema unifatorial para o fator doses de nitrogênio, sendo os níveis de 0, 30, 60 e 120 kg ha-1, em dois sistemas de sucessão de culturas diferentes (soja/aveia, milho/aveia). O fertilizante nitrogenado aplicado foi a ureia, com o teor de nitrogênio de 45%, pois é a fonte mais utilizada para o fornecimento de nitrogênio nas culturas no Brasil, e que este gera menores custos, alta solubilidade e causa menor acidificação no solo em relação a outros fertilizantes.

A colheita do experimento aconteceu em outubro de 2015, e as variáveis analisadas foram: rendimento em grãos (kg ha-1), rendimento biológico (kg ha-1) e rendimento de palha (kg ha-1).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) para detecção dos efeitos principais e de interação nos distintos sistemas de cultivo sobre a expressão da biomassa total acumulada, rendimento de grãos e de palha. Posteriormente, foram realizadas equações de regressão, para simulação da produtividade biológica, de grãos e de palha em função da dose de nitrogênio aplicada, também visando o ajuste da dose ideal. Com o uso da estatística pelo teste t, verificar a veracidade da equação pela análise da inclinação da equação formulada. Para estas determinações foi empregado o programa computacional Genes.

**3 MODELAGEM MATEMÁTICA EMPREGADA NA PESQUISA**

**3.1 Análise de Variância**

A análise de variância em experimentos verifica se as diferenças amostrais observadas são reais (causadas por diferenças significativas nas populações observadas) ou casuais (decorrentes da mera variabilidade amostral), calculadas através das variâncias e covariâncias residuais (Brezolin, 2015). Peters e Summers (1973) descrevem que as técnicas de análise de variância proporcionam “uma solução no sentido de descobrir fatores que produzam mudanças sistemáticas nas variáveis de interesse”.

O cálculo da análise de variância (ANOVA) permite decompor os graus de liberdade e a soma de quadrados total, em somas de quadrados correspondentes às fontes de variação, verificando a igualdade entre os efeitos dos tratamentos. O modelo matemático para esta pesquisa fica sendo:

|  |  |
| --- | --- |
| Yi= μ+Bk+ DNi+ εi |  |

onde, μ é a média geral, Bk os blocos, DNi as doses de nitrogênio, εi o erro experimental, e Yi representa a variável dependente mensurada, sendo nesta pesquisa o rendimento de grãos, de biomassa e de palha. Desta forma, busca-se através da ANOVA avaliar se as diferenças na produção são resultados do acaso ou da aplicação das diferentes doses de nitrogênio na plantação.

Primeiramente, tem-se que para o experimento unifatorial desta pesquisa, o uso de 4 blocos com 4 parcelas cada, para as doses de 0, 30, 60 e 120 Kg de nitrogênio por hectare. Assim, constrói-se a Tabela 1, com os blocos e as doses de nitrogênio.

Tabela 1: Esquema da variável resposta para análise da ANOVA

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Doses** | **Blocos** | | | |
| **I** | **II** | **III** | **IV** |
| **0** | *y11* | *y12* | *y13* | *y14* |
| **30** | *y21* | *y22* | *y23* | *y24* |
| **60** | *y31* | *y32* | *y33* | *y34* |
| **120** | *y41* | *y42* | *y43* | *y44* |

Fonte: Autor.

Tendo que C é um fator de correção, e *d* o fator quantitativo de efeito fixo, tem-se a análise de variância, com as somas de quadrados e quadrados médios, apresentada na Tabela 2.

Tabela 2: Análise de variância para experimento unifatorial no delineamento em blocos ao acaso

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| FV | GL |  |  | F |
| Blocos | b-1 | SQb | QMb= SQb/(b-1) | QMb/ QMe |
| Doses | d-1 | SQd | QMd= SQd/(d-1) | QMd/ QMe |
| Erro | (b-1)(d-1) | SQe | QMe= SQe/(b-1).(d-1) | - |
| Total | (b\*d)-1 |  | - | - |

FV= fonte de variação; GL= grau de liberdade; SQ= soma de quadrados; QM= quadrado médio; d= dose de nitrogênio; b= bloco; F= teste de Fischer

Fonte: Autor

Sendo o coeficiente de correção dado por,

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

A soma dos quadrados do bloco é dado por,

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

A soma dos quadrados das doses,

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

A soma dos quadrados do total,

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

E a soma dos quadrados do erro,

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Considerando o efeito das doses na produção de aveia *Ho=0* (os tratamentos não diferem entre si) e sendo *H1≠0* (os tratamentos diferem entre si), a estatística , sob H0, tem distribuição de F (GLd; GLe). Assim, se *FC* >*Fα(GLd; GLe)*, rejeita-se H0 e se conclui que existe diferença em nível  de erro entre os tratamentos (doses de nitrogênio) e a alteração estimada não é atribuída ao acaso. Se *FC Fα(GLd; GLe)*, então, aceita-se H0 e se conclui que a diferença observada não é significativa e pode ser atribuída ao acaso.

### 3.2 Regressão linear

A análise de regressão linear é um método para se estimar o valor esperado de uma variável *y*, dados os valores de algumas outras variáveis *x*. A equação representa uma reta da forma,

|  |  |
| --- | --- |
| y = a + bx + εi |  |

sendo,

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | |
|  |  | |
|  | |  |

onde, a e b são parâmetros do modelo,  e  são respectivamente, valores da variável independente e sua média,  e  são respectivamente, valores da variável dependente e sua média e *n* o número de observações.

### 3.3 Regressão polinomial quadrática

Para a regressão polinomial consideram-se a equação,



a qual, é estimada pelo seguinte sistema,

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

onde, a e b são parâmetros do modelo, são os valores da variável independente, são valores da variável dependente e *n* o número de observações.

A máxima eficiência técnica da cultura estima o valor de , que representa a quantidade de nitrogênio aplicado, determinando o maior valor de , que representa a produtividade da aveia. Assim, a máxima eficiência técnica é obtida pela derivada da função quadrática homogênea,

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

sendo  determinado por,

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

também visto como ponto máximo da curva.

# 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme a Tabela 3 e 4 da análise de variância da produtividade de grãos, biológico e de palha, em relação das doses de nitrogênio em sistema de sucessão soja/aveia e milho/aveia, verifica-se através dos testes de probabilidade que, as diferenças ocorridas entre as variáveis analisadas são efeito das distintas doses de nitrogênio aplicadas.

Várias pesquisas com a aveia branca como a de Mantai (2013), Ceccon et al. (2004), entre outras, já afirmam sobre o aumento da produtividade da aveia com a aplicação da adubação nitrogenada.

Tabela 3. Análise de variância das variáveis de produtividade de grãos de aveia frente as doses nitrogênio aplicadas no sistema soja/aveia

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| FV | GL | SQ | QM | F | |
| Produtividade de grãos | | | | |
| Blocos | 3 | 95885,25 | 31961,75 |  | |
| Doses | 3 | 5487452,25 | 1829150,75 | 53,22\* | |
| Erro | 9 | 309296,25 | 34366,25 |  | |
| Total | 15 | 5892633,75 |  |  | |
| Produtividade biológica | | | | |
| Blocos | 3 | 2447483,19 | 815827,73 |  | |
| Doses | 3 | 80723498,19 | 26907832,73 | 45,38\* | |
| Erro | 9 | 5336342,06 | 592926,9 |  | |
| Total | 15 | 88507323,44 |  |  | |
| Produtividade de palha | | | | |
| Blocos | 3 | 2993865,25 | 997955,08 |  | |
| Doses | 3 | 48122505,25 | 16040835,08 | 21,78\* | |
| Erro | 9 | 6627419,25 | 736379,92 |  | |
| Total | 15 | 57743789,75 |  |  | |

FV= fonte de variação; GL= grau de liberdade; SQ= soma de quadrados; QM=quadrado médio; F= probabilidade de Fischer; \* = significativo a 5% de probabilidade de erro. Fonte: Autor.

Tabela 4. Análise de variância das variáveis de produtividade de grãos de aveia frente as doses nitrogênio aplicadas no sistema milho/aveia

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| FV | GL | SQ | QM | F | |
| Produtividade de grãos | | | | |
| Blocos | 3 | 73083,19 | 24361,06 |  | |
| Doses | 3 | 10631959,69 | 3543986,56 | 81,27\* | |
| Erro | 9 | 392447,56 | 43605,28 |  | |
| Total | 15 | 11097490,44 |  |  | |
| Produtividade biológica | | | | |
| Blocos | 3 | 4257074,25 | 1419024,75 |  | |
| Doses | 3 | 155335606,75 | 51778535,58 | 24,45\* | |
| Erro | 9 | 19054816,75 | 2117201,86 |  | |
| Total | 15 | 178647497,75 |  |  | |
| Produtividade de palha | | | | |
| Blocos | 3 | 4073934,25 | 1357978,08 |  | |
| Doses | 3 | 98758698,25 | 32919566,08 | 16,09\* | |
| Erro | 9 | 18406355,25 | 2045150,58 |  | |
| Total | 15 | 121238987,75 |  |  | |

FV= fonte de variação; GL= grau de liberdade; SQ= soma de quadrados; QM=quadrado médio; F= probabilidade de Fischer; \* = significativo a 5% de probabilidade de erro. Fonte: Autor.

A Tabela 5 descreve as equações de regressão da produtividade de grãos, biológica e de palha, em função da dose de nitrogênio, com a máxima eficiência técnica e sua respectiva produtividade estimada em sistema soja/aveia e milho/aveia. Em ambos sistema de sucessão a produtividade de grãos mostrou comportamento quadrático com o coeficiente “a” negativo (a<0), demostrando que a planta consegue converter a energia acumulada na forma de grão até um certo limite da adubação nitrogenada, a partir daí, perde a sua produtividade possivelmente pela ocorrência do acamamento.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Tabela 5. Equações do rendimento de grãos, biológico e de palha, em função do nitrogênio, com a máxima eficiência técnica e sua produtividade | | | | | | | |
| Sistema | FV | Equação | P | R2 | PM | MET | PE |
|  | RB | RB = 48,52x+8844,9 | \* | 87 | 11392 |  |  |
| Soja/Aveia | RG | RG = -0,24x²+39,7x+2629 | \* | 97 | 3582 | 83 | 4270 |
|  | RP | RP = 38,59x+5783,8 | \* | 96 | 7809 |  |  |
|  | RB | RB = 68,72x+7350 | \* | 94 | 10958 |  |  |
| Milho/Aveia | RG | RG = -0,24x²+46,3x+1552 | \* | 99 | 2837 | 96 | 3790 |
|  | RP | RP = 52,57x+5360,65 | \* | 82 | 8120 |  |  |

FV = fonte de variação; RB = rendimento biológico; RG = rendimento de grãos; RP = rendimento de palha; R² = coeficiente de determinação; P = probabilidade da inclinação da equação pelo teste T; PM= produtividade média; MET=máxima eficiência técnica; PE=produtividade estimada. Fonte: Autor.

Quanto à produtividade biológica e de palha (Tabela 5), a aveia branca mostrou um comportamento linear positivo, de modo que quanto maior a dose de nitrogênio mais biomassa e palha é adquirida. Santos et al. (2013) ao analisar dados em relação a produtividade da aveia preta, verificou que a altura, o número de folhas e massa seca foram influenciadas pela aplicação crescente de dose de nitrogênio, assim concluiu que a produção de biomassa da aveia também foi influenciada de forma linear, e a maior produção se deu com a maior dose de nitrogênio.

Comparando o sistema soja/aveia e milho/aveia da Tabela 5, nota-se que o sistema milho/aveia obteve equações com maiores taxas de variação da produtividade biológica e de palha (68,72 e 52,57, respectivamente) em comparação com o sistema soja/aveia (48,52 e 38,59, respectivamente). Este fato pode ter ocorrido devido a maior mobilização no nitrogênio do resíduo cultural de milho, o qual vai liberando nitrogênio lentamente, ou seja, a aveia obteve neste sistema um aporte de nitrogênio do início ao final do seu ciclo de produtivo. Em contrapartida, o resíduo da soja, tem decomposição acelerada, dando aporte de nitrogênio apenas até a fase vegetativa da planta.

Para a produtividade média de grãos da Tabela 5, o maior valor médio ocorreu no sistema soja/aveia (3.582,4 kg ha-1 de grão) em comparação com o sistema de milho (2837,7 kg ha-1 de grão). Pelas equações da produtividade de grãos da aveia branca temos, que a máxima eficiência técnica da cultura (MET), no sistema soja/aveia é de 83 kg ha-1 de nitrogênio, e no sistema milho/aveia se faz necessário uma quantidade maior de nitrogênio, sendo de 96 kg ha-1. Destaca-se a diferença da eficiência da planta no sistema de alta e baixa relação C/N, onde no sistema de baixa relação C/N utilizando 13 kg ha-1 de nitrogênio a menos, resulta em uma produção de grãos estimada em 480 kg ha-1 a mais que a aveia sob o sistema de alta relação C/N. Além do ganho pela maior produtividade de grãos quando submetida sob resíduo da soja, tem-se um ganho pela economia do adubo nitrogenado, o qual é o elemento de maior custo na implementação da lavoura, afora a redução da poluição ambiental.

Para a produção de biomassa e de palha da Tabela 5, não se tem determinado a MET, visto que o aumento de produção em relação a aplicação do nitrogênio acontece de forma linear. Fato já observado na pesquisa de Scremin (2016) que concluiu que a taxa de produtividade de biomassa também mostrou tendência de crescimento linear com a aplicação do nitrogênio, porém nem sempre acompanhado da maior produção de grãos. Mantai (2013) também acrescenta que equações lineares mostram a tendência de crescimento de biomassa com a aplicação de N-fertilizante, mas que não estão ligadas diretamente a maior produtividade de grãos.

# 5 CONCLUSÕES

Conclui-se com este trabalho, que a modelagem matemática aplicada nas ciências agrárias trazem importantes contribuições para o sistema produtivo, com o desenvolvimento de modelos eficientes, principalmente com o uso de equações polinomiais através de regressões.

A adubação nitrogenada influencia a produtividade de biomassa e palha, essa modificação é verificada através de uma regressão linear crescente, ou seja, quanto maior a dose aplicada maior a produção. Para a produtividade de grão as equações de regressão possuem um comportamento quadrático, determinando a máxima eficiência técnica do nitrogênio com 83 kg ha-1 no sistema soja/aveia, e de 96 kg ha-1 de nitrogênio no sistema milho/aveia.

# 6 REFERÊNCIAS

BEDENDO, A. L. Modelagem matemática da dinâmica linear de MEMS baseados em deformação eletrostática. 149 f. **Dissertação (mestrado).**  Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Ijuí, 2012.

BREZOLIN, A. P. Modelagem matemática para otimização e previsibilidade de produtividade do trigo pelas formas de fornecimento do nitrogênio. Dissertação de mestrado, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Modelagem Matemática da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - Unijuí, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Modelagem Matemática. Ijuí, 2015.

CECCON, G.; FILHO GRASSI, H.; BICUDO, S. J. Rendimento de grãos de aveia branca (Avena sativa l.) em densidades de plantas e doses de nitrogênio. **Ciência Rural,** v. 34, n. 6, p. 1723-1729, 2004.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento de safra brasileira: **Acompanhamento da safra brasileira**. Safra 2015/2016. Junho/2016.

CRESTANI M, CARVALHO FIF, OLIVEIRA AC, SILVA JAG, GUTKOSKI LC, SARTORI JF, BARETTA D, LUCHE HS, TESSMANN EW, PAIVA RP. Desempenho de cultivares de aveia branca quanto ao conteúdo de B-glicana no grãos conduzidas em diferentes ambientes. In: XXX Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia, 2010, São Carlos-SP. **Resultados Experimentais**. São Carlos-SP, 1:127-131. 2010.

FERREIRA, D. A. Eficiência agronômica da ureia revestida com polímero na adubação do milho. **Dissertação de Mestrado**, apresentada para obtenção do título de Mestre em Ciências. Piracicaba, 2012.

MANTAI, R. D. Modelagem matemática da produção em aveia pelo aproveitamento do nitrogênio nos sistemas de cultivo. **Dissertação de Mestrado** apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Modelagem Matemática da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - Unijuí, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Modelagem Matemática. Ijuí, 2013.

MANTAI, R. D.; SILVA, J.A. G. da.; SAUSEN, A. T. Z. R.; COSTA, J. S. P.; FERNANDES, S. B. V.; UBESSI, C. *A eficiência na produção de biomassa e grãos de aveia pelo uso do nitrogênio.* **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.** v.19, n.4, p.343-349. Campina Grande, PB: 2015.

MORI, C. de; FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. dos. **Aspectos económicos e conjunturais da aveia.** 2012. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/969145/1/2013documentosonline136.pdf>.>. Acesso em 21/10/2015.

PETERS, W. S.; SUMMERS G. W. Análise Estatística e o processo decisório. Rio de Janeiro: Fundação Getulio Vargas, Instituto Nacional do Livro- MEC, Editora da Universidade de São Paulo, 1973.

RAUN, W. R; JOHNSON, G. V. Improving nitrogen use efficiency for cereal production. Agronomy Journal, Madison, v. 91, n. 3, p. 357-363, may-jun, 1999.

SANTOS, R. F.; WERNCKE, I.; BASSEGIO, D.; PARDINHO, J. P.; SOUZA, S. N. M.; TOMASSONI, F. *Dinâmica do uso do nitrogênio em aveia preta para cobertura de solo em plantio direto.* **Cultivando o Saber**. v.6, n.2, p.38-46. Cascavel: 2013.

SCREMIN, O. B. **Modelagem Matemática em Aveia por Regressões, Lógica Fuzzy e Redes Neurais Artificiais na Otimização de Uso do Nitrogênio pelo Emprego do Hidrogel.** Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Modelagem Matemática da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul-Unijuí. Ijuí, RS: 2016.

TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; BENETT, C. G. S. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em trigo irrigado em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n.8, p.797-804, 2010.