



**Universidade de Brasília  
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária**

**ANÁLISE ECONÔMICA E PRODUÇÃO DE FORRAGEM  
DE AVEIA PRETA EM RESPOSTA A ÁGUA E  
NITROGÊNIO**

**MANUEL PEREIRA DE OLIVEIRA JUNIOR**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**BRASÍLIA / DF  
MAIO / 2008**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

**FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**

**ANÁLISE ECONÔMICA E PRODUÇÃO DE FORRAGEM DE  
AVEIA PRETA EM RESPOSTA A ÁGUA E NITROGÊNIO**

**Manuel Pereira de Oliveira Junior**

**Orientador: Cícero Lopes da Silva**

**Co-orientador: Carlos Aberto da Silva Oliveira**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**PUBLICAÇÃO: 300 / 2008**

**Brasília/DF  
Abril / 2008**

**Universidade de Brasília  
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária**

**ANÁLISE ECONÔMICA E PRODUÇÃO DE FORRAGEM DE  
AVEIA PRETA EM RESPOSTA A ÁGUA E NITROGÊNIO**

**Manuel Pereira de Oliveira Junior**

**Dissertação de mestrado submetida a Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Ciências Agrárias na área de concentração de Gestão de Solo e Água.**

**Aprovado por:**

---

**Cícero Lopes da Silva, Dr. Prof. Associado. FAV-UnB  
CPF: 261.510.306-72**

---

**Carlos Alberto da Silva Oliveira, Ph. D. Prof. Titular. FAV-UnB  
CPF: 244.516.067-72**

---

**Sebastião Oliveira, Dr. Prof. Associado. FAV-UnB  
CPF: 052.361.771-20**

---

**Humberto Ângelo, Dr. Prof. Adjunto. EFL-FT-UnB.  
Membro externo,  
CPF: 285.315.666-49**

**Brasília, 28 de maio de 2008.**

## FICHA CATALOGRÁFICA

Oliveira Jr., Manuel Pereira de

Análise econômica e produção de forragem de aveia preta em resposta a água e nitrogênio / Manuel Pereira de Oliveira Junior; orientação Cícero Lopes da Silva, co-orientação Carlos Alberto da Silva Oliveira. – Brasília, 2008.

45 p. : il

Dissertação de Mestrado (M) – Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2008.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

OLIVEIRA JR., M. P. DE **Análise econômica e produção de forragem de aveia-preta em resposta a água e nitrogênio.** Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2008, 35 p. Dissertação de mestrado.

## CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: MANUEL PEREIRA DE OLIVEIRA JUNIOR

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO: Análise econômica e produção de forragem de aveia-preta em resposta a água e nitrogênio.

GRAU: MESTRE ANO: 2008

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva-se a outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

---

Manuel Pereira de Oliveira Junior

CPF: 053.952.118-37

Quadra 4 conj. E casa 58 SRL. Planaltina

73360-405 – Brasília/D.F. – Brasil

(61) 9607 6980 – manuelpjr@yahoo.com.br

A minha esposa, Niuza  
A meus filhos, Ismael e Natália  
A meus pais, Manuel Pereira de Oliveira in memoriam e Nair

## Agradecimentos

Em primeiro lugar agradeço a DEUS por ter dado vida, saúde e oportunidade para realizar este trabalho.

A minha esposa Niuza pelo apoio e compreensão, aos meus filhos Ismael e Natália.

A FAV pela oportunidade da realização desta etapa no aperfeiçoamento do conhecimento.

Ao meu orientador Prof. Cícero Lopes da Silva pelo apoio irrestrito e pela maneira sincera, com que empõem as idéias e conselhos.

Ao coorientador Prof. Carlos Alberto da Silva Oliveira pela participação neste trabalho e apoio nas análises estatísticas.

A Prof<sup>a</sup>. Vânia Lucia Dias pelo apoio e seção dos dados climatológicos.

Ao prof. Sebastião Oliveira pelo auxílio e esclarecimento.

Ao Prpf. José Mauro da Silva Diogo pelo apoio e orientação.

Ao diretor da FAL Eng. Agrônomo Robson Figueiredo Cunha pelo apoio incondicional.

Aos colegas da FAL José Cursino Sobrinho, Antonio Nunes de Araújo Costa e Mauro da Silva Couto pela colaboração e camaradagem durante o período deste trabalho.

Aos Eng. Agrônomos Michael Quadros e Saulo pelo apoio durante a execução do experimento.

A Técnica Agrícola Ester Carneiro Neto pela colaboração nos trabalhos.

A Médica Veterinária Margareth M. M. de Oliveira pelo apoio nas análises de laboratório.

Ao mecânico Ronaldo Ferreira de Sousa pela colaboração com as máquinas e equipamentos.

Aos auxiliares Anael Xavier de Oliveira, Augusto Pereira Alves, Augusto Álvaro P. dos Santos, Antonio José Vasconcelos, Diolino Vieira da Silva, Edivam da Silva Sousa, Francisco M. C. dos Anjos, Ivonaldo Dantas da Silva, José Vieira da Silva, José Evangelista P. Marques, Luiz Santana, Helio Henrique G. de Jesus, Rodrigo Cardoso dos Santos, Valdomiro da Silva Costa e Helder Candido de Jesus.

## Índice

Capitulo	Páginas
Resumo	1
Introdução Geral	3
Referencias Bibliográficas	10
Capitulo único	12
Análise econômica e produção de forragem de aveia preta em resposta a água e nitrogênio	13
Resumo	13
Introdução	14
Material e Métodos	18
Resultados e Discussão	22
Conclusão	29
Referencias Bibliográficas	31

## Índice de Tabelas

### Capítulo Único

Tabela	Página
Tabela 1. Produção de matéria seca de aveia (kg por ha) em função de lâminas de água aplicada ( $W_1, W_2, W_3, W_4, W_5, W_6, W_7$ e $W_8$ ) após a germinação, e doses de nitrogênio ( $N_1, N_2, N_3, N_4, N_5$ e $N_6$ ).	24
Tabela 2. Teor de proteína Bruta em função de lâmina de água aplicada ( $W_1, W_2, W_3, W_4, W_5, W_6, W_7$ e $W_8$ ) e doses de nitrogênio ( $N_1, N_2, N_3, N_4, N_5$ e $N_6$ ).	29

## Índice de Figuras

### Capítulo Único

Figura	Página
Figura 1. Semeadura mecanizada, em 16 de maio.	17
Figura 2. Croqui de campo do experimento, com disposição das faixas de irrigação linhas.	18
Figura 3. Irrigação para germinação da aveia.	18
Figura 4. Gernimação	19
Figura 5. Irrigação em linha única em funcionamento.	19
Figura 6. Adubação em cobertura.	20
Figura 7. Croqui de campo da adubação mostrando a dose de nitrogênio aplicada em cada sub-parcela.	21
Figura 8. colheita do material verde.	21
Figura 9. Pesagem do material verde em campo.	22
Figura 10. Isoquantas de matéria seca de aveia-preta ( <i>A. strigosa</i> ) em função de lâmina de água e dose de nitrogênio, o retângulo demarcado na figura representa a região de produção racional. O ponto A é o vértice de produção máxima. B o ponto de maximização econômica, com o preço dos insumos na época do experimento.	27

## Índice de Referências Bibliográficas

Referências Bibliográficas	Pagina
ALVIM, M. J. Efeito da época de plantio e frequência de irrigação em aveia sobre matéria seca e teor de proteína bruta. Revista Brasileira de Zootecnia vol. 23 n° 1, 1994.	14
BACCHI, O. O. S. & GODOY, R. Demanda hídrica de aveia forrageira na região de São Carlos – SP. XVII Reunião da Comissão Sul-Brasileira de Pesquisa de Aveia. Passo Fundo, RS. 1997.	14
BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. Manual de Irrigação, 7ª ed. Viçosa, ED. UFV. 2005.	23
FERGUSO, C. E. Teoria microeconômica; Rio de Janeiro, Forense-Universitária, 1988.	22
FERNANDES, G. C. J. Repeated measure analysis of line source sprinkler experiments. Hortscience, vol.26, n° 4, April, 1991.	16
FERREIRA, R. S. A.; Determinação de Coeficiente de Cultura para Feijoeiro e Otimização Econômica da Produção em Função de Lâminas de Água, na Região do Distrito Federal. Brasília, UnB, 61 p. 2000, Dissertação (Mestrado em Agronomia).	4, 15
FERRI, M. G. Fisiologia Vegetal. São Paulo. EUP, 1985.	25
FRIZZONE, J. A.; TEODORO, R. E. F.; PEREIRA A. S.; BOTREL, T. A. Lâmina de água e doses de Nitrogênio na produção de aveia ( <i>Avena sativa</i> L.) para forragem. Piracicaba, Scientia Agrícola vol. 52 n° 3 p. 578-586 vol. 33 n°, Setembro/Dezembro, 1995.	4, 5, 13, 14, 22, 25
FRIZZONE, J. A., MELLO JR, A. V., FOLEGATTI, M. V. BOTREL, T. A. Efeito de diferentes níveis de irrigação e adubação nitrogenada sobre componentes de produtividade da cultura de trigo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 31 n. 6 p. 425-434, jun. 1996b.	5
GERDES L.; DE MATTOS. H. B.; WERNER J. C.; COLOZZA M. T.; SANTOS, L. E.; CUNHA, E. A.; BUENO, M. S.; SCHAMMASS, E. A. Características do Dossel Forrageiro e Acúmulo de Forragem em Pastagem Irrigada de Capim-Aruana Exclusivo ou Sobre-Semeado com uma Mistura de Espécies Forrageiras de Inverno. R. Bras. Zootec., v.34, n.4, p.1088-1097, 2005.	1

- GERDES L.; IAPICHINI, J. E. C. B.; FERRARI JUNIOR, E.; 25  
 BIANCHINI, D.; RODRIGUES, C. F. DE C.; LIMA, J. A.; POSSENTI,  
 R. A.; CASTRO, J. L. DE ; Avaliação de variedades de cereais de inverno  
 na alimentação animal. Agosto de 2007. www.agrosoft.org.br/onde/25717  
 acesso em 20 de fevereiro de 2008.
- JOHNSON,D. E., CHAUDHURI, U. N., KANEMASU, E. T. Statistical 16  
 analysis of line source sprinkler experiments and other nonrandomized  
 experiments using multivariate methods. Soil Scienc Socyete American J.,  
 vol. 47 p. 309-312 , 1983.
- KOLCHINSKI, E. M. & SCHUCH, L. O. B. Eficiência no uso do 6, 14  
 nitrogênio por cultivares de aveia branca de acordo com a adubação  
 nitrogenada. Rev. Bras. Ciênc. Solo v.27 n.6 Viçosa nov./dez. 2003.
- MOREIRA, A. L.; REIS. R. A.; RUGGIERI. A. C.; SARAN JUNIOR, A. 2  
 J..Avaliação de forrageiras de inverno irrigadas sob pastejo. Ciência e  
 Agrotecnologia v.31 n.6 p. 1838-1844 Lavras nov./dez. 2007.
- NAKAGAWA, J., CAVARIANI, C.; MACHADO, J. R.. Adubação 30  
 nitrogenada no perfilhamento da aveia-preta em duas condições de  
 fertilidade do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Jun 2000, vol.35,  
 nº. 6, p.1071-1080. ISSN 0100-204X
- OLIVEIRA, S. L. Funções de Resposta do Milho Doce ao Uso de Irrigação e 4, 15,  
 Nitorgênio. Viçosa, UFV, 91 p.1993. Tese (Doutorado em Engenharia 22  
 Agrícola).
- PAZ,V. P. S.; TEODORO, R. E. F.; MENDONÇA. F. C. Recursos hídricos, 6, 15  
 agricultura irrigada e meio ambiente. Rev. bras. eng. agríc. ambient. v.4 n.3  
 p. 465-473 Campina Grande set./dez. 2000a.
- PAZ. V. P. S.; FRIZZONE J. A.; BOTREL, T. A. ; FOLEGATTI M. V. 6  
 Otimização do uso da água em sistemas de irrigação por aspersão. Revista  
 Brasileira de Engenharia Agrícola e ambiental v.6 n.3 p. 404-408Campina  
 Grande set./dez. 2002.
- Raij, B. V.; Fertilidade do Solo e Adubação. Piracicaba, Ceres, Potafos, 5, 14,  
 1991. 22, 25
- ROLIM, F. A. Estacionalidade de produção de forrageiras. IN PEIXOTO, A. 3, 5, 13  
 M.; Pastagens: Fundamentos da Exploração Racional. Piracicaba, FEALQ,  
 1994.

- SILVA, D. J. da. Análise de Alimentos, métodos químicos e biológicos, 22  
Viçosa, UFV. Ed. Universitária, 1981.
- SILVA, C. L. &KATO, E. Avaliação de modelos para previsão da infiltração 26  
de água em solo sob cerrado. Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília,  
V.33. n° 7 p.1149 – 1158. Julho, 1998.
- SILVEIRA, M. H. D.; KLAR, A. E., Produção de Matéria Seca de Aveia 4, 13  
Preta (*Avena strigosa* S.) em Seis Níveis Freáticos. Botucatu, Irriga, vol. 6  
n°2 p. 104-114, 2001.
- SANGOI, L.; ERNANI, P. R.; LECH, V. A.; RAMPAZZO, C.;; 26  
Lixiviação de nitrogênio afetada pela forma de aplicação da Uréia e  
manejo dos restos culturais de aveia em dois solos com texturas  
contrastantes. Ciência Rural, UFSM vol. 33 n°1 p.65-70, Rio Grande do  
Sul, 2003.

## Índice de Abreviaturas

### Abreviatura

$b_i$	coeficientes de regressão
CF	custos fixos inerente à produção da cultura
ha	Hectare
kg	Quilograma
L	lucro
mm	milímetro
m <sup>2</sup>	metro quadrado
N	nitrogênio
Y	Produção de matéria seca de forragem de aveia-preta
W	lâmina de água aplicada
WN	interação lâmina de água aplicada com nitrogênio
$\xi$	erro estatístico da regressão
P <sub>W</sub>	preço do mm de água aplicado
P <sub>N</sub>	preço do kg de nitrogênio aplicado
P <sub>Y</sub>	preço do kg de matéria seca de forragem de aveia-preta
TMgS	taxa marginal de substituição

## ANÁLISE ECONÔMICA E PRODUÇÃO DE FORRAGEM DE AVEIA PRETA EM RESPOSTA A ÁGUA E NITROGÊNIO

RESUMO – O presente trabalho foi realizado com intuito de se determinar a máxima produção e o ótimo econômico de matéria seca, os níveis de proteína bruta e fibra em detergente neutro de forragem de aveia-preta (*Avena strigosa* Shreb) em relação aos insumos água e nitrogênio. A irrigação foi feita por aspersão com linha única. O delineamento foi o de blocos casualizados para a variável água e a variável nitrogênio em parcelas subdivididas com cinco repetições. As oito lâminas de água aplicadas foram: 1,3; 107,1; 135,7; 295,9; 330,3; 469,7; 544,3 e 546,1 mm e as seis doses de nitrogênio foram: 0, 20, 40, 80, 160 e 320 kg por ha. A máxima produção de matéria seca 4.217 kg por ha foi observada para a lâmina de irrigação de 336 mm e dose de nitrogênio de 217 kg por ha. Não houve efeito significativo de interação para a combinação entre a variável lâmina de água e dose de nitrogênio para teores de matéria seca, fibra em detergente neutro e número de perfilhos por planta e teor de proteína bruta. O teor de proteína bruta para a máxima produtividade econômica de matéria seca foi de 17,6%. Os teores de fibra em detergente neutro obtidos ficaram abaixo de 55%. Considerando as lâminas de irrigação e as doses de nitrogênio e respectivos custos dos insumos e valor da forragem o ótimo econômico foi calculado em 3.875 kg por ha de matéria seca de aveia, para uma lâmina de água de 280 mm e de 94 kg por ha de nitrogênio, gerando um lucro de R\$ 147,32 por ha. A taxa marginal de substituição de água por nitrogênio foi calculada em 0,44 mm por kg por ha.

Palavras chave: matéria seca, proteína, fibra em detergente neutro, lucro máximo.

## **ECONOMIC ANALISE AND YIELD OF BLACK OAT FORAGE IN RESPONSE TO WATER AND NITROGEN.**

**ABSTRACT-** The experiment was accomplished aiming to determinate maximum and economical dry matter yield of rude protein levels, neutral detergent fiber of black oat (*Avena strigosa* Shreb) forage related with irrigation depth of water and nitrogen doses. Irrigation was done by a line source system. It was used a randomized complete block design for the irrigation variable, with the factor nitrogen a split plot on irrigation, and five replication. The eight irrigation levels applied were: 1.3, 107.1, 135.7, 295.9, 330.3, 469.7, 544.3 and 546.1 mm. The six nitrogen doses were: 0; 20; 40; 80; 160 and 320 kg per ha. Maximum dry matter yield 4,217 kg per ha was verified for the irrigation depth of 336 mm and for the nitrogen dose of 217 kg per ha. There was no interaction among the two independent variables for dry matter content, neutral detergent fiber, number of tillers per plant and rude protein levels. The rude protein levels content for the maximum economical dry matter yield was 17.6%. Neutral detergent fiber values obtained were lower than 55%. Considering irrigation depths, nitrogen levels and theirs prices, and forage prices it was calculated the maximum economical yield of 3,875 kg per ha of dry matter for the 280 mm of irrigation depth and 94 kg per ha of nitrogen, allowing a supply of R\$147.21 per ha. The change marginal rate of water to nitrogen was calculate in 0.44 mm kg per ha.

**Keywords:** dry matter, protein, neutral detergent fiber, maximum profit.

## **Introdução Geral**

A produção animal consiste em propiciar um ambiente criatório que gere conforto e garanta o fornecimento de alimentação em quantidade e qualidade suficiente dentro de um período de tempo que venha propiciar o máximo rendimento animal, levando a maximização do uso de insumos e instalações.

Na sua grande maioria, a produção de carne e leite no Brasil consiste em animais alimentados a pasto, sejam em pastagens naturais no Sul do país ou em pastagens cultivadas que se estendem pelas regiões centrais do Brasil até a região amazônica.

A escassez de forragem na época do inverno tem sido apontada como um dos fatores que mais contribuem para a baixa produtividade dos rebanhos. De acordo com Gerdes et al. (2005), as condições climáticas no Brasil central, com inverno sem chuva e redução de temperatura, é um dos fatores que mais contribuem nessa época, para a baixa produtividade das pastagens cultivadas com espécies tropicais.

O desempenho dos vegetais por sua vez, está ligado diretamente com as características físicas do solo, destacando a aeração, profundidade e a capacidade de reter e disponibilizar água para as plantas, bem como das características químicas que se relacionam com a fertilidade do solo em que se cultiva. A espécie utilizada é um fator de suma importância, pois deve ser capaz de atender as necessidades dos animais a serem explorados e estar adaptadas às condições de solo, clima do ambiente e manejo.

Com relação ao solo, deve-se levar em conta que a espécie a ser explorada e o manejo são fatores que o produtor pode decidir quanto a sua adoção no sistema produtivo. O solo pode ser corrigido e sua fertilidade ser melhorada através de práticas de correção e adubação. A espécie de forragem pode ser escolhida no planejamento do projeto a ser implantado de acordo com o propósito e os animais a serem alimentados. O sistema de manejo pode ser adaptado às condições do ambiente.

O clima por sua vez não pode ser alterado pelo homem, por isso, tem-se que estudar as condições de temperatura, pluviosidade, fotoperíodo e incidência de radiação solar. As condições climáticas atreladas às condições do ambiente é que vão nortear todo o planejamento e metodologia a ser seguida para que a atividade tenha o melhor desempenho possível.

A exploração pecuária no mundo sempre enfrenta o problema da estacionalidade na produção de forragem. Nos países de clima temperado o problema se dá com a baixa produção devido à queda de temperatura ou mesmo de neve sobre a vegetação. Isto leva os produtores a fazerem estoque de feno durante o período da primavera e verão para suprirem as necessidades dos animais na época de escassez. Nesses países o uso de tecnologia e emprego de máquinas e espécies melhoradas bem como de animais com carga genética apurada para a produção fazem parte do cenário, pois o pouco tempo que tem disponível durante o ano tem que ser aproveitado ao máximo.

O Brasil, por ser um país de dimensões continentais, apresenta grande variação no clima, tem-se desde clima tropical, que abrange a maior parte do país, clima semi-árido no nordeste e subtropical no sul do país, onde eventualmente pode ocorrer neve em invernos mais rigorosos nas regiões mais elevadas como a Serra Gaúcha no Rio Grande do Sul. Neste contexto tem-se que a produção pecuária no Sul do Brasil enfrenta o problema de estacionalidade devido à queda de temperatura e dias curtos durante o período de inverno, diminuindo a produção de forragem, que na maioria da região são pastagens de vegetação nativa. Segundo Moreira et al. (2007) a queda na produção de forragem na época do inverno se dá tanto no aspecto quantitativo como no qualitativo, que leva a uma insuficiência para suprir as necessidades dos animais.

Na região do Brasil Central a estacionalidade de produção de forragem é marcado por um período chuvoso, compreendendo primavera e verão, que abrange o

mês de outubro indo até meados do mês de abril, com índice pluviométrico suficiente para manter a produção de forragem e a estação seca, outono e inverno, que vai do mês de maio ao mês de setembro, onde a produção de forragem é bastante reduzida devido à baixa disponibilidade de água no solo.

A estacionalidade na produção de forrageira gera vários problemas para a atividade pecuária que traz perdas de rentabilidade aos produtores. Devido à baixa oferta de forragem somada a baixa qualidade da mesma, tem-se como consequência um baixo desenvolvimento dos animais, no caso das fêmeas, induz a um atraso da entrada das mesmas na fase reprodutiva, além de aumentar o intervalo entre crias, este atraso na entrada na fase reprodutiva afeta tanto a produção de carne como a produção leiteira. Na exploração da pecuária de corte a estacionalidade na produção de forragem, gera atraso na entrada dos animais na idade de acabamento e alternam ciclos de bom ganho de peso vivo, que é obtido na época das chuvas, e ciclo com baixíssimos índices de ganho de peso ou mesmo com perda de peso, isto retarda o desenvolvimento dos animais.

Rolim (1994) sugere algumas alternativas para solucionar a o problema de falta de forragem devida à estacionalidade na produção, o diferimento de pastejo, o cultivo de espécies forrageiras resistentes às condições de inverno, suplementação na alimentação de animais com uso de forragem conservada, a silagem, o feno, ou resíduos de processamento de agroindústrias e culturas de inverno com o uso de irrigação. A complexidade da adoção das técnicas mencionadas acima, aumenta da primeira para a última, bem como o nível de conhecimento técnico e o aporte de investimento que segue a mesma ordem.

O cultivo de forragens de inverno no Sul do Brasil é prática comum entre os pecuaristas, pois o clima da região tem chuvas bem distribuídas durante o inverno, mantendo condições de cultivo com boa produção de forragem, dentre as gramíneas de

inverno utilizadas estão o azevem (*Lolium multiflorum*), as Aveias (*Avena spp*). A aveia amarela (*Avena byzantina* C. Koch) e a aveia branca (*Avena sativa* L.) são utilizadas na produção de grãos e forragem e a aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) apenas tem uso como forrageira.

Silveira & Klar (2001) aponta para um aumento do interesse pelo cultivo de inverno pelos agricultores do cerrado compreendido nas regiões sudeste e centro-oeste. Nessas regiões recentemente, tem-se cultivado a aveia preta como cobertura do solo no sistema de plantio direto ou como alternativa de cultura de inverno nas áreas de cultivo de arroz estabelecidas em várzeas sistematizadas e irrigadas. Devido ao déficit hídrico que ocorre durante o ano em muitas destas áreas de várzea faz-se necessário o uso de irrigação suplementar para o bom desenvolvimento da cultura.

Nos estados de Mato Grosso do Sul e Sul de Minas Gerais segundo Frizzone et al. (1995) as áreas cultivadas com aveia, destinam-se para a produção de forragem verde servida aos animais no cocho.

Como o período de inverno no centro – oeste se dá na estação seca o cultivo de forrageiras de inverno só é possível com o uso de irrigação, estudos sobre a eficiência da irrigação tem sido feitos para aprimorar o uso das terras e insumos de maneira mais econômica possível. Desses estudos pode ser citado os trabalhos de Ferreira (2000) onde se determinou a otimização econômica da irrigação no feijoeiro, na região do Distrito Federal. Verificando-se que a máxima produção biológica ocorreu aplicando uma lâmina de água de 581 mm produzindo 3.063 kg ha<sup>-1</sup>. O máximo retorno econômico foi alcançado com a aplicação de 575 mm de água com produção de 3.035 kg ha<sup>-1</sup>.

Oliveira (1993) estudando a produção de milho doce em função de lâmina de água aplicada em irrigação e doses de nitrogênio, obteve a produção máxima de 11.294

kg ha<sup>-1</sup> de espigas de milho doce com palha, com uma lâmina de água aplicada de 366,2 mm para uma dose de 297,8 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, sendo que o lucro máximo foi obtido com a aplicação de 332,4 mm de água e dose de nitrogênio de 182,2 kg ha<sup>-1</sup> produzindo 10.597 kg ha<sup>-1</sup> de espigas de milho doce.

Frizone et al. (1995) numa avaliação econômica entre os níveis de água e de nitrogênio na produção de aveia forrageira (*Avena sativa* L.) conseguiram uma produção ótima econômica de 6.800 kg ha<sup>-1</sup> de matéria seca com lâmina de água de 310 mm e 120 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio.

Como citado anteriormente por Rolim (1994) a irrigação é uma forma de se amenizar os efeitos da estacionalidade na produção de forragem que emprega maior conhecimento tecnológico como também aporte financeiro, para tanto as espécies a serem exploradas devem estar à altura de responder biologicamente e fisicamente aos incrementos dos fatores de produção.

Raij (1991) discutindo sobre os fatores de incremento na produtividade da agricultura moderna sugere dois tipos de interação entre fatores de produção usados com frequência. A primeira interação utiliza variedades modernas e adubação, onde se espera que o potencial genético da cultura seja otimizado proporcionando lucro máximo. A outra interação consiste na combinação de irrigação e adubação, esperando desta interação uma resposta semelhante a da interação anterior. Raij (1991) destaca a utilização de doses econômicas de fertilizantes citando a lei dos incrementos decrescentes que em geral é expressa por um polinômio de segundo grau onde existe um ponto de máximo rendimento.

Frizzone et al. (1996b) estudando o efeito de diferentes níveis de irrigação e doses de nitrogênio nos componentes de produtividade de trigo, apontam para as respostas advindas das interações entre irrigação e doses de fertilizantes, que podem ter

diferentes respostas para cada cultura. A resposta na produção vai depender da habilidade da planta em absorver os nutrientes nos diferentes níveis de irrigação e doses de fertilizante, bem como a perda de nutrientes relaciona-se com as características físicas e químicas do solo associadas à frequência e intensidade das operações de irrigação.

Um exemplo de diferentes respostas à adubação é relatado por Kolchinski & Schuch (2003). Esses autores ao avaliarem o efeito de doses de nitrogênio, sobre a produção de matéria seca em quatro cultivares de aveia branca com doses de 0 a 73 kg de nitrogênio por ha, verificaram que três das quatro cultivares testadas apresentaram resposta de produção de forma linear ao incremento de adubação nitrogenada, não sendo possível determinar o potencial máximo destas cultivares. Um único cultivar teve resposta com comportamento quadrático atingindo a maior produção com 42,5 kg de nitrogênio por ha atingindo uma produção de 5.600 kg de matéria seca por ha.

A aplicação de fertilizantes e a adoção de irrigação como parte de um pacote tecnológico que vise incrementar a produção vegetal tem um custo financeiro a ser coberto e um custo ambiental a ser analisado. Preocupado com esses fatores, Paz et al. (2000a) em um estudo sobre o uso eficiente da água de irrigação aponta para o uso econômico da água, como um fator de produção que promove um aumento no rendimento da cultura a cada nível aplicado. Todavia a água apresenta um custo que pode ser advindo dos custos de sua obtenção e aplicação, sendo que a quantidade de água a ser aplicada depende do custo e da produtividade alcançada pela cultura, destacando assim a necessidade de racionalizar o uso da água.

Paz et al (2002b) em estudo sobre otimização no uso de irrigação por aspersão apresenta destaque para a racionalização do uso da água independente da situação em que se encontra o sistema, seja local de escassez ou abundância de água.

A migração de uma atividade de exploração agropecuária acarreta em custos na sua instalação nas novas regiões e demanda dados que venham orientar o produtor na exploração de sua atividade. Dados climáticos, de fertilidade, e de necessidades da cultura, quando aplicados adequadamente levam ao uso racional dos recursos naturais e insumos. O estudo sobre as interações entre espécies vegetais, fertilizantes e irrigação é de suma importância para o desenvolvimento da atividade produtiva que busca ser economicamente sustentável.

Dadas as evidências de boas respostas conseguidas com adubação nitrogenada adequada, aliada à irrigação destacam-se os seguintes objetivos para este trabalho:

Determinar a combinação entre lâmina de água e dose de nitrogênio aplicados na forrageira aveia preta (*Avena strigosa* Shreb) que conduzem ao máximo retorno financeiro.

Avaliar o efeito da combinação lâmina de água e dose de nitrogênio sobre a qualidade da forragem de aveia preta (*Avena strigosa* Shreb), tendo como parâmetros de diferenciação o teor de fibra em detergente neutro e teor de proteína bruta.

Determinar a taxa marginal de substituição entre os insumos água e nitrogênio.

## Referências Bibliográficas

- FERREIRA, R. S. A.; Determinação de Coeficiente de Cultura para Feijoeiro e Otimização Econômica da Produção em Função de Lâminas de Água, na Região do Distrito Federal. Brasília, UnB, 61 p. 2000, (Dissertação de Mestrado).
- FRIZZONE, J. A.; TEODORO, R. E. F.; PEREIRA A. S.; BOTREL, T. A. Lâmina de água e doses de Nitrogênio na produção de aveia (*Avena sativa* L.) para forragem. Piracicaba Scientia Agrícola vol. 52 n° 3 p. 578-586, Setembro/Dezembro, 1995a.
- FRIZZONE, J. A., MELLO JR, A. V., FOLEGATTI, M. V. BOTREL, T. A. Efeito de diferentes níveis de irrigação e adubação nitrogenada sobre componentes de produtividade da cultura de trigo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 31 n. 6 p. 425-434, jun. 1996b.
- GERDES L.; DE MATTOS. H. B.; WERNER J. C.; COLOZZA M. T.; SANTOS, L. E.; CUNHA, E. A.; BUENO, M. S.; SCHAMMASS, E. A. Características do Dossel Forrageiro e Acúmulo de Forragem em Pastagem Irrigada de Capim-Aruana Exclusivo ou Sobre-Semeado com uma Mistura de Espécies Forrageiras de Inverno. R. Bras. Zootec., v.34, n.4, p.1088-1097, 2005.
- KOLCHINSKI, E. M. & SCHUCH, L. O. B. Eficiência no uso do nitrogênio por cultivares de aveia branca de acordo com a adubação nitrogenada. Rev. Bras. Ciênc. Solo v.27 n.6 Viçosa nov./dez. 2003.
- MOREIRA, A. L.; REIS. R. A.; RUGGIERI. A. C.; SARAN JUNIOR, A. J..Avaliação de forrageiras de inverno irrigadas sob pastejo.Ciênc.agrotec. v.31 n.6 p. 1838-1844, Lavras nov./dez. 2007.
- OLIVEIRA, S. L. Funções de Resposta do Milho Doce ao Uso de Irrigação e Nitrogênio. Viçosa, UFV, 91 p.1993. (Tese de Doutorado).
- RAIJ, B. V.; Fertilidade do Solo e Adubação. Piracicaba,Ceres, Potafos, 1991.
- ROLIM, F. A. Estacionalidade de produção de forrageiras, IN Peixoto, A. M.; Pastagens: Fundamentos da Exploração Racional. Piracicaba, FEALQ, 1994.
- SANTOS, E. D. G.; PAULINO, M. F.; QUEIROZ, D. S.; FONSECA, D. M.; VALADARES FILHO, S. DE C.; LANA, R. P. Avaliação de Pastagem Diferida de *Brachiaria decumbens* Stapf. 2. Disponibilidade de Forragem e Desempenho Animal Durante a Seca. Rev. Bras. Zootec., v.33, n.1, p.214-224, 2004
- SILVEIRA, M. H. D.; KLAR, A. E., Produção de Matéria Seca de Aveia Preta (*Avena strigosa* S.) em Seis Níveis Freáticos. Botucatu, Irriga, v 6 n°2 p.104-114, 2001.
- PAZ,V. P. S.; TEODORO, R. E. F.; MENDONÇA. F. C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. Rev. bras. eng. agríc. ambient. v.4 n.3 p. 465-473 Campina Grande set./dez. 2000a.

PAZ, V. P. S.; FRIZZONE, J. A.; BOTREL, T. A. ; FOLEGATTI, M. V. Otimização do uso da água em sistemas de irrigação por aspersão. Rev. bras. eng. agríc. ambient. v.6 n.3 p. 404-408 Campina Grande set./dez. 2002b.

## **CAPITULO ÚNICO**

### **ANÁLISE ECONÔMICA E PRODUÇÃO DE FORRAGEM DE AVEIA PRETA EM RESPOSTA A ÁGUA E NITROGÊNIO**

Trabalho a ser enviado para publicação na Revista Brasileira de Saúde e Produção  
Animal

**ANÁLISE ECONÔMICA E PRODUÇÃO DE FORRAGEM DE AVEIA  
PRETA EM RESPOSTA A ÁGUA E NITROGÊNIO**

**Manuel Pereira de Oliveira Junior<sup>1</sup>, Cícero Lopes da Silva<sup>2</sup>, Carlos Alberto  
da Silva Oliveira<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias – UnB.

<sup>2</sup>Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – UnB cx. Postal 04508.  
CEP 70910-900, Brasília – DF - cicero@unb.br.

RESUMO – O presente trabalho foi realizado com intuito de se determinar a máxima produção e o ótimo econômico de matéria seca, os níveis de proteína bruta e fibra em detergente neutro de forragem de aveia-preta (*Avena strigosa* Shreb) em relação aos insumos água e nitrogênio. A irrigação foi feita por aspersão com linha única. O delineamento foi o de blocos casualizados para a variável água e a variável nitrogênio em parcelas subdivididas com cinco repetições. As oito lâminas de água aplicadas foram: 1,3; 107,1; 135,7; 295,9; 330,3; 469,7; 544,3 e 546,1 mm e as seis doses de nitrogênio foram: 0, 20, 40, 80, 160 e 320 kg por ha. A máxima produção de matéria seca 4.217 kg por ha foi observada para a lâmina de irrigação de 336 mm e dose de nitrogênio de 217 kg por ha. Não houve efeito significativo de interação para a combinação entre a variável lâmina de água e dose de nitrogênio para teores de matéria seca, fibra em detergente neutro e número de perfilhos por planta e teor de proteína bruta. O teor de proteína bruta para a máxima produtividade econômica de matéria seca foi de 17,6%. Os teores de fibra em detergente neutro obtidos ficaram abaixo de 55%. Considerando as lâminas de irrigação e as doses de nitrogênio e respectivos custos dos insumos e valor da forragem o ótimo econômico foi calculado em 3.875 kg por ha de matéria seca de aveia, para uma lâmina de água de 280 mm e de 94 kg por ha de nitrogênio, gerando um lucro de R\$ 147,32 por ha. A taxa marginal de substituição de água por nitrogênio foi calculada em 0,44 mm por kg por ha.

Palavras chaves: matéria seca, proteína, fibra em detergente neutro, lucro máximo.

## **ECONOMIC ANALISE AND YIELD OF BLACK OAT FORAGE IN RESPONSE TO WATER AND NITROGEN.**

**ABSTRACT-** The experiment was accomplished aiming to determinate maximum and economical dry matter yield of rude protein levels, neutral detergent fiber of black oat (*Avena strigosa* Shreb) forage related with irrigation depth of water and nitrogen doses. Irrigation was done by a line source system. It was used a randomized complete block design for the irrigation variable, with the factor nitrogen a split plot on irrigation, and five replication. The eight irrigation levels applied were: 1.3, 107.1, 135.7, 295.9, 330.3, 469.7, 544.3 and 546.1 mm. The six nitrogen doses were: 0; 20; 40; 80; 160 and 320 kg per ha. Maximum dry matter yield 4,217 kg per ha was verified for the irrigation depth of 336 mm and for the nitrogen dose of 217 kg per ha. There was no interaction among the two independent variables for dry matter content, neutral detergent fiber, number of tillers per plant and rude protein levels. The rude protein levels content for the maximum economical dry matter yield was 17.6%. Neutral detergent fiber values obtained were lower than 55%. Considering irrigation depths, nitrogen levels and theirs prices, and forage prices it was calculated the maximum economical yield of 3,875 kg per ha of dry matter for the 280 mm of irrigation depth and 94 kg per ha of nitrogen, allowing a supply of R\$147.21 per ha. The change marginal rate of water to nitrogen was calculate in 0.44 mm kg per ha.

**Keywords:** dry matter, protein, neutral detergent fiber, maximum profit.

## **Introdução**

Na região de predominância dos cerrados tem-se um clima bem definido com uma estação chuvosa que vai de outubro a abril e outra estação seca que vai de maio a setembro, que coincide com as estações do outono e inverno respectivamente. O déficit hídrico na estação seca leva a uma grande estacionalidade na produção de forragem, com redução da quantidade e qualidade oferecida aos animais.

Na região sul do Brasil o plantio de cereais de inverno tem sido usado como alternativa para a falta de forragem nesta estação. Nessa região a aveia é também utilizada para a produção de grãos ou ainda para adubação verde. Nos estados de Mato Grosso do Sul e Sul de Minas Gerais as áreas cultivadas destinam-se para a produção de forragem verde servida no cocho aos animais (Frizzone et al.1995).

O crescimento do interesse pelo cultivo de inverno pelos agricultores da região do cerrado, principalmente nas regiões sudeste e centro-oeste, que tem cultivado a aveia como cobertura do solo no sistema de plantio direto ou ainda como alternativa de cultura de inverno nas áreas de cultivo de arroz estabelecidas em várzeas sistematizadas e irrigadas (Silveira & Klar 2001).

Segundo Rolim (1994) algumas alternativas podem ser adotadas para solucionar a o problema da falta de forragem devida a estacionalidade na produção, tais como; o diferimento de pastejo, o cultivo de espécies forrageiras resistentes às condições de inverno, suplementação na alimentação de animais com uso de forragens conservada, a silagem, o feno, ou resíduos de processamento de agroindústrias e culturas de inverno com o uso de irrigação. A complexidade da adoção das técnicas mencionadas aumenta da primeira para a última, bem como o nível de conhecimento técnico e o aporte de investimento que segue a mesma ordem.

Alvim (1994) sugere para o sudeste e centro-oeste brasileiro o plantio irrigado de forrageiras de clima temperado como opção de cultivo para a época da seca. O mesmo autor em estudo sobre frequência de irrigação suplementar para a cultura de aveia na região da Zona da Mata de Minas Gerais encontrou resultados positivos na produção de matéria seca de aveia com irrigações espaçadas de até 21 dias.

Bacchi & Godoy (1997) utilizaram como indicadores do momento de irrigação tensões de água no solo variando entre 15 e 30 kPa tomadas a 0,20 m de profundidade no solo, em cultivares de aveia-preta, correspondendo a um consumo médio de água de 4,3 mm por dia e 4,8 mm por dia respectivamente para o primeiro e segundo corte. As produtividades foram de 3.800 kg por ha de matéria seca no primeiro corte e 5.617 kg por ha de matéria seca no segundo corte, com um teor de proteína bruta de 16,6%.

Kolchinski & Schuch (2003), avaliando o efeito de doses de nitrogênio, variando de 0 a 73 kg por ha na produção de matéria seca de quatro cultivares de aveia branca (CTC 5, UFRGS 15, UFRGS 19 e UPF 18), verificaram que três das quatro cultivares testadas apresentou resposta de produção de forma linear ao incremento de adubação nitrogenada, não sendo possível determinar o potencial máximo dessas cultivares. A cultivar UFRGS 15 teve resposta com comportamento quadrático atingindo um máximo de 5.600 kg por ha de matéria seca com uma dose de nitrogênio de 42,5 kg por ha.

Raij (1991) indica os fatores de interação adubação mais irrigação e variedades modernas mais adubação, utilizados na agricultura para incrementar a produtividade. Qualquer das duas interações, irrigação mais adubação, ou variedades mais produtivas e adubação adequada, proporcionam produtividades mais elevadas, implicando em uma quantidade maior de nutrientes disponíveis a cultura.

Frizone et al. (1995) numa avaliação econômica entre os níveis de água e de nitrogênio na produção de aveia forrageira (*Avena sativa* L.) conseguiram uma

produção ótima econômica de  $6.800 \text{ kg ha}^{-1}$  de matéria seca com lâmina de água de 310 mm e  $120 \text{ ha}^{-1}$  de nitrogênio.

Paz et al. (2000) em um estudo sobre eficiência do uso de irrigação enfatiza o uso econômico da água, como um fator de produção que promove um aumento no rendimento da cultura a cada nível aplicado. Todavia a água apresenta custos advindos de sua obtenção e aplicação, sendo que a quantidade econômica de água a ser aplicada depende do custo deste insumo e da produtividade alcançada pela cultura e seu valor de venda no mercado. Tais combinações implicam na necessidade de racionalizar o uso da água.

A execução de um experimento onde os tratamentos são diferentes lâminas de água aplicadas é facilitado pelo sistema de irrigação por aspersão em linha única, denominado também de “line source”. Esse sistema foi utilizado por Ferreira (2000) em estudo sobre otimização econômica de irrigação na cultura do feijoeiro, na região do Distrito Federal. Nesse estudo foi possível verificar, para a variável água, a facilidade com que se obtiveram vários tratamentos em uma área relativamente pequena.

Oliveira (1993) estudando produção de milho doce em função de lâmina de água aplicada em irrigação e doses de nitrogênio, também utilizou irrigação por aspersão com linha única, verificando que mesmo na condição de duas variáveis estudadas, a facilidade de implantação do sistema, economia de material, de mão-de-obra e maior número de tratamentos em área experimental relativamente pequena, foram também observados.

Num sistema de experimentação de irrigação por aspersão com linha única, independente do número de variáveis testadas, não há aleatorização da variável lâmina de água, tal fato é contornado na análise estatística, considerando o teste de significância da variável lâmina de água como não válido como foi apresentado por

Johnson et al. (1983) e Fernandes (1991). Todavia diante dos efeitos óbvios desta variável independente, não há maiores problemas na análise de regressão.

Dadas as evidências de boas respostas conseguidas com adubação nitrogenada adequada aliada à irrigação destacam-se os seguintes objetivos para este trabalho:

Determinar a melhor combinação econômica entre lâmina de água e dose de nitrogênio aplicado na forrageira aveia-preta (*Avena strigosa* Shreb.)

Avaliar o efeito da combinação lâmina de água e dose de nitrogênio sobre a qualidade da forragem de aveia-preta (*Avena strigosa* Shreb.) tendo como parâmetros de diferenciação o teor de fibra em detergente neutro e teor de proteína bruta.

Determinar a taxa marginal de substituição entre os insumos água e nitrogênio.

## **Material e métodos**

O experimento foi conduzido na Fazenda Água Limpa (FAL) da Universidade de Brasília (UnB) numa área de coordenadas geográficas médias em torno de 15° 56' S e 47° 56' W, e uma altitude de 1.080 m.

A classificação climática da região é do tipo CWa e segundo Köppen é caracterizado por duas estações climáticas bem definidas, a estação seca que se inicia no final do mês de abril e se estende até setembro e uma estação chuvosa que inicia em outubro e vai até o mês de abril (Atlas do Distrito Federal, 1984). O solo da área do experimento é um Latossolo Vermelho-Amarelo de relevo suave com 4% de declividade.

Realizou-se a semeadura em sistema de plantio convencional em 16 de maio (Figura 1), com espaçamento de 0,20 m entre linhas. A densidade de semeadura correspondeu a 81 sementes viáveis por metro linear introduzidas no solo a uma profundidade de 4 cm. Na adubação de plantio utilizou-se 222,2 kg por ha de

superfosfato triplo, 150 kg por ha de cloreto de potássio e 30 kg por ha de FTE BR, conforme a interpretação da análise do solo. Ao término da semeadura instalou-se um sistema de irrigação convencional fixo composto por três linhas de aspersores, com finalidade de promover irrigações que tiveram a finalidade de homogeneizar a umidade do solo e promover a germinação da aveia.



Figura 1. Semeadura mecanizada, em 16 de maio.

Demarcaram-se as parcelas no dia 17 de maio com dimensões de 3m de largura por 19,2m de comprimento, dispostas paralelamente à linha de aspersores com largura transversal à mesma. Instalaram-se cinco linhas transversais de coletores para se quantificar as lâminas aplicadas por meio da irrigação (Figura 2). Foram realizadas irrigações preliminares nos dias 17 e 20 de maio (Figura 3) totalizando 39 mm.

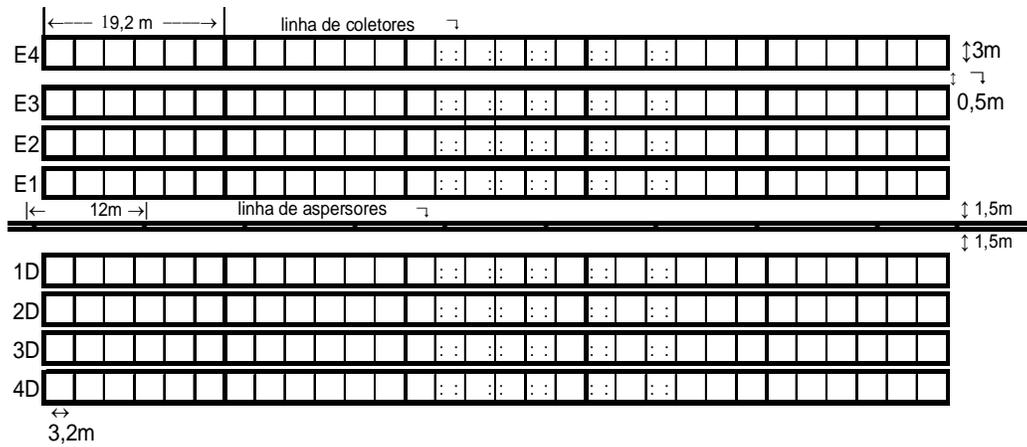


Figura 2. Croqui de campo do experimento, com disposição das faixas de irrigação linhas.



Figura 3. Irrigação para germinação da aveia.

A germinação deu-se em 22 de maio (Figura 4), data em que se desativou o sistema de irrigação convencional fixo e instalou-se o sistema de linha única no centro da área experimental. A primeira parcela, tanto à direita como à esquerda ficou distanciada de 1,5m da linha de irrigação, com o objetivo de facilitar o trânsito ao longo do experimento. Ambos os lados contaram com quatro faixas irrigadas.



Figura 4. Gernimação

A primeira irrigação com a linha única realizou-se em 29 de maio e desta data em diante foram feitas duas irrigações semanais até 6 de junho (Figura 5), quando a cultura atingiu o estágio de pré-florescimento, que é o ideal para o corte. Relativo à distribuição das lâminas de água, as maiores caíram mais próximas à linha de aspersores e na medida em que se afastava dessa linha as lâminas aplicadas diminuíam-se.



Figura 5. Irrigação em linha única em funcionamento.

Usou-se neste experimento para cada tratamento cinco repetições. As parcelas alinhadas ficaram como faixas, que foram separadas lateralmente por uma distância de 0,5m com intuito de evitar interferência de adubação entre as sub-parcelas. Cada parcela nas faixas de irrigação foi subdividida em seis sub-parcelas com 3,2m de comprimento. Em cada sub-parcela efetuaram-se tratamentos com diferentes doses de nitrogênio e essa adubação deu-se nos dias 5 e 6 de junho por ocasião do início do perfilhamento (Figura 6). Como fonte de nitrogênio usou-se sulfato de amônio. As doses aplicadas foram  $N_1 = 0$ ,  $N_2 = 20$ ,  $N_3 = 40$ ,  $N_4 = 80$ ,  $N_5 = 160$  e  $N_6 = 20$  kg de nitrogênio por ha, sorteadas nas sub-parcelas (Figura 7).



Figura 6. Adubação em cobertura.

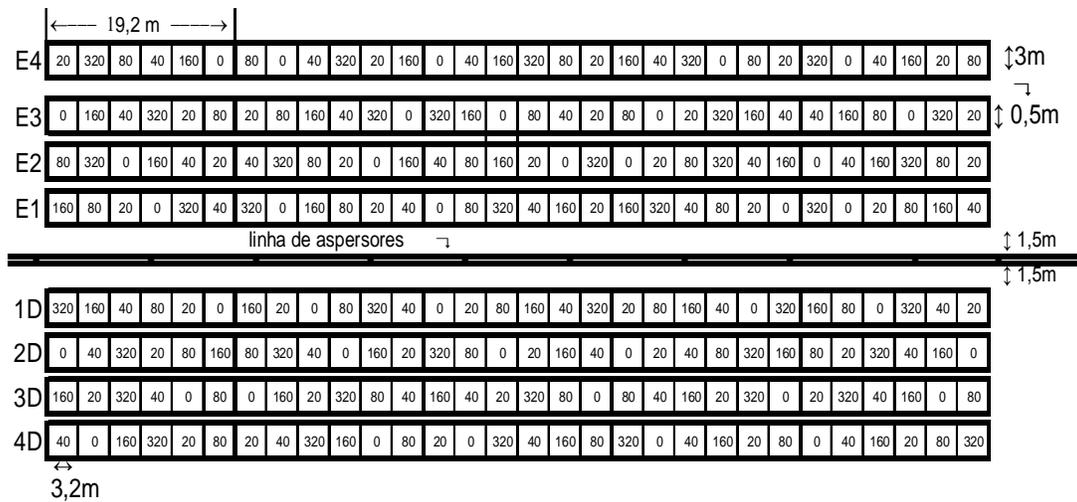


Figura 7. Croqui de campo da adubação mostrando a dose de nitrogênio aplicada em cada sub-parcela.

Cinquenta dias após a germinação, ou seja, 10 e 11 de julho realizaram-se a colheita, o material verde foi cortada em 4 m<sup>2</sup> no centro de cada sub-parcela, pesando-as no local (Figuras 8 e 9). Retirando-se sub-amostras do material verde para determinação do teor de matéria seca, teor de proteína bruta e fibra em detergente neutro. Logo em seguida a colheita foram contados os perfilhos de 20 plantas de cada sub-parcela.



Figura 8. Colheita do material verde.



Figura 9. Pesagem do material verde em campo.

O material amostrado foi pesado e colocado em estufa por 72 horas a 55°C. Após esse tempo na estufa efetuou-se nova pesagem, determinando-se assim o peso da matéria seca, em seguida triturou-se o material para a análise do teor de proteína bruta pelo método de Kjeldahl (Silva, 1998) e fibra em detergente neutro pelo método de van Soest (Silva, 1998).

A resposta da aplicação dos insumos água e nitrogênio na produção de matéria seca de aveia-preta, considerando que os demais fatores foram mantidos fixos, foi determinado pelo modelo  $Y = b_0 + b_1W + b_2N + b_{11}W^2 + b_{22}N^2 + b_{12}WN + \xi$ , em que  $Y$  é a produção de matéria seca de aveia ( $\text{kg ha}^{-1}$ );  $b_0, b_1, b_2, b_{11}, b_{22}, b_{12}$  os coeficientes de regressão;  $W$  a lâmina de água em mm e  $N$  dose de nitrogênio em  $\text{kg ha}^{-1}$  e  $\xi$  erro estatístico da regressão. A adoção desse modelo deveu-se à facilidade de se trabalhar com o mesmo. O modelo com função polinomial quadrática é também indicado por Ferguson (1988) e Rajj (1995) para expressar a função de produção referente à aplicação de um insumo qualquer. Oliveira (1993) e Frizzone et al. (1995) em experimentos envolvendo lâmina de água e doses de nitrogênio também utilizaram a

função polinomial quadrática para explicar o comportamento das culturas estudados com relação aos insumos aplicados.

A lâmina de água e dose de nitrogênio que geram a máxima produção foram obtidas quando se estabeleceram a nulidade das produções marginais relativas a cada variável, isto é  $\partial Y/\partial W = 0$  e  $\partial Y/\partial N = 0$ , checando ainda se as derivadas de segunda ordem foram negativas. O lucro máximo foi calculado quando as produtividades marginais foram igualadas as relações entre o preço do produto e o preço do referido insumo; isto é,  $\partial Y/\partial W = P_Y/P_W$  e  $\partial Y/\partial N = P_Y/P_N$ , em que  $P_Y$  é o valor possível de venda, ou valor de mercado de um kg de matéria seca da forragem e  $P_W$  e  $P_N$  são respectivamente os preços de um mm de água aplicado e de um kg de nitrogênio aplicado. Para o cálculo do retorno financeiro, foram considerados os preços: feno de aveia a R\$ 0,45 kg<sup>-1</sup>; nitrogênio a R\$ 2,65 kg<sup>-1</sup> e o preço do mm de água aplicado calculado com a lâmina que proporcionou a máxima produção de matéria seca.

A função descrita por  $L = P_Y Y - P_W W - P_N N - CF$ ; utilizada neste trabalho para o cálculo das lucratividades alcançadas, em que:  $L$  é o lucro;  $P_Y$  o preço da forragem de aveia-preta;  $Y$  a quantidade produzida de matéria seca de aveia;  $P_W$  e  $P_N$  os preços respectivos da lâmina de água e do nitrogênio e  $CF$  os custos fixos inerente à produção da cultura.

Calcularam-se os custos fixos referentes às operações de plantio, tratos culturais, corte e acondicionamento da forragem. Como componente dos custos fixos uso-se a taxa de recuperação do capital conforme modelo proposto por Bernardo (2005), taxa de juros 11,25 % ao ano, valor de resgate do equipamento de 10 % do custo de aquisição e vida útil de 10 anos, acrescido de uma taxa anual de manutenção de 12 % do valor de aquisição. A taxa de juros considerada deveu-se ser esta a melhor remuneração do capital em vigência na época da execução do experimento.

A superfície de resposta usada na representação da produção, com o uso de dois insumos normalmente é representada por isoquantas, que são linhas que unem pontos de mesma produção. Em qualquer linha se podem trocar os níveis de um insumo por outro, mantendo-se, logicamente a mesma produção. Quando se encontra o ponto em que se alcança o ótimo econômico, a taxa marginal de substituição para os insumos aplicados no processo produtivo pode ser determinada. A taxa marginal de substituição é obtida através da divisão do produto marginal de um insumo pelo produto marginal do outro. No presente caso;  $TMgS = (\partial Y / \partial W) / (\partial Y / \partial N)$ .

## Resultados e Discussão

No período do experimento não houve ocorrência de precipitação, a temperatura máxima de 29 °C, e a mínima de 6,3 °C e média de 18,2 °C. A Umidade Relativa média do ar correspondeu a 69,9%, conforme dados climatológicos extraídos da Estação Agroclimatológica da fazenda experimental.

A totalização das lâminas decorrentes das irrigações aplicadas (Tabela 1) bem como os dados de produção de matéria seca, em função das lâminas de água e doses de nitrogênio são apresentados a seguir.

Tabela 1. Produção de matéria seca de aveia (kg por ha) em função de lâminas de água aplicada ( $W_1, W_2, W_3, W_4, W_5, W_6, W_7$  e  $W_8$ ) após a germinação, e doses de nitrogênio ( $N_1, N_2, N_3, N_4, N_5$  e  $N_6$ ).

N kg ha <sup>-1</sup>	W mm							
	1,3	107,1	135,7	295,9	330,3	469,7	544,3	546,1
	Produtividade em kg ha <sup>-1</sup>							
zero	407,5b	2262,8	2869,5	1881,0	2322,8	1768,1	1508,8	1439,6
20	424,2b	2447,3	3773,5	2603,8	3747,7	2557,2	2367,3	2873,9
40	497,4b	2836,0	3760,3	3140,7	3377,0	2871,1	2693,4	3179,6
80	435,5b	2865,5	3315,8	3033,7	3807,8	3040,1	3102,1	2955,8
160	406,0b	3375,1	3572,9	3444,4	4130,9a	3299,5	2893,4	3322,9
320	447,7b	3458,6	3620,9	3336,1	3897,2	2944,6	3296,2	3481,0

Verificou-se a maior produção com o tratamento  $W_5N_5$  (330,3 mm de água e 160 kg por ha de nitrogênio) com 4.130,9 kg por ha de matéria seca, resultado próximo ao obtido por Gerdes et al. (2007) em avaliação de cultivares de aveia. As menores produtividades, variando de 406,0 a 497,4 kg ha<sup>-1</sup> de matéria seca, todas com tratamento  $W_1$ (1,3 mm) para água e nos tratamentos  $N_1$  a  $N_6$  de 0 a 320 kg por ha de nitrogênio não se diferiram estatisticamente pelo teste de Tuckey ( $P>0,05$ ). Observa-se em todas as produtividades para o tratamento  $W_1$ (1,3 mm de água), independente da dose de nitrogênio, produtividades abaixo de 500 kg ha<sup>-1</sup> de matéria seca. Resultado semelhante ao encontrado por Frizzone et al. (1995). A razão de se ter obtido baixas produtividades na ausência de água se deve ao fato do fluxo de massa ser o principal processo pelo qual as plantas retiram os nutrientes da solução do solo para o seu desenvolvimento. O nitrogênio é o elemento com maior necessidade de umidade no solo para ser absorvido adequadamente, principalmente na forma de nitrato. A literatura especializada (Raij, 1995 e Ferri, 1985) também indica a necessidade de aeração do solo para favorecer as trocas gasosas que fazem parte do processo de respiração, tanto das raízes das plantas como dos microrganismos presentes no solo.

Em condições de alta umidade no solo por períodos longos a troca gasosa é dificultada pelo abaixamento da pressão de  $O_2$  o que prejudica a passagem de nutrientes para as raízes, contribuindo assim para redução da produtividade. O fenômeno recém mencionado pode ser visualizado ao examinar os resultados dos tratamentos, uma elevação da produção até o tratamento  $W_5$ (330,3 mm de água) onde se encontram as produções mais elevadas (Tabela 1). Com lâminas superiores a aplicada no tratamento  $W_5$ (330,7 mm) tem-se uma queda gradual da produção, que pode ser explicada pelo argumento anterior associada à perda de nitrogênio por lixiviação.

A perda de nitrogênio no solo foi relatada por Sangoi et al. (2003). De fato, o solo onde se realizou este experimento, apresenta um grande potencial de lixiviação em virtude da elevada condutividade hidráulica saturada; 61,3 mm por hora conforme Silva & Kato (1999).

Os dados referentes à produção foram submetidos à análise de regressão de múltiplas variáveis, sendo que o modelo proposto inicialmente foi parcialmente rejeitado, pois a interação água e nitrogênio não foi significativa, com isso o modelo pode ser simplificado e expresso na equação  $Y = 492,3 + 15,46W + 10,4N - 0,023W^2 - 0,024N^2$  com  $R^2 = 0,68$ .

Maximizando a produção dada pela equação acima em relação à lâmina de água e dose de nitrogênio, obtiveram-se respectivamente o valor de 336 mm de água e 217 kg de nitrogênio por ha, com a produção correspondente de 4.217 kg por ha de matéria seca de forragem de aveia-preta.

Com a construção da superfície de resposta referente à equação (Figura 10) em que se visualizam as isoquantas foi marcado um retângulo com vértice superior designado pela letra A, representando a produtividade de 4.217 kg de matéria seca por ha. Esse retângulo corresponde à região de produção racional. Esses valores de lâmina de água e dose de nitrogênio, entretanto não garantem retorno financeiro máximo.

Na obtenção da máxima produtividade de matéria seca em função da lâmina de água obteve-se um valor de R\$ 240,00 para o gasto de energia elétrica e R\$ 146,20 com custo de mão-de-obra, totalizando R\$ 386,20. Dividindo este valor por 336 mm, tem-se R\$ 1,15 por mm, que é o custo unitário do milímetro de água.

Utilizando a relação  $\partial Y / \partial W = P_Y / P_W$  com os valores obtidos para o insumo água (W), obteve-se, uma lâmina de 280 mm, que é a quantidade de água que conduz ao ótimo econômico para as condições em que o experimento fora conduzido.

O custo de aquisição para o nitrogênio foi calculado em R\$ 2,49 por kg e o custo operacional da aplicação de R\$ 0,16 por kg, totalizando R\$ 2,65 por kg de nitrogênio aplicado.

Utilizando a relação  $\partial Y/\partial N = P_Y/P_N$  com os valores obtidos para a variável nitrogênio, encontrou-se uma quantidade de 94 kg por ha, correspondente à dose de nitrogênio que leva ao máximo econômico nas condições em que o experimento fora conduzido.

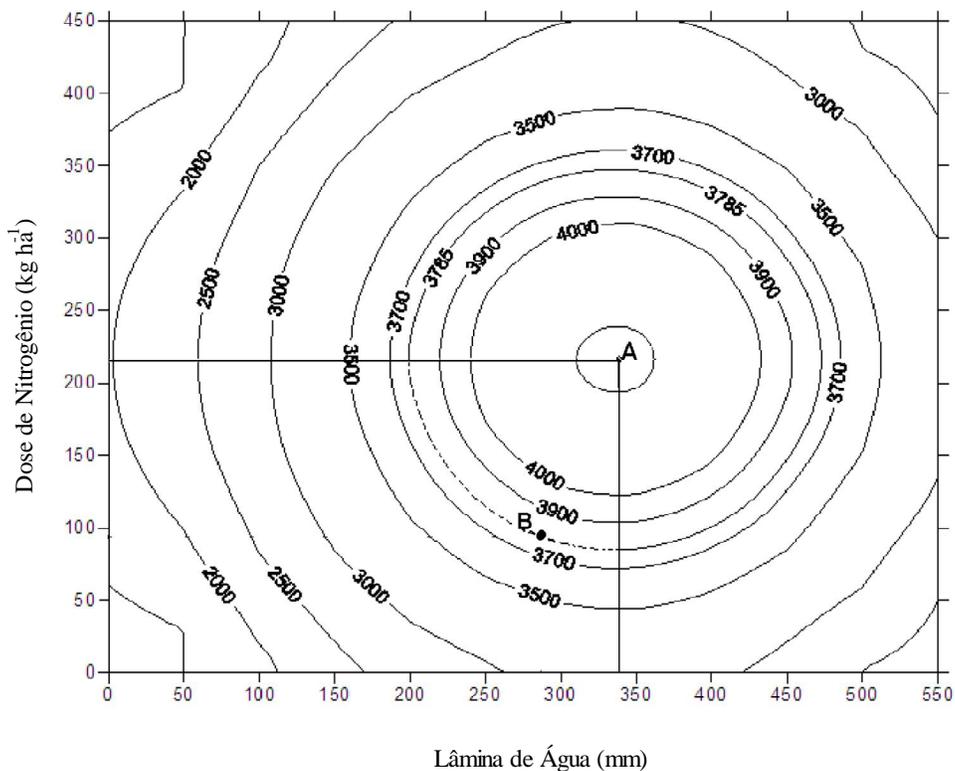


Figura 10. Isoquantas de matéria seca de aveia-preta (*A. strigosa*) em função de lâmina de água e dose de nitrogênio, o retângulo demarcado na figura representa a região de produção racional. O ponto A é o vértice de produção máxima. B o ponto de maximização econômica, com o preço dos insumos na época do experimento.

Estes valores 280 mm de água e dose de nitrogênio de 94 kg por ha aplicados ao modelo de regressão, permitem a estimativa da produção que gera o máximo retorno financeiro com 3.785 kg por ha de matéria seca, correspondendo ao ponto B (Figura10).

O custo fixo de 280 mm de lâmina de água foi calculado em R\$ 266,00, enquanto o custos fixos da aplicação de nitrogênio foram calculados em R\$19,74 por ha.

Os custos fixos do plantio e da colheita da cultura foram calculados em R\$ 699,09 por ha, somados aos custos fixos mencionados anteriormente, corresponde a R\$ 984,83 por ha, que é o custo fixo total por ha para produção de aveia preta nas condições do presente experimento.

A fronteira de troca ou de substituição, marcada pela linha tracejada (Figura 1) representa o caminho onde se pode substituir o nível de um fator de produção por outro, mantendo-se a mesma produção. Isto poderia ser usado quando houver escassez de um insumo ou mesmo aumento de preço de um insumo em relação ao outro. A linha tracejada (Figura 1) corresponde à produção de 3.785 kg de matéria seca de aveia por ha. Essa produção pode ser atingida aproximadamente, com lâminas de água variando de 199 a 336 mm, combinado respectivamente com doses de nitrogênio variando de 217 a 83 kg por ha.

A taxa de marginal substituição no ponto de ótimo econômico pode ser conhecida, quando se substitui as quantidades de insumos que geraram o mencionado ótimo, nas funções de produtividade marginal de cada insumo usado. Efetuando-se os cálculos tem-se taxa marginal de substituição igual a 0,44 mm de água por kg de nitrogênio por ha.

Aplicando os valores das doses de água e nitrogênio que resultaram no ótimo econômico e seus respectivos preços na função lucro obteve-se uma lucratividade máxima de R\$ 147,32 por ha.

Aparentemente esta lucratividade é baixa, no entanto é necessário lembrar que a maioria dos produtores de aveia no Distrito Federal o faz para alimentar o próprio gado. Com o fim que é dado ao feno de aveia nesta região é possível afirmar que a aveia tem como objetivo principal a sustentabilidade da atividade leiteira na região.

Para o teor de proteína bruta não houve interação entre as variáveis lâmina de água e dose de nitrogênio, a variável lâmina de água não foi significativa ( $P>0,05$ ), e somente as doses de nitrogênio foram. Os resultados obtidos mostram que os teores de proteína bruta têm uma elevação ao se adicionar nitrogênio (Figura 2), exceto para o tratamento  $W_1$  igual a 1,3 mm, em que os teores se mantêm estáveis apesar do acréscimo de nitrogênio aplicado. Este fato é explicado pela falta de umidade no solo, pois a absorção de nitrogênio pelas plantas é feita por fluxo de massa, onde o nitrogênio na forma de nitrato é carregado para as plantas junto com a água.

A partir do tratamento  $W_2$ (107,1 mm de água) os valores obtidos nos teores de proteína mostram que à medida que se adiciona nitrogênio, o material analisado respondeu com aumento no teor de proteína bruta (Tabela 2). Esse fato é explicado pelo fato do nitrogênio ser um elemento fundamental na constituição das proteínas.

Tabela 2. Teor de proteína Bruta em função de lâmina de água aplicada ( $W_1, W_2, W_3, W_4, W_5, W_6, W_7$  e  $W_8$ ) e doses de nitrogênio ( $N_1, N_2, N_3, N_4, N_5$  e  $N_6$ ).

	N kg ha <sup>-1</sup>	W em mm							
		$W_1$	$W_2$	$W_3$	$W_4$	$W_5$	$W_6$	$W_7$	$W_8$
		1,3	107,1	135,7	295,9	330,3	469,7	544,3	546,1
		Teor de proteína bruta em %							
$N_1$	0	16,5	14,1	13,8	15,0	13,7	13,9	14,1	13,7
$N_2$	20	16,7	15,6	17,1	16,0	15,4	15,4	14,7	15,0
$N_3$	40	16,9	17,6	16,5	15,9	17,8	17,3	16,0	17,0
$N_4$	80	17,4	18,3	18,4	17,9	18,1	17,2	16,0	17,1
$N_5$	160	16,1	21,4	19,2	19,0	19,2	19,2	19,5	19,1
$N_6$	320	15,6	21,7	21,9	20,9	22,0	21,4	20,6	21,3

Relativo aos teores de proteína bruta, a obtenção de um modelo que expresse a combinação entre as variáveis lâmina de água e dose de nitrogênio foi obtida mediante

análise de regressão de múltiplas variáveis com os teores resultantes das análises encontrando:  $Y_{PB} = 14,589 + 0,0393N - 0,0000746N^2$ , com  $r^2$  igual a 0,73, essa equação mostra que o teor de proteína é explicado em função apenas da dose de nitrogênio. Estatisticamente os tratamentos referentes à lâmina de água e sua interação com as doses de nitrogênio não foram significativos.

Maximizando a última equação, encontra-se uma dose de nitrogênio de 263,4 kg por ha que resulta no mais elevado teor de proteína bruta em torno de 19,7%. Entretanto uma adubação dessa magnitude não é financeiramente econômica, preferindo a dose de 94 kg de nitrogênio por ha, a qual propiciou o máximo retorno financeiro e que resulta num teor de PB de 17,6%.

A análise estatística para as variáveis dependentes teor de matéria seca, número de perfilhos por planta e fibra em detergente neutro, mostrou não haver efeito de interação significativo entre lâmina de água e dose de nitrogênio.

Para o teor de matéria seca o tratamento com 1,3 mm de água alcançou 24,6 % e nos demais tratamentos situaram-se em torno de 12,0%. Para os teores de matéria seca em relação às doses de nitrogênio. Nos tratamentos sem nitrogênio e 20 kg de nitrogênio por ha apresentaram teores de 14,9% e 13,9% respectivamente. Os demais tratamentos não se diferenciaram estatisticamente entre si para o teste de Tuckey ( $P > 0,05$ ), com teores de matéria seca em torno de 13,2%.

O número de perfilhos por planta observado para o tratamento 1,3 mm de água ficou em 4,03 e nos demais tratamentos os valores obtidos ficaram em torno de 5,57. Para o tratamento com 320 kg de nitrogênio por ha encontrou-se 6,03 perfilhos por planta. Para os demais tratamentos obtiveram-se 5,4 perfilhos por planta, estes resultados ficaram próximos dos obtidos por Nakagawa et. al (2000) ao estudar efeito da adubação nitrogenada em aveia-preta.

A porcentagem de fibra em detergente neutro para o tratamento 1,3 mm de lâmina de água foi de 46,5%. Os valores obtidos com as demais lâminas de água foram em média de 54,9%. Na ausência de nitrogênio verificou-se um teor de fibra em detergente neutro de 52,4%. Os tratamentos com maior teor de fibra em detergente neutro foram obtidos com 40 e 80 kg de nitrogênio por ha com 54,4% e 54,8% respectivamente e os demais tratamentos apresentaram resultados em torno de 53,9%. Os resultados ficaram próximos dos encontrado por Moreira et al. (2007) e Gerdes et al. (2007).

### **Conclusões.**

Nas condições experimentais permitiu-se concluir que há possibilidade de se manejar lâmina de água aplicada e dose de nitrogênio garantindo retorno financeiro na exploração da cultura, por meio da taxa marginal de substituição.

Os tratamentos realizados no experimento não promoveram, de acordo com a literatura especializada, alterações significativas nos níveis de proteína bruta e os teores de fibra em detergente neutro da forragem.

## Referências Bibliográficas

ALVIM, M. J. Efeito da época de plantio e frequência de irrigação em aveia sobre matéria seca e teor de proteína bruta. *Revista Brasileira de Zootecnia* vol. 23 n° 1, 1994.

BACCHI, O. O. S. & GODOY, R. Demanda hídrica de aveia forrageira na região de São Carlos – SP. XVII Reunião da Comissão Sul-Brasileira de Pesquisa de Aveia. Passo Fundo, RS. 1997.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. Manual de Irrigação, 7ª ed. Viçosa, ED. UFV. 2005.

FERGUSO, C. E. Teoria microeconômica; Rio de Janeiro, Forense-Universitária, 1988.

FERNANDES, G. C. J. Repeated measure analysis of line source sprinkler experiments. *Hortscience*, vol.26, n° 4, April, 1991.

FERREIRA, R. S. A.; Determinação de Coeficiente de Cultura para Feijoeiro e Otimização Econômica da Produção em Função de Lâminas de Água, na Região do Distrito Federal. Brasília, UnB, 61 p. 2000, Dissertação (Mestrado em Agronomia).

FERRI, M. G. Fisiologia Vegetal. São Paulo. EUP, 1985.

FRIZZONE, J. A.; TEODORO, R. E. F.; PEREIRA A. S.; BOTREL, T. A. Lâmina de água e doses de Nitrogênio na produção de aveia (*Avena sativa* L.) para forragem. Piracicaba, *Scientia Agrícola* vol. 52 n° 3 p. 578-586 vol. 33 n°, Setembro/Dezembro, 1995

GERDES L.; IAPICHINI, J. E. C. B.; FERRARI JUNIOR, E.; BIANCHINI, D.; RODRIGUES, C. F. DE C.; LIMA, J. A.; POSSENTI, R. A.; CASTRO, J. L. DE ; Avaliação de variedades de cereais de inverno na alimentação animal. Agosto de 2007. [www.agrosoft.org.br/onde/25717](http://www.agrosoft.org.br/onde/25717) acesso em 20 de fevereiro de 2008

JOHNSON, D. E., CHAUDHURI, U. N., KANEMASU, E. T. Statistical analysis of line source sprinkler experiments and other nonrandomized experiments using multivariate methods. *Soil Scienc Socyete American J.*, vol. 47 p. 309-312 , 1983.

NAKAGAWA, J., CAVARIANI, C.; MACHADO, J. R.. Adubação nitrogenada no perfilhamento da aveia-preta em duas condições de fertilidade do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Jun 2000, vol.35, n°. 6, p.1071-1080. ISSN 0100-204X

OLIVEIRA, S. L. Funções de Resposta do Milho Doce ao Uso de Irrigação e Nitorgênio. Viçosa, UFV, 91 p.1993. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola).

PAZ. V. P. S.; FRIZZONE J. A.; BOTREL, T. A. ; FOLEGATTI, M. V. Otimização do uso da água em sistemas de irrigação por aspersão. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e ambiental* v.6 n.3 p. 404-408 Campina Grande set./dez. 2002.

Raij, B. V.; Fertilidade do Solo e Adubação. Piracicaba, Ceres, Potafos, 1991.

ROLIM, F. A. Estacionalidade de produção de forrageiras. IN PEIXOTO, A. M.; Pastagens: Fundamentos da Exploração Racional. Piracicaba, FEALQ, 1994.

SILVA, D. J. da. Análise de Alimentos, métodos químicos e biológicos, Viçosa, UFV. Ed. Universitária, 1981.

SILVA, C. L. & KATO, E. Avaliação de modelos para previsão da infiltração de água em solo sob cerrado. Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília, V.33. n° 7 p.1149 – 1158. Julho, 1998.

SILVEIRA, M. H. D.; KLAR, A. E., Produção de Matéria Seca de Aveia Preta (*Avena strigosa* S.) em Seis Níveis Freáticos. Botucatu, Irriga, vol. 6 n°2 p. 104-114, 2001.

SANGOI, L.; ERNANI, P. R.; LECH, V. A.; RAMPAZZO, C.; Lixiviação de nitrogênio afetada pela forma de aplicação da Uréia e manejo dos restos culturais de aveia em dois solos com texturas contrastantes. Ciência Rural, UFSM vol. 33 n°1 p.65-70, Rio Grande do Sul, 2003.