



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

**EFEITOS DA FERTIRRIGAÇÃO NITROGENADA NO
CARBONO DA BIOMASSA MICROBIANA DO SOLO E
NOS COMPONENTES DE PRODUÇÃO DE
GENÓTIPOS DE CEVADA**

LEONICE VIEIRA DE FRANÇA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS

BRASÍLIA/DF
FEVEREIRO/2007

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

**EFEITOS DA FERTIRRIGAÇÃO NITROGENADA NO CARBONO DA BIOMASSA
MICROBIANA DO SOLO E NOS COMPONENTES DE PRODUÇÃO DE
GENÓTIPOS DE CEVADA**

LEONICE VIEIRA DE FRANÇA

ORIENTADORA: MARIA LUCRÉCIA GEROSA RAMOS
CO-ORIENTADOR: WALTER QUADROS RIBEIRO JÚNIOR

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS

PUBLICAÇÃO: 254/2007

BRASÍLIA/DF
FEVEREIRO/2007

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**

**EFEITOS DA FERTIRRIGAÇÃO NITROGENADA NO CARBONO DA BIOMASSA
MICROBIANA DO SOLO E NOS COMPONENTES DE PRODUÇÃO DE
GENÓTIPOS DE CEVADA**

LEONICE VIEIRA DE FRANÇA

**DISSERTAÇÃO DE Mestrado submetida à 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 disciplinas de
gestão de solo e água.**

**WALTER QUADROS RIBEIRO JÚNIOR, Ph.D. (Embrapa Cerrados/Trigo)
(CO-ORIENTADOR) CPF: 906.075.388-72 E-mail: walter@cpac.embrapa.br**

APROVADA POR:

**MARIA LUCRÉCIA GEROSA RAMOS, Ph.D. (UnB - FAV)
(ORIENTADOR) CPF: 002.094.438-12 E-mail: lucrecia@unb.br**

**SEBASTIÃO ALBERTO DE OLIVEIRA, Dr. (UnB - FAV)
(EXAMINADOR INTERNO) CPF: 052.361.771-20 E-mail: oliveira@unb.br**

**FÁBIO BUENO DOS REIS JUNIOR, Dr. (Embrapa Cerrados)
(EXAMINADOR EXTERNO) CPF: 004.620.897-62 E-mail: fabio@cpac.embrapa.br**

BRASÍLIA/DF, 28 de FEVEREIRO de 2007.

FICHA CATALOGRÁFICA

França, Leonice Vieira.

Efeitos da fertirrigação nitrogenada no carbono da biomassa microbiana do solo e nos componentes de produção de genótipos de cevada/ Leonice Vieira de França; orientação de Maria Lucrecia Gerosa Ramos. – Brasília, 2007.

78 p.: il.

Dissertação de Mestrado (M) – Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2007.

1. Carbono da biomassa microbiana. 2. Fertirrigação nitrogenada. 3. Genótipos de cevada. 4. Qualidade de solo. I. Ramos, M.L.G. II. Ph.D.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

FRANÇA, L. V. **Efeitos da fertirrigação nitrogenada no carbono da biomassa microbiana do solo e nos componentes de produção de genótipos de cevada.** Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2007, 78 p. Dissertação de Mestrado.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Leonice Vieira de França

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO: Efeitos da fertirrigação nitrogenada no carbono da biomassa microbiana do solo e nos componentes de produção de genótipos de cevada.

GRAU: Mestre ANO: 2007

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.

Leonice Vieira de França
CPF: 910.172.031-72
SQN 405, Bloco N, apartamento 105.
70846-140 - Brasília/DF - Brasil
E-mail: leonicefranca@yahoo.com.br

Dedico primeiramente à Deus
e a minha base sólida: papai (Amaro), mamãe (Leonor),
e meus irmãos (Aleomar e Leomara)
pelo amor, força, ajuda e compreensão.

AGRADECIMENTOS

Este é o momento de externar os agradecimentos que há muito estão velados. Em primeiro lugar, agradeço à Deus por mais essa oportunidade oferecida por Ele para realização desse trabalho, a minha família, meu pai (Amaro), minha mãe (Leonor) e meus irmãos (Aleomar e Leomara) pelo apoio, força e amor que demonstraram para comigo em todos os momentos que na medida do possível, orientaram minhas escolhas, acataram minhas decisões e compartilharam das conseqüências. E aos meus amigos que sempre torceram por mais essa conquista.

À Universidade de Brasília e à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária pela oportunidade oferecida, à Embrapa Cerrados pela realização do experimento e pela ajuda de seus pesquisadores e funcionários e à Capes pela bolsa de estudo fornecida.

Aos professores e orientadores Maria Lucrécia Gerosa Ramos e Walter Quadros Ribeiro Junior pela orientação, ajuda em campo e sugestões no trabalho. A Lídia Tarchetti pelo trabalho desenvolvido ao longo desse experimento.

Aos professores da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária pelos conhecimentos adquiridos em especial a professora Marilusa Lacerda por sua dedicação e amizade.

Aos membros da banca de defesa Dr. Fábio Bueno dos Reis Junior e Dr. Sebastião Alberto de Oliveira.

Aos funcionários Netto e Wellington do Laboratório de Biologia do Solo da UnB e ao aluno Bruno Tarchetti por toda a ajuda nas análises biológicas.

Ao professor Adley Carmargo Ziviani, pela força, e apoio para a realização deste mestrado.

Aos novos amigos que fiz ao longo do mestrado que são de grande importância na minha vida: Maria Fernanda Meneghin, Desirée Serra, Thaís Rodrigues Coser, Ivan Carlos e em especial a duas pessoas que estiveram sempre ao meu lado dando forças, apoio, e me ajudando a cada momento que precisava Marina Bilich e Inara Barbosa.

À todos meu muito obrigada!

ÍNDICE

INTRODUÇÃO GERAL	1
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
Bioma Cerrado	3
Cultura da cevada	4
Comportamento do nitrogênio no solo	7
Comportamento do nitrogênio nas plantas	10
Comportamento do nitrogênio na cultura da cevada	10
Fertirrigação	12
Biomassa microbiana e carbono da biomassa microbiana do solo	14
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	21
CAPÍTULO 1 - Efeito de diferentes doses de nitrogênio, via fertirrigação no carbono da biomassa microbiana do solo no Cerrado	29
RESUMO	30
ABSTRACT	31
INTRODUÇÃO	32
MATERIAL E MÉTODOS	33
Local, condição do experimento e coleta das amostras	33
Determinação do Carbono da Biomassa Microbiana do Solo	35
Determinação da matéria orgânica do solo	36
Análise estatística	37
RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
Carbono da Biomassa Microbiana	37
Respiração Basal	39
Quociente Metabólico	42
Carbono Orgânico	44

Relação do carbono da biomassa microbiana com carbono orgânico	45
CONCLUSÕES	47
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
TABELAS	52
CAPÍTULO 2 - Efeito de diferentes doses de nitrogênio via fertirrigação, nos parâmetros agronômicos e industriais de diferentes materiais genéticos de cevada cervejeira, no Cerrado	54
RESUMO	55
ABSTRACT	56
INTRODUÇÃO	57
MATERIAL E MÉTODOS	59
Local e condições do experimento	59
Análises dos parâmetros agronômicos e industriais da planta	60
RESULTADOS E DISCUSSÃO	61
Peso de mil sementes	61
Altura	62
Rendimento	63
Teor de proteína	64
Classificação comercial	65
Índice de colheita	66
CONCLUSÕES	68
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
TABELAS E FIGURA	72
ANEXO	78

ÍNDICE DE TABELAS

CAPÍTULO 01

1- Resultados da análise química do solo, antes da implantação do experimento	78
1.1. Carbono da biomassa microbiana do solo (mg C. kg⁻¹ de solo) em solo cultivado com cevada e submetido a diferentes doses de N, via fertirrigação, em seis épocas de coleta	52
1.2. Respiração basal do solo (mg C-CO₂. kg⁻¹ solo/dia) em solo cultivado com cevada e submetido a diferentes doses de N, via fertirrigação, em seis épocas de coletas	52
1.3. Quociente metabólico (mg C. kg⁻¹ solo/dia) em solo cultivado com cevada e submetido a diferentes doses de N, via fertirrigação, em seis épocas de coleta	53
1.4. Carbono orgânico (g. kg⁻¹ solo) em solo cultivado com cevada e submetido a diferentes doses de N, via fertirrigação, em seis épocas de coleta	53
1.5. C_{BMS}:C_{ORG} (%) em solo cultivado com cevada e submetido a diferentes doses de N, via fertirrigação, em seis épocas de coleta	53

CAPÍTULO 02

1- Resultados da análise química do solo, antes da implantação do experimento	78
2.1. Valores do peso de mil sementes (gramas) em seis diferentes genótipos de cevada, em quatro diferentes doses de nitrogênio, via fertirrigação	72
2.2. Medidas da altura (cm) dos seis diferentes genótipos de cevada, em quatro diferentes doses de nitrogênio, via fertirrigação	72
2.3. Rendimento (kg. ha⁻¹) dos seis diferentes genótipos de cevada, em quatro diferentes doses de N, via fertirrigação	72
2.4. Teor de proteína do grão (%) dos seis diferentes genótipos de cevada, em quatro diferentes doses de N, via fertirrigação	73
2.5. Porcentagem de grãos de 1^a classificação comercial em seis diferentes genótipos de cevada, em quatro diferentes doses de nitrogênio, via fertirrigação	73
2.6. Porcentagem de grãos de 2^a classificação comercial em seis diferentes genótipos de cevada, em quatro diferentes doses de nitrogênio, via fertirrigação	74
2.7. Porcentagem de grãos de 3^a classificação comercial em seis diferentes genótipos de cevada, em quatro diferentes doses de nitrogênio, via fertirrigação	74

2.8. Índice de colheita (%) dos seis diferentes genótipos de cevada, em quatro diferentes doses de nitrogênio, via fertirrigação

75

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 02

1. Relação entre o rendimento de grãos dos materiais genéticos de cevada, em função das doses de nitrogênio aplicadas ao solo, via fertirrigação	76
---	-----------

EFEITOS DA FERTIRRIGAÇÃO NITROGENADA NO CARBONO DA BIOMASSA MICROBIANA DO SOLO E NOS COMPONENTES DE PRODUÇÃO DE GENÓTIPOS DE CEVADA

RESUMO GERAL

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da fertirrigação nitrogenada no carbono da biomassa microbiana do solo e nos parâmetros agrônômicos e industriais de genótipos de cevada. O experimento foi conduzido na Embrapa Cerrados, Planaltina – DF, num Latossolo Vermelho distrófico argiloso, no período de junho a setembro de 2005. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com parcelas subdivididas, com três repetições, onde as doses de nitrogênio foram as parcelas e as épocas de coleta do solo e os genótipos de cevada foram as subparcelas. Foram utilizadas uma testemunha e três doses de nitrogênio: 20, 40 e 80 kg N.ha⁻¹. A fonte de nitrogênio utilizada foi a uréia. A adubação de base foi de 10 kg N.ha⁻¹ (realizada 5 dias após o plantio, a lanço), com exceção da testemunha. A adubação nitrogenada foi feita em cobertura por meio da fertirrigação, parcelada em duas aplicações: uma aos 27 dias (aparecimento da terceira folha) e a outra aos 43 dias (aparecimento da quinta folha) após o plantio no perfilhamento da cultura. As amostras de solo foram coletadas na profundidade de 0-10 cm e em seis épocas: aos 25 dias (dois dias antes da primeira fertirrigação), 29 dias (dois dias após da primeira fertirrigação), 39 dias (quatro dias antes da segunda fertirrigação), 47 dias (quatro dias após da segunda fertirrigação), 67 dias (floração) e 113 dias (após a colheita) após o plantio. Nos genótipos de cevada foram avaliados: peso de mil sementes, altura, rendimento, teor de proteína, classificação comercial e índice de colheita. A primeira fertirrigação nitrogenada teve mais impacto que a segunda nos valores da respiração basal e no carbono da biomassa microbiana do solo e não houve alteração nos valores do carbono da biomassa microbiana na maior e na menor dose de nitrogênio. Em geral o aumento das doses de nitrogênio aumentou a produtividade dos genótipos de cevada e o teor de proteína dos grãos. A aplicação deste nutriente, não afetou a classificação comercial dos grãos dos materiais genéticos de cevada.

Palavras chave: bioindicadores do solo, qualidade do solo.

EFFECT OF NITROGEN FERTIGATION ON SOIL MICROBIAL BIOMASS AND YIELD COMPONENTS OF BARLEY GENOTYPES

ABSTRACT

The main objective of this study was to evaluate the effects of nitrogen fertigation on soil microbial biomass, and industrial/agronomic parameters of barley genotypes. The experimental design was of randomized blocks with split-plot scheme with three replications, where split plots represented the nitrogen levels and the periods of soil survey and genotypes represented the plots. Three levels of nitrogen and one control treatment were used: 20, 40 e 80 kg N.ha⁻¹). The nitrogen source used was urea. Five days after barley was sowed, 10 N.ha⁻¹ was broadcasted in soil surface, except in the control treatment. All fertilization after planting was done by fertigation, fractioned in two applications: 27 days (after the appearance of the third leaf), another after 43 days (after the appearance of the fifth leaf) and at barley tillering. Soil surveys were collected at 10 cm of depth at six periods: 25 days after sowing (two days before the first fertigation), 29 days after sowing (two days after the first fertigation), 39 days after sowing (four days before the second fertigation), 47 days after sowing (four days before the second fertigation), 67 days after sowing (flowering) and 113 days (after harvesting). For all barley genotypes were evaluated the weight of a thousand seeds, height, yield, protein content, cycle, comercial classification and harvesting index. The first nitrogen fertigation caused more impact in the values of basal respiration and biomass carbon content than the second one, and there were no modification of biomass carbon content when the higher and lowest levels of nitrogen where used. Highest yields and protein contents were obtained with the increase of nitrogen levels and the application of this nutrient didn't affected the comercial classification of barley genotypes.

Keywords: soil bioindicator, soil quality.

INTRODUÇÃO GERAL

Os Cerrados representam a maior fronteira agrícola do mundo atualmente, ocupando 207 milhões de hectares (Vargas & Hungria, 1997) sendo a área mais propícia para as culturas de grãos e pela facilidade que oferecem à mecanização. O crescimento das culturas na região requer a adaptação no solo e do regime hídrico às plantas cujas exigências não podem ser supridas pelos recursos disponíveis.

Como ocorre um grande período de seca nos Cerrados, a irrigação é uma prática indispensável para permitir o cultivo nesta época e garantir a produção das culturas (Silva & Andrade, 1985). A grande demanda do sistema agrícola irrigado do Cerrado se faz pela necessidade de novas espécies de cultivo para dar oportunidade e oferta ao negócio agrícola além das culturas do feijão e milho irrigados, que são cultivadas em grande escala na região.

A cevada é uma cultura que obteve espaço nos Cerrados por meio de pesquisas que aliam qualidade e produtividade da cultura às particularidades regionais. Com as pesquisas conseguiu-se adaptar essa cultura às condições edafoclimáticas da região em condições de irrigação (Amabile et al., 2004).

O uso de água via irrigação é uma prática que possibilita ao agricultor otimizar a produção agrícola. Quando bem conduzida, a irrigação garante à cultura umidade adequada no solo, nos diversos estádios de desenvolvimento vegetativo, proporcionando assim, maior rendimento e melhor qualidade de grãos (Filgueira et al., 1996).

A fertirrigação é o processo de aplicação simultânea de água e fertilizantes ao solo por meio de sistemas de irrigação (Coelho, 2003). Em geral, a fertirrigação é usada para complementar à adubação de plantio, cujo efeito diminui com o avanço do ciclo de vida da cultura. Portanto, deve-se aplicar no plantio fertilizantes que sirvam de fonte de nutrientes para os primeiros estádios de desenvolvimento da cultura e, após esse período, iniciam-se as fertirrigações, de modo a ajustar o fornecimento de nutrientes às necessidades das plantas (Vieira & Ramos, 1999).

O nitrogênio é o elemento mais freqüentemente aplicado via água de irrigação. Ele apresenta alta mobilidade no solo, e conseqüentemente, alto potencial de perdas, principalmente por lixiviação de nitrato (NO_3^-) (Coelho, 2003). Com o uso da fertirrigação, pode-se parcelar a aplicação de fertilizantes nitrogenados de acordo com a demanda das culturas, reduzindo as perdas sem onerar o custo de produção.

Parte do nitrogênio aplicado no solo na forma de fertilizante é absorvido pelas culturas (40 a 60%), o restante é imobilizado, incorporado ao solo como nitrogênio orgânico ou

perdido (Furtini Neto et al., 2001). A fonte natural de nitrogênio no solo é a matéria orgânica, e para ser assimilado pelas plantas, o nitrogênio orgânico deve ser mineralizado pelos microrganismos do solo.

O nitrogênio está disponível no solo em diversas formas, incluindo proteínas, ácidos nucleicos e outros constituintes da membrana celular dos microrganismos, amônio (NH_4^+), nitrato (NO_3^-), aminoácidos, peptídeos e formas complexas insolúveis. As espécies vegetais diferem na sua preferência por fontes de nitrogênio, mas o absorvem principalmente sob formas inorgânicas, como nitrato (NO_3^-) ou amônio (NH_4^+) (Williams & Miller, 2001), que são as formas principais de nitrogênio mineral encontradas no solo.

A matéria orgânica do solo representa o principal reservatório de energia para os microrganismos e de nutrientes para as plantas. O acréscimo ou declínio da matéria orgânica do solo é um atributo para estimar a preservação dos ecossistemas naturais e os desequilíbrios dos agroecossistemas, sendo utilizada como critério para a avaliação da sustentabilidade (Rovira, 1993; Lal, 1994). A manutenção da produtividade agrícola depende dos processos de transformação da matéria orgânica e conseqüentemente da biomassa microbiana.

A biomassa microbiana é a parte viva e ativa da matéria orgânica do solo. É um indicador sensível das mudanças no solo (Smith & Paul, 1990; Moreira & Siqueira, 2002) por ser a principal responsável pela transformação da matéria orgânica, pela ciclagem de nutrientes e pelo fluxo de energia no solo (Jenkinson & Ladd, 1981; Wardle, 1992).

A biomassa microbiana é um importante componente para a avaliação da qualidade do solo, porque faz parte nos processos de decomposição natural interagindo na dinâmica dos nutrientes (Franzluebbbers, 1999). A biomassa microbiana e a sua atividade respondem às variações sazonais de umidade e temperatura, ao manejo do solo, ao cultivo e também aos resíduos vegetais (Cattelan & Vidor, 1990) e pela incorporação de corretivos e fertilizantes causando perturbações ou desequilíbrios do sistema resultando em diferenças na atividade microbiana e formação e/ou decomposição da matéria orgânica do solo (Bayer & Mielniczuk, 1999). É utilizada como um indicador biológico ou como um atributo de adequação de sustentabilidade dos sistemas de produção (Anderson & Domsch, 1993).

São poucas as informações sobre o efeito causado pelas aplicações de fertilizantes nitrogenados na biomassa microbiana do solo, principalmente em solos de Cerrados. Assim como, poucas são as informações sobre os genótipos de cevada, por serem materiais introduzidos na região.

Os objetivos deste trabalho foram avaliar o efeito da fertirrigação nitrogenada no carbono da biomassa microbiana do solo e nos componentes de produção nos genótipos de

cevada malteira no Cerrado.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Bioma Cerrado

O Cerrado ocupa uma área superior a 207 milhões de hectares, cerca de 23% do território brasileiro, abrangendo os estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais, Piauí, Distrito Federal, Tocantins e parte dos estados da Bahia, Ceará, Maranhão, São Paulo, Paraná e Rondônia. Ocorre também em outras áreas nos estados de Roraima, Pará, Amapá e Amazonas.

O clima dominante no Cerrado é o tropical-quente-subúmido e notadamente sazonal com verão chuvoso e inverno seco, caracterizado por duas estações bem definidas, e por pequenas variações de temperaturas médias durante todo o ano. As chuvas concentram-se nos meses de outubro a março, alcançando uma média anual que varia de 1300 a 1600 mm (Cerrado, 2006).

O Cerrado é o maior Bioma do País depois da Floresta Amazônica e possui grande importância no cenário agrícola nacional e mundial, sendo, ao mesmo tempo, importante reserva de biodiversidade e fronteira produtora de alimentos, sendo considerado uma das últimas fronteiras agrícolas do mundo. Atualmente, o Cerrado contribui com 28% da produção nacional de grãos. Desde o início da sua ocupação, vem apresentando um grande desenvolvimento. Um dos principais fatores responsáveis pelo desempenho da região foi a geração de tecnologias que permitiram a incorporação de solos, com algumas limitações, ao processo produtivo agrícola (Macedo, 1996; Sousa & Lobato, 2004).

O uso agrícola do Cerrado vem crescendo a cada ano com a introdução de novas culturas na região como cevada, trigo, milho e sorgo. Estas têm sido utilizadas para a rotação de cultura com milho e soja. Essa região, porém, vem sofrendo muito com as ações antrópicas. Segundo Sano et al. (2002), aproximadamente 42% das áreas nativas do Cerrado já foram convertidas para atividades agropastoris.

Na região dos Cerrados 46% dos solos são classificados como Latossolos Vermelhos ou Amarelos. De modo geral, esses solos apresentam as seguintes características: são profundos, altamente intemperizados, bem drenados, baixa fertilidade natural, alta toxidade e acidez devido ao acúmulo de óxidos de ferro e alumínio e apresentam boas condições para a mecanização, portanto o seu potencial de produção está condicionado ao uso frequente de

corretivos e fertilizantes (Saminês, 1999).

Como ocorre um prolongado período de seca no Cerrado, a irrigação é uma prática indispensável para permitir o cultivo nesta época e garantir a produção das culturas (Silva & Andrade, 1985). A grande demanda do sistema agrícola irrigado do Cerrado se faz pela necessidade de novas espécies de cultivo para dar oportunidade e oferta ao negócio agrícola além das culturas do feijão e milho irrigados, que são cultivadas em grande escala na região.

Cultura da cevada

A cevada (*Hordeum vulgare* L.) é o cereal em cultivo mais antigo e foi uma das primeiras plantas domesticadas para a alimentação do homem (Borém, 1999). A cultura é um cereal de inverno que ocupa a quinta posição, em ordem de importância econômica, no mundo. Ela basicamente se destina à produção de grãos, que são transformados em malte para a indústria cervejeira, na composição de farinhas ou flocos para panificação, na produção de medicamentos e na formulação de produtos dietéticos e de substituição ao café. Os grãos que não alcançam a qualidade para a indústria são destinados à fabricação de ração (Minella, 2003a). Do total de grãos produzidos, 86% são destinados à indústria cervejeira, 8% para a produção de semente e 6% como grão forrageiro (Minella, 2002).

Por ser uma cultura de inverno, típica de clima frio, a cevada é cultivada em grande parte na Região Sul do Brasil. A produção brasileira dessa cultura no ano de 2005 foi de 398.060 mil toneladas, sendo o estado do Rio Grande do Sul o maior produtor do país, com cerca de (78,2%) da produção, seguido pelos estados do Paraná (17,7%), Santa Catarina (3,2%) e 0,9% em Minas Gerais (Brasil, 2005).

Em âmbito nacional, às condições climáticas desfavoráveis à cultura da cevada na Região Sul do Brasil não permitiam que a área cultivada fosse maior que 140 mil hectares (safra de 2003), atendendo apenas a aproximadamente 40% da capacidade de maltagem da indústria nacional, sendo a diferença, preenchida pela importação. Para que o país se torne independente da importação desse produto, seria necessária a consolidação de uma área mínima de 500 mil hectares. No Bioma Cerrado, vem-se plantando uma área aproximada de 1500 hectares, desde o final da década de 1990, o que contribui, em parte, para a diversificação do sistema agrícola da região e também para a diminuição da importação desse cereal no Brasil (Filgueira et al., 1996; Amabile et al., 200).

A cevada obteve espaço no Cerrado, por meio de pesquisas (desenvolvidas pela Embrapa) que aliam qualidade e produtividade da cultura às particularidades regionais. Com

estudos relativos ao melhoramento de plantas e ao manejo da cultura, conseguiu-se adaptar essa cultura às condições edafoclimáticas da região em condições de irrigação há mais de uma década, desmistificando a restrição do plantio da cevada em tradicionais regiões produtoras do cereal (Amabile et al., 2004). Os objetivos básicos desta cultura no Cerrado são suprir a demanda interna de malte e fornecer ao agricultor do Cerrado uma alternativa para diversificar e integrar o sistema de produção agrícola (Amabile et al., 2004). A cevada cultivada na região dos Cerrados está restrita aos estados de Goiás e Minas Gerais (Amabile et al., 2002).

A cevada é uma cultura que apesar de ter sido incorporada recentemente como atividade econômica na região dos Cerrados no Brasil Central, tem promovido recordes de produtividade em relação a outras regiões produtoras, que vêm sofrendo com a instabilidade na produção. A produção do Cerrado tem uma boa qualidade nos grãos, o que é exigido pela indústria, e não ocorre chuva na época de colheita, pois é cultivada no período da seca, com o uso da irrigação. Em alguns lugares, a cevada do Cerrado chegou a um elevado potencial produtivo ($7.800 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), em contraste com a média dos estados produtores ($1.500 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) (Minella et al., 1985; Amabile et al., 2004).

A indústria doméstica hoje tem capacidade de suprir apenas um terço do consumo atual, de cerca de 1 milhão de toneladas/ano, colocando o Brasil entre os maiores países importadores de malte do mundo.

O cultivo da cevada no Cerrado preconiza o uso de água via irrigação e esta é uma prática que possibilita que o agricultor otimize a produção agrícola. Quando bem conduzida, a irrigação garante à cultura umidade adequada no solo, nos diversos estádios de desenvolvimento vegetativo, proporcionando assim, maior rendimento e melhor qualidade de grãos (Filgueira et al., 1996).

Do ponto de vista agrícola, a cevada é uma importante alternativa para a rotação de culturas, sendo o feijão uma cultura interessante para a rotação e uma das principais espécies cultivadas em áreas irrigadas da região do Cerrado. A cevada quebra o ciclo de doenças dessa leguminosa, como o mofo branco, a fusariose e a rhizoctoniose, apresenta elevado potencial produtivo e altas produções de matéria seca. O cultivo da cevada cervejeira irrigada é uma alternativa viável no Bioma Cerrado e apresenta muitas vantagens, tanto do ponto de vista técnico-econômico (economia de energia elétrica, menor custo de produção, maior produção de palhada que outras gramíneas inseridas no sistema, controle de ervas daninhas por supressão), quanto ecológico (menor uso de defensivos, eficiência no uso de água, justificando a enorme demanda dos agricultores às novas espécies) (Amabile et al., 2004).

A qualidade dos grãos da cevada é classificada em classes, tipo e o tamanho do grão. O grão é classificado quanto ao tamanho em 03 (três) classes: (a) Primeira: a cevada cujos grãos inteiros e sadios ficam retidos na peneira de crivos oblongos de 2,5 mm de largura; (b) Segunda: a cevada cujos grãos inteiros e sadios vazem na peneira de 2,5 mm de largura, mas ficam retidos na peneira de crivos oblongos de 2,2 mm de largura; (c) Terceira: a cevada cujos grãos inteiros e sadios vazem na peneira de crivos oblongos de 2,2 mm de largura. A classificação segundo o tipo da cevada para fins cervejeiros será classificada em tipo “ÚNICO” apresentando os seguintes parâmetros de qualidade: poder germinativo mínimo de 95% e o teor de proteína nos grãos com máximo de 12% para serem aceitos para a malteação. Será classificada como “abaixo do padrão de maltagem” toda cevada que não atender as exigências citadas. (Brasil, 1996). O excesso de nitrogênio faz aumentar o índice de proteína do cereal e a torna inadequada para a indústria malteira.

A cevada produzida em área de Cerrado apresenta teor de proteína adequado, que varia entre 9% a 12,5%, com sementes limpas, sem a presença de fungos ou resíduos de pesticidas e não possui período de dormência. Dessa forma, pode ser malteada logo depois da colheita, dispensando longos períodos de armazenagem para completar a maturação dos grãos, como ocorre no Sul do Brasil (Amabile et al., 2004).

Em relação às cultivares de cevada desenvolvidas para o Cerrado tem-se a BRS 180 e a BRS 195. A BRS 195 é a primeira cultivar de cevada cervejeira de porte anão recomendada para produção no Cerrado (Planaltina-DF), após registro em 2005. Essa cultivar, desenvolvida pela Embrapa Trigo (Passo Fundo-RS), foi registrada para o cultivo na Região Sul em 2000 e após vários anos de pesquisa com essa cultivar, foi selecionada para o seu cultivo no Cerrado. As principais características da BRS 195 são: duas fileiras de grãos, ampla adaptação, alto potencial produtivo, qualidade do tipo cervejeiro e competitividade em relação às demandas dos agricultores e aos padrões exigidos pela indústria de malte. A variedade é recomendada para o Distrito Federal, Goiás e Minas Gerais (altitudes acima de 800 m) em sistema irrigado. Em comparação à maioria das variedades de cevada, a BRS 195 tem ciclo precoce. Atinge o espigamento em média de 68 dias após a emergência e a maturação fisiológica ocorre entre 115 e 120 dias após a emergência. Apresenta porte anão com altura média de 69 cm, tendo em condições normais de desenvolvimento, bom nível de resistência ao acamamento. O potencial produtivo dos grãos da BRS 195 é superior a $7.000 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, tendo atingido $7.200 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ em lavouras comerciais no Cerrado. Em condições experimentais, alcançou rendimento de $8.246 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (Seed Quest, 2006).

A BRS 195 é a variedade mais semeada no Brasil, em 59% das propriedades agrícolas

(Beltrão, 2005). Na cultivar BRS 195 a quantidade de nitrogênio indicada pode ser aumentada até 80 kg.ha⁻¹. Para as demais cultivares, as quantidades de nitrogênio devem ser administradas de forma a evitar/reduzir danos por acamamento.

A BRS 180 foi a primeira cultivar de cevada desenvolvida pela Embrapa Cerrados. Recomendada para o cultivo irrigado no Cerrado, ela apresenta um potencial produtivo superior a 6.000 kg.ha⁻¹ e o teor de proteína no grão inferior a 12%, atendendo às demandas dos agricultores e aos padrões de exigências das indústrias de malte. É a única cultivar comercial que possui seis fileiras de grãos (Beltrão, 2005).

A obtenção de uma alta qualidade de grãos é de suma importância para sua comercialização e esta está diretamente relacionada ao manejo da cultura para evitar que ocorra diminuição da qualidade do grão (Cordeiro, 2006).

Comportamento do nitrogênio no solo

Embora o principal reservatório de nitrogênio (N) seja na atmosfera, grande quantidade de nitrogênio ocorre na matéria orgânica do solo e em forma de amônio (NH₄⁺) fixado nas argilas do solo (Moreira & Siqueira, 2002). O N₂ representa 78% dos gases da atmosfera; entretanto, a despeito dessa abundância, há escassez desse nutriente em formas disponíveis para as plantas, o que pode ser explicado pela estabilidade do N₂, que, ao contrário de outras moléculas diatômicas, como O₂, NO ou CO, praticamente não é passível de reações químicas em condições naturais (Souza & Fernandes, 2006).

Encontra-se certa quantidade de nitrogênio nos solos, que vem pela chuva e pelos óxidos de nitrogênio, produzidos na atmosfera por descargas elétricas. Entretanto, a maior parte do nitrogênio disponível nos solos para a nutrição de plantas é obtida por meio da fixação biológica de nitrogênio (FBN), processo complexo que envolve a enzima nitrogenase presente em bactérias no solo (Souza & Fernandes, 2006).

Parte do nitrogênio aplicado no solo na forma de fertilizante é absorvido pelas culturas (40 a 60%), o restante é imobilizado, incorporado ao solo como nitrogênio orgânico ou perdido (Furtini Neto et al., 2001). A fonte natural de nitrogênio no solo é a matéria orgânica, e para ser assimilado pelas plantas, o nitrogênio orgânico deve ser mineralizado pelos microrganismos do solo.

O nitrogênio está disponível no solo em diversas formas, incluindo proteínas, ácidos nucléicos e outros constituintes da membrana celular dos microrganismos, amônio (NH₄⁺),

nitrato (NO_3^-), aminoácidos, peptídeos e formas complexas insolúveis. As espécies vegetais diferem na sua preferência por fontes de nitrogênio, mas o absorvem principalmente sob formas inorgânicas, como nitrato (NO_3^-) ou amônio (NH_4^+) (Williams & Miller, 2001), que são as formas principais de nitrogênio mineral encontradas no solo. As plantas possuem grande demanda por nitrogênio e este é um dos nutrientes que mais limitam a produção das culturas (Carmargo et al., 1996). Grande parte do nitrogênio do solo (98%) encontra-se complexada na forma orgânica, indisponível para as plantas.

As formas orgânicas de nitrogênio como proteínas, aminoácidos e ácidos nucleicos podem ser mineralizadas pela ação dos microrganismos do solo, disponibilizando nitrogênio para as plantas. Ela ocorre com a transformação das formas orgânicas desse elemento para as formas inorgânicas (NH_4^+ e NO_3^-), que são assimiladas pelas plantas (Paul & Clark, 1989; Sousa & Lobato, 2004a).

A imobilização é uma perda temporária do nitrogênio, pois os microrganismos do solo, ao decomporem a matéria orgânica, bem como os resíduos vegetais e animais suprem sua demanda de energia e de nitrogênio. Após seu ciclo vital e quando decompostos, também liberam o nitrogênio para as plantas. A imobilização de nitrogênio reduz a disponibilidade do nutriente para as plantas, reduz as perdas para a atmosfera e por lixiviação (Siqueira & Franco, 1988). A mineralização e a imobilização ocorrem simultaneamente no solo (Sousa & Lobato, 2004a).

A nitrificação é o processo de transformação do nitrogênio amoniacal em nitrogênio nítrico pela ação de bactérias nitrificadoras do solo, em um período de tempo curto (em torno de três semanas). Solos bem drenados, em boas condições para o desenvolvimento das plantas são adequados para a sobrevivência dessas bactérias (Sousa & Lobato, 2004a). A nitrificação aumenta a disponibilidade e absorção de nitrogênio pelas plantas, aumenta as perdas de N por desnitrificação, afeta a eficiência dos fertilizantes nitrogenados e aumenta o efeito poluidor do N mineral. A NH_3 , na presença de H^+ , transforma-se em NH_4^+ que pode sofrer nitrificação, ser absorvido pelas raízes, imobilizado pelos microrganismos ou nas argilas (Moreira & Siqueira, 2002). A nitrificação lenta melhora o aproveitamento do N mineral pelas plantas evitando sua perda em períodos de estiagem ou de excesso de chuvas e aumenta a disponibilidade do nitrogênio na forma amoniacal (Marschner, 1997).

A desnitrificação é o processo que ocorre na ausência do oxigênio. É mais freqüente em solos alagados onde o nitrogênio, na forma de NO_3^- , é transformado em N_2 ou N_2O pela ação de bactérias do solo. Mesmo em solos normalmente bem drenados, a desnitrificação pode ocorrer como resultado do preparo inadequado, compactando-o e dando origem a áreas

encharcadas pelo acúmulo de água da chuva ou da irrigação (Sousa & Lobato, 2004a). A desnitrificação é a principal forma de perda de nitrogênio do solo, provoca a poluição atmosférica e a destruição da camada de ozônio que retém parte dos raios ultravioletas emitidos pelo sol e reduz a eficiência dos fertilizantes nitrogenados. Estima-se que 15 a 18 x 10⁷ ton de nitrogênio são perdidas anualmente no solo por esse processo. Nos solos agrícolas, estas perdas podem atingir 70% do nitrogênio aplicado como fertilizante, embora na maioria dos casos, esses valores situam-se entre 25 e 30%, podendo representar de 30 a 200 kg N.ha⁻¹ ano⁻¹, dependendo da cultura e das condições do solo (Moreira & Siqueira, 2002).

A lixiviação é a perda do nitrato com a água no perfil do solo. A lixiviação pode ser considerada como um dos processos de grande importância no Cerrado, principalmente, em áreas de alta precipitação e de solos bem drenados. Características do solo com capacidade de retenção e taxa de movimentação da água, capacidade de troca aniônica (CTA) e atividade biológica influenciam a lixiviação do nitrogênio. O N é um elemento bastante móvel no solo, sujeito a perda por lixiviação, principalmente, em períodos de chuvas intensas. Assim, seu fornecimento deve ser parcelado durante o período chuvoso e deve coincidir com a fase de maior demanda pela planta, para melhor aproveitamento do fertilizante (Sousa & Lobato, 2004a). A adubação nitrogenada pode ser feita através da uréia, mas este fertilizante possui o inconveniente de perder nitrogênio, pela hidrólise da mesma e a volatilização da amônia, principalmente em solos úmidos e bem intemperizados, além das condições inadequadas de sua aplicação (Costa et al., 2004). A uréia, se aplicada na superfície do solo, pode ter perdas por volatilização de até 70% do nitrogênio (Sousa & Lobato, 2004a).

Em geral, as perdas totais de nitrogênio no solo, são 43% provenientes da desnitrificação e 29% são perdidas por meio da lixiviação de nitrato, que é ainda mais acentuado quando a precipitação ou umidade do solo é alta (Moreira & Siqueira, 2002).

O parcelamento da adubação nitrogenada é uma prática bastante utilizada que pode reduzir as perdas desse nutriente no sistema, sendo parte colocada no plantio e o restante em cobertura. Tanto a época da cobertura como também a possibilidade de parcelar depende do tipo de solo, da dose de nitrogênio e se a cultura é irrigada, com sistema que possibilite aplicar o nitrogênio via água de irrigação (Sousa & Lobato, 2004a).

Comportamento do nitrogênio nas plantas

O nitrogênio é um macronutriente essencial para o desenvolvimento e produção das plantas. É absorvido e exportado para os grãos em grandes quantidades (Sousa & Lobato, 2004a). Ele é um dos elementos minerais de maior demanda pelas plantas e o que mais limita o seu crescimento (Raij, 1991; Souza & Fernandes, 2006). Esse elemento é necessário para a síntese da clorofila e como parte da sua molécula, está envolvido no processo de fotossíntese, desempenha ainda a função de aumentar o teor de proteína nas plantas (Sousa & Lobato, 2004a). Sua deficiência resulta em clorose gradual das folhas mais velhas e redução do crescimento vegetativo da planta, inicialmente, em detrimento das reservas da parte aérea, a planta promove alongamento do sistema radicular, como uma tentativa de absorver este nutriente (Raij, 1991; Souza & Fernandes, 2006).

O nitrato é a principal fonte de nitrogênio para a maioria das plantas, especialmente para cereais e culturas graníferas. As plantas não assimilam nitrogênio em alto estado de oxidação; desse modo, quando NO_3^- é absorvido, ele só será assimilado se for primeiro reduzido a NH_4^+ (Souza & Fernandes, 2006), que se combina com esqueletos de carbono para formar os aminoácidos. Parte das proteínas formadas pela combinação dos aminoácidos são enzimas que catalisam inúmeras reações na planta.

A aplicação do nitrogênio deve acontecer da seguinte maneira: depois do estabelecimento da planta, que pode variar de 15 a 40 dias após o plantio, deve-se iniciar a adubação nitrogenada, com a distribuição do fertilizante em cobertura. A aplicação dos adubos nitrogenados deve ser feita de duas a quatro vezes durante as chuvas de maneira que o elemento esteja disponível no período de maior exigência da cultura e se reduzam as perdas por lixiviação. As perdas por volatilização estão ligadas ao uso de uréia e podem ser minimizadas com a aplicação e a incorporação em dias com chuvas e solo úmido (Sousa & Lobato, 2004a).

Comportamento do nitrogênio na cultura da cevada

A quantidade de nitrogênio absorvido durante o ciclo da planta exerce influência importante na determinação do teor protéico dos grãos (Kolchinski & Schuch, 2004). Em cereais, as sínteses de proteína e de amidos competem por fotoassimilados durante o período de enchimento de grãos e, quando a necessidade de nitrogênio para o rendimento é satisfeita, ele é usado para aumentar a concentração de proteína. Por outro lado, em carência de

nitrogênio, os fotoassimilados que seriam convertidos em proteínas são usados na síntese de carboidratos (Kelling & Fixen, 1992). Por isso, aumentos nos teores de proteínas nos grãos podem ser decorrentes do aumento no conteúdo de nitrogênio nos mesmos, promovido pelos maiores níveis de nitrogênio aplicados no solo (Pöttker & Roman, 1998). O conteúdo de proteínas é o principal indicador de qualidade dos grãos em cereais.

O nitrogênio é um dos elementos mais importantes para o desenvolvimento em cereais e normalmente as quantidades de fertilizante nitrogenado variam, basicamente, em função do teor de matéria orgânica do solo e da cultura precedente, que determinam respostas significativas em termos de rendimento de grãos. No entanto, seu uso deve ser o mais racional possível, pois além do custo elevado e de perdas que podem ocorrer na lavoura, principalmente por lixiviação e volatilização, pode provocar o acamamento das plantas. Portanto, para minimizar perdas e aumentar a produtividade de grãos em cevada, o nitrogênio deve ser aplicado de forma parcelada: parte na semeadura e o restante em cobertura (Mundstock, 1999). Assim as doses de nitrogênio a serem aplicadas na semeadura variam entre 15 e 20 kg.ha⁻¹ (Minella, 2003a). A aplicação de nitrogênio em cobertura deve ser realizada com cautela, pois se em excesso ou fora de época, poderá elevar o teor de proteína dos grãos acima do limite considerado máximo para a indústria cervejeira, entre os estádios de perfilhamento e início de alongamento, correspondendo, ao período entre 30 e 45 dias após a emergência (Minella, 2003).

Segundo Suhet et al. (1988), o aumento da produção normalmente está relacionado à possibilidade de adição de nitrogênio no solo e este deve ser aplicado de forma parcelada devido a sua mobilidade. Entretanto, na cultura da cevada, os grãos devem apresentar porcentagem de proteína abaixo de 12% para serem aceitos para maltagem (processo da preparação da cerveja). A adição de nitrogênio deve ser feita em épocas e doses adequadas para não aumentar a porcentagem desejada de proteína dos grãos (Guerra, 1995). A qualidade dos grãos de cevada pode ser definida como resultado da interação que a cultura sofre no campo pelo manejo. Para que o nitrogênio aplicado tardiamente não afete a qualidade cervejeira dos grãos, a aplicação deverá ser feita no início do perfilhamento, ou seja, a partir do surgimento da segunda folha na planta (Seed Quest, 2006).

A dose máxima de nitrogênio aplicada na cultura é de 60 kg N. ha⁻¹. Doses maiores proporcionarão teores elevados de proteína, o que não é recomendado para fins cervejeiros (Amabile et al., 2004).

A instabilidade do teor de proteína dos grãos apontada por Silva & Andrade (1985) e Guerra et al. (1987) ocorre devido à quantidade de nitrogênio aplicada e pelas condições de

estresse de água no solo, o que promove grandes oscilações, desde valores muito baixos, em torno de 7% a 8%, até valores extremos acima de 12%. Para fins cervejeiros, o teor de proteína ideal está entre 9,5% e 11%, sendo que nesta faixa tem-se uma melhor qualidade do grão.

A cevada necessita de um manejo criterioso em relação ao nitrogênio, pois a qualidade malteira dos grãos é bastante afetada por esse elemento. Por isso, torna-se fundamental pesquisar, avaliar e adaptar tecnologias, que atendam às exigências do sistema produtivo irrigado do Cerrado, estabelecendo a cevada como alternativa econômica à essa região.

Peruzzo (1988), avaliando o efeito de diferentes doses de nitrogênio no rendimento de cevada cervejeira, cultivada em sucessão às culturas de milho e soja nas regiões do Paraná e Rio Grande do Sul, observou que a porcentagem de grãos de primeira qualidade aumentou com a redução da dose de nitrogênio e doses menores evitaram o acamamento da cultura.

Figuerêdo et al. (2002) relataram que a produtividade da cevada BRS 195, sob condições de irrigação no Cerrado, foi determinada tanto pelos regimes hídricos quanto pelas doses de nitrogênio aplicadas. Nos genótipos BRS 195 e PFC 92127, os autores notaram que a porcentagem de proteína nos grãos cresceu com o aumento das doses de N e que eles apresentaram pouca variabilidade do teor de proteína nos grãos quando submetidas a estresses hídricos e doses elevadas desse elemento (Figuerêdo et al., 2003).

Fertirrigação

A fertirrigação é o processo de aplicação simultânea de água e fertilizantes ao solo, por meio de sistemas de irrigação. No Brasil, somente nos últimos anos é que a fertirrigação tem-se firmado como técnica, sendo os proprietários de sistemas de irrigação localizada e de pivô central os que a utilizam com maior frequência, principalmente para a aplicação de adubos nitrogenados (Coelho, 2003). Em geral, a fertirrigação é usada para complementar a adubação de plantio, cujo efeito diminui com o avanço do ciclo de vida da cultura. Portanto, a idéia é aplicar, no plantio, fertilizantes que sirvam de fonte de nutrientes para os primeiros estádios de desenvolvimento da cultura e, após esse período, iniciam-se as fertirrigações, de modo a ajustar o fornecimento de nutrientes às necessidades das plantas (Vieira & Ramos, 1999).

É importante salientar que na fertirrigação os nutrientes diluídos na água são aplicados de forma que venham a infiltrar no solo predominando a absorção radicular e não foliar. Os

nutrientes diluídos na água são aplicados na superfície do solo, sendo incorporados pela água de irrigação (Coelho, 2003).

O manejo da fertirrigação consiste na determinação da quantidade adequada de nutrientes a ser aplicada nos momentos oportunos. O processo de fertirrigação, de forma geral, pode ser dividido em três etapas: a primeira se refere à aplicação da água somente sobre o solo, a segunda etapa é a aplicação do fertilizante dissolvido na água; e a terceira é a aplicação de água novamente, onde o sistema de irrigação deverá continuar funcionando para completar o tempo de irrigação, e lavar completamente o sistema de irrigação carreando os fertilizantes da superfície para as camadas do solo com maior concentração de raízes (Marouelli et al., 1996; Pinto & Filho, 2002).

A aplicação de fertilizantes via irrigação é uma prática adotada rotineiramente, em função de suas vantagens, tais como: economia na mão-de-obra, possibilidade de aplicar o produto na dosagem correta e profundidade adequada em qualquer fase do ciclo da cultura, parcelamento das doses de adubação, controle e maior eficiência na utilização de nutrientes (Costa et al., 1986), possibilidade de veiculação de diversos tipos de produtos, menor risco, maior facilidade de aplicação e versatilidade de uso em qualquer tipo de solo (Marouelli et al., 1996), redução das perdas de nitrogênio principalmente pela lixiviação, já que a profundidade de aplicação é controlada, menor perda por volatilização, causa menos compactação do solo, já que há menos trânsito de tratores, reduz a contaminação do meio ambiente, como consequência do melhor aproveitamento pelas plantas dos nutrientes móveis no solo (Vieira & Ramos, 1999; Pinto & Filho, 2002).

Os objetivos da fertirrigação são: o aumento da produtividade e a redução dos custos de defensivos, fertilizantes e energia, mas fundamentalmente visam a sustentabilidade da produção, a redução nos problemas ambientais e a diminuição de resíduos de agrotóxicos em seus produtos alimentícios, conferindo qualidade aos produtos (Boas et al., 2005).

O nitrogênio é o elemento mais frequentemente aplicado via água de irrigação. Ele apresenta alta mobilidade no solo, e conseqüentemente, alto potencial de perdas, principalmente por lixiviação de nitrato (NO_3^-). Com o uso dessa técnica, pode-se parcelar a aplicação de fertilizantes nitrogenados de acordo com a demanda das culturas, reduzindo as perdas sem onerar o custo de produção (Coelho, 2003).

Os fertilizantes nitrogenados, na forma sólida, são altamente solúveis em água, não apresentando problemas para sua utilização via água de irrigação (Vitti et al., 1993).

Em função da facilidade de se aplicar a uréia via fertirrigação, cevadicultores do Cerrado têm realizado a adubação nitrogenada usando esse sistema, porém de modo empírico,

já que nenhum trabalho foi realizado nessa área.

A fertirrigação é uma técnica que permite alterações rápidas e precisas nas quantidades de nutrientes aplicados, sendo necessário o seu monitoramento, de modo a promover os ajustes necessários ainda durante o ciclo da cultura (Boas et al., 2005).

Biomassa microbiana e carbono da biomassa microbiana do solo

A biomassa microbiana é a parte viva e o reservatório mais ativo da matéria orgânica do solo, constituída por fungos, bactérias, actinomicetos, protozoários, algas e microfauna, excluindo-se raízes e animais inferiores a $5 \times 10^3 \mu\text{m}^3$ (Jenkinson & Ladd, 1981). Ela é formada em parte, por células vegetativas em plena atividade funcional, capazes de promover alterações importantes no solo, atuando como catalisador das transformações da matéria orgânica do solo (Moreira & Siqueira, 2002). A biomassa microbiana é constituída do material orgânico dos organismos vivos do solo e contém em média de 2 a 5% do carbono orgânico (Jenkinson & Ladd, 1981) e de 1 a 5% do nitrogênio total do solo (Smith & Paul, 1990), atuando em processos como: a formação do solo (intemperização das rochas), o controle da decomposição e o acúmulo de resíduos orgânicos, regulando o fluxo de matéria e energia no solo, a dinâmica dos nutrientes minerais, a reserva e ciclagem de nutrientes, a biorremediação de poluentes e metais pesados, entre outros.

A biomassa microbiana pode variar em função das condições ambientais, como disponibilidade de C, N, P e S, umidade, aeração, pH, mineralogia e textura do solo (Roscoe et al., 2006). Por ser o maior componente lábil da matéria orgânica, a sua atividade metabólica atua na liberação e reciclagem dos nutrientes presentes nos resíduos orgânicos, o que a torna um importante reservatório de nutrientes potencialmente disponíveis para as plantas. A biomassa microbiana representa um indicador de grande sensibilidade para avaliar as mudanças no solo, sendo influenciada pelas adubações, métodos de cultivo e condições edafoclimáticas (Roscoe et al., 2006).

O balanço entre a mineralização e a imobilização de nutrientes pela biomassa microbiana do solo define não somente o sincronismo no processo de liberação dos elementos para as plantas, mas também atua na regulação de processos de perda dos mesmos no sistema solos (Roscoe et al., 2006). A biomassa microbiana do solo geralmente está relacionada com a quantidade de carbono orgânico à sua disposição para ser utilizado como fonte de energia pelos microrganismos.

O tamanho da comunidade microbiana e a sua atividade determinam à intensidade que

os processos bioquímicos acontecem. Sua avaliação dá indicações sobre a dinâmica da matéria orgânica e os microrganismos do solo são considerados fonte e dreno de nutrientes (Singh et al., 1989) através do processo de mineralização e imobilização. Nos processos de mineralização, formas orgânicas de N, P e S, dentre outros nutrientes no solo, são disponibilizados para as plantas pela ação dos microrganismos que liberam formas inorgânicas desses elementos no solo. Como os microrganismos também possuem suas próprias necessidades nutricionais, parte dos nutrientes N, P e S que são liberados durante o processo de decomposição podem ser imobilizados na biomassa microbiana (Waring & Schlesinger, 1985; Saggari et al., 1991). A biomassa microbiana oxida materiais carbonáceos que resultam em matéria orgânica estabilizada, liberando nutrientes para o sistema solo-planta-atmosfera e armazenando carbono e elementos minerais na sua constituição (Anderson & Domsch, 1980).

As bactérias e os fungos são organismos responsáveis por cerca de 90% da atividade da biomassa microbiana (Siqueira, 1994). As bactérias do solo formam o grupo que apresenta maior abundância e diversidade entre as espécies, sua comunidade é estimada em cerca de 10^8 a 10^9 organismos por grama de solo. Este grupo apresenta alta capacidade de degradação dos diferentes substratos contidos no solo, exercendo um importante papel na decomposição da matéria orgânica e na ciclagem de nutrientes. Os fungos são os principais contribuintes em peso para a biomassa microbiana do solo; são encontrados em comunidades variando de 10^4 a 10^6 organismos por grama de solo e podem ser responsáveis por aproximadamente 70% da matéria seca (Brandão, 1992).

Por ser um atributo facilmente determinado no solo, a análise da biomassa microbiana pode fornecer informações extremamente úteis sobre a dinâmica de um reservatório lábil da matéria orgânica do solo. Isso pode ter consequências importantes no ecossistema e na qualidade do solo, sendo um bioindicador, refletindo a longo prazo na produtividade (Wardle, 1994; Angers et al., 1993). Com essa análise as alterações relativamente pequenas nas condições do sistema solo, as quais desencadearão processos mais complexos de melhoria ou perda na sua qualidade, podem ser percebidas com a análise da biomassa microbiana e de seus índices derivados, como: quociente metabólico (qCO_2), respiração basal, relação entre o carbono microbiano e o carbono orgânico (Cmic:Corg) (Roscoe et al., 2006). A avaliação da biomassa microbiana tem sido proposta com um indicador do estado e das alterações da matéria orgânica do solo e sugerida como uma medida sensível do aumento ou decréscimo, de sua quantidade (Tótola & Chaer, 2002).

A estimativa da biomassa microbiana do solo deve ser distinguida de sua atividade,

uma vez que não se trata de uma medida da atividade dos microrganismos do solo, mas sim da massa microbiana viva total do solo, em um determinado momento, considerando-se a população microbiana como uma entidade única (De Polli & Guerra, 1999). Entretanto determinações da biomassa microbiana total, não fornecem indicações sobre os níveis de atividade das populações microbianas do solo. Desse modo torna-se importante também avaliar parâmetros que estimem a atividade microbiana, indicando o estado metabólico das comunidades de microrganismos do solo tais como: respiração basal e quociente metabólico (De-Polli & Guerra, 1999; Tótolá & Chaer, 2002).

A busca por respostas às mudanças, provocadas pelo manejo do solo, que pudessem avaliar o grau de sustentabilidade de um sistema, possibilitou que atributos biológicos aparecessem como indicadores que retratam a vida do solo e refletem o seu grau de perturbação. Entre os indicadores mais utilizados atualmente, destacam-se o carbono da biomassa microbiana do solo (CBMS), respiração basal do solo (C-CO₂) e carbono orgânico (Corg), sendo que a partir destes, obtêm-se dois outros índices igualmente importantes: quociente microbiano Cmic:Corg (razão porcentual entre o carbono da biomassa microbiana e o carbono orgânico do solo) e o quociente metabólico (C-CO₂:CBMS). Os resultados da biomassa microbiana devem estar associados aos de carbono orgânico e respiração basal dos solos (liberação de CO₂), para que possam fornecer índices e avaliar a dinâmica da matéria orgânica do solo. A atividade e a biomassa microbiana, por sua vez, são influenciadas, entre outros fatores, por temperatura, umidade, aeração e disponibilidade de substrato no solo (Cattelan & Vidor, 1990).

A biomassa microbiana está correlacionada com a dinâmica da matéria orgânica do solo, assim, fatores que alteram os teores de matéria orgânica, normalmente provocam alterações na biomassa microbiana. O uso da terra e a forma como ela é manejada afetam de formas diferentes a biomassa microbiana, podendo intensificar ou retardar processos de decomposição, mineralização e humificação do solo (Cattelan & Vidor, 1990). Mudanças no manejo que afetam a qualidade e decomposição da matéria orgânica do solo são mais sensíveis de serem observados quando analisados a partir do carbono da biomassa microbiana, pois esta responde de forma mais rápida às alterações benéficas ou adversas do que a própria matéria orgânica (Anderson & Domsch, 1989).

As reduções nos teores de CBMS são mais acentuadas que as reduções da matéria orgânica e o carbono da biomassa microbiana é mais sensível à remoção da cobertura vegetal, alterações no manejo do solo, adubação, rotação de culturas e aplicação de adubos e corretivos (Andrade et al., 1995; Balota et al., 2003) do que a parte não viva da matéria

orgânica. Por essa razão, o CBMS tem sido apontado por alguns autores (Balota et al., 1998; Mendes & Vivaldi, 2001) como um indicador de qualidade, com sensibilidade para detectar modificações no solo, antes mesmo que os teores de matéria orgânica sejam alterados significativamente.

Os maiores valores de biomassa microbiana do solo são encontrados em sistemas naturais do que em áreas cultivadas, pois em ambientes naturais são encontradas maiores quantidades de resíduos no solo o que influencia nos valores de biomassa microbiana. Para Baretta et al. (2005) e Nogueira et al. (2006), existe uma tendência de maiores valores de biomassa microbiana do solo para solos da região Sul, onde o clima mais ameno favorece o acúmulo de matéria orgânica do solo. Moreira & Siqueira (2002) relatam que ocorre redução do carbono da biomassa microbiana em solos mais arenosos, degradados pela erosão ou por contaminação com substâncias orgânicas tóxicas ou metais pesados.

Os valores de CBMS indicam o potencial de reserva de carbono no solo e quanto maior for o CBMS, maior o potencial de reserva de carbono no solo e menor o potencial de decomposição da matéria orgânica (Gama – Rodrigues et al., 1997).

O carbono da biomassa microbiana do solo representa o reservatório mais disponível da matéria orgânica do solo, com taxa de ciclagem de poucos meses, o que sugere que o mesmo teria grande influência na dinâmica de nutrientes para as culturas anuais (Roscoe et al., 2006).

A aplicação de adubos nitrogenados ao solo pode alterar o CBMS. A aplicação deste nutriente pode não afetar o CBMS (Zaman et al., 2002; Kautz et al., 2004). Em outros estudos mostram que pode ocorrer aumento (Graham et al., 2002; Raiesi, 2004) e até uma diminuição (Fisk & Fahey, 2001; Coser, 2006) no CBMS, em sistemas agrícolas e florestais. O aumento do CBMS ocorre com a aplicação de nitrogênio ao solo com a adição de algum substrato orgânico (Sampaio & Salcedo, 1982).

O quociente microbiano (qMIC), é um índice bastante utilizado para fornecer indicações sobre a dinâmica (Sparling, 1992; Tótola & Chaer, 2002) e a qualidade da matéria orgânica (Wardle, 1994), que é a proporção que a BMS representa do carbono orgânico total. Solos tropicais em geral, possuem uma porcentagem maior do carbono da biomassa, em comparação a solos de clima temperado (Moreira e Siqueira, 2002), o que sugere uma maior dinâmica da matéria orgânica do solo nesses ambientes. Num sistema em que a biomassa está sobre estresse (pH, deficiências nutricionais, metais pesados, etc) os microrganismos são incapazes de utilizar totalmente o carbono, conduzindo ao decréscimo do quociente microbiano (Wardle, 1994). Já com a adição de matéria orgânica de boa qualidade, ou com o

término de uma situação de estresse, ocorre um aumento da biomassa microbiana, obtendo-se um alto quociente microbiano (Wardle, 1992). A biomassa microbiana pode aumentar rapidamente mesmo se os níveis do carbono orgânico permaneçam inalterados (Powlson & Jenkinson, 1987). Variações dessa relação (aumento e diminuição) fornecem dados sobre a eficiência da conversão do carbono orgânico em carbono microbiano, na estabilização do carbono orgânico na fração mineral do solo e as suas perdas (Sparling, 1992). Durante o desenvolvimento do solo esta proporção, inicialmente é submetida a mudanças rápidas e com o passar do tempo, converge para um valor de equilíbrio. Se este valor de equilíbrio for conhecido, então, esta razão pode fornecer uma indicação sobre quanto um solo está distante de seu “estado de equilíbrio” (Insam & Domsch, 1998).

A avaliação da quantidade de CO₂ liberada pela respiração dos microrganismos (também denominada carbono prontamente mineralizável ou respiração basal) é um dos métodos mais tradicionais e mais utilizados para avaliar a atividade metabólica da população microbiana do solo (Anderson, 1982; Zibilske, 1994). É medida através da quantificação de CO₂ liberado e ou O₂ absorvido resultante da atividade dos microrganismos (Paul & Clark, 1989; Alef & Nannipieri, 1995). Assim como outras atividades metabólicas, a respiração é dependente do estado fisiológico das células e é influenciada por diferentes fatores no solo, tais como: umidade, temperatura, estrutura do solo e disponibilidade de nutrientes (Alef & Nannipieri, 1995). Insam & Domch (1998) relatam que, na medida em que uma determinada biomassa microbiana se torna mais eficiente, menos carbono é perdido como CO₂ pela respiração e uma fração significativa de carbono é incorporada à biomassa microbiana.

A respiração do solo está relacionada com a disponibilidade de nutrientes (mineralização), a atividade enzimática e a produtividade. A liberação de CO₂ do solo é considerada como um dos maiores fluxos no ciclo global do carbono e contribui para a elevação da sua concentração na atmosfera, aumentando a retenção de raios infravermelhos na superfície da terra, o que resulta em elevação de temperatura que leva ao efeito estufa que representa uma ameaça para a vida no planeta (Schlesinger & Andrews, 2000; Moreira e Siqueira, 2002).

A interpretação dos resultados da atividade biológica deve ser feita com critério, uma vez que elevados valores de respiração nem sempre indicam condições desejáveis; uma alta taxa de respiração, indicativo de alta atividade biológica, pode ser interpretada como uma característica desejável em curto prazo, quando se considera que a decomposição dos resíduos orgânicos irá disponibilizar nutrientes para as plantas, a longo prazo representa perda de carbono orgânico do solo para a atmosfera (Parkin et al., 1996). No entanto, uma alta

atividade respiratória também pode resultar em decomposição intensa da matéria orgânica estável, a fração húmica, levando ao comprometimento de processos químicos e físicos, como a agregação, a capacidade de troca catiônica e capacidade de retenção de água, podendo ocorrer, também, a perda de nutrientes (Roscoe et al., 2006). Portanto, taxas de respiração mais elevadas podem indicar tanto um distúrbio, como um alto nível de produtividade do ecossistema, devendo ser analisado em cada contexto (Islam & Weil, 2000).

O quociente metabólico (qCO_2) é um índice que combina os resultados do carbono da biomassa microbiana com as determinações das taxas de respiração, por unidade de biomassa microbiana (Anderson & Domsch, 1985), indicando a qualidade da biomassa microbiana (Wardle, 1994), pois uma biomassa microbiana mais eficiente libera menos carbono na forma de CO_2 pela respiração e incorpora mais carbono em sua constituição, aumentando assim a sua massa microbiana (Anderson & Domsch, 1985; Gama-Rodrigues, 1999; Aquino et al., 2005). É um dado altamente influenciado por atributos químicos e físicos, pelas características climáticas e manejo do solo. Uma biomassa microbiana “eficiente” tem menor taxa de respiração em relação a uma biomassa microbiana “ineficiente” (Wardle, 1994). Desse modo, tanto fatores de “estresse” (aqueles envolvendo estado de equilíbrio ou condições desfavoráveis como: metais pesados, limitações de nutrientes, baixo pH) como fatores de perturbação (cultivos) induzem à ineficiência microbiana (Wardle, 1993). Um solo com qCO_2 mais baixo está mais próximo do seu estado de equilíbrio. Valores altos de qCO_2 mostram que a eficiência da atividade microbiana do solo está baixa e que os microrganismos do solo estão sob estresse ambiental (Wardle & Ghani, 1995). De acordo com Anderson & Domsch (1993), qCO_2 elevados são um indicativo de comunidades microbianas em estágios iniciais de desenvolvimento, com maior proporção de microrganismos ativos em relação aos inativos, ou ainda, um indicativo de populações microbianas sob algum tipo de estresse metabólico.

O qCO_2 possibilita quantificar de forma clara e, com menor variabilidade, a atividade microbiana (Aquino et al., 2005), além de caracterizar os efeitos na atividade biológica decorrente de atividade antrópica como o empobrecimento dos solos causado pelo seu revolvimento e a adição de fertilizantes nitrogenados.

O carbono orgânico é um componente importante da fertilidade do solo. Sabe-se que após a remoção da cobertura vegetal nativa e a incorporação do solo à agricultura, os teores de carbono orgânico diminuem significativamente. Essa diminuição é resultante da maior oxidação microbiana do carbono orgânico devido à movimentação do solo, bem como de menor entrada de resíduos orgânicos, principalmente em áreas de culturas anuais. Assim,

práticas que visem a manutenção dos teores de carbono no solo são importantes para a manutenção da sustentabilidade dos agroecossistemas

A biomassa microbiana desempenha um papel fundamental na dinâmica e no acúmulo da matéria orgânica do solo, particularmente nas condições tropicais. As determinações da biomassa microbiana, assim como sua atividade e índices derivados, são fundamentais para o entendimento de seu papel no funcionamento do solo e na dinâmica da matéria orgânica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEF, K.; NANNIPIERI, P. (Eds.). *Methods in applied soil microbiology and biochemistry*. London: **Academic Press**. 576 p, 1995.

AMABILE, R.F.; MINELLA, E.; CIULLA, C.; CARVALHO, F.H.; IORA, C. Avaliação da safra de cevada cervejeira no Cerrado em 2001. XXII Reunião Anual de Pesquisa de Cevada. **Anais e Ata**. Passo Fundo, RS, p. 79-83, 2002.

AMABILE, R.F.; da SILVA, D.B.; GUERRA, A.F. Cevada Irrigada em Áreas de Cerrado no Brasil Central. **Circular Técnica**, **26**. Planaltina, DF. Embrapa, 4p, 2004.

ANDERSON, J.P.E. Soil respiration. In: PAGE, A.L.; MILLER, R.H.; KEENEY, D.R. (Eds.). *Methods of soil analysis*. 2nd. Madison: American Society of Agronomy: **Soil Science Society of Agronomy**. Agronomy, 9. Part 2: Chemical and microbiological properties. P. 831-872, 1982.

ANDERSON, J.P.E.; DOMSCH, K.H. Quantities of plant nutrients in the microbial biomass of selected soils. **Soil Science**. Baltimore, v.130, n. 4, p.211-6, 1980.

ANDERSON, J.P.E.; DOMSCH, K.H. The metabolic quotient for CO₂ (qCO_2) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. **Soil Biology and Biochemistry**. V.25, p.393-395, 1993.

ANDERSON, T.H.; DOMSCH, K.H. Determination of ecophysiological maintenance carbon requirements of soil microorganism in a dormant state. **Biology and Fertility of Soils**. Berlin, v.1, p.81-89, 1985.

ANDERSON T.H.; DOMSCH, K.H. Ratios of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soils. **Soil Biology and Biochemistry**. Vol. 21, nº 4, p.471-479, 1989.

ANDRADE, D.S.; COLOZZI-FILHO, A.; PAVAN, M.A.; BALOTA, E.L.; CHAVES, J.C.D. Atividade microbiana em função da calagem em um solo cultivado com cafeeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 19:191-196, 1995.

ANGERS, D.A.; BISSONNETTE, N.; LÉGÈRE, A.; SAMSON, N. Microbial and biochemical changes induced by rotation and tillage in a soil under barley production. **Journal Soil Science**, 73:39-50, 1993.

AQUINO, A.M.; SILVA, E.M.R.; SAGGIN JUNIOR, O.; RUMJANEK, N.; DE-POLLI, H.; REIS, V.M. A biota do solo e processos relevantes num novo contexto da agricultura. In: **Recomendações para adubação e manejo da fertilidade do solo no estado do Acre**. Rio Branco, v.prelo, cap.4, 2005.

BALOTA, E.L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D.S.; HUNGRIA, M. Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, MG, v. 22, p. 641-649, 1998.

BALOTA, E.L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D.S.; DICK, R.P. Microbial biomass in soils under different tillage and crop rotation systems. **Biology Fertility Soils**. 38:15-20, 2003.

BARETTA, D.; SANTOS, J.C.P.; FIGUEREDO, S.R.; KLAUBERG-FILHO, O. Efeito do monocultivo de pinus e da queima do campo nativo em atributos biológicos do solo no Planalto Sul Catarinense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, MG, v. 29, p.715-724, 2005.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo. Ecossistemas Tropicais e Subtropicais**. Porto Alegre, RS. P.09-27, 1999.

BELTRÃO, S.; Cevada cervejeira irrigada, alternativa para o Cerrado. In: **Revista Trimestral da Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem-ABID**. N° 65-66, p.8, 1° e 2° Trimestres, 2005.

BOAS, R.L.V.; OLIVEIRA, M.V.A.M.; MOTA, P.R.A.; BETTINI, M.O. Agricultura fertirrigada avança no Brasil. **Agrianual**. P.54-57, 2005.

BORÉM, A. **Hibridação artificial das plantas**. Viçosa: UFV. 546p. 1999.

BRANDÃO, E.M. Os componentes da comunidade microbiana do solo. In: CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M.; NEVES, M.C. Microbiologia do solo. Campinas: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. Cap.1, p.1-15, 1992.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Portaria nº 691** de 22 de novembro de 1996.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/servlet/VisualizarAnexo?id=10868>>. Acesso em 06 jul. 2005.

CAMARGO, F.O.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M.J.; VIDOR, C. Nitrogênio orgânico do solo. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo. Ecossistemas Tropicais e Subtropicais**. Porto Alegre, RS, p.117-135, 1996.

CATTELAN, A.J.; VIDOR, C. Flutuações na biomassa, atividade e população microbiana do solo, em função de variações ambientais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. V.14, p.133-142, 1990.

CERRADO. **Jardim Botânico de Brasília**. Disponível em: <http://www.jardimbotanico.df.gov.br/005/00502001.asp?ttCD_CHAVE=4186>. Acesso em 05.dez. 2006.

COELHO, A.M. Fertirrigação em culturas anuais produtoras de grãos. **Revista Trimestral da Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem- ABID**. N° 58, p.44-54, 2003.

CORDEIRO, A. Estudos da adubação com NPK nos parâmetros de crescimento, produtividade e estado nutricional da cevada (*Hordeum vulgare* L.), no Cerrado, sob plantio direto. **Universidade de Brasília**, DF. 85p. 2006 (Dissertação de Mestrado).

COSER, T.R. Doses de nitrogênio e seu efeito nos indicadores microbiológicos de qualidade de solo na cultura da cevada. **Universidade de Brasília**, DF. 81p. 2006 (Dissertação de Mestrado).

COSTA, A.C.S.; FERREIRA, J.C.; SEIDEL, E.P.; CÁSSIO, A.T.; PINTRO, J.C. Perdas de nitrogênio por volatilização da amônia em três solos Argilosos tratados com uréia. **Acta Scientiarum**. Maringá, v.26, n.4, p.467-473, 2004.

COSTA, E.F. da.; FRANÇA, G.E.; ALVES, V.M.C. Aplicação de fertilizantes via água de irrigação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte. V.12, n.139, p.63-68, 1986.

DE-POLLI, H.; GUERRA, J.G.M. C, N e P na biomassa microbiana do solo. In: SANTOS, G.de.A.; CAMARGO, F.A.de.O. (Eds.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistema tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, cap.17, p.389-411, 1999.

FIGUERÊDO, S.F.; GUERRA, A.F.; AMABILE, R.F.; SILVA, D.B. Manejo da irrigação e da adubação nitrogenada para a cevada BRS 195 no Cerrado. In: Reunião Anual de Pesquisa de Cevada. Passo Fundo. **Anais e Ata**. Embrapa Trigo, v. 1, n.1, p.501-507, 2002.

FIGUERÊDO, S.F.; GUERRA, A.F.; AMABILE, R.F.; SILVA, D.B.da. Efeito da água e do nitrogênio sobre parâmetros da cevada PFC 92127 no Cerrado. In: Reunião Anual de Pesquisa de Cevada. Passo Fundo. **Anais e Ata**. Embrapa Trigo, v. 1, n.1, p.100-110, 2003.

FILGUEIRA, H.J.A.; GUERRA, A.F.; RAMOS, M.M. Parâmetros de manejo de irrigação e adubação nitrogenada para o cultivo de cevada cervejeira no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. V.31, n.1, p.63-70, 1996.

FISK, M.C.; FAHEY, T.J. Microbial biomass and nitrogen cycling responses to fertilization and litter removal in young northern hardwood forests. **Biogeochemistry**. 53, p. 201-223, 2001.

FRANZLUEBBERS, A.J. Potential C and N mineralization and microbial biomass from intact and increasingly disturbed soils of varying texture. **Soil Biology and Biochemistry**. V. 31, p.1083-1090, 1999.

FURTINI NETO, A.E.; VALE, F.R.; RESENDE, A.V.; GUILHERME, L.R.G.; GUEDES, G.A.A. **Fertilidade do solo**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001.

GAMA-RODRIGUES, E.F.da. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.O. **Fundamentos da matéria orgânica no solo. Ecossistemas Tropicais e Subtropicais**. Porto Alegre, RS, p.227-243, 1999.

- GAMA-RODRIGUES, E.F.da; GAMA-RODRIGUES, A.C.da; BARROS, N.F.de. Biomassa microbiana de carbono e de nitrogênio de solos sob diferentes coberturas florestais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v.21, n. 3, p.361-365, 1997.
- GRAHAM, M.H.; HAYNES, R.J.; MEYER, J.H. Soil organic matter content and quality: effects of fertilizer applications, burning and trash retention on a long-term sugarcane experiment in South Africa. **Soil Biology and Biochemistry** 34, p.93-102, 2002.
- GUERRA, A. F. Tensão de água no solo: efeito sobre a produtividade e qualidade dos grãos de cevada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.2, p.245-254, 1995.
- GUERRA, A.F.; SILVA, E.M.da; AZEVEDO, J.A.de. Estabelecimento do momento de irrigação em trigo e cevada baseado em níveis de tensão de água em Latossolo dos Cerrados. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (Planaltina, DF). **Relatório técnico anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1982/1985**. Planaltina, p.227-231, 1987.
- INSAM, H.; DOMSCH, K.H. Relationship between soil organic carbon and microbial biomass on chronosequences of reclamation sites. **Microbial Ecology**. V. 15, p.177-188, 1998.
- ISLAM, K.R.; WEIL, R.R. Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. Amsterdam, v. 79, p.9-16, 2000.
- JENKINSON, D.S.; LADD, J.N. Microbial biomass in soil: measurement and turnover. In: PAUL, E.A.; LADD, J.N. **Soil Biochemistry**. New York: Marcel Dekker, v.5, p.415-471, 1981.
- KAUTZ, T; WIRTH, S.; ELLMER, F. Microbial activity in a sandy arable soil is governed by the fertilization regime. **European Journal of Soil Biology**. 40, p.87-94, 2004.
- KELLING, K.A.; FIXEN, P.E. Soil and nutrient requirements for oat production. In: MARSHALL, H.G.; SORRELIS, M.E. (Eds). **Oat Science and Technology**. Madison: ASA/CSSA. Agronomy, 31, cap.6, p.165-190, 1992.
- KOLCHINSKI, E.M.; SCHUCH, L.O.B. Relações entre a adubação nitrogenada e a qualidade de grãos e de sementes em aveia branca. **Ciência Rural**. V.34, n.2, p.379-383, 2004.
- LAL, R. Methods and guidelines for assessing sustainable use of soil and water resources in the tropics. **SMSS Monograph, n. 21**. Columbus: Ohio State University. 78p. 1994.
- MACEDO, J. Produção de Alimentos: potencial dos Cerrados. Planaltina: Embrapa-CPAC **Documentos**, 59, 33p. 1996.
- MAROUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C.; SILVA, H.R. Manejo da irrigação em hortaliças.

Embrapa: Centro Nacional de Pesquisa em Hortaliças. Sed., rev. Ampl. Brasília: **EMBRAPA-SPI**. 72p. 1996.

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. Londres: **Academic Press**. 889p. 1997.

MENDES, I.C.; VIVALDI, L. Dinâmica da biomassa e atividade microbiana em uma área sob mata de galeria na região do DF. In: RIBEIRO, J.F.; FONSECA, C.E.L.da; SOUZA-SILVA, J.C. (Eds.) **Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria**. Planaltina: Embrapa-CPAC, p.664-687, 2001.

MINELLA, E. Safra nacional de cevada cervejeira de 2001. XXII Reunião Anual de Pesquisa de Cevada. **Anais e Ata**. Passo Fundo, RS, p.84-87. 2002.

MINELLA, E. Indicações técnicas para a produção de cevada cervejeira: safras 2003 e 2004. XIII Reunião Anual de Pesquisa de Cevada. **Anais e Ata**. Passo Fundo, RS. 32p. 2003.

MINELLA, E (Ed.). Indicações técnicas para produção de cevada cervejeira: safras 2003 e 2004. XIII Reunião Anual de Pesquisa de Cevada. **Anais e Ata**. Passo Fundo. Embrapa Trigo, 78p. 2003a.

MINELLA, E.; DOTTO, S.R.; ANDRADE, J.M.V. Cultivo de cevada cervejeira sob irrigação no Brasil Central: lavouras e campos pilotos. **Comunicado Técnico, 35**. Planaltina, DF: EMBRAPA- CPAC, 5p. 1985.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Editora UFLA, 625p. 2002.

MUNDSTOCK, C.M. **Planejamento e manejo integrado da lavoura de trigo**. Porto Alegre: UFRGS – Faculdade de Agronomia, 228 p. 1999.

NOGUEIRA, M.A.; ALBINO, U.B.; BRANDÃO-JÚNIOR, O.; BRAUN, G.; CRUZ, M.F.; DIAS, B.A.; DUARTE, R.T.D.; GIOPPO, N.M.R.; MENNA, P.; ORLANDI, J.M.; RAIMAM, M.P.; RAMPAZO, L.G.L.; SANTOS, M.A.; SILVA, M.E.Z.; VIEIRA, F.P.; TOREZAN, J.M.D.; HUNGRIA, M.; ANDRADE, G. Promising indicators for assessment of agroecosystems alteration among natural, reforested and agricultural land use in southern Brazil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. Amsterdam, v.115, p. 237-247, 2006.

PARKIN, T.B.; DORAN, J.W.; FRANCO-VIZCAÍNO, E. Field and laboratory tests of soil respiration. In: DORAN, J.W.; JONES, A.; (Eds.). *Methods for assessing soil quality*. Madison: **Soil Science Society of America**, p.231-245. 1996.

PAUL, E.A.; CLARK, F.E. *Soil Microbiology and Biochemistry*. San Diego, CA, **Academic Press**. 275p. 1989.

PERUZZO, G. Avaliação do rendimento de cevada cervejeira em função de diferentes doses e fontes de nitrogênio em 1986. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (Passo Fundo, RS). **Resultados de Pesquisa do Centro Nacional de Pesquisa de Trigo**, apresentados na VI, VII e VIII Reuniões Anuais de Pesquisa de Cevada. Passo Fundo, RS: EMBRAPA-CNPT, p.97-104. 1988.

PINTO, J.M.; FILHO, J.C.F. Fertirrigação na fruticultura. **Revista Trimestral da Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem- ABID**. N° 55, p. 70-74, 2002.

POWLSON, D.S.; JENKINSON, D.S. Measurement of soil microbial biomass provides an early indication of changes in total soil organic matter due to straw incorporation. **Soil Biology and Biochemistry**. Oxford, v.19, n.2, p.159-64, 1987.

PÖTTKER, D.; ROMAN, E.S. Efeito do Nitrogênio em trigo cultivado após diferentes sucessões de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, 1998.

RAIESI, F. Soil properties and N application effects on microbial activities in two winter wheat cropping systems. **Biology Fertility Soils**. 40, p.88-92, 2004.

RAIJ, B.V. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba: **Potafós**. 343p. 1991.

ROSCOE, R.; MERCANTE, F.M.; JÚNIOR, F.B.R.; SANTOS, J.C.F.; HUNGRIA, M. Biomassa microbiana do solo: fração mais ativa da matéria orgânica. In: ROSCOE, R.; MERCANTE, F.M.; SALTON, J.C. (Eds.). **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, p163-198, 2006.

ROVIRA, A.D. Sustainable farming systems in the cereal-livestock areas of the mediteranean region of Australia. In: **Soil management in Sustainable Agriculture**. Proceedings of the Third Interenational Conference on Sustainable Agriculture. Wye College, University of London, 590p. 1993.

SAGGAR, S.; BETTANY, J.R.; STWART, J.W.B. Sulfur transformations in relation to carbon and nitrogen in incubated soils. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 13, p. 499-511, 1991.

SAMINÊZ, T.C.O. Efeito do sistema de cultivo, tensão da água, biomassa microbiana e temperatura do solo nos fluxos de CH₄ e N₂O em solos de Cerrados. Brasília, **Universidade de Brasília**, DF, p.99. 1999 (Dissertação de Mestrado).

SAMPAIO, E.V.S.B.; SALCEDO, I.H. Efeito da adição de nitrogênio e palha na liberação de CO₂ e formação de biomassa microbiana em Latossolo vermelho-amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 6 p.177-181, 1982.

SANO, E.E.; BARCELLOS, A.O.; BEZERRA, H.S. Assessing the spatial distribution of cultivated pastures in the Brazilian savanna. **Pasturas Tropicales**, 22 (3), p.2-15, 2002.

SCHLESINGER, W.H.; ANDREWS, J.A. Soil respiration and the global carbon cycle. Springer, page 1. **Biogeochemistry**. 48, p.7-20, 2000.

SEEDQUEST. **Cerrado tem cultivar de cevada cervejeira de porte ano**. <<http://www.seedquest.com/News/releases/2006/may/15719.htm>> Acesso em agost.2006.

SILVA, A.R.; ANDRADE, J.M.V. A cultura de cevada na estação seca com irrigação nos Cerrados do DF. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.4, n.3, p.305-316, 1985.

SINGH, J.S.; RAGHUBANSHI, A.S.; SINGH, R.S.; SRIVASTAVA, S.C. Microbial biomass acts as source of plant nutrients in dry tropical forest and savanna. **Nature**. London, v. 338, p. 499-500, 1989.

SIQUEIRA, J.O. Microrganismos e processos biológicos no solo: perspectiva ambiental. Brasília: EMBRAPA, CNPAF, CNPSO, SPI. **Documentos**, **45**. 142p. 1994.

SIQUEIRA, J.O.; FRANCO, A.A. **Biotechnology do solo: Fundamentos e Perspectiva**. Brasília, MEC, ABEAS; Lavras: ESAL, FAEPE, 1988.

SMITH, J.L.; PAUL, E.A. The significance of soil microbial biomass estimations. In: BOLLAG, J.M.; STOTSKY, G. (Eds.). **Soil Biochemistry**. New York: Marcel Dekker, v.6, p.357-396, 1990.

SOUSA. D.M.G.de.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Brasília, DF. Embrapa, 416p. 2004.

SOUSA. D.M.G.de.; LOBATO, E. Adubação com nitrogênio. In: SOUSA. D.M.G.de.; LOBATO, E. (Eds.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. Brasília, DF. Embrapa, p129-145, 2004a.

SOUZA, S.R.; FERNANDES, M.S. Nitrogênio. In: FERNANDES, M.S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. P.215-252, 2006.

SPARLING, G.P. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. **Australian Journal Soil Research**. Victoria, n. 30, p.195-207, 1992.

SUHET, A.R.; PERES, J.R.R.; RITCHEY, K.D. Adubação nitrogenada em solos de Cerrado. In: Simpósio sobre o Cerrado; Savanas: alimento e energia, 6., 1982, Brasília, DF. **Anais e Ata**. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, p.79-85. 1988.

TÓTOLA, M.R.; CHAER, G.M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. **Tópicos em Ciências do Solo**. Viçosa, MG, v.2, p. 196-275, 2002.

VARGAS, M.A.T.; HUNGRIA, M. **Biologia dos Solos dos Cerrados**. Planaltina, DF. Embrapa- CPAC. 524 p. 1997.

VIEIRA, R.F.; RAMOS, M.M. Fertirrigação. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V, V.H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, 5ª Aproximação**. Viçosa, MG, 359p. 1999.

VITTI, G.C.; BOARETTO, A.E.; PENTEADO, S.R. Fontes de fertilizantes e fertirrigação. In: Simpósio Brasileiro sobre fertilizantes fluidos. Piracicaba: ESALQ/CENA, **Potafós**. p.233-256. 1993.

WARDLE, D.A. A comparative assessment of factors which influence microbial biomass carbon and nitrogen levels in soil. **Biology. Review**. 67, p.321-358, 1992.

WARDLE, D.A. Changes in the microbial biomass and metabolic quotient during leaf litter succession in some New Zealand forest and scrubland ecosystem. **Functional Ecology**. 7, p.346-355, 1993.

WARDLE, D.A. Metodologia para a quantificação da biomassa microbiana do solo. In: HUNGRIA, M., ARAÚJO, R.S. **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**. Embrapa, Brasília, DF. 542p. 1994.

WARDLE, D.A.; GHANI, A.A. A critique of the microbial metabolic quotient as a bioindicator of disturbance and ecosystem development. **Soil Biology and Biochemistry**. Vol. 27, nº 12, p 1601-1610, 1995.

WARING, R.H.; SCHLESINGER, W.H. Forest ecosystems: concepts and management. San Diego: **Academic Press**, p.157-179. 1985.

WILLIAMS, L.E; MILLER, A.J. Transporters responsible for the uptake and partitioning of nitrogenous solutes. **Annual. Revision. Plant Physiol**. Plant Mol. Biol., 52:659-688, 2001.

ZAMAN, M.; CAMERON, K.C.; D, H.J.; INUBUSHI, K. Changes in mineral N, microbial biomass and enzyme activities in different soil depths after surface applications of dairy shed effluent and chemical fertilizer. **Nutrient Cycling in Agroecosystems** 63, p.275-290, 2002.

ZIBILSKE, L.M. Carbon mineralization. In: WEAVER, R.W.; SCOTT, A.; BOTTOMLEY, P.J. (Eds.). Methods of soil analysis. Madison: **Soil Science Society of America**. Part 2: Microbiological and biochemical properties. P.836-864, 1994.

CAPÍTULO 1

**EFEITO DE DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO, VIA FERTIRRIGAÇÃO NO
CARBONO DA BIOMASSA MICROBIANA DO SOLO NO CERRADO**

(Trabalho a ser enviado para a Revista Brasileira de Ciência do Solo)

EFEITO DE DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO, VIA FERTIRRIGAÇÃO NO CARBONO DA BIOMASSA MICROBIANA DO SOLO NO CERRADO

FRANÇA, L.V.; DINIZ, L.T.; RAMOS, M.L.G.; RIBEIRO JR., W. Q.; AMABILE, R.F.; GUERRA, A.F.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da fertirrigação nitrogenada em diferentes doses, no carbono da biomassa microbiana do solo em diferentes épocas de coleta. O experimento foi conduzido na Embrapa Cerrados, Planaltina – DF, num Latossolo Vermelho, distrófico, argiloso, no período de junho a setembro de 2005. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso em parcelas subdivididas, com três repetições, onde as doses de nitrogênio foram as parcelas e as épocas de coleta do solo as subparcelas. O genótipo de cevada utilizado foi o AF 9585 por ser um genótipo responsivo a nitrogênio. Foram utilizadas uma testemunha e três doses de nitrogênio: 20, 40 e 80 kg N.ha⁻¹. A fonte de nitrogênio utilizada foi a uréia. A adubação de base foi de 10 kg N.ha⁻¹ (realizada 5 dias após o plantio, a lanço), com exceção da testemunha. A adubação foi feita toda em cobertura por meio da fertirrigação, parcelada em duas aplicações: uma aos 27 dias (aparecimento da terceira folha) e a outra aos 43 dias (aparecimento da quinta folha) após o plantio no perfilhamento da cultura. As amostras de solo foram coletadas na profundidade de 0-10 cm e em seis épocas: aos 25 dias (dois dias antes da primeira fertirrigação), 29 dias (dois dias após da primeira fertirrigação), 39 dias (quatro dias antes da segunda fertirrigação), 47 dias (quatro dias depois da segunda fertirrigação), 67 dias (floração) e 113 dias (após a colheita) após o plantio. Em geral a primeira fertirrigação teve mais impacto que a segunda nos valores de respiração basal e no carbono da biomassa microbiana. Não houve alteração no carbono da biomassa com a aplicação de 80 kg N.ha⁻¹ e a testemunha. As doses de nitrogênio não afetaram o carbono orgânico do solo.

Palavras chaves: qualidade do solo, adubação.

EFFECT OF TRICKLE FERTIGATION WITH DIFFERENT LEVELS OF NITROGEN ON MICROBIAL CARBON BIOMASS CONTENT IN CERRADO SOIL

FRANÇA, L.V.; DINIZ, L.T.; RAMOS, M.L.G.; RIBEIRO JR., W. Q.; AMABILE, R.F.;
GUERRA, A.F.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of trickle fertigation with different levels of nitrogen on soil microbial carbon biomass content collected at different periods. The experiment was carried out at Embrapa Cerrados, Planaltina – DF, in a sandy-loam, red, dystrophic Latosol, between June and September of 2005. The experimental design was of randomized blocks with split-plot scheme with three replications, where split plots represented the nitrogen levels and the periods of soil survey represented the plots. The barley genotype used was AF 9585, because of its reaction to nitrogen. Three levels of nitrogen and one control treatment were used: 20, 40 e 80 kg N.ha⁻¹. The nitrogen source used was urea. Five days after barley was sowed, 10 kg N.ha⁻¹ were broadcasted in soil surface, except in the control treatment. All fertilization after planting was done by fertigation, fractioned in two applications: 27 days (after the appearance of the third leaf), another after 43 days (after the appearance of the fifth leaf) and at barley tillering. Soil surveys were collected at 10 cm of depth at six periods: 25 days after sowing (two days before the first fertigation), 29 days after sowing (two days after the first fertigation), 39 days after sowing (four days before the second fertigation), 47 days after sowing (four days before the second fertigation), 67 days after sowing (flowering) and 113 days (after harvesting). The first nitrogen fertigation caused more impact in the values of basal respiration and biomass carbon content than the second one, and there were no modification of soil biomass carbon content when 80 kg N.ha⁻¹ were used. The control treatment and the levels of nitrogen didn't affected soil organic carbon content.

Keywords: quality of soil, fertilizer.

INTRODUÇÃO

Atualmente, o Cerrado contribui com 28% da produção nacional de grãos. Desde o início da sua ocupação, essa região vem apresentando grande desenvolvimento. Um dos principais fatores responsáveis pelo desempenho da região foi a geração de tecnologias que permitiram a incorporação de solos, com algumas limitações, ao processo produtivo agrícola (Macedo, 1996; Sousa & Lobato, 2004).

Como ocorre um grande período de seca no Cerrados, a irrigação é uma prática indispensável para permitir o cultivo nesta época e garantir a produção das culturas irrigadas. A fertirrigação é o processo de aplicação simultânea de água e fertilizantes ao solo, por meio de sistemas de irrigação. No Brasil, somente nos últimos anos é que a fertirrigação tem-se firmado como técnica, sendo os proprietários de sistemas de irrigação localizada e de pivô central os que a utilizam com maior frequência, principalmente para a aplicação de adubos nitrogenados (Coelho, 2003). O manejo da fertirrigação consiste na determinação da quantidade adequada de nutrientes a ser aplicada nos momentos oportunos.

O nitrogênio é o elemento mais frequentemente aplicado via água de irrigação; apresenta alta mobilidade no solo, e conseqüentemente, alto potencial de perdas, principalmente por lixiviação de nitrato (NO_3^-) (Coelho, 2003). Em função da facilidade de se aplicar a uréia via fertirrigação, cevadicultores do Cerrado têm realizado a adubação nitrogenada usando esse sistema, porém de modo empírico, já que nenhum trabalho foi realizado nessa área.

Porém não se conhece o impacto que a fertirrigação nitrogenada ocasiona na qualidade biológica de um solo.

Dentre os indicadores de qualidade do solo, destaca-se a biomassa microbiana que é a fração viva da matéria orgânica do solo e desempenha um papel fundamental na dinâmica e no acúmulo da matéria orgânica do solo, particularmente nas condições tropicais (Jenkinson & Ladd, 1981). A biomassa microbiana contém em média de 2 a 5% do carbono orgânico (Jenkinson & Ladd, 1981) e de 1 a 5% do nitrogênio total do solo (Smith & Paul, 1990), atuando em processos como: a formação do solo (intemperização das rochas), o controle da decomposição e o acúmulo de resíduos orgânicos, regulando o fluxo de matéria e energia no solo, a dinâmica dos nutrientes minerais, a reserva e ciclagem de nutrientes, a biorremediação de poluentes e metais pesados, entre outros.

As determinações da biomassa microbiana, assim como sua atividade e seus índices derivados, são fundamentais para o entendimento de seu papel no funcionamento do solo e na

dinâmica da matéria orgânica e representam um indicador de grande sensibilidade para avaliar as mudanças no solo, sendo influenciada pelas adubações, métodos de cultivo e condições edafoclimáticas (Roscoe et al., 2006). A biomassa microbiana pode variar em função das condições ambientais, como disponibilidade de C, N, P e S, umidade, aeração, pH, mineralogia, adubação e textura do solo (Roscoe et al., 2006).

Por ser um atributo de fácil determinação no solo, a análise da biomassa microbiana pode fornecer informações extremamente úteis sobre a dinâmica de um reservatório lábil da matéria orgânica do solo e é um bioindicador de alterações no solo, refletindo a longo prazo na produtividade (Angers et al., 1993; Wandle, 1994).

Com essa análise detecta-se alterações relativamente pequenas nas condições do sistema solo, as quais desencadearão processos mais complexos de melhoria ou perda na sua qualidade, podem ser obtidas com a análise da biomassa microbiana e de seus índices derivados, como: quociente metabólico (qCO_2), respiração basal e a relação entre o carbono microbiano e o carbono orgânico ($C_{mic}:C_{org}$) (Roscoe et al., 2006).

São poucas as informações sobre o efeito causado pelas aplicações de fertilizantes nitrogenados na biomassa microbiana do solo, principalmente em solos de Cerrado. As alterações que ocorrem na biomassa microbiana do solo são informações adquiridas que ocorrem a longo prazo (Garcia et al., 2004; Mercante et al., 2004) e os maiores valores de biomassa microbiana do solo são encontrados em sistemas naturais do que em áreas cultivadas (Marchiori-Junior & Melo, 1999). O sistema de manejo do solo, como também o uso de insumos como fertilizantes minerais e defensivos, promovem modificações diversas na biomassa microbiana, através de efeitos que podem resultar em mudanças qualitativas e quantitativas, na densidade total levando a comunidade a um novo equilíbrio, que pode favorecer ou afetar negativamente o crescimento das plantas e a produtividade (Wood & Edwards, 1992).

O objetivo desse trabalho foi analisar o efeito da fertirrigação nitrogenada no carbono da biomassa microbiana e nos índices derivados.

MATERIAL E MÉTODOS

Local, condição do experimento e coleta das amostras

O experimento foi conduzido na Embrapa Cerrados, sediado em Planaltina, Distrito Federal, situada a 15°35'30" latitude S, 47°42'30" longitude O e a altitude de 1.007 m, entre

junho e setembro de 2005, em um Latossolo Vermelho distrófico típico argiloso em sistema de plantio convencional. O local do experimento foi cultivado por 3 anos com o plantio de *Brachiaria* sp..

As análises biológicas do solo foram realizadas no Laboratório de Biologia do Solo, da Universidade de Brasília/UnB.

A análise do solo foi realizada antes da implantação do experimento e a caracterização química do solo da área experimental é apresentada na Tabela 1.

Dois dias antes da implantação do experimento foi incorporado ao solo o resíduo vegetal de *Brachiaria* sp., que se encontrava na área.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com parcelas subdivididas, com três repetições. As parcelas foram de dez linhas de 4 metros de comprimento, espaçadas 20 cm entre si, com uma área útil de 8 m². As doses de nitrogênio foram as parcelas e as épocas de coleta do solo as subparcelas. O genótipo de cevada utilizado foi o AF 9585 por ser um material responsivo a nitrogênio.

A fertirrigação ocorreu por meio de um sistema de micro aspersão com padrão de molhamento circular, parcelada em duas aplicações: uma aos 27 dias (aparecimento da terceira folha) e a outra aos 43 dias (aparecimento da quinta folha), após o plantio.

A fonte de nitrogênio utilizada foi a uréia. Foram utilizados uma testemunha e três doses de nitrogênio: 20, 40 e 80 kg N ha⁻¹. A adubação de base foi de 10 kg N ha⁻¹ (realizada 5 dias após o plantio, a lanço), com exceção do tratamento testemunha. As quantidades de nitrogênio aplicadas nas fertirrigações foram distribuídas da seguinte maneira:

Quantidade de nitrogênio (kg N.ha ⁻¹)				
Tratamentos	Adubação de base	Primeira fertirrigação	Segunda fertirrigação	Total de nitrogênio
Testemunha	0	0	0	0
Dose 20	10	5	5	20
Dose 40	10	15	15	40
Dose 80	10	35	35	80

Realizou-se a adubação de semeadura com 100 kg. K₂O ha⁻¹ e 117 kg. P₂O₅ ha⁻¹ na área do experimento.

Em cada parcela onde se realizaram as coletas de solo foram coletadas cinco subamostras simples nas entrelinhas da parcela, obtendo uma amostra composta, totalizando 12 amostras por coleta de solo, na profundidade de 0-10 cm para quantificar o carbono da biomassa microbiana. As coletas de solo foram realizadas em seis épocas: aos 25 (dois dias antes da primeira fertirrigação), 29 (dois dias após da primeira fertirrigação), 39 (quatro dias

antes da segunda fertirrigação), 47 (quatro dias após da segunda fertirrigação), 67 (floração) e 113 (após a colheita) dias após o plantio.

As amostras foram mantidas em caixas de isopor com gelo, e posteriormente mantidas em geladeira a 4°C, até o momento das análises.

Durante a condução do experimento foi utilizado o herbicida Ally 4,0 g.ha⁻¹ na área para o controle das plantas invasoras de folhas largas e uma aplicação de inseticida Lorsban 1,2 l. ha⁻¹ para o controle de coleópteros.

Determinação do Carbono da Biomassa Microbiana do Solo

As análises para a determinação do carbono da biomassa microbiana do solo foram feitas pelo método da fumigação e extração, proposto por Vance et al (1987).

Metodologia

As amostras de solo, provenientes dos diferentes tratamentos (doses de nitrogênio aplicadas via fertirrigação) foram tamisadas em peneiras com abertura de 8 mm, retirando-se fragmentos de raízes e restos vegetais. Antes do processo de fumigação os teores de umidade das amostras foram ajustados para 80% da capacidade máxima de retenção de água no solo. As amostras foram divididas em 3 subamostras para a determinação do carbono microbiano de amostras não fumigadas e 3 subamostras para a determinação do carbono microbiano de amostras fumigadas de 20g de solo seco de cada amostra. As amostras foram incubadas em frascos de 500 ml (hermeticamente fechados) à temperatura ambiente durante sete dias.

Após este período, parte das amostras foi submetida ao processo de fumigação seguida de extração e a outra parte, apenas ao processo de extração. Nas amostras fumigadas foi feita à fumigação com clorofórmio livre de etanol por 24 horas, antes de realizar o procedimento da extração com as amostras fumigadas e não fumigadas.

Procedimento

O carbono foi extraído do solo com 70 ml da solução de sulfato de potássio 0,4M (pH 6,5- 6,8), em agitador com movimento circular horizontal (150 rpm, durante 40 min.). Após a decantação (30 min de repouso) a solução foi filtrada com filtro de papel. Foram adicionados 8 ml da solução filtrada em um tubo de ensaio contendo 15 ml da solução H₂SO₄:H₃PO₄ na proporção de 2:1 e 2 ml de K₂Cr₂O₇ 0,4N. Os tubos foram colocados em bloco digestor a 100° C por 30 minutos e após a temperatura destes chegar a aproximadamente a 25° C: no

conteúdo de cada tubo foram adicionados 50 ml de água destilada e transferido para um erlemmeyer de 125 ml e sete gotas do indicador ferroína. A quantidade de carbono extraído foi então calculada por titulação com solução dissolvida de $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ para determinar a quantidade de dicromato utilizado na oxidação. Titulou-se também, amostras sem a adição de substrato (branco).

O carbono extraído pelas amostras fumigadas e não fumigadas foi calculado pela sua diferença com o branco, assumindo-se que 1 ml $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 0,4N, equivale a 1200 μg de carbono. O carbono da biomassa microbiana (CBM) foi determinado através da diferença entre o carbono extraído das amostras fumigadas e o das amostras não fumigadas e é calculado de acordo com a seguinte relação:

$$\text{CBM} = (\text{C}_F - \text{C}_{\text{NF}}) / \text{Kec}$$

Onde:

C_F e C_{NF} : representam o C total do CO_2 que foi liberado das subamostras fumigadas e não fumigadas respectivamente;

Kec: (0,38) é uma constante, que representa a fração do carbono da biomassa microbiana extraída após a fumigação (Wardle, 1994).

A respiração basal foi calculada pela quantidade de C- CO_2 liberado das amostras de solo não fumigadas em um período de sete dias. As amostras foram divididas em subamostras (triplicadas) de 20g de solo e colocadas no interior de vidros herméticos de 500 ml, juntamente com um frasco de vidro contendo 10 ml de KOH 0,3M. As amostras foram incubadas por sete dias. Para quantificar o CO_2 liberado durante a incubação, foram adicionados, àqueles frascos que continham KOH 0,3M, 3 ml de BaCl_2 20%. A solução foi então transferida para erlenmeyers de 100 ml, adicionando-se três gotas de fenolftaleína e posteriormente foi realizada a titulação com HCl 0,1N.

Determinação da matéria orgânica do solo (Método Walkley-Black, 1994)

O carbono orgânico (matéria orgânica) foi calculado pelo método da oxidação por via úmida (Walkley-Black, 1994). Pesou-se 0,5 g de TFSA (terra fresca seca ao ar), e logo em seguida transferiu-se para um erlenmeyer de 500 ml, adicionou-se 10 ml de dicromato de potássio e agitou-se por cinco minutos. Em seguida foram adicionadas 20 ml de sulfato de prata/ácido sulfúrico. A solução foi agitada e mantida em repouso por 30 minutos. Após o repouso foram adicionados 200 ml de água destilada, 10 ml de ácido fosfórico, 1 ml do

indicador ferroína e titulou-se com sulfato ferroso amoniacal, até a viragem para cor verde.

$$\text{M.O. total (\%)} = 10 \times (1 - A/B) \times 1,34$$

Onde:

A: Volume do sulfato ferroso amoniacal gasto na titulação da amostra.

B: Volume do sulfato ferroso amoniacal gasto na titulação do branco.

Análise estatística

Os dados foram analisados utilizando o programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2003) e os testes de comparação de médias dos tratamentos foram feitos pelo teste de Tukey a 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve interação significativa entre as doses de nitrogênio aplicadas e as épocas de coleta do solo em todos os atributos biológicos analisados. Os indicadores microbiológicos de qualidade do solo estudados foram: carbono da biomassa microbiana (CBM) (Tabela 1.1), respiração basal (Tabela 1.2), quociente metabólico ($q\text{CO}_2$) (Tabela 1.3), carbono orgânico (Corg) (Tabela 1.4) e razão percentual entre o carbono da biomassa microbiana e o carbono orgânico do solo (Cmic:Corg) (Tabela 1.5).

Carbono da Biomassa Microbiana (CBM)

Nesta coleta de solo, o carbono da biomassa microbiana (Tabela 1.1) foi semelhante, entre as doses de nitrogênio e a testemunha, com exceção da dose de 40 kg N.ha⁻¹ que foi menor que a dose de 20 kg N.ha⁻¹. Na dose de 20 kg N.ha⁻¹ houve um maior acúmulo de carbono da biomassa (194,42 mg C. kg⁻¹ de solo) e na dose de 40 kg N.ha⁻¹ um menor acúmulo de carbono no solo (127,33 mg C. kg⁻¹ de solo). Como esta era uma área já cultivada anteriormente, possivelmente a incorporação e a distribuição do resíduo vegetal ao solo não foi homogênea, ou a área do experimento não era homogênea após anos de cultivo, como foi observado também por Patra et al. (1990) o que afetou o CBM do solo na primeira coleta.

A incorporação de resíduos vegetais durante o preparo do solo para o cultivo, interfere no carbono da biomassa microbiana, oxidando a matéria orgânica (Perez, 2003). O resíduo vegetal e a adubação de base possivelmente podem ter contribuído para as diferenças nos

valores do CBM.

Na segunda (dois dias após a primeira fertirrigação) e na quinta coleta de solo (floração), não houve efeito do nitrogênio no CBM do solo; resultados semelhantes foram também observados por Zaman et al. (2002) e Kautz et al. (2004).

Na terceira coleta de solo, (quatro dias antes da segunda fertirrigação) o carbono da biomassa microbiana nas doses de 20 e 40 kg N.ha⁻¹ foram maiores em relação à testemunha. Com o aumento das doses de nitrogênio, o CBM tendeu a diminuir em valores absolutos. A biomassa microbiana (BM) é a fonte principal de nutrientes para as plantas, sendo uma das maneiras de manter o fertilizante nitrogenado no sistema solo-planta e imobilizá-lo por um determinado período (Jenkinson e Ladd, 1981).

Na quarta coleta de solo (quatro dias após a segunda fertirrigação), o carbono da biomassa microbiana na dose de 20 kg N.ha⁻¹ foi menor e diferente da testemunha e da dose de 80 kg N.ha⁻¹; porém as doses de 40 e 80 kg N.ha⁻¹ não foram diferentes da testemunha. Nesta coleta, o maior valor absoluto do carbono da biomassa microbiana foi na testemunha (172,17 mg C. kg⁻¹ de solo) e o menor na dose de 20 kg N.ha⁻¹ (92,21 mg C. kg⁻¹ de solo). Depois das duas aplicações nitrogenadas houve um aumento no CBM nesta coleta, com exceção da dose 20.

Na sexta coleta de solo (após a colheita), a testemunha apresentou o maior valor do CBM (192,31 mg C. kg⁻¹ de solo) que a dose 40 kg N.ha⁻¹ (122,10 mg C. kg⁻¹ de solo) e foi semelhante às demais. Depois da colheita, o tratamento testemunha acumulou mais CBM, talvez porque mineralizou menos matéria orgânica do solo que nas outras doses.

Analisando-se dentro das doses aplicadas no solo, a testemunha e a dose de 80 kg N.ha⁻¹, não apresentaram diferença no CBM entre as épocas de coleta de solo. A aplicação de diferentes doses de nitrogênio no solo tem efeito benéfico ou maléfico (Siqueira & Franco, 1988) na BM e na sua atividade, enquanto as doses em desequilíbrio não afetam ou diminuem a BM do solo (Vance & Chapin, 2001; Kanichickerrimath & Singh, 2001).

A dose de 20 kg N.ha⁻¹, na quarta coleta, logo após a segunda fertirrigação, apresentou o menor valor do CBM (92,21 mg C. kg⁻¹ de solo). A primeira, terceira e sexta coletas apresentaram valores maiores no CBM. Em valores absolutos, na terceira coleta obteve-se o maior acúmulo de CBM.

Na dose de 40 kg N.ha⁻¹, o CBM foi maior na terceira coleta e mostrou diferença estatística entre a primeira, quinta e a sexta coleta. A terceira coleta apresentou o maior valor absoluto de CBM (204,64 mg C. kg⁻¹ de solo) e a quinta o menor valor (112,76 mg C. kg⁻¹ de solo), diminuindo os valores quase pela metade.

Em geral, o maior valor do CBM encontrado foi na dose de 20 kg N.ha⁻¹, terceira época (205,69 mg C. kg⁻¹ de solo) e o menor valor foi na mesma dose, porém na quarta época (92,21 mg C. kg⁻¹ de solo).

A diminuição ou manutenção da BM pela adição de nitrogênio pode estar relacionada à diminuição na liberação de exsudatos ou rizodeposições pelas plantas diminuindo o suprimento de carbono prontamente disponível para os microrganismos (Vance & Chapin, 2001) ou pela competição entre plantas e microrganismos quando há deficiência de nitrogênio no sistema solo-planta (Paterson, 2003).

Respiração Basal

A respiração basal foi decrescendo em relação às doses de nitrogênio na primeira coleta de solo (Tabela 1.2). As doses de 40 e 80 kg N.ha⁻¹ comportaram-se de maneira semelhante entre si, com baixos valores de respiração basal (5,46 e 7,44 mg C-CO₂. kg⁻¹ solo/dia, respectivamente); onde a dose 20 apresentou o maior valor da respiração basal (20,09 mg C-CO₂. kg⁻¹ solo/dia) e logo em seguida a testemunha (14,91 mg C-CO₂. kg⁻¹ solo/dia). Como nesta primeira coleta as parcelas adubadas com nitrogênio estavam sob condições semelhantes de adubação nitrogenada, esperava-se que a respiração basal fosse semelhante entre os tratamentos. O resíduo vegetal incorporado no solo provavelmente afetou a atividade microbiana. Os aumentos na respiração basal podem ser atribuídos à incorporação de restos vegetais na aração, aumentando dessa forma a entrada de carbono que pode ser prontamente mineralizado pelos microrganismos o que resulta no aumento da liberação de CO₂ (Reis Junior & Mendes, 2006). Como na testemunha não ocorreu a aplicação da adubação de base (10 kg N.ha⁻¹), provavelmente os microrganismos consumiram a matéria orgânica do solo, ocasionando um aumento na respiração basal. O sistema de preparo convencional incorpora os resíduos da cultura anterior, promovendo maior aeração do solo e disponibilização de substratos, por meio do rompimento dos agregados, e com isso estimula a atividade microbiana logo após o preparo do solo. Entretanto, deve-se considerar que todas as parcelas receberam as mesmas lâminas de irrigação, fator importante para promover um ambiente adequado para que a BM mantenha as suas atividades mesmo nas condições de baixa disponibilidade de nitrogênio, como é o caso da testemunha.

Dois dias após a primeira fertirrigação foi realizada a segunda coleta do solo. Pode-se observar que com o aumento das doses de nitrogênio no solo, aumentou a taxa de respiração basal em relação à testemunha. As doses de 40 e 80 kg N.ha⁻¹ apresentaram um aumento na

respiração basal com a aplicação deste nutriente, mostrando um comportamento semelhante. Um aumento na respiração basal indica um aumento na atividade microbiana do solo e uma mineralização da matéria orgânica (Parkin et al., 1996), com o aumento da dose de nitrogênio. Coser (2006), também obteve aumento da respiração basal com o aumento da dose de nitrogênio (30 e 90 kg N.ha⁻¹) na mesma camada de solo (0-10 cm). Entre as doses aplicadas de nitrogênio, a de 20 kg N.ha⁻¹ apresentou a menor taxa e a de 80 kg N.ha⁻¹ a maior taxa respiratória, sendo diferentes entre si e da testemunha. Isso sugere que à medida que se disponibiliza mais nitrogênio no solo, maior é a atividade respiratória dos microrganismos. Na literatura se encontram registros de aumento da respiração basal com a aplicação de nitrogênio no solo nos estudos de Svensson & Pell (2001) e Dilly et al. (2003). Muitos dos estudos que analisaram uma maior respiração basal com a aplicação de nitrogênio são estudos prolongados.

Na terceira coleta de solo realizada quatro dias antes da segunda fertirrigação, as doses de 20, 40 e 80 kg N.ha⁻¹ foram semelhantes à testemunha, porém as doses de 20 e 80 kg N.ha⁻¹ foram diferentes entre si. A dose de 20 kg N.ha⁻¹, teve uma maior taxa respiratória (8,28 mg C-CO₂. kg⁻¹ solo/dia) e a dose de 80 kg N.ha⁻¹, a menor taxa (3,03 mg C-CO₂. kg⁻¹ solo/dia). Pode-se supor que o nitrogênio aplicado na primeira adubação nitrogenada foi disponibilizado para a planta, e uma parte ficou imobilizado no interior dos microrganismos (Sousa e Lobato, 2004a).

Quatro dias após a segunda fertirrigação foi realizada a quarta coleta de solo. Houve um comportamento diferente da dose de 40 kg N.ha⁻¹ com a testemunha, porém não houve diferença entre a testemunha e as demais doses de nitrogênio. O aumento das doses não indicou diferença na respiração basal nesta coleta. Com todo o nitrogênio de cobertura aplicado ao solo, os valores da respiração basal ficaram estáveis nas doses de 20, 40 e 80 kg N.ha⁻¹. Estudos feitos por Fisk & Fahey (2001) e Bowden et al. (2004) mostram que a adição de nitrogênio acarreta a diminuição da respiração basal.

Na quinta coleta de solo, floração da cultura (época de maior demanda de nutrientes pela cultura e ocorre o acúmulo máximo de nitrogênio nos tecidos da planta), a respiração basal foi semelhante em todos os tratamentos e variou entre 6,20 a 7,07 mg C-CO₂. kg⁻¹ solo/dia.

Na sexta coleta de solo (após colheita da cultura) não houve diferença na respiração basal nas doses de nitrogênio aplicado, porém estas se diferiram da testemunha, sendo esta com a menor taxa de respiração (2,50 mg C-CO₂. kg⁻¹ solo/dia) e a dose de 80 kg N.ha⁻¹ com a maior taxa (8,84 mg C-CO₂. kg⁻¹ solo/dia). Houve uma tendência, à medida que se aumentava

a dose o valor da respiração basal aumentava em valores absolutos.

Analisando-se as épocas dentro de cada dose, na testemunha os valores da primeira, segunda e quarta coleta de solo foram semelhantes e maiores que a terceira, quinta e sexta que foram semelhantes entre si. À medida que realizava as coletas de solo pôde-se observar uma tendência à diminuição na taxa da respiração basal.

Na dose de 20 kg N.ha⁻¹, a primeira e a segunda coleta tiveram valores semelhantes e maiores que as demais. Da terceira a sexta os valores foram semelhantes entre si. O maior valor absoluto foi na primeira coleta (20,09 mg C-CO₂. kg⁻¹ solo/dia) e o menor foi na quinta (6,86 mg C-CO₂. kg⁻¹ solo/dia). Com o decorrer das coletas e a aplicação de nitrogênio a respiração basal foi decrescendo.

Na dose de 40 kg N.ha⁻¹ somente a segunda coleta foi maior e diferente das demais. A taxa respiratória do solo na segunda coleta (após a primeira fertirrigação) foi de 22,27 mg C-CO₂. kg⁻¹ solo/dia e a menor taxa foi na quarta coleta (após a segunda fertirrigação) 4,40 mg C-CO₂. kg⁻¹ solo/dia; indicando que a primeira fertirrigação teve mais impacto que a segunda na respiração do solo. Da terceira coleta em diante os valores foram semelhantes, apresentando pequenas variações.

Na dose de 80 kg N.ha⁻¹ houve diferença na segunda, terceira e quarta coleta de solo. Na segunda coleta observou uma maior taxa (25,68 mg C-CO₂. kg⁻¹ solo/dia) e na terceira coleta uma menor taxa (3,03 mg C-CO₂. kg⁻¹ solo/dia). Novamente analisando a primeira fertirrigação com a segunda nota-se um comportamento diferente entre elas onde a primeira fertirrigação teve maior impacto que a segunda (7,73 mg C-CO₂. kg⁻¹ solo/dia).

Com relação às doses 20, 40 e 80 kg N.ha⁻¹ pode-se analisar que houve uma diferença significativa entre a primeira fertirrigação e a segunda. A relação encontrada foi a seguinte: menor quantidade de nitrogênio no solo, maior aumento da respiração basal e maior quantidade de nitrogênio no solo, menor a respiração basal. Desta forma pode-se dizer que a adubação nitrogenada influencia a atividade respiratória dos microrganismos.

Analisando todos os dados o menor valor da respiração basal foi na testemunha na sexta época (2,50 mg C-CO₂. kg⁻¹ solo/dia) e o maior valor foi na dose de 80 kg N.ha⁻¹ na segunda época (25,68 mg C-CO₂. kg⁻¹ solo/dia).

Nas primeiras duas coletas do solo, principalmente na segunda, foi onde se obteve os maiores valores da respiração basal devido à fertirrigação e ao manejo do solo. O manejo do solo assim como a aplicação de fertilizante altera a atividade microbiana do solo (Roscoe, et al., 2006) e a segunda época de coleta apresentou maior respiração em todas as doses de nitrogênio.

Durante o ciclo da cultura, de modo geral houve uma diminuição na taxa da respiração basal com as épocas de coleta e com a aplicação de nitrogênio. A disponibilidade de carbono pode ser diminuída, pois o nitrogênio (NH_4^+) pode se condensar com a matéria orgânica-húmus e formar complexos de quinonas $-\text{NH}_2$ indisponibilizando o carbono para os microrganismos (Nohrstedt et al., 1989; Paul & Clark, 1989) e diminuindo a sua atividade.

A aplicação de doses adequadas de nitrogênio para a cultura da cevada (até 90 kg $\text{N}\cdot\text{ha}^{-1}$) pode promover uma elevação da respiração basal (como ocorreu na primeira aplicação de nitrogênio no experimento), ocorrendo a mineralização de carbono e conseqüente aumento da atividade microbiana no solo (Coser, 2006).

Quociente Metabólico (qCO_2)

Na primeira coleta de solo a testemunha e a dose de 20 kg $\text{N}\cdot\text{ha}^{-1}$ apresentaram maiores valores de qCO_2 que as doses de 40 e 80 kg $\text{N}\cdot\text{ha}^{-1}$ (Tabela 1.3).

Na segunda coleta de solo, as doses de 40 e 80 kg $\text{N}\cdot\text{ha}^{-1}$ apresentaram maiores valores e diferiram da testemunha. À medida que se aumenta a dose de nitrogênio no solo o qCO_2 metabólico vai aumentando em valores absolutos, devido ao aumento da respiração basal (Tabela 1.2), e ao baixo valor do CBM encontrado (Tabela 1.1). A perda de carbono na forma de CO_2 significa menor incorporação de carbono no tecido microbiano indicando um ambiente estressado. O qCO_2 indica a qualidade e a eficiência metabólica dos microrganismos (Wardle, 1994). O qCO_2 indica como a BM se comporta no solo em razão da atividade feita pelo homem como manejo no solo e a adição de fertilizantes nitrogenados (Wardle, 1994). Porém num ambiente de estresse como limitações de nutrientes, baixo pH, perturbações no solo como o cultivo, por exemplo, induzem a ineficiência microbiana (Wardle, 1993), pois nessas condições se perde mais carbono na forma de CO_2 pela respiração e incorpora menos carbono no tecido microbiano, aumentando conseqüentemente o qCO_2 (Wardle & Ghani, 1995).

Na terceira, quinta e sexta coleta do solo os valores foram semelhantes, indicando que nessas épocas, não foi observado nenhum efeito no quociente metabólico com a adição de nitrogênio e os valores encontrados foram baixos, provavelmente o ambiente se encontrava mais equilibrado. No estudo realizado por Coser (2006), também foi observado, que na floração e após a colheita da cevada, não houve efeito no qCO_2 com a adição de nitrogênio. Esse efeito observado deve-se provavelmente, a um equilíbrio já alcançado no solo devido ao tempo que o nitrogênio encontrava-se no solo desde a sua aplicação (Anderson & Domsch,

1990).

Na quarta coleta a dose de 20 kg N.ha⁻¹ diferiu das doses de 40 e 80 kg N.ha⁻¹, porém essas doses não diferiram da testemunha. A dose 20 apresentou o maior valor de qCO₂ (0,115 mg C. kg⁻¹ solo/dia), devido à baixa quantidade de carbono incorporada na biomassa microbiana (Tabela 1.1) e uma alta taxa de respiração basal (Tabela 1.2). Após todo o nitrogênio de cobertura ser aplicado ao solo, houve um aumento do qCO₂ na dose 20 kg N.ha⁻¹; porém com o aumento das doses de nitrogênio 40 e 80 kg N.ha⁻¹ mostra uma diminuição no quociente metabólico.

Analisando as doses de nitrogênio dentro das épocas de coleta do solo, nota-se que na testemunha a sexta coleta, obteve o menor valor e estatisticamente foi diferente da primeira, segunda e quarta coletas.

Sem a aplicação de nitrogênio o qCO₂ foi diminuindo à partir da quarta coleta com as coletas de solo realizadas, levando a um ambiente equilibrado, com uma respiração basal baixa (Tabela 1.2) e um aumento do carbono na biomassa, aumentando a massa microbiana no solo (Tabela 1.1). Um baixo qCO₂ indica uma biomassa eficiente, que se encontra num ambiente equilibrado. Isso mostra que a biomassa microbiana está liberando menos carbono na forma de CO₂ por meio da respiração e uma fração significativa de carbono é incorporado ao tecido microbiano, aumentando a sua massa microbiana (Anderson & Domsch, 1985; Gama Rodrigues, 1999; Aquino et al, 2005).

Na dose de 20 kg N.ha⁻¹, a primeira, segunda e quarta coleta de solo apresentaram os maiores valores de qCO₂ em relação às demais coletas. Na primeira, segunda e quarta coleta, os valores foram maiores, pois ocorreu à adição de nitrogênio.

Nas doses de 40 e 80 kg N.ha⁻¹ ocorreu algo interessante, os valores foram semelhantes nas duas doses em todas as coletas. O maior valor encontrado foi na segunda coleta (dois dias após da primeira fertirrigação) que diferiu das demais. Nestas doses, houve uma diferença entre as duas aplicações de nitrogênio onde a primeira fertirrigação obteve o maior qCO₂ (0,160 mg C. kg⁻¹ solo/dia) na dose de 40 em relação à segunda fertirrigação que teve um valor menor (0,031 mg C. kg⁻¹ solo/dia). O resultado obtido nessas doses pode-se comparar ao estudo feito por Lovel & Jarvis (1998) em que os autores correlacionaram que o maior qCO₂ nos solos era devido à aplicação de N, indicando altas taxas de mineralização, alta respiração basal, as baixas taxas de imobilização e menos carbono incorporado aos microrganismos. Entre as demais coletas o de menor valor foi da terceira, antes da segunda aplicação de nitrogênio, (0,020 mg C. kg⁻¹ solo/dia) na dose de 80.

De modo geral os maiores valores do qCO₂ ocorreram na segunda coleta nas duas

doses superiores (40 e 80 kg N.ha⁻¹) semelhante ao resultado encontrado por Coser (2006), onde os maiores valores do qCO₂ foram encontrados numa dose alta de nitrogênio superior (90 kg N.ha⁻¹). Isto indica que as quantidades de 40 e 80 kg N.ha⁻¹ desencadeiam um desequilíbrio em relação à biomassa microbiana do solo, porque a atividade dos microrganismos ativos no solo aumenta sem, contudo aumentar a sua massa total (Hatch et al., 2000).

Carbono Orgânico

Na primeira coleta de solo foi observado um comportamento diferente entre as doses de 20 e 80 kg N.ha⁻¹ e à testemunha. Nesta coleta de solo, o carbono orgânico, foi menor na testemunha e maior nas doses de 20 e 80 kg N.ha⁻¹ (Tabela 1.4).

Na segunda e terceira coleta de solo os valores foram semelhantes entre as diferentes doses de nitrogênio. A dose de 80 kg N.ha⁻¹ foi superior (23,56 g. kg⁻¹ solo) a testemunha que indicou o menor valor, em média 20,13 g. kg⁻¹ solo. Possivelmente esse aumento na última dose, tenha ocorrido pela aplicação de nitrogênio no solo na segunda coleta.

Comparando-se as dose de nitrogênio entre as coletas, o carbono orgânico foi semelhante em todos os tratamentos na quarta, quinta e sexta coleta.

Analisando-se as épocas de coleta dentro das doses de nitrogênio, a testemunha na quinta coleta obteve o maior carbono orgânico (23,73 g. kg⁻¹ solo), diferindo das três primeiras coletas de solo que tiveram o menor valor de carbono orgânico, em média 20,00 g. kg⁻¹ solo.

Não houve efeito significativo entre das doses de 20, 40 e 80 kg N.ha⁻¹ e as coletas de solo no carbono orgânico. O nitrogênio por ser um nutriente muito dinâmico no solo e passível de nitrificação, lixiviação e amonificação, possivelmente não se encontrava em teores capazes de causar efeitos no carbono orgânico do solo (Coser, 2006).

Em geral, não houve muita alteração do carbono orgânico do solo entre as épocas de coleta e as doses de nitrogênio; o carbono orgânico variou entre 19,63 (testemunha, primeira coleta) e 23,73 (testemunha, quinta coleta).

Relação do carbono microbiano com carbono orgânico (Cmic:Corg)

A relação Cmic:Corg também conhecido como quociente microbiano (qMIC) fornece indicações sobre a matéria orgânica do solo (Tótolá & Chaer, 2002) e sua qualidade (Wardle, 1994). Matéria orgânica de boa qualidade associa-se com uma alta relação Cmic:Corg (Wardle, 1992).

Na primeira, segunda e quinta coleta de solo, não houve diferença significativa na relação Cmic:Corg nas doses de nitrogênio (Tabela 1.5), indicando que não ocorreu efeito das diferentes doses de nitrogênio na relação Cmic:Corg.

Na terceira coleta, a dose de 20 kg N.ha⁻¹ mostrou-se maior que a testemunha e a dose de 80 kg N.ha⁻¹. Com o aumento da dose de nitrogênio, essa relação diminuiu. Uma relação alta como encontrada na dose de 20 kg N.ha⁻¹ indica que a matéria orgânica do solo é de boa qualidade e que, houve um aproveitamento do nitrogênio, o que indica aumento da eficiência microbiana (Wardle, 1992), e uma menor relação como a encontrada na testemunha e na dose de 80 kg N.ha⁻¹, indica uma biomassa estressada pela aplicação de nitrogênio no solo e menos eficiente de utilizar totalmente o carbono (Wardle, 1994).

Na quarta coleta de solo, a testemunha, as doses de 40 e 80 kg N.ha⁻¹ não diferiram entre si, porém a dose de 20 diferiu entre a testemunha e a dose 80, indicando um menor valor da relação Cmic:Corg (0,40%). Num sistema que estresse a biomassa microbiana, como a adubação nitrogenada e o manejo do solo é incapaz de utilizar totalmente o carbono, conduzindo ao decréscimo do qMIC (Wardle, 1994).

Na sexta coleta (após a colheita), o valor da testemunha foi maior e diferente da dose de 40 kg N.ha⁻¹. Em relação às doses 20 e 80, os valores foram semelhantes à testemunha e a dose 40.

Analisando-se os valores da relação Cmic:Corg, a testemunha e a dose de 80 kg N.ha⁻¹ não houve alteração na relação Cmic:Corg, tendo o mesmo comportamento em todas as épocas de coleta do solo, variando entre 0,60% a 0,90%. O mesmo fato ocorreu no CBM (Tabela 1.1).

Já na dose 20 houve uma diferença na quarta coleta em relação à primeira, terceira e sexta coleta de solo. Na quarta coleta observou-se uma menor relação Cmic:Corg (0,40%) e na terceira mais que o dobro desse valor (0,96%). A baixa relação Cmic:Corg pode ter sido ocasionado pela baixa quantidade de carbono microbiano acumulado nesta coleta.

Na dose de 40 kg N.ha⁻¹, a terceira coleta foi maior e diferente da quinta e sexta coleta onde essas obtiveram valores semelhantes e menores que a dose 40.

De modo geral a maior e a menor relação Cmic:Corg foram encontrados na dose de 20 kg N.ha⁻¹ na terceira (0,96%) e na quarta coleta (0,40%), respectivamente. As variações da relação Cmic:Corg fornecem informações sobre a eficiência da conversão do Corg em Cmic, estabilização do Corg na fração mineral do solo e as suas perdas (Sparling, 1992).

CONCLUSÕES

1. Não houve alteração do carbono da biomassa microbiana do solo na testemunha (insuficiente) e na dose 80 (excessiva) de nitrogênio.
2. A primeira fertirrigação teve mais impacto que a segunda nos valores de respiração basal e no carbono da biomassa microbiana do solo.
3. Os maiores valores encontrados de quociente metabólico foram nas doses de 40 e 80 kg N/ha, logo após a primeira fertirrigação.
4. O teor de carbono orgânico se manteve constante nas seis épocas de coleta independente das três doses de nitrogênio aplicadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, T.H.; DOMSCH, K.H. Determination of eco-physiological maintenance carbon requirements of soil microorganism in a dormant state. **Biology and Fertility of Soils**. Berlin, v.1, p.81-89, 1985.

ANDERSON T.H.; DOMSCH, K.H. Application of eco-physiological quotientes (qCO_2 and qD) on microbial biomasses from soils of different cropping histories. **Soil Biology and Biochemistry** 22, p. 251-255, 1990.

ANDERSON, J.P.E; DOMSCH, K.H. The metabolic quotient for CO_2 (qCO_2) as a specific activity parameter to asses the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. **Soil Biology and Biochemistry**. V.25, p.393-395, 1993.

ANGERS, D.A.; BISSONNETTE, N.; LÉGÈRE, A.; SAMSON, N. Microbial and biochemical changes induced by rotation and tillage in a soil under barley production. **Journal Soil Science**, 73:39-50, 1993.

AQUINO, A.M.; SILVA, E.M.R.; SAGGIN JUNIOR, O.; RUMJANEK, N.; DE-POLLI, H.; REIS, V.M. A biota do solo e processos relevantes num novo contexto da agricultura. In: **Recomendações para adubação e manejo da fertilidade do solo no estado do Acre**. Rio Branco, v.prelo, cap.4, 2005.

BOWDEN, R.D.; DAVIDSON, E.; SAVAGE, K.; ARABIA, C.; STEUDLER, P. Chronic nitrogen additions reduce total soil respiration in temperate forest soils at the Harvard Forest. **Forest Ecology and Management**. 196 p.43-56, 2004.

COELHO, A.M. Fertirrigação em culturas anuais produtoras de grãos. **Revista Trimestral da Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem- ABID**. Nº 58, p.44-54, 2003.

COSER, T.R. Doses de nitrogênio e seu efeito nos indicadores microbiológicos de qualidade de solo na cultura da cevada. **Universidade de Brasília**, DF. 81p. 2006 (Dissertação de Mestrado).

DILLY, O.; BLUME, H.P.; MUNCH, J.C. Soil microbial activities in Luvisols and Anthrosols during 9 years of region-typical tillage and fertilization practices in northern Germany. **Biogeochemistry** 65 p. 319-339, 2003.

FERREIRA, D.F. Sisvar versão 4.3. Lavras: **DEX-UFLA**, 2003.

FISK, M.C.; FAHEY, T.J. Microbial biomass and nitrogen cycling responses to fertilization and litter removal in young northern hardwood forests. **Biogeochemistry**. 53, p. 201-223, 2001.

GAMA-RODRIGUES, E.F.da. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.O. **Fundamentos da matéria orgânica no solo. Ecossistemas Tropicais e Subtropicais**. Porto Alegre, RS, p.227-243, 1999.

GARCIA, M.R.L.; MELLO, L.M.M.; CASSIOLATO, A.M.R. Variáveis microbiológicas e produtividade do feijoeiro sob diferentes manejos do solo e calagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasil, DF, v.39, p. 1021-1026, 2004.

JENKINSON, D.S.; LADD, J.N. Microbial biomass in soil: measurement and turnover. In: PAUL, E.A.; LADD, J.N. **Soil Biochemistry**. New York: Marcel Dekker, v.5, p.415-471, 1981.

HATCH, D.J.; LOVELL, R.D.; ANTIL, R.S.; JARVIS, S.C. Nitrogen mineralization and microbial activity in permanent pastures amended with nitrogen fertilizer or dung. **Biology Fertility Soils** 30, p.288-293, 2000.

KANCHIKERRIMATH, M.; SINGH, D. Soil organic matter and biological properties after 26 years of maize- wheat-cowpea cropping as affected by manure and fertilization in a Cambisol in semiarid region of Índia. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. 86. p.155-162, 2001.

KAUTZ, T; WIRTH, S.; ELLMER, F. Microbial activity in a sandy arable soil is governed by the fertilization regime. **European Journal of Soil Biology**. 40, p.87-94, 2004.

LOVELL, R.D.; JARVIS, S.C. Soil microbial biomass and activity in soil from different grassland management treatments stored controlled conditions. **Soil Biology and Biochemistry**. Vol. 30, nº 14, p. 2077-2085, 1998.

MARCHIORI-JÚNIOR, M.; MELO, W.J. Carbono, carbono da biomassa e atividade enzimática em um solo sob mata natural, pastagem e cultura do algodoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, MG, v.23, p. 257-263, 1999.

MACEDO, J. Produção de Alimentos: potencial dos Cerrados. Planaltina: Embrapa-CPAC **Documentos**, 59, 33p. 1996.

MERCANTE, F.M. FABRÍZIO, A.C.; MACHADO, L.A.Z.; SILVA, W.M. Parâmetros microbiológicos como indicadores da qualidade do solo sob sistemas integrados de produção agropecuária. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste. **Boletim de pesquisa e desenvolvimento**, 21. 27p.2004.

NOHRSTEDT, H.O.; ARNEBRANT, K.; BAATH, E.; SODERSTROM, B. Changes in carbon content, respiration rate, ATP content and microbial biomass in nitrogen fertilized pine forest soils in Sweden. **Canadian Journal of Forest Research**. 19, p 323-328, 1989.

PARTESON, E. Importance of rhizodeposition in the coupling of plant and microbial productivity. **Europe Journal of Soil Science**, 54, p.741-750. 2003.

PARKIN, T.B.; DORAN, J.W.; FRANCO-VIZCAÍNO, E. Field and laboratory tests of soil respiration. In: DORAN, J.W.; JONES, A.; (Eds.). *Methods for assessing soil quality*. Madison: **Soil Science Society of America**, p.231-245. 1996.

PATRA, D.D.; BROOKES, P.C.; COLEMAN, K.; JENKINSON, D.S. Seasonal changes of soil microbial biomass in an arable and a grassland soil which have been under uniform management for many years. **Soil Biology and Biochemistry**, v.22, p.739-742, 1990.

PAUL, E.A.; CLARK, F.E. *Soil Microbiology and Biochemistry*. San Diego, CA, **Academic Press**. 275p. 1989.

PEREZ, K.S.S. Carbono e nitrogênio da biomassa microbiana em solo de Cerrado cultivado com soja, sob diferentes sistemas de preparo de solo. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária. **Universidade de Brasília**, 86p. 2003. (Dissertação de mestrado).

REIS JÚNIOR, F.B.; MENDES, I.C. Uso de parâmetros microbiológicos como indicadores para avaliar a qualidade do solo e a sustentabilidade dos agroecossistemas. In: FERTIBIO. Bonito, MS. **Anais**. CDROM, 2006.

ROSCOE, R.; MERCANTE, F.M.; JÚNIOR, F.B.R.; SANTOS, J.C.F.; HUNGRIA, M. Biomassa microbiana do solo: fração mais ativa da matéria orgânica. In: ROSCOE, R.; MERCANTE, F.M.; SALTON, J.C. (Eds.). **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, p163-198, 2006.

SIQUEIRA, J.O.; FRANCO, A.A. **Biotechnology do solo: Fundamentos e Perspectiva**. Brasília, MEC, ABEAS; Lavras: ESAL, FAEPE, 1988.

SMITH, J.L.; PAUL, E.A. The significance of soil microbial biomass estimations. In: BOLLAG, J.M.; STOTSKY, G. (Eds.). **Soil Biochemistry**. New York: Marcel Dekker, v.6, p.357-396, 1990.

SOUSA. D.M.G.de.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Brasília, DF. Embrapa, 416p. 2004.

SOUSA. D.M.G.de.; LOBATO, E. Adubação com nitrogênio. In: SOUSA. D.M.G.de.; LOBATO, E. (Eds.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. Brasília, DF. Embrapa, p129-145, 2004a.

SVENSSON, K.; PELL, M. Soil microbial test for discriminating between different cropping systems and fertilizer regimes. **Biology Fertility Soils** 33 p.91-99. 2001.

SPARLING, G.P. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. **Australian Journal Soil Research**. Victoria, n. 30, p.195-207, 1992.

TÓTOLA, M.R.; CHAER, G.M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. **Tópicos em Ciências do Solo**. Viçosa, MG, v.2, p. 196-275, 2002.

VANCE, E.D.; BROOKES, P.C.; JENKINSON, D.S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 19, p. 703-707, 1987.

VANCE, E.D.; CHAPIN III, F.S. Substrate limitations to microbial activity in taiga forest floors. **Soil Biology and Biochemistry** 33, p.173-188, 2001.

WALKLEY, A.; BLACK, I. A. Na examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. In: EMBRAPA. **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**. Brasília: Embrapa- SPI, p. 542, 1994.

WARDLE, D.A. A comparative assessment of factors which influence microbial biomass carbon and nitrogen levels in soil. *Biology. Review.* 67, p.321-358, 1992.

WARDLE, D.A. Changes in the microbial biomass and metabolic quotient during leaf litter succession in some New Zealand forest and scrubland ecosystem. **Functional. Ecology**. 7, p.346-355, 1993.

WARDLE, D.A. Metodologia para a quantificação da biomassa microbiana do solo. In: HUNGRIA, M., ARAÚJO, R.S. **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**. Embrapa, Brasília, DF. 542p. 1994.

WARDLE, D.A.; GHANI, A.A. A critique of the microbial metabolic quotient as a bioindicator of disturbance and ecosystem development. **Soil Biology and Biochemistry**. Vol. 27, nº 12, p 1601-1610, 1995.

WOOD, CW; EDWARDS, JH. Agroecosystem management effects on soil carbon and nitrogen. **Agriculture, Ecosystems and Environment**.Vol. 39, n.3-4, p.123-138. 1992.

ZAMAN, M.; CAMERON, K.C.; D, H.J.; INUBUSHI, K. Changes in mineral N, microbial biomass and enzyme activities in different soil depths after surface applications of dairy shed effluent and chemical fertilizer. **Nutrient Cycling in Agroecosystems** 63, p.275-290, 2002.

Tabela 1.1. Carbono da biomassa microbiana do solo (mg C. kg⁻¹ de solo) em solo cultivado com cevada e submetido a diferentes doses de N, via fertirrigação, em seis épocas de coleta.

Época de coleta	Dose de N (kg. ha ⁻¹)			
	0	20	40	80
Época 1	155,38 ab A ⁽¹⁾	194,42 a A	127,33 b B	162,70 ab A
Época 2	165,08 a A	144,01 a AB	139,70 a AB	168,06 a A
Época 3	124,42 b A	205,69 a A	204,64 a A	152,62 ab A
Época 4	172,17 a A	92,21 b B	155,39 ab AB	163,67 a A
Época 5	147,08 a A	143,69 a AB	112,76 a B	131,44 a A
Época 6	192,31 a A	179,08 ab A	122,10 b B	173,55 ab A

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas linhas (comparação entre as épocas) e maiúscula nas colunas (comparação entre as doses), não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Tabela 1.2. Respiração basal do solo (mg C-CO₂. kg⁻¹ solo/dia) em solo cultivado com cevada e submetido a diferentes doses de N, via fertirrigação, em seis épocas de coletas.

Época de coleta	Dose de N (kg. ha ⁻¹)			
	0	20	40	80
Época 1	14,91 b A ⁽¹⁾	20,09 a A	5,46 c B	7,44 c BC
Época 2	13,19 c A	17,79 b A	22,27 a A	25,68 a A
Época 3	6,37 ab B	8,28 a B	6,32 ab B	3,03 b C
Época 4	11,16 a A	8,39 ab B	4,40 b B	7,73 ab B
Época 5	6,20 a B	6,86 a B	7,07 a B	6,42 a BC
Época 6	2,50 b B	6,89 a B	6,90 a B	8,84 a B

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas linhas (comparação entre as épocas) e maiúscula nas colunas (comparação entre as doses), não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Tabela 1.3. Quociente metabólico (mg C. kg solo/dia) em solo cultivado com cevada e submetido a diferentes doses de N, via fertirrigação, em seis épocas de coleta.

Época de coleta	Dose de N (kg. ha ⁻¹)			
	0	20	40	80
Época 1	0,096 a A ⁽¹⁾	0,104 a A	0,043 b B	0,047 b B
Época 2	0,078 b A	0,124 ab A	0,160 a A	0,158 a A
Época 3	0,051 a AB	0,040 a B	0,030 a B	0,020 a B
Época 4	0,067 ab A	0,115 a A	0,031 b B	0,047 b B
Época 5	0,042 a AB	0,048 a B	0,063 a B	0,059 a B
Época 6	0,012 a B	0,037 a B	0,057 a B	0,051 a B

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas linhas (comparação entre as épocas) e maiúscula nas colunas (comparação entre as doses), não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Tabela 1.4. Carbono orgânico (g. kg⁻¹ solo) em solo cultivado com cevada e submetido a diferentes doses de N, via fertirrigação, em seis épocas de coleta.

Época de coleta	Dose de N (kg. ha ⁻¹)			
	0	20	40	80
Época 1	19,63 b B ⁽¹⁾	22,90 a A	22,20 ab A	23,56 a A
Época 2	20,10 b B	21,66 ab A	21,60 ab A	23,56 a A
Época 3	20,16 b B	21,40 ab A	22,66 ab A	23,56 a A
Época 4	21,93 a AB	22,43 a A	23,70 a A	22,20 a A
Época 5	23,73 a A	22,53 a A	23,20 a A	21,16 a A
Época 6	21,13 a AB	23,03 a A	23,06 a A	22,73 a A

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas linhas (comparação entre as épocas) e maiúscula nas colunas (comparação entre as doses), não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Tabela 1.5. C_{BMS}:C_{ORG} (%) em solo cultivado com cevada e submetido a diferentes doses de N, via fertirrigação, em seis épocas de coleta.

Época de coleta	Dose de N (kg. ha ⁻¹)			
	0	20	40	80
Época 1	0,79 a A ⁽¹⁾	0,85 a A	0,58 a AB	0,69 a A
Época 2	0,82 a A	0,66 a AB	0,65 a AB	0,71 a A
Época 3	0,61 b A	0,96 a A	0,90 ab A	0,64 b A
Época 4	0,80 a A	0,40 b B	0,65 ab AB	0,75 a A
Época 5	0,62 a A	0,63 a AB	0,49 a B	0,62 a A
Época 6	0,90 a A	0,77 ab A	0,53 b B	0,76 ab A

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas linhas (comparação entre as épocas) e maiúscula nas colunas (comparação entre as doses), não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

CAPÍTULO 2

**EFEITO DE DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO VIA FERTIRRIGAÇÃO, NOS
PARÂMETROS AGRONÔMICOS E INDUSTRIAIS DE DIFERENTES MATERIAIS
GENÉTICOS DE CEVADA CERVEJEIRA, NO CERRADO**

(Trabalho a ser enviado para a Revista Bioscience Journal)

EFEITO DE DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO VIA FERTIRRIGAÇÃO, NOS PARÂMETROS AGRONÔMICOS E INDUSTRIAIS DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS DE CEVADA CERVEJEIRA, NO CERRADO

FRANÇA, L.V.; DINIZ, L.T.; RAMOS, M.L.G.; RIBEIRO JR., W. Q.; AMABILE, R.F.;
GUERRA, A.F.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da fertirrigação nitrogenada em diferentes doses, sobre alguns parâmetros agronômicos e industriais de seis diferentes materiais genótipos de cevada, no Cerrado. O experimento foi conduzido na Embrapa Cerrados, Planaltina – DF, num Latossolo Vermelho distrófico argiloso, no período de junho a setembro de 2005. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso em parcelas subdivididas, com três repetições, onde as parcelas receberam as doses de nitrogênio e as subparcelas os materiais genéticos. Os genótipos que compuseram este ensaio foram o AF 9585, CEV 96046, PFC 8299, PFC 92127, PFC 99318 e a cultivar comercial BRS 195. Foram utilizadas uma testemunha e três doses de nitrogênio: 20, 40 e 80 kg. N ha⁻¹. A adubação de base foi de 10 kg. N ha⁻¹ (realizada 5 dias após o plantio, a lanço), com exceção da testemunha. A fonte de nitrogênio utilizada foi a uréia. A adubação nitrogenada foi feita toda em cobertura por meio da fertirrigação, parcelada em duas aplicações: uma aos 27 dias (aparecimento da terceira folha) e a outra aos 43 dias (aparecimento da quinta folha) após o plantio no perfilhamento da cultura. Foram avaliados os seguintes parâmetros agronômicos e industriais: peso de mil sementes, altura, rendimento, teor de proteína, classificação comercial e índice de colheita. Em geral o aumento das doses de nitrogênio aumentou a produtividade dos genótipos e o teor de proteína dos grãos. Em menores doses de nitrogênio o peso de mil sementes foi menor no genótipo AF 9585 e a aplicação de doses de nitrogênio não afetou na classificação comercial dos grãos dos genótipos e da cultivar da cevada.

Palavras chaves: genótipos, rendimento, cultivar de cevada.

**EFFECT OF TRICKLE FERTIGATION WITH DIFFERENT LEVELS OF
NITROGEN ON AGRONOMIC AND INDUSTRIAL PARAMETERS OF MALTING
BARLEY GENOTYPES PLANTED IN BRAZILIAN SAVANNAS**

FRANÇA, L.V.; DINIZ, L.T.; RAMOS, M.L.G.; RIBEIRO JR., W. Q.; AMABILE, R.F.;
GUERRA, A.F.

ABSTRACT

The main objective of this work was to evaluate the effect of trickle fertigation with different levels of nitrogen on agronomic and industrial parameters of malting barley genotypes planted in Brazilian savannas. The experiment was carried out at Embrapa Cerrados, Planaltina – DF, in a sandy-loam, red, dystrophic Latosol, between June and September of 2005. The experimental design was of randomized blocks with split-plot scheme with three replications, where split plots represented the nitrogen levels and the barley genotypes represented the plots. The barley genotypes used were: AF 9585, CEV 96046, PFC 8299, PFC 92127, PFC 99318 and the cultivar BRS 195. Three levels of nitrogen and one control treatment were used: 20, 40 and 80 kg N.ha⁻¹. The nitrogen source used was urea. Five days after barley was sowed, 10 kg N.ha⁻¹ were broadcasted in soil surface, except in the control treatment. All fertilization after planting was done by fertigation, fractioned in two applications: 27 days (after the appearance of the third leaf), another after 43 days (after the appearance of the fifth leaf) and at barley tillering. For all barley genotypes were evaluated the weight of a thousand seeds, height, yield, protein content, cycle, commercial classification and harvesting index. Highest yields and protein contents were obtained with the increase of nitrogen levels and a lower weight of a thousand seeds was obtained in the AF 9585 genotype with the application of the lowest level and the levels of nitrogen didn't affected the commercial classification of barley genotypes.

Keywords: genotypes, yield, barley cultivar.

INTRODUÇÃO

A cevada (*Hordeum vulgare* L.) é o cereal em cultivo mais antigo, e foi uma das primeiras plantas domesticadas para a alimentação do homem (Borém, 1999). A cultura é um cereal de inverno que ocupa a quinta posição, em ordem de importância econômica, no mundo. Ela basicamente se destina à produção de grãos. Por ser uma cultura de inverno, típica de clima frio, a cevada é cultivada em grande parte na Região Sul do Brasil.

A cevada obteve espaço no Cerrado, por meio de pesquisas que aliam qualidade e produtividade da cultura às particularidades regionais desenvolvidas pela Embrapa. Com estudos relativos ao melhoramento de plantas e ao manejo de cultura, conseguiu-se adaptar essa cultura às condições edafoclimáticas da região em condições de irrigação a mais de uma década, desmistificando a restrição do plantio da cevada em tradicionais regiões produtoras do cereal (Amabile et al., 2004). Os objetivos básicos desta cultura no Cerrado são suprir a demanda interna de malte e fornecer ao agricultor do Cerrado uma alternativa para diversificar e integrar o sistema de produção agrícola (Amabile et al., 2004).

A cevada é uma cultura que apesar de ter sido incorporada recentemente como atividade econômica na região dos Cerrados no Brasil Central, tem promovido recordes de produtividade em relação a outras regiões produtoras, que vêm sofrendo com a instabilidade na produção. A produção do Cerrado tem uma boa qualidade nos grãos, o que é exigido pela indústria, e não ocorre chuva na época da colheita, pois é cultivada no período da seca, com o uso da irrigação. Em alguns lugares, a cevada do Cerrado chegou a um elevado potencial produtivo ($7.800 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), em contraste com a média dos estados produtores ($1.500 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) (Minella et al., 1985; Amabile et al., 2004). Com o avanço da cultura na área central do país, torna-se indispensável encontrar materiais genéticos adaptados ao sistema agrícola em questão.

O cultivo da cevada no Cerrado preconiza o uso de água via irrigação e esta é uma prática que possibilite que o agricultor otimize a produção agrícola. Quando bem conduzida, a irrigação garante à cultura umidade adequada no solo, nos diversos estádios de desenvolvimento vegetativo, proporcionando assim, maior rendimento e melhor qualidade de grãos (Filgueira et al., 1996).

A fertirrigação é o processo de aplicação simultânea de água e fertilizantes ao solo, por meio de sistemas de irrigação. No Brasil, somente nos últimos anos é que a fertirrigação tem-se firmado como técnica, sendo os proprietários de sistemas de irrigação localizada e de pivô central os que a utilizam com maior frequência, principalmente para a aplicação de

adubos nitrogenados (Coelho, 2003).

O manejo da fertirrigação consiste na determinação da quantidade adequada de nutrientes a ser aplicada nos momentos oportunos.

Os objetivos da fertirrigação são: o aumento da produtividade e a redução dos custos de defensivos, fertilizantes e energia, mas fundamentalmente visam a sustentabilidade da produção, a redução nos problemas ambientais e a diminuição de resíduos de agrotóxicos em seus produtos alimentícios, conferindo qualidade aos produtos (Boas et al., 2005).

Em função da facilidade de se aplicar a uréia via fertirrigação, cevadicultores do Cerrado têm realizado a adubação nitrogenada usando esse sistema, porém de modo empírico, já que nenhum trabalho foi realizado nessa área.

A cevada produzida em área de Cerrado apresenta teor de proteína adequado, que varia entre 9% a 12%, com sementes limpas, sem a presença de fungos ou resíduos de pesticidas e não possui período de dormência. Dessa forma, pode ser malteada logo depois da colheita, dispensando longos períodos de armazenagem para completar a maturação dos grãos, como ocorre no Sul do Brasil (Amabile et al., 2004).

A quantidade de nitrogênio absorvido durante o ciclo da planta exerce influência importante na determinação do teor protéico dos grãos (Kolchinski & Schuch, 2004). Em cereais, as sínteses de proteína e de amidos competem por fotoassimilados durante o período de enchimento de grãos e, quando a necessidade de nitrogênio para o rendimento é satisfeita, ele é usado para aumentar a concentração de proteína (Kelling & Fixen, 1992).

O nitrogênio é um macronutriente essencial para o desenvolvimento e produção das plantas. É absorvido e exportado para os grãos em grandes quantidades (Sousa & Lobato, 2004). Ele é um dos elementos minerais de maior demanda pelas plantas e o que mais limita o seu crescimento (Raij, 1991; Souza & Fernandes, 2006).

O nitrogênio é um dos elementos mais importantes para o desenvolvimento em cereais e normalmente as quantidades de fertilizante nitrogenado variam, basicamente, em função do teor de matéria orgânica do solo e da cultura precedente, que determinam respostas significativas em termos de rendimento de grãos. No entanto, seu uso deve ser o mais racional possível, pois além do custo elevado e de perdas que podem ocorrer na lavoura, principalmente por lixiviação e volatilização, pode provocar o acamamento das plantas. Portanto, para minimizar perdas e aumentar a produtividade de grãos em cevada, o nitrogênio deve ser aplicado de forma parcelada: parte na semeadura e o restante em cobertura (Mundstock, 1999).

Segundo Suhet et al. (1988), o aumento da produção normalmente está relacionado à

possibilidade de adição de nitrogênio no solo. Entretanto, na cultura da cevada, os grãos devem apresentar porcentagem de proteína abaixo de 12% para serem aceitos para maltagem (processo da preparação da cerveja), pois o teor de proteína influencia na coloração da cerveja, aumento no teor de proteína do grão a cerveja fica mais escura.

Os genótipos de cevada utilizados neste trabalho, são materiais introdutórios que estão sendo utilizadas em diversos outros estudos, com isso tem-se pouca informação a respeito desses materiais. Eles foram selecionados dos Ensaio de Valor e Cultivo e Uso (VCU) do ano anterior ao experimento.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da fertirrigação nitrogenada sobre alguns parâmetros agrônômicos e industriais de cinco genótipos e uma cultivar comercial de cevada, no Cerrado.

MATERIAL E MÉTODOS

Local e condições do experimento

O experimento foi conduzido na Embrapa Cerrados, sediado em Planaltina Distrito Federal, situada a 15°35'30" latitude S, 47°42'30" longitude O e a altitude de 1.007 m, entre junho e setembro de 2005, em um Latossolo Vermelho distrófico típico argiloso em sistema de plantio convencional. O local do experimento foi cultivado por 3 anos com o plantio de *Brachiaria* sp..

A análise do solo foi realizada antes da implantação do experimento e a caracterização química do solo da área experimental é apresentada na Tabela 1.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso em parcelas subdivididas, com três repetições, onde as parcelas receberam as doses de nitrogênio e as subparcelas os materiais genéticos. As parcelas foram de 10 linhas de 4 metros de comprimento, espaçadas 20 cm entre si, com a área útil de 8 m². Os genótipos que compuseram este ensaio foram o AF 9585, CEV 96046, PFC 8299, PFC 92127, PFC 99318 e a cultivar BRS 195.

As irrigações, por aspersão, foram efetuadas quando a umidade volumétrica medida por sonda Delta-T, instalada na linha de plantio a uma profundidade de 15 cm, atingia valor preestabelecido de 0,26%, que corresponde um consumo de 50% da água disponível no perfil do solo.

A fertirrigação ocorreu por meio de um sistema de micro aspersão com padrão de molhamento circular, parcelada em duas aplicações: uma aos 27 dias (aparecimento da terceira folha) e a outra aos 43 dias (aparecimento da quinta folha), após o plantio.

A fonte de nitrogênio utilizada foi a uréia. Foram utilizadas uma testemunha e três doses de nitrogênio: 20, 40 e 80 kg N.ha⁻¹. A adubação de base foi de 10 kg N.ha⁻¹ (realizada 5 dias após o plantio, a lanço), com exceção da testemunha. As quantidades de nitrogênio aplicadas nas fertirrigações foram distribuídas da seguinte maneira:

Quantidade de nitrogênio (kg N.ha ⁻¹)				
Tratamentos	Adubação de base	Primeira fertirrigação	Segunda fertirrigação	Total de nitrogênio
Testemunha	0	0	0	0
Dose 20	10	5	5	20
Dose 40	10	15	15	40
Dose 80	10	35	35	80

Realizou-se a adubação de semeadura com 100 kg de K₂O. ha⁻¹ e 117 kg de P₂O₅. ha⁻¹ na área do experimento.

Durante a condução do experimento foi utilizado o herbicida Ally 4,0 g.ha⁻¹ na área para o controle de plantas invasoras de folhas largas e uma aplicação de inseticida Lorsban 1,2 l. ha⁻¹ para o controle de coleópteros.

Análises dos parâmetros agronômicos e industriais da planta

As análises do material vegetal foram realizadas nos Laboratórios da Embrapa Cerrados.

Após a emergência das plantas, o estágio de desenvolvimento da cultura foi acompanhado semanalmente usando-se a escala de Zadok (Zadock et al., 1974).

A colheita foi realizada manualmente. O material foi trilhado e pesado. Logo em seguida foram coletadas amostras dos grãos para se obter: rendimento, peso de mil sementes, teor de proteína nos grãos (Bremner & Mulvaney, 1982) e a classificação comercial, de acordo com Brasil (1996), em que a classe de primeira representa aquela cevada cujos grãos inteiros e sadios fiquem retidos na peneira de crivos oblongos de 2,5 mm de largura.

Ao final do ciclo da cultura foram selecionadas plantas aleatoriamente para determinar a altura das plantas.

Na época da colheita, uma subamostra de 1 m foi coletada em 3 diferentes posições na parcela. Em laboratório esse material foi colocado na estufa para secagem e logo em seguida

foi determinado por pesagem, a matéria seca total da parte aérea e a matéria seca dos grãos para o cálculo do índice de colheita (IC). Para o índice de colheita foi utilizada a seguinte equação:

$$IC (\%) = (\text{peso da matéria seca dos grãos} / \text{peso de matéria seca da parte aérea} + \text{peso de matéria seca do grão}) * 100$$

Os dados foram analisados utilizando o programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2003) e os testes de comparação de médias dos tratamentos foram feitos pelo teste de Tukey a 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Peso de mil sementes

Houve interação significativa entre as doses de nitrogênio aplicadas e o peso de mil sementes nos materiais genéticos de cevada (Tabela 2.1). O peso de mil sementes variou entre 33,8 g a 44,5 g, mostrando uma grande variabilidade entre os materiais com aplicação de nitrogênio.

Na testemunha os genótipos PFC 92127 e PFC 8299 foram os materiais que obtiveram os maiores pesos de mil sementes entre os genótipos, diferindo somente do genótipo AF 9585 que teve o menor peso.

Na dose de 20 kg N.ha⁻¹ o genótipo PFC 92127 apresentou o maior peso de mil sementes e foi diferente estatisticamente do genótipo AF 9585 e da cultivar BRS 195. A cultivar comercial BRS 195 foi o material que obteve menor peso entre os genótipos.

Na dose de 40 kg N.ha⁻¹, o genótipo PFC 92127 obteve novamente o maior peso e diferiu estatisticamente do genótipo AF 9585 que obteve o menor peso e do genótipo CEV 96046 e da cultivar BRS 195. Porém, o genótipo AF 9585 diferiu do PFC 99318 onde o AF 9585 continuou com o menor peso.

Na dose de 80 kg N.ha⁻¹, o genótipo PFC 8299 foi o que obteve maior peso de mil sementes, diferindo da cultivar BRS 195 que teve o menor peso e dos genótipos CEV 96046 e PFC 99318 que não se diferiram estatisticamente entre si.

Em relação aos genótipos de cevada analisados o AF 9585, PFC 8299 e PFC 92127 mostraram o mesmo comportamento estatisticamente. Esses materiais responderam de

maneira crescente à aplicação de nitrogênio, à medida que se aumentava a dose de nitrogênio, aumentava o peso de mil sementes desses materiais. A testemunha foi estatisticamente diferente das demais apresentando sempre o menor peso. No genótipo PFC 92127 ocorreu algo diferente na dose de 80 kg N.ha⁻¹ em valores absolutos, um pequeno decréscimo no peso em relação à dose de 40 kg N.ha⁻¹.

A cultivar comercial BRS 195 teve um comportamento diferente dos genótipos citados anteriormente. Nas doses de 40 e 80 kg N.ha⁻¹ houve uma diferença estatística entre eles, onde na dose de 40 kg N.ha⁻¹ mostrou um maior peso de mil sementes do que na dose de 80 kg N.ha⁻¹ que teve o menor peso.

No genótipo CEV 96046 não houve diferença estatística no peso de mil sementes com as aplicações de nitrogênio.

No genótipo PFC 99318 houve uma diferença estatística entre a testemunha e as doses de 20 e 40 kg N.ha⁻¹. Na dose de 40 kg N.ha⁻¹ este material teve o maior peso de mil sementes e a testemunha o menor peso em valores estatísticos.

Altura

Houve interação significativa entre as doses de nitrogênio aplicadas e os materiais genéticos de cevada na altura das plantas (Tabela 2.2).

Na testemunha e na dose 40 kg N.ha⁻¹ não houve diferença significativa entre as doses de nitrogênio e a altura dos materiais.

Na dose de 20 kg N.ha⁻¹ houve uma diferença significativa entre a cultivar BRS 195 e o genótipo PFC 8299; os outros genótipos mostraram comportamento semelhante a esses materiais. Nesta dosagem de nitrogênio o genótipo PFC 8299 teve uma altura maior (61,7 cm) em relação a cultivar BRS 195 que teve uma menor altura (48,3 cm).

Na dose de 80 kg N.ha⁻¹ houve diferença entre os genótipos AF 9585 e o CEV 96046 e o PFC 92127 onde estes não se diferiram entre si. O genótipo AF 9585 que é responsivo a nitrogênio teve uma altura maior (75,0 cm) comparando com os outros materiais que obtiveram menores valores. A aplicação dessa dosagem de nitrogênio alterou a altura dos materiais destes materiais.

No genótipo AF 9585 e na cultivar BRS 195 houve uma diferença significativa entre a dose de 80 kg N.ha⁻¹ e as demais doses de nitrogênio, onde na dose de 80 kg N.ha⁻¹ esses materiais apresentaram a maior altura. A cultivar BRS 195 possui porte baixo e as alturas encontradas nas quatro doses de nitrogênio do experimento, indicaram valores baixos; na

literatura a altura média da cultivar é de 71,0 cm (Minella et al., 2001).

No genótipo CEV 96046 não houve diferença significativa entre as doses de nitrogênio aplicadas e a altura do genótipo.

No genótipo PFC 8299 houve uma diferença significativa entre a testemunha e as doses 20 e 80 de nitrogênio. Na testemunha a altura foi menor; à medida que foi aumentado a dosagem do nutriente, houve um aumento na altura do genótipo.

No genótipo PFC 92127, houve uma diferença estatística nas doses de 40 e 80 kg N.ha⁻¹. Com o aumento da dose de nitrogênio houve um aumento na altura desse genótipo como foi observado na dose de 80 kg N.ha⁻¹. Onde na dose de 80 apresentou a maior altura (60,0 cm) e na dose de 40 uma menor altura (48,3 cm). Neste estudo, a dose de 40 kg N.ha⁻¹ apesar de não aumentar o tamanho como no estudo de Amabile et al. (2002) em valores absolutos, foi o menor valor encontrado o que concorda com o trabalho.

No genótipo PFC 99318, a dose mínima e a máxima diferiram entre si, onde na menor dose a altura da planta foi menor (50,0 cm) e com o aumento da dose, aumentou a altura do genótipo (61,7 cm). As doses de 20 e 40 kg N.ha⁻¹ não diferiram entre si e entre as demais doses.

De modo geral com o aumento das doses de nitrogênio nos materiais, houve um aumento da altura. Essa tendência pode ter ocorrido devido ao nitrogênio participar diretamente do crescimento da planta.

No presente experimento não ocorreu acamamento da cultura até na maior dose de nitrogênio aplicada (80 kg N.ha⁻¹).

Rendimento

Não houve efeito significativo entre as doses de nitrogênio e os rendimentos dos materiais de cevada. Houve efeito das doses de nitrogênio e dos materiais (Tabela 2.3).

Verificando os resultados das médias entre as doses de nitrogênio houve uma diferença estatística entre a testemunha e as doses de 20 e 80 kg N.ha⁻¹, onde se observou um aumento na produtividade com o aumento das doses de nitrogênio. A dose de 80 kg N.ha⁻¹ obteve o maior rendimento. A falta de nitrogênio acarretou uma redução na produtividade da planta, devido à inibição de citocinina, moléculas de clorofila, coenzimas, entre outros (Mengel & Kirkby, 1982). Este trabalho concorda com os resultados obtidos por Peruzzo (2001) e Teixeira et al. (2003) onde concluíram que o aumento das doses de nitrogênio resultava em aumento na produtividade da cevada.

Analisando o resultado entre os materiais verificou-se que houve diferença nas médias dos genótipos PFC 8299 e o PFC 92127 entre a cultivar BRS 195 e o genótipo CEV 96046, onde os dois primeiros materiais obtiveram maiores valores de rendimento e os outros dois materiais obtiveram menores valores. O material genético com maior rendimento, em valores absolutos foi o PFC 8299, com 4997,25 kg.ha⁻¹, contudo não diferindo estatisticamente do PFC 92127 4833,92 kg.ha⁻¹, enquanto a BRS 195 foi a cultivar que apresentou menor produtividade (3831,33 kg.ha⁻¹). Esses resultados foram diferentes dos obtidos por Amabile et al. (2004a e 2005), onde essa cultivar expressou altos rendimentos. Esta variação no rendimento observada ao longo dos anos provavelmente está fortemente influenciada pelo ambiente. Em outro estudo, Amabile et al. (2005) encontraram que a cultivar BRS 195 teve um baixo rendimento em relação a outros genótipos se diferindo estatisticamente. Semelhante ao resultado desse estudo, onde a cultivar diferiu dos genótipos PFC 8299 e o PFC 92127. Para todos os materiais testados, as doses de nitrogênio contribuíram para um aumento na produtividade.

O genótipo PFC 8299 também obteve um maior rendimento num experimento conduzido por Amabile et al. (2004a), em relação a outros materiais genéticos e se diferiu estatisticamente, resultado semelhante a esse estudo.

O genótipo AF 9585 não diferiu estatisticamente dos demais genótipos de cevada, porém em valores absolutos teve um alto rendimento. Resultado semelhante foi obtido por Amabile et al. (2005a), onde o AF 9585 não diferiu estatisticamente de alguns genótipos de cevada.

Para todos os genótipos testados, as doses de nitrogênio contribuíram para um aumento significativo da produtividade.

Para todos os materiais de cevada, na análise de regressão, houve um efeito linear positivo entre as doses de nitrogênio e o rendimento (Figura 1 A a F).

Teor de proteína

Não houve efeito significativo entre as doses de nitrogênio aplicadas no solo e o teor de proteína nos grãos dos materiais de cevada. Houve efeito das doses de nitrogênio e dos materiais genéticos (Tabela 2.4). Todos os materiais analisados apresentaram os teores de proteína nos grãos abaixo do nível recomendado de 12% pela indústria, atendendo as exigências para a produção de malte e fabricação de cerveja.

Entre as doses de nitrogênio aplicadas houve diferença significativa nas médias. A

dose de 80 kg N.ha⁻¹ mostrou um comportamento diferente em relação às doses de 20 e 40 kg N.ha⁻¹; onde na dose de 80 kg N.ha⁻¹ teve a maior porcentagem de proteína no grão (10,80%) e as doses de 20 e 40 kg N.ha⁻¹ a menor porcentagem (9,31 e 9,39%, respectivamente), indicando que com o aumento da dose de nitrogênio (80 kg N.ha⁻¹) aumenta a porcentagem do teor de proteína no grão. A instabilidade do teor de proteína ocorre devido à quantidade de nitrogênio aplicada e pelas condições de estresse de água no solo (Guerra et al., 1987). Para fins cervejeiros, o teor de proteína ideal está entre 9,5% e 12%, sendo que nesta faixa tem-se uma melhor qualidade de grãos.

Nas médias entre os genótipos, o CEV 96046 e o PFC 99318 diferiram estatisticamente entre si. Os demais materiais tiveram comportamentos semelhantes a esses dois genótipos, tendo um teor de proteína entre 10,13 a 9,42%. O CEV 96046 teve a maior porcentagem de proteína (10,32%) e o PFC 99318 a menor porcentagem (9,37%). Nas médias encontradas no experimento, pode-se afirmar que todos os materiais analisados são ideais para a indústria cervejeira.

A proteína é o percentual de substâncias nitrogenadas existentes na matéria seca do grão. Para fins cervejeiros a cevada deve ter um teor de proteína máximo de 12 % para atingir os parâmetros de qualidade, admitidos pela indústria cervejeira. A cevada para fins cervejeiros é classificada em tipo único. Se a cevada não atender a esse padrão de teor de proteína para a maltagem não poderá ser comercializada como tal e pode ter outros destinos, como a indústria de ração (Brasil, 1996).

Classificação comercial

Não houve efeito significativo entre as doses de nitrogênio e a classificação dos grãos de cevada (tipo 1, tipo 2 e tipo 3) (Tabelas 2.5 a 2.7).

A cevada é classificada em classes segundo o tamanho do grão e a qualidade, respectivamente. A cevada, segundo o tamanho do grão, é classificada em 03 (três) classes. Primeira: a cevada cujos grãos inteiros e sadios fiquem retidos na peneira de crivos oblongos de 2,5 mm de largura. Segunda: a cevada cujos grãos inteiros e sadios vazem na peneira de 2,5 mm de largura, mas que fiquem retidos na peneira de crivos oblongos de 2,2 mm de largura. Terceira: a cevada cujos grãos inteiros e sadios vazem na peneira de crivos oblongos de 2,2 mm de largura (Brasil, 1996).

Na classificação tipo 1 não houve diferença significativa entre nas médias das doses de nitrogênio. Em relação a valores absolutos na classificação tipo 1 (Tabela 2.5) a dose de 20 kg

N.ha⁻¹ foi mais eficiente, tendo uma diminuição da porcentagem dos grãos com o aumento das doses de nitrogênio, conclui-se que não há relação entre a crescente dose de nitrogênio e o aumento da quantidade de grãos de 1^a.

Nas médias em relação aos genótipos houve uma diferença significativa entre os materiais CEV 96046 e PFC 92127 e a cultivar BRS 195, em que os dois primeiros materiais indicaram uma maior porcentagem quanto a classificação comercial tipo 1 (86 e 85,75%, respectivamente) e a cultivar comercial a menor porcentagem (75,75%). Amabile et al. (2002), encontraram valor superior na classificação tipo 1 desta cultivar em relação a outros materiais. Mostrando resultado diferente do encontrado neste estudo, os resultados dos demais genótipos não foram diferentes estatisticamente entre si.

O comportamento dos genótipos AF 9585, PFC 8299, PFC 92127 e a cultivar BRS 195 revelou que apesar da ausência de diferença significativa entre os materiais, quase todos os demais não apresentaram grãos de classificação comercial tipo 1 elevada (Amabile et al 2005), pois para essa classificação a porcentagem do grão deve ser maior que 85%.

Na classificação tipo 2 (Tabela 2.6) não houve diferença significativa entre as médias das doses de nitrogênio. Nas médias em relação aos genótipos houve uma diferença significativa entre a cultivar BRS 195 e o genótipo PFC 92127, CEV 96046 e PFC 8299 em que a cultivar BRS 195 teve uma maior porcentagem na classificação tipo 2 (19,25%) em relação ao genótipo PFC 92127 (9,75%).

Na classificação tipo 3 (Tabela 2.7) não houve diferença significativa entre as médias das doses de nitrogênio e entre os genótipos. Com esses valores pode-se concluir que a aplicação de diferentes doses de nitrogênio não afetou a classificação comercial dos grãos de cevada nos três tipos de classificação.

Índice de colheita

Não houve efeito significativo entre as doses de nitrogênio e o índice de colheita dos materiais de cevada, houve efeito dos genótipos (Tabela 2.8).

Nas médias analisadas entre as doses de nitrogênio aplicadas não houve diferença significativa entre as doses.

O índice de colheita foi definido por Donald (1962) como sendo a razão entre o peso de grãos e a fitomassa aparente, em termos de matéria seca, na maturidade da cultura. O índice de colheita é a eficiência com que a planta converge o rendimento biológico em rendimento dos grãos.

O ideal é que com a aplicação de nitrogênio, uma grande parte desse nutriente seja fornecido aos grãos da planta e não para as outras partes como: palha, colmo e folhas. Quando se tem um alto índice de colheita, significa que o nitrogênio disponibilizado para a planta, foi bem aproveitado pelos grãos e o restante foi para as demais partes da planta.

Em relação às médias dos genótipos de cevada, houve diferença significativa entre os genótipos AF 9585 e PFC 92127 e os genótipos PFC 8299, PFC 99318 e a cultivar BRS 195. A maior porcentagem do índice de colheita encontrada foi no genótipo PFC 92127 (63,50%) e a menor porcentagem foi na cultivar BRS 195 (54,88%), mostrando que o genótipo PFC 92127 converteu melhor o nitrogênio para os grãos.

Nas condições deste experimento foi observado que o genótipo que mais se destacou para o cultivo no Cerrado foi a PFC 92127, e a dose mais adequada foi a dose de 80 kg N.ha⁻¹ como pode ser analisado nos quadros abaixo.

Material genético	Peso de mil sementes	Altura	Produtividade	Teor de Proteína	Classificação	Índice de colheita
AF 9585		X				
BRS 195						
CEV 96046				X		
PFC 8299			X			
PFC 92127	X				X	X
PFC 99318						

Doses de nitrogênio	Peso de mil sementes	Altura	Produtividade	Teor de Proteína	Classificação	Índice de colheita
0						
20					X	
40	X					
80		X	X	X		X

CONCLUSÕES

O aumento da dose de nitrogênio aumentou a produtividade dos genótipos.

O teor de proteína dos grãos aumentou com o aumento das doses de nitrogênio.

Em menores doses de nitrogênio o peso de mil sementes foi menor no genótipo AF 9585.

A aplicação de doses de nitrogênio não afetou a classificação comercial dos genótipos e da cultivar dos grãos da cevada.

De modo geral as diferentes doses de nitrogênio aplicadas no experimento afetaram a produtividade, o teor de proteína dos grãos, o peso de mil sementes e altura dos materiais genéticos. Porém essas doses não afetaram o índice de colheita dos genótipos de cevada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMABILE, R.F.; GUERRA, A.F.; SILVA, A.B.; MINELLA, E.; SERRA, D.D. Comportamento de linhagens e cultivares de cevada cervejeira de duas fileiras de grãos irrigada no Cerrado. In: Reunião Anual de Pesquisa de Cevada, 2002. Passo Fundo. **Anais e Ata**. XXII Reunião Anual de Pesquisa de Cevada. Passo Fundo: Embrapa Trigo. V.1, p.178-186, 2002.

AMABILE, R.F.; da SILVA, D.B.; GUERRA, A.F. Cevada Irrigada em Áreas de Cerrado no Brasil Central. **Circular Técnica**, 26. Planaltina, DF. Embrapa, 4p, 2004.

AMABILE, R.F.; LOPES, F.G.; OLIVEIRA, F.A. Estudo de épocas de semeadura na cevada cervejeira irrigada no Cerrado. In: Reunião Anual de Pesquisa de Cevada, 2004, Guarapuava. **Anais e Ata** da XXIV Reunião Anual de Pesquisa de Cevada. Passo Fundo: Embrapa Trigo, v.1, p.210-220, 2004a.

AMABILE, R.F.; LOPES, F.G.; GOMES, A.C.; FIDELIS, L.R.G. Quantificação de parâmetros agronômicos da cevada cervejeira irrigada no Cerrado sob efeito de épocas de semeadura. In: Reunião Anual de Pesquisa de Cevada. **Anais e Ata**. Guarapuava: Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária, p. 263-270, 2005.

AMABILE, R.F.; FIDELIS, L.R.G.; LOPES, F.G.; GUERRA, A.F.; SILVA, D.B.; GOMES, A.C.; RIBEIRO JÚNIOR, W.Q.; MINELLA E. Comportamento de genótipos de cevada hexástica irrigada no Cerrado. In: XXV Reunião Nacional de Pesquisa de Cevada, 2005, Guarapuava. **Anais e Ata**. XXV Reunião Nacional de Pesquisa de Cevada, 2005a.

BOAS, R.L.V.; OLIVEIRA, M.V.A.M.; MOTA, P.R.A.; BETTINI, M.O. Agricultura fertirrigada avança no Brasil. **Agrianual**. P.54-57, 2005.

BORÉM, A. **Hibridação artificial das plantas**. Viçosa: UFV. 546p, 1999.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Brasília. **Portaria nº 691** de 22 de novembro de 1996.

BREMNER, J.M.; MULVANEY, C.S. Nitrogen total. In: Methods of soil analysis. 2.ed. Madison, USA. Part 2: Chemical and Microbiological Properties. **Agronomy Monograph nº 9**. P.595-641, 1982.

COELHO, A.M. Fertirrigação em culturas anuais produtoras de grãos. In: **Revista Trimestral da Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem- ABID**. Nº 58, p. 44-54, 2003.

DONALD, C.M. In search of yield. Journal of Australian Institute of Agricultural Science. **Est Melbourne**, v.28, p.171-178, 1962.

FERREIRA, D.F. Sisvar versão 4.3. Lavras: **DEX-UFLA**, 2003.

FILGUEIRA, H.J.A. ; GUERRA, A.F.; RAMOS, M.M. Parâmetros de manejo de irrigação e adubação nitrogenada para o cultivo de cevada cervejeira no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.31, n.1, p.63-70, jan. 1996.

GUERRA, A.F.; SILVA, E.M.da; AZEVEDO, J.A.de. Estabelecimento do momento de irrigação em trigo e cevada baseado em níveis de tensão de água em Latossolo dos Cerrados. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (Planaltina, DF). **Relatório técnico anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1982/1985**. Planaltina, p.227-231, 1987.

KELLING, K.A.; FIXEN, P.E. Soil and nutrient requirements for oat production. In: MARSHALL, H.G. & SORRELIS, M.E. (Eds.). Oat science and technology. **Madison: ASA/CSSA**. Cap.6, p.165-190, agronomy, 31, 1992.

KOLCHINSKI, E.M.; SCHUCH, L.O.B. Relações entre a adubação nitrogenada e a qualidade de grãos e de sementes em aveia branca. **Ciência Rural**, v.34, n.2, p.379-383, 2004.

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. Principles of plant nutrition. 3 ed. Bern: **International Potash Institute**. P.295-318, 1982.

MINELLA, E.; DOTTO, S.R.; ANDRADE, J.M.V. Cultivo de cevada cervejeira sob irrigação no Brasil Central: lavouras e campos pilotos. Planaltina, DF: EMBRAPA- CPAC, **Comunicado Técnico, 35**, 5p. 1985.

MINELLA E.; SÓ e SILVA, M.; ARIAS, G. Cultivar BRS 195 de cevada. In: XXI Reunião Anual de Pesquisa de Cevada. 2001. **Anais e Ata**. Passo Fundo, RS. V.1, p. 421-424, 2001.

MUNDSTOCK, C. M. Planejamento e manejo integrado da lavoura de trigo. **Porto Alegre: UFRGS** – Faculdade de Agronomia, 228 p, 1999.

PERUZZO, G. Efeito de nitrogênio no rendimento de grãos de quatro genótipos de cevada, em 2000. In: XXI Reunião Anual de Pesquisa de Cevada. **Anais e Ata**. Passo Fundo, RS, vol II, p 599-604, 2001.

RAIJ, B.V. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba: **Potafós**. 343p, 1991.

SOUSA. D.M.G de.; LOBATO, E. Adubação com nitrogênio. In: SOUSA. D.M.G de.; LOBATO, E.(Eds.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. Brasília, DF. Embrapa, p129-145, 2004.

SOUZA, S.R.; FERNANDES, M.S. Nitrogênio. In: FERNANDES, M.S. (Ed.). Nutrição mineral de plantas. Viçosa, MG. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. P.215-252, 2006.

SUHET, A.R.; PERES, J.R.R.; RITCHEY, K.D. Adubação nitrogenada em solos de Cerrado. In: Simpósio sobre o Cerrado; Savanas: alimento e energia, 6. 1982, Brasília, DF. **Anais e Ata**. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, p.79-85, 1988.

TEIXEIRA, M.C.C.; RODRIGUES, O.; WOLF, W.M. Efeito de doses e épocas de aplicação de nitrogênio no acamamento e em características de cevada. In: XXIII Reunião Anual de Pesquisa de Cevada, 2003. **Anais e Ata**. Passo Fundo, RS, p. 359-365, 2003.

ZADOCK, C.T.; CHANG, T.T.; KONZAK, C.F. A decimal code for the growth stages of cereals. **Weed Research**. V.14, p.415-421, 1974.

Tabela 2.1. Valores de peso de mil sementes (gramas) dos seis diferentes genótipos de cevada, em quatro diferentes doses de nitrogênio, via fertirrigação.

Genótipo	Dose de N (kg. ha ⁻¹)			
	0	20	40	80
AF 9585	33,8 b B ⁽¹⁾	38,0 a B	38,2 a C	41,0 a AB
BRS 195	36,7 ab AB	37,8 ab B	39,5 a BC	35,2 b C
CEV 96046	37,0 a AB	39,5 a AB	40,0 a BC	40,2 a B
PFC 8299	37,8 b A	41,3 a AB	41,8 a ABC	44,5 a A
PFC 92127	38,7 b A	42,8 a A	43,8 a A	43,3 a AB
PFC 99318	37,3 b AB	41,0 a AB	42,5 a AB	40,2 ab B

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas linhas (comparação entre as épocas) e maiúscula nas colunas (comparação entre as doses), não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Tabela 2.2. Medidas de altura (cm) dos seis diferentes genótipos de cevada, em quatro diferentes doses de nitrogênio, via fertirrigação.

Genótipo	Dose de N (kg. ha ⁻¹)			
	0	20	40	80
AF 9585	53,7 b A ⁽¹⁾	55,0 b AB	60,0 b A	75,0 a A
BRS 195	48,3 b A	48,3 b B	55,0 b A	66,7 a ABC
CEV 96046	45,0 a A	50,0 a AB	48,3 a A	55,0 a C
PFC 8299	50,0 c A	61,7 b A	53,3 bc A	74,0 a AB
PFC 92127	55,3 ab A	50,0 ab AB	48,3 b A	60,0 a C
PFC 99318	50,0 b A	51,7 ab AB	57,0 ab A	61,7 a BC

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas linhas (comparação entre as épocas) e maiúscula nas colunas (comparação entre as doses), não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Tabela 2.3. Rendimento (kg. ha⁻¹) dos seis diferentes genótipos de cevada, em quatro diferentes doses de nitrogênio, via fertirrigação.

Genótipo	Dose de N (kg. ha ⁻¹)				Média ⁽¹⁾
	0	20	40	80	
AF 9585	1621,33	4037,33	5119,00	6552,66	4332,58 ab
BRS 195	1711,33	3868,33	4187,66	5558,00	3831,33 b
CEV 96046	2058,66	3295,00	4535,00	5710,00	3899,66 b
PFC 8299	2128,66	4526,33	5628,66	7705,33	4997,25 a
PFC 92127	2260,00	4705,66	6113,33	6256,66	4833,91 a
PFC 99318	1757,00	4131,00	5685,00	6409,00	4495,50 ab
Média ⁽¹⁾	1922,83 C	4093,94 B	5211,44 AB	6365,27 A	

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas linhas (comparação entre as épocas) e maiúscula nas colunas (comparação entre as doses), não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Tabela 2.4. Teor de proteína do grão (%) dos seis diferentes genótipos de cevada, em quatro diferentes doses de nitrogênio, via fertirrigação.

Genótipo	Dose de N (kg. ha ⁻¹)				Média ⁽¹⁾
	0	20	40	80	
AF 9585	9,25	9,21	9,91	11,23	9,90 ab
BRS 195	10,55	9,59	9,05	11,33	10,13 ab
CEV 96046	10,87	9,81	9,49	11,11	10,32 a
PFC 8299	9,43	8,71	9,37	10,17	9,42 ab
PFC 92127	9,63	9,71	9,49	10,85	9,92 ab
PFC 99318	9,49	8,81	9,05	10,15	9,37 b
Média ⁽¹⁾	9,87 AB	9,31 B	9,39 B	10,80 A	

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas linhas (comparação entre as épocas) e maiúscula nas colunas (comparação entre as doses), não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Tabela 2.5. Porcentagem de grãos de 1ª classificação comercial dos seis diferentes genótipos de cevada, em quatro diferentes doses de nitrogênio, via fertirrigação.

Genótipo	Dose de N (kg. ha ⁻¹)				Média ⁽¹⁾
	0	20	40	80	
AF 9585	80,33	86,33	74,00	85,33	81,50 ab
BRS 195	81,33	78,33	76,33	67,00	75,75 b
CEV 96046	89,66	86,66	85,33	81,33	85,75 a
PFC 8299	83,66	87,33	76,66	88,33	84,00 ab
PFC 92127	86,66	90,66	80,66	86,00	86,00 a
PFC 99318	78,00	81,66	75,00	77,66	78,08 ab
Média ⁽¹⁾	83,27 A	85,16 A	78,00 A	80,94 A	

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas linhas (comparação entre as épocas) e maiúscula nas colunas (comparação entre as doses), não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Tabela 2.6. Porcentagem de grãos de 2ª classificação comercial dos seis diferentes genótipos de cevada, em quatro diferentes doses de nitrogênio, via fertirrigação.

Genótipo	Dose de N (kg. ha ⁻¹)				Média ⁽¹⁾
	0	20	40	80	
AF 9585	18,00	11,66	23,00	10,00	15,66 abc
BRS 195	15,66	15,33	20,33	25,66	19,25 a
CEV 96046	9,00	11,33	10,66	14,66	11,41 bc
PFC 8299	14,00	10,33	16,66	7,00	12,00 bc
PFC 92127	7,66	5,00	15,00	11,33	9,75 c
PFC 99318	19,00	14,00	19,66	15,66	17,08 ab
Média ⁽¹⁾	13,88 A	11,27 A	17,55 A	14,05 A	

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas linhas (comparação entre as épocas) e maiúscula nas colunas (comparação entre as doses), não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Tabela 2.7. Porcentagem de grãos de 3ª classificação comercial dos seis diferentes genótipos de cevada, em quatro diferentes doses de nitrogênio, via fertirrigação.

Genótipo	Dose de N (kg. ha ⁻¹)				Média ⁽¹⁾
	0	20	40	80	
AF 9585	1,66	2,00	3,00	4,66	2,83 a
BRS 195	3,00	6,00	3,33	7,33	4,91 a
CEV 96046	3,33	2,00	5,66	4,00	3,75 a
PFC 8299	2,33	2,33	6,66	4,66	4,00 a
PFC 92127	5,66	4,33	4,33	2,66	4,25 a
PFC 99318	3,00	5,00	5,33	6,66	5,00 a
Média ⁽¹⁾	3,16 A	3,61 A	4,72 A	5,00 A	

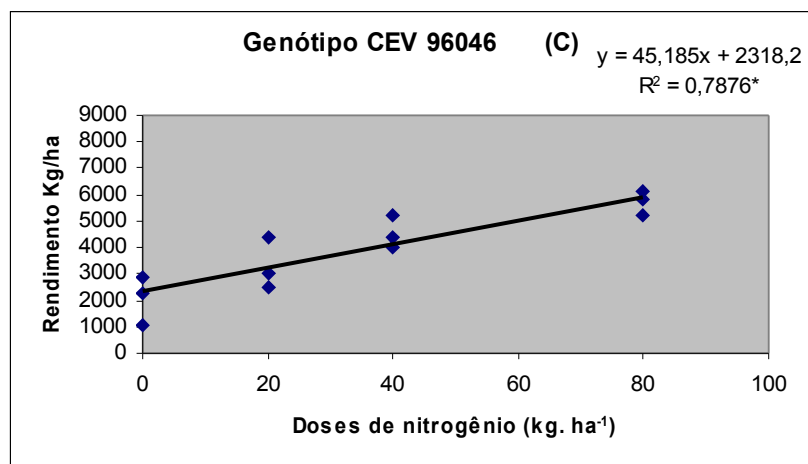
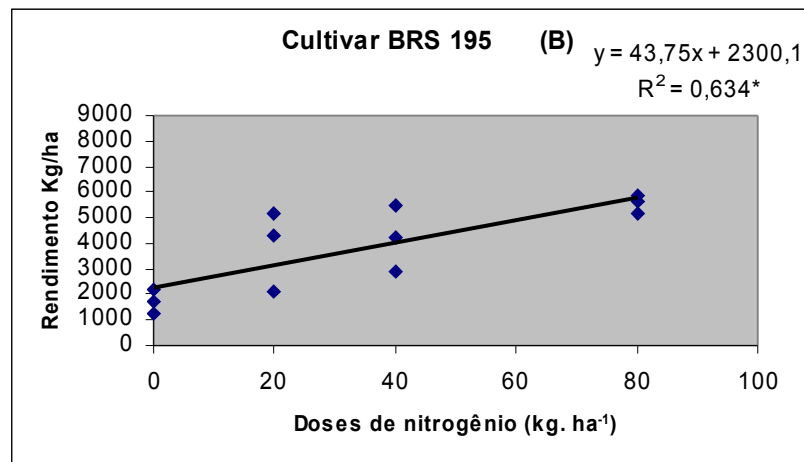
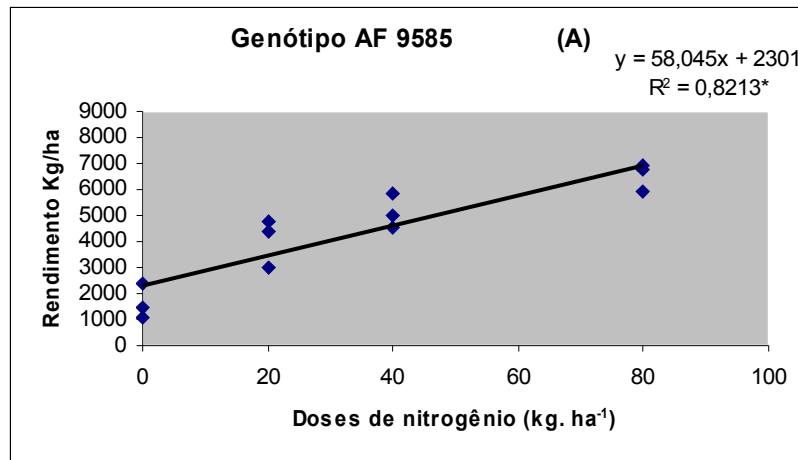
⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas linhas (comparação entre as épocas) e maiúscula nas colunas (comparação entre as doses), não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

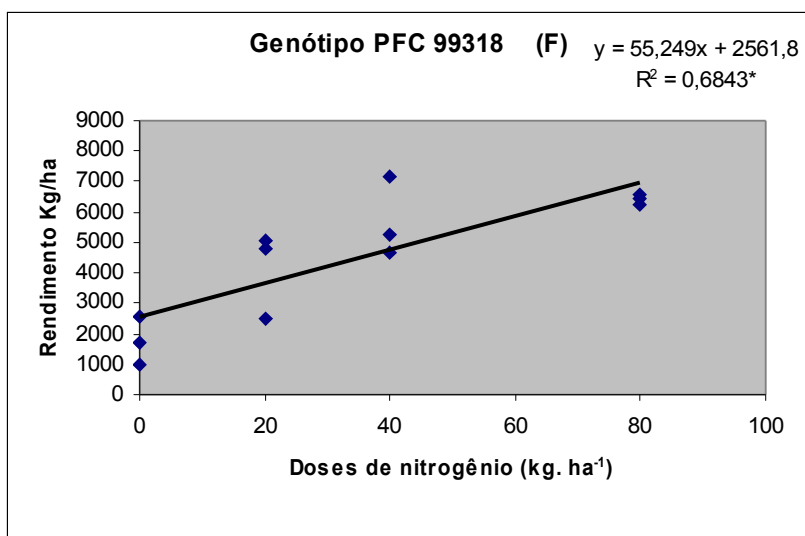
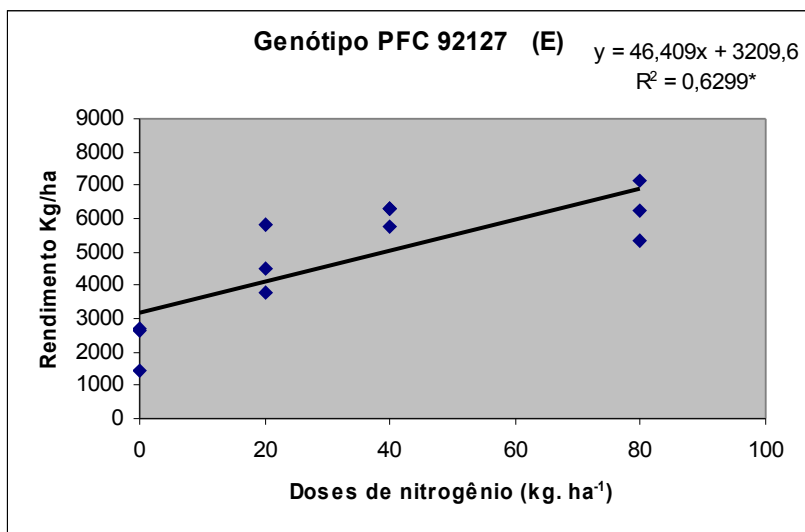
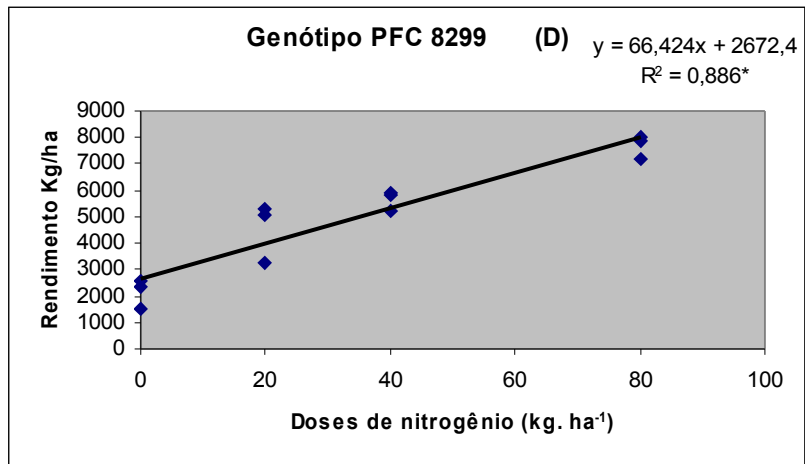
Tabela 2.8 Índice de colheita (%) dos seis diferentes genótipos de cevada, em quatro diferentes doses de nitrogênio, via fertirrigação.

Genótipo	Dose de N (kg. ha⁻¹)				Média ⁽¹⁾
	0	20	40	80	
AF 9585	60,78	63,83	63,70	63,73	63,01 a
BRS 195	54,82	53,70	56,44	54,56	54,88 b
CEV 96046	59,98	60,41	58,14	57,85	59,09 ab
PFC 8299	58,65	55,37	58,03	58,22	57,56 b
PFC 92127	59,09	61,80	65,95	67,18	63,50 a
PFC 99318	54,37	60,47	55,14	61,02	57,75 b
Média ⁽¹⁾	57,95 A	59,26 A	59,57 A	60,43 A	

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas linhas (comparação entre as épocas) e maiúscula nas colunas (comparação entre as doses), não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Figura 1. Relação entre o rendimento de grãos dos materiais genéticos de cevada, em função das doses de nitrogênio aplicadas ao solo, via fertirrigação.





ANEXO

Tabela 1. Resultados da análise química do solo, antes da implantação do experimento.

Profundidade (cm)	K (mg dm⁻³)	Ca (cmol_c1 dm⁻³)	Mg (cmol_c1 dm⁻³)	M.O. (g. kg⁻¹)	pH H₂O	Al (cmol_c1 dm⁻³)	P (mg dm⁻³)
0-10	260,00 *	3,16	0,99	2,56	6,27	0,00	37,67
10-20	160,00	3,05	0,93	2,32	6,35	0,00	30,87
20-30	110,00	2,89	0,86	2,20	6,45	0,00	22,86

* Linha com resultado alterado