

**EFICIÊNCIA NA ABSORÇÃO E USO DE
NITROGÊNIO EM CULTIVARES DE MILHO**

RAFAEL PELLOSO DE CARVALHO

2008

RAFAEL PELLOSO DE CARVALHO

**EFICIÊNCIA NA ABSORÇÃO E USO DE NITROGÊNIO EM
CULTIVARES DE MILHO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Dr. Renzo Garcia Von Pinho.

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2008

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Carvalho, Rafael Peloso.

Eficiência na absorção e uso de nitrogênio em cultivares de milho /
Rafael Peloso de Carvalho. – Lavras : UFLA, 2008.

65 p. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2008.

Orientador: Renzo Garcia Von Pinho.

Bibliografia.

1. Milho. 2. Nitrogênio. 3. Eficiência Absorção. 4. Eficiência Uso. 5.
Cultivares. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD- 633.15

RAFAEL PELLOSO DE CARVALHO

**EFICIÊNCIA NA ABSORÇÃO E USO DE NITROGÊNIO EM
CULTIVARES DE MILHO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 12 de dezembro de 2008.

Profa. Dra. Janice Guedes de Carvalho UFLA

Prof. Dr. Carlos Maurício Paglis UFLA

Prof. Dr. Renzo Garcia Von Pinho.
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

*A Nossa Senhora e Santa Rita,
por estar ao meu lado em todos os momentos da minha vida,
proporcionando-me paz, segurança e fé, fortalecendo-me frente
a todos os obstáculos da vida.*

DEDICO

*À minha família, em especial a meus amados pais, Waldomiro
Ferreira de Carvalho e Edna Pelloso Carvalho, ao meu sogro
Cláudio Davide e minha sogra Lisete Chamma Davide e
principalmente a minha noiva Livia Maria Chamma Davide
que foi a fonte inspiradora de todo este trabalho.*

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me concedido o que há de mais belo neste mundo, a vida.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Biologia, pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Professor Dr. Renzo Garcia Von Pinho, pelos ensinamentos, disponibilidade, dedicação e pela confiança em mim depositada.

Ao Professor Dr. Antônio Eduardo Furtini Neto, pelas importantes contribuições dadas à execução deste trabalho.

Aos Professores Carlos Maurício Paglis e Janice Guedes Carvalho, pela disponibilidade de participação na banca examinadora deste trabalho e pelas valiosas sugestões para a melhoria deste.

A todos os professores da UFLA pela convivência, amizade e pelos ensinamentos transmitidos durante a pós-graduação.

Aos funcionários do Departamento de Agricultura, em especial à Marly e a Neuzi.

Ao técnico agrícola Márcio Antônio Pereira do Carmo, pela amizade e auxílio na condução dos experimentos.

Aos colegas e amigos do Grupo do Milho, André, Marcelo, José Luiz, Rogério, Márcio Balestre, Alano, Edmir, Ivan, Tomas, pela amizade e auxílio na condução dos experimentos.

A todos os colegas do curso de Pós-Graduação do curso de Fitotecnia pela convivência e amizade.

A Livinha pela ajuda, apoio, carinho e compreensão.

Ao meu sogro Antônio Cláudio Davide e minha sogra Lisete Chamma Davide que sempre me acolheram e aconselharam, com muito carinho e dedicação, meu sincero reconhecimento e agradecimento.

Aos meus pais, irmãos, cunhados e sobrinhos, que mesmo distantes sempre torceram muito por mim, incentivando e apoiando nos momentos difíceis. Sem vocês não teria chegado até aqui.

Enfim, a todos, meu MUITO OBRIGADO!!!

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 Milho: Cultura e Situação Atual no Brasil.....	3
2.2 Nitrogênio na Cultura do Milho.....	4
2.3 A Eficiência Nutricional.....	6
2.4 Diferenças Genotípicas na Utilização e Absorção de Nitrogênio.....	9
2.5 Melhoramento Genético para Eficiência no Uso de Nitrogênio.....	12
2.6 Influência do Sistema Radicular na Eficiência Nutricional.....	14
2.7 Índices de Eficiência.....	15
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	19
3.1 Experimento em Casa de Vegetação.....	19
3.2 Experimento de Campo.....	24
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
4.1 Experimento em Casa de Vegetação.....	29
4.1.1 Produção de matéria seca de parte aérea e do sistema radicular.....	29
4.1.2 Teor de nitrogênio na parte aérea e raiz.....	33
4.1.3 Avaliação da eficiência nutricional das cultivares.....	35
4.2 Experimento de Campo.....	38
4.2.1 Avaliação da produtividade de grãos e do peso de matéria seca da parte aérea.....	38
4.2.2 Teor de nitrogênio na matéria seca da parte aérea e nos grãos.....	41
4.2.3 Índices de eficiência.....	45
5 CONCLUSÕES.....	50
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51
ANEXOS.....	61

RESUMO

CARVALHO, Rafael Peloso de. **Eficiência na absorção e uso de nitrogênio em cultivares de milho**. 2008. 65p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, MG.*

O nitrogênio (N) é o nutriente que mais interfere na produtividade do milho, assim, o desenvolvimento de cultivares eficientes no uso de N é uma estratégia eficaz para reduzir custos de produção e minimizar a dependência de insumos agrícolas. Os objetivos deste trabalho foram avaliar cultivares de milho quanto à eficiência de absorção e uso de N em ambientes distintos de cultivo; e avaliar índices de eficiência de utilização e aproveitamento de N, em níveis contrastantes desse nutriente. Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação e no campo experimental do Departamento de Agricultura da UFLA. Em casa de vegetação o delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com 20 tratamentos. As 10 cultivares de milho foram representadas por variedades locais e híbridos comerciais e as doses de N aplicadas foram de 100 e 400 mg dm⁻³. As parcelas foram representadas por vasos de 8 L, as quais foram colhidas no estágio fenológico V8. No campo o delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, sendo analisadas as mesmas 10 cultivares em 2 doses de N (40 e 160 Kg ha⁻¹). Cada parcela constou de 4 linhas com 5 metros de comprimento. As características avaliadas em casa de vegetação foram o peso de matéria seca e os teores de N na parte aérea e nas raízes; em campo avaliou-se a produtividade de grãos, peso de matéria seca e teores de N nos grãos e na parte aérea. Foram estimados os índices de eficiência nutricional das cultivares por meio de metodologias descritas por Fageria (1998) e Fageria & Kluthcouski (1980). As cultivares de milho estudadas apresentaram características distintas quanto à eficiência no uso e absorção de N nos dois ambientes estudados. Os níveis contrastantes de N utilizados permitiram que ocorressem diferenças necessárias para distinguir as cultivares mais eficientes. Genótipos eficientes para uso de N e responsivos a sua aplicação podem ser selecionados pelos índices utilizados nesse trabalho. Recomenda-se que a seleção de genótipos para eficiência no uso e absorção de N deverá ser feita com base na produtividade de grãos, em condições de cultivo com estresse de nitrogênio.

*Comitê Orientador: Prof. Dr. Renzo Garcia Von Pinho (Orientador), Prof. Dr. Antônio Eduardo Furtini Neto (Co-orientador).

ABSTRACT

CARVALHO, Rafael Pelloso de. **Efficiency of absorbtion and use of nitrogen in corn cultivars**. 2008. 65p. Dissertation (Master's Plant Science) – Federal University of Lavras, MG.*

Nitrogen (N) it is the nutrient that most interferes in corn productivity therefore, the development of cultivars efficient in the use of N is an effective strategy to reduce production costs and to minimize the dependence on agricultural inputs. The objectives of this work were to evaluate corn cultivars efficient in the absorption and use of N in distinct cultivation environments; and to evaluate N utilization and use efficiency indexes, in contrasting levels of that nutrient. The experiments were conducted in a greenhouse and in the experimental field of the Agriculture Department of the UFLA. In the greenhouse the experimental layout was random block, with 20 treatments. The 10 corn cultivars were represented by local varieties and commercial hybrids and the applied N doses were of 100 and 400 mg dm⁻³. The plots were represented by 8 L vases, which were harvested at the V8 phenological stage. In the field, the experimental layout was random block, the same 10 cultivars in 2 doses of N (40 and 160 Kg ha⁻¹) being analyzed. Each plot was made up of 4 lines of 5 meters in length. The appraised greenhouse characteristics were dry matter weight and N levels of the aerial part and roots; in the field, grain productivity, dry matter weight and grain and aerial part N levels were evaluated. The nutritional efficiency indexes of the cultivars were estimated from various methodologies. The corn cultivars studied presented distinct characteristics as to the efficiency of use and absorption of N in the two studied environments. The contrasting levels of N utilized allowed to occur the necessary differences to distinguish the more efficient cultivars. Genotypes efficient in the use of N and responsive to its application can be selected by the indexes used in this work. It is recommended that the selection of genotypes for efficiency of absorption and use of N should be made based on grain productivity, under nitrogen stress cultivation conditions.

*Guidance Committee: Dr. Renzo Garcia Von Pinho (Major Professor), Dr. Antônio Eduardo Furtini Neto

1 INTRODUÇÃO

Visando atender a crescente demanda mundial de alimentos e desenvolver soluções tecnológicas que levem a redução do risco associado à atividade agrícola tem-se buscado uma maior eficiência no uso do nitrogênio em solos tropicais.

A obtenção de maior eficiência no uso desse elemento mineral tem sido um objetivo almejado tanto para a agricultura capitalizada, quanto para a de baixos insumos. Isto porque, os desperdícios e a escassez do nitrogênio pode gerar problemas econômicos, ambientais, de saúde pública e de segurança alimentar.

Nesse contexto, várias estratégias podem ser tomadas com intuito de aumentar a eficiência no uso de N, tais como: a redução das doses de adubos para níveis que sejam produtivos e seguros; a utilização de leguminosas em rotação, que fornecem N e melhoram várias características do solo; a fixação biológica de N em gramíneas e a agricultura de precisão.

Outra estratégia que pode ser tomada é a seleção e/ou o desenvolvimento de materiais com maior eficiência no uso de nitrogênio pelo melhoramento genético. O comportamento diferencial de genótipos, durante a mudança de níveis de nitrogênio disponível às plantas, indica diferentes mecanismos relacionados à eficiência no uso de nitrogênio.

A eficiência no uso de nitrogênio é um caráter complexo dependente de vários processos fisiológicos tais como absorção, assimilação e retranslocação do nitrogênio pela planta, e o seu melhor entendimento poderá colaborar com possíveis soluções para problemas associadas à falta e ao excesso de nitrogênio na agricultura.

Diante disso, os objetivos deste trabalho foram avaliar diferentes cultivares de milho quanto à absorção e uso eficiente de nitrogênio em dois

ambientes distintos de cultivo; e avaliar índices de eficiência de utilização e aproveitamento de nitrogênio em níveis contrastantes desse nutriente por meio de diferentes híbridos de milho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Milho: Cultura e Situação Atual no Brasil

O milho tem importância expressiva no cenário agrícola mundial, dada à extensão de áreas cultivadas, as diferentes formas de usos e ao papel sócio-econômico que representa. Dentre os cereais cultivados no mundo, o milho classifica-se em terceiro lugar, sendo superado apenas pelo arroz e pelo trigo.

Cultivado em todo o Brasil, é usado tanto diretamente como alimento, quanto para usos alternativos. De acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa, no Brasil apenas 5% do milho produzido se destina ao consumo humano, na forma “in natura”, como milho verde e na forma de subprodutos. A maior parte de sua produção é utilizada na alimentação animal, em especial na suinocultura, na avicultura e na bovinocultura de leite. Esse cereal constitui a matéria-prima básica para uma série de produtos industrializados, criando e movimentando grandes complexos industriais, onde milhares de empregos são gerados. Na atividade agrícola, centenas de milhares de pessoas encontram seu sustento nesse cereal, número grandemente aumentado considerando-se as pessoas envolvidas no transporte, armazenamento e comercialização do mesmo.

Dentro da evolução mundial de produção de milho, o Brasil tem se destacado como terceiro maior produtor, ficando atrás apenas dos Estados Unidos e China. Apesar de estar entre os três maiores produtores, o Brasil não se destaca entre os países com maior produtividade, sendo esta em torno de 3.983 Kg ha⁻¹ alcançada na safra 2007/08, 9% superior à média de 3.655 Kg ha⁻¹ da safra anterior, ficando ainda atrás da média mundial que está um pouco acima dos 4.000 Kg ha⁻¹ (Conab, 2008). Entretanto, a produtividade brasileira tem crescido sistematicamente nos últimos anos.

Um dos fatores do baixo nível de produtividade no Brasil é o grande número de pequenos produtores que cultivam esse cereal. Os pequenos agricultores, ou seja, aqueles que cultivam menos de um hectare de milho representam 30,8% dos produtores e colhem apenas 1,89% da produção (Embrapa, 1999).

A produção de milho no Brasil atingiu a marca recorde de 58,6 milhões de toneladas na safra 2007/08, uma variação de 14% acima da última temporada (2006/07), quando o Brasil colheu 51,36 milhões de toneladas do cereal (Conab, 2008).

A área brasileira plantada com milho nas duas safras, verão e safrinha de 2007/08, foi 14,708 milhões de hectares, numa variação positiva de 4,7% quando comparado a última safra, onde foram semeados 14,054 milhões de hectares (Conab 2008).

A importância desta cultura aumenta ainda mais devido ao seu alto potencial produtivo em relação aos demais cereais e sua ampla adaptabilidade ambiental. A pesquisa desenvolveu genótipos tão diferentes de milho, que hoje é possível o seu cultivo desde o Equador até o limite das terras temperadas, e do nível do mar até 3600 metros de altitude (Embrapa, 1996).

O milho, por ser uma planta relativamente rústica possui diversificação muito grande em seu grau de tecnologia, variando desde a agricultura de subsistência, aonde praticamente não existe adoção de insumos agrícolas até a utilização de altas tecnologias que permitem obter produtividades equivalentes às obtidas em países de agricultura mais avançada.

2.2 Nitrogênio na Cultura do Milho

O nitrogênio (N) destaca-se dos demais nutrientes por apresentar acentuado dinamismo no sistema solo-planta e por ser, normalmente, o nutriente

exigido em maior quantidade pelas culturas. Esse é também o grande responsável pelas maiores produtividades obtidas na agricultura tecnificada (Latiri-Souki et al., 1988).

Como constituinte de moléculas de proteína, enzimas, coenzimas, ácidos nucléicos e citocromos, além de sua importante função como integrante da molécula de clorofila, o nitrogênio é um dos nutrientes que apresentam os efeitos mais espetaculares no aumento da produção de grãos na cultura do milho (Neptune et al., 1982).

O aumento da produtividade proporcionada pelo nitrogênio pode ser atribuído aos seus efeitos sobre o crescimento do sistema radicular, sobre o aumento do crescimento da espiga (Balko & Russel, 1980) e do número de espigas por planta (Ebelhar et al., 1987).

Estima-se que a necessidade de nitrogênio para a produção de uma tonelada de grãos de milho varia de 20 a 28 kg de N por hectare, sendo que as doses de N recomendadas para suprir esta demanda variam em função, especialmente, do ambiente e da rotação de cultura (Sangoi & Almeida, 1994). A absorção desse nutriente pela planta ocorre durante todo o ciclo vegetativo. No início de seu ciclo, normalmente, o suprimento de nitrogênio excede a demanda da cultura. À medida que a planta se desenvolve o nitrogênio é absorvido do solo, no qual a mineralização do mesmo é menor que 1 kg de N por ha dia⁻¹, sendo que uma cultura de milho saudável é capaz de absorver 4 a 5 de N por há dia⁻¹. Isto equivale a dizer que com o decorrer do ciclo da cultura haverá esgotamento do nitrogênio do solo e conseqüentemente a planta estará sob estresse de N (Bänziger et al., 2000). Estes autores afirmam que, dependendo do tempo de duração do estresse deste nutriente e do estágio de crescimento da planta, diferentes fatores determinantes da produção serão afetados.

O estresse de nitrogênio antes do florescimento retarda a divisão celular nos pontos de crescimento, o que resulta em redução da área foliar, da taxa fotossintética, do número de grãos potenciais e do tamanho da planta (Arnon, 1975). A carência desse nutriente durante o enchimento dos grãos acelera a senescência das folhas reduzindo a fotossíntese da cultura e o peso de grãos. Desta maneira, a adequada disponibilidade de N é importante durante todo o ciclo da cultura.

Chapmann & Edmeades (1999) afirmam que para o milho cultivado nos trópicos, onde normalmente há deficiência de N, a seleção natural tem favorecido genótipos capazes de absorver precocemente o N do solo, armazenar este nutriente nas folhas por meio de enzimas fotossintéticas e retranslocá-lo para o grão em desenvolvimento durante seu enchimento.

No Brasil, 80% do solo agricultável apresentam deficiência em N e, o alto custo da adubação tem restringido o acesso desse insumo à maioria dos produtores, evidenciando assim a necessidade do desenvolvimento de materiais com alta eficiência nutricional.

2.3 A Eficiência Nutricional

Em geral, a eficiência nutricional pode expressar a relação entre a produção obtida e os insumos aplicados. Isto significa que a eficiência nutricional é a quantidade de matéria seca ou grãos produzidos por unidade de nutriente aplicado. Entretanto, na literatura, a eficiência nutricional é definida de várias maneiras, dividindo-se basicamente entre aquelas que consideram o requerimento interno do nutriente na planta, e aquelas que enfatizam a produtividade (Gourley et al., 1994).

Sob o ponto de vista agrônomo, a eficiência nutricional refere-se à eficiência de uma espécie ou genótipo em gerar altas produtividades num solo

deficiente em determinado nutriente (Graham, 1984). Sob o ponto de vista fisiológico seria a capacidade de um genótipo absorver o nutriente do solo, distribuí-lo e utilizá-lo em diferentes processos fisiológicos (Goddard e Hollis, 1984).

Dependendo do nutriente, deve ser também considerada a eficiência de sua redistribuição interna (Moll et al., 1982). Segundo Clark (1982), uma planta eficiente pode ser aquela que produza o maior peso seco total ou o maior peso seco da fração a ser colhida por unidade de nutriente absorvido pela planta; havendo dois aspectos principais a considerar: a eficiência com que as plantas recuperam os fertilizantes aplicados e a eficiência com a qual as plantas usam os elementos após a sua absorção.

Cooke (1987) define ainda a eficiência nutricional como sendo o aumento da produtividade por unidade de nutriente aplicado. Já para Israel & Rufty Júnior (1988) a eficiência nutricional é a relação entre a biomassa total e a quantidade de nutriente absorvido.

Às vezes, na literatura, a eficiência nutricional é também chamada de eficiência de absorção. Outras denominações podem ser encontradas, como por exemplo, eficiência de enraizamento e de conversão de biomassa (Bailian et al., 1991; Martinez et al., 1993). A eficiência de absorção é a quantidade de nutriente absorvido por unidade de matéria seca das raízes. A eficiência de enraizamento é a produção de matéria seca das raízes por unidade de nutriente absorvida; já a eficiência de conversão em biomassa é a produção de matéria seca da parte aérea por unidade de nutriente na parte aérea (Maranville et al., 1980).

A melhor eficiência nutricional é aquela obtida sob nível de nutriente adequado em que a produtividade máxima foi obtida e a relação de eficiência deve estar relacionada à parte da planta de interesse econômico para que não se selecione plantas com alta eficiência de absorção e baixa produção econômica.

Portanto, deve-se tomar cuidado na interpretação de resultados de eficiência nutricional (Fageria, 1998).

Especificamente em milho, Moll et al. (1982) definiram a eficiência no uso do N (EUN) como a massa de grãos dividida pela massa de N aplicado no solo (Gw/Ns), ambas expressas na mesma unidade, como por exemplo, gramas por planta. Definiram também, dois componentes primários desta eficiência, que são chamados de eficiência na absorção e eficiência na utilização. O primeiro é a quantidade de N total na planta na maturidade dividido pelo N aplicado no solo (NT/Ns), e o segundo é a massa de grãos dividida pelo N total da planta na maturidade (Gw/Nt). A EUN seria o produto da eficiência na absorção pela eficiência na utilização. Neste trabalho os autores compararam vários materiais genéticos de milho e mostram que os componentes da EUN podem ser diferentes mesmo entre híbridos com similar EUN total.

Geralmente a EUN é avaliada em dois níveis de disponibilidade de nitrogênio, alto e baixo N. Em milho, Gallais & Hirel (2004) verificaram que os efeitos genéticos responsáveis pelo controle da EUN, foram expressos de acordo com o nível de suprimento de nutriente. Para Lafitte & Edmeades (1994) a seleção para altura de plantas, sob baixo N colaborou para o aumento da biomassa, mas não para a produtividade. A prolificidade foi associada com a produtividade apenas em N alto por Moll et al. (1987), entretanto, correlação significativa foi encontrada em baixo N por Kling et al. (1996).

Já Fageria (1998) estudando vários fatores que interferem na eficiência nutricional na produção das culturas, propõe que em solos com baixa fertilidade, a eficiência de utilização é mais importante em comparação com a eficiência de absorção na produção de grãos e, em solos de alta fertilidade, ambas as eficiências são importantes na produção das culturas. Entretanto, Moll et al. (1982) argumentam que no desenvolvimento de genótipos para estresse nutricional é importante levar em consideração a eficiência de absorção e de

utilização, ambas às características devem ser incorporadas para aumentar a eficiência nutricional.

2.4 Diferenças Genóticas na Utilização e Absorção de Nitrogênio

As respostas diferenciais das espécies e cultivares ao fornecimento de nutrientes permitiram classificá-las em quatro categorias (Figura 1), definidas quanto à produção em solos pobres e quanto à capacidade destas plantas em responder à adubação (Gerloff, 1977; Blair, 1993, citado por Furtini Neto & Furtini, 2006):

1- Cultivares eficientes e não responsivas (ENR): são aquelas que apresentam alta produção sob baixos teores do elemento, não respondendo ao aumento do fornecimento deste elemento.

2- Cultivares eficientes e responsivas (ER): são aquelas que apresentam alta produção sob baixos teores do elemento, mas respondem positivamente ao aumento do fornecimento deste elemento.

3- Cultivares ineficientes e responsivas (IR): são aquelas que produzem pouco sob baixos teores do elemento, respondendo positivamente ao aumento no fornecimento deste elemento.

4- Cultivares ineficientes e não responsivas (INR): são aquelas que produzem pouco sob baixos teores do elemento, não respondendo ao aumento no fornecimento deste elemento.

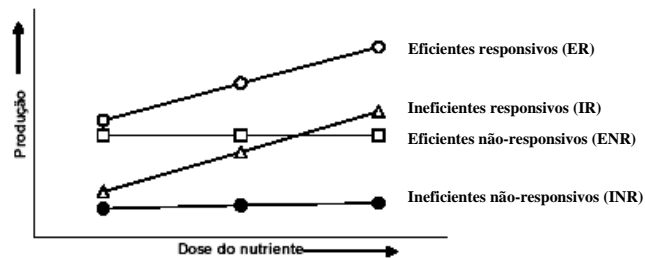


FIGURA 1. Resposta em produção para diferentes classes de plantas em função do fornecimento de nutrientes (Adaptado de Gerloff, 1977; citado por Blair, 1993). UFLA, Lavras, MG, 2008.

Diferenças genotípicas quanto à absorção, translocação e acumulação de NO_3^- em híbridos e linhagens de milho foram observadas por diversos autores (Fageria & Barbosa Filho, 1982; Wuest & Cassman, 1992; Youngquist et al., 1992).

Chevalier e Schrader (1977), utilizando linhagens e híbridos de milho, derivados de cruzamento das mesmas linhagens, observaram que as diferenças na absorção de N entre a quinta e oitava semanas de crescimento foram similares às verificadas na décima segunda semana. Isto indica que os estágios iniciais de crescimento podem ser utilizados para prever diferenças em fases posteriores de crescimento. Embora houvesse diferenças entre os genótipos nas taxas de absorção de N, a concentração de N nas plantas não diferiu. Os autores observaram ainda, diferenças entre os genótipos para N total, NO_3^- e N reduzido em várias partes da planta. Porém, a relação entre as linhagens e a progênie F_1 indicou que nem sempre a participação do N tem alta herdabilidade.

Utilizando 39 linhagens de milho, Furlani et al. (1985), detectaram diferenças genotípicas na produção de matéria seca da parte aérea e raízes, nos teores e conteúdos totais de N e na eficiência de utilização foram verificadas. Os autores também observaram que os processos de absorção e utilização de N limitaram o desenvolvimento de plantas, sendo este último o principal fator de variação entre as linhagens.

Fernandes et al. (2005) estudando doses de N em seis cultivares de milho e a eficiência de uso desse nutriente pela cultura, em região de cerrado, verificaram que a eficiência do uso do nitrogênio de todos os híbridos testados diminuiu quando se aumentou a dose de N aplicada. Além disso, observaram que as doses de N influenciaram principalmente a massa de 100 grãos e a produtividade de grãos.

Marriel et al. (2000a) verificaram que o acúmulo de massa seca na parte aérea das plantas pode ser usado como indicador para identificação preliminar de populações eficientes, sob estresse, no uso de N e que a eficiência na absorção de N constituiu o componente mais importante para a variação genotípica em relação à produção de grãos.

Paralelamente, Marriel et al. (2000b) determinaram o potencial produtivo de linhagens desenvolvidas sob estresse de N. Os resultados demonstram que é possível identificar linhagens contrastantes para EUN e que já existem linhagens com potencial para o desenvolvimento de híbridos produtivos em solos pobres em N. Resultado semelhante foi observado por Mantovani et al. (2005), os quais identificaram cultivares com potencial produtivo em estresse por deficiência de N e com alta eficiência agrônômica. Esses resultados evidenciaram que o desenvolvimento de cultivares para estresses abióticos é a alternativa mais promissora na obtenção de cultivares com maior eficiência.

Segundo Bänziger et al. (1999; 2002) a seleção para estresses múltiplos, como seca e N, tem se mostrado mais eficiente em promover ganhos em

produção de grãos quando comparada com a seleção realizada para um único fator de estresse.

Embora haja grandes diferenças genotípicas quanto à eficiência de absorção e utilização do nitrogênio, Clark (1983) argumenta que a expressão dessas diferenças pode ser alterada dramaticamente quando plantas são cultivadas em diferentes ecossistemas.

2.5 Melhoramento Genético para Eficiência no Uso de Nitrogênio

Analisando os programas de melhoramento de plantas, pode-se concluir que estes têm desenvolvido cultivares altamente produtivas, quando associadas a um sistema intensivo de utilização de insumos. A filosofia destes programas desenvolvidos principalmente a partir da década de 40 até meados da década de 80, baseou-se na capacidade da pesquisa em desenvolver tecnologia para manejo de nutrientes e para corrigir deficiência dos solos.

Dentro desta linha, o fitomelhorista em geral conduz seu programa utilizando a mais moderna tecnologia desenvolvida na área de correção de solos. Neste sistema, a presença de qualquer variabilidade genética para tolerância a estresse de solo não será identificada, podendo, de fato, estar-se selecionando para uma reduzida eficiência no uso de insumos.

A importância do trabalho de melhoramento para tolerância a estresses é enfatizada por Duvick (1992). O autor afirma que, um dos fatores responsáveis por manter uma taxa média de crescimento na produtividade de milho americana de 74 kg/ha/ano nos últimos 70 anos, tem sido o ganho obtido em adaptação a estresses abióticos (baixa fertilidade, tolerância a seca e adaptação a temperaturas variáveis) e estresses bióticos (resistência a pragas e doenças).

Em programas de melhoramento de milho, é comum a avaliação de cultivares comerciais, como genitores, visando explorar os ganhos genéticos

acumulados ao longo do processo de melhoramento. As análises dialéticas são amplamente empregadas na cultura de milho, para a elucidação do controle genético e a determinação de grupos heteróticos, visando a seleção de genitores superiores.

Roesch et al. (2005) fizeram um estudo para identificar diferentes cultivares comerciais de milho eficientes na absorção de nitrogênio e na associação com bactérias diazotróficas. Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que a ocorrência de elevada população de bactérias diazotróficas e a baixa resposta à adubação nitrogenada, juntamente com um grande acúmulo de N em condições de baixa fertilidade, podem indicar que a cultivar 8447 pode ser promissora para futuros estudos de seleção de cultivares eficientes para cultivo em solos com baixa disponibilidade de nitrogênio.

Visando identificar fontes de germoplasma de milho eficientes na absorção e utilização de N para a região da Zona da Mata de Minas Gerais Fidelis et al. (2007), cultivaram em ambientes com médio e intenso estresse de nitrogênio. Verificou-se que as populações de milho UFVM3, AL25, BR106, B3, B11, B12, B6, B9 e B22 e os híbridos AG122 e BR201 apresentam potencial produtivo quando submetidas a estresse de nitrogênio, na região em estudo.

A seleção de materiais mais eficientes no uso de N é feita principalmente com base na produção, mas características secundárias, de alta herdabilidade e correlacionadas com a produção podem acelerar o processo (Bänziger et al., 1999). Diversas características foram estudadas ou mesmo utilizadas tais como: teor de clorofila da folha da espiga, altura da planta e velocidade de senescência (Lafitte & Edneades, 1994), sincronia no florescimento (Santos et al., 1998), eficiência na absorção, na utilização e na translocação, (Moll et al., 1982), e cinéticas de absorção e atividades de enzimas da assimilação do N (Reggiani et al., 1999; Majerowicz et al., 2002).

Para obter cultivares mais eficientes e responsivas é necessário ainda, que as diferenças entre as cultivares estejam sob controle genético, que seja herdável e que as populações segregantes possuam variabilidade genética para esta característica (Miranda et al., 2002).

2.6 Influência do Sistema Radicular na Eficiência Nutricional

Classicamente, estudos relacionando a parte aérea e raízes são baseados na relação entre o peso da matéria seca da parte aérea sobre o peso da matéria seca das raízes, uma vez que a literatura indica a existência de uma forte relação entre o crescimento da parte aérea e o desenvolvimento radicular. Esta interdependência está relacionada com o fato das raízes fornecerem água e nutrientes à parte aérea, que por sua vez fornecem fotoassimilados às raízes (Furtini Neto & Furtini, 2006).

Fisher & Dunham (1984), observaram um aumento da relação raiz/parte aérea, quando plantas de milho foram desenvolvidas em níveis baixos de N e P, em relação a aquelas desenvolvidas em níveis mais elevados.

Quando as plantas estão se desenvolvendo em um ambiente onde os nutrientes limitam o crescimento, notadamente N e P, as raízes tornam-se os depósitos metabólicos preferenciais (Clarkson, 1985). Este fato mostra que o estresse causado pela deficiência de nutrientes, afeta primeiramente o crescimento da parte aérea do que o das raízes (Kuiper, 1983). Uma possível explicação, é que as raízes, estando mais próximas do suprimento de nutrientes, forcem influxos limitados para seus próprios propósitos, enfrentando menor estresse (Clarkson, 1985).

Segundo Presterl et al. (2003) condições de deficiência de nitrogênio alteram a morfologia e a composição das plantas, atrasam o alongamento do caule e o crescimento de folhas e aumentam o crescimento de raízes. Chun

(2005) relatou que plantas de milho respondem a deficiência de nitrogênio pelo aumento do comprimento e alongamento das raízes e pela redução do número de raízes axiais.

Majerowicz et al. (2002) avaliaram sete variedades de milho visando identificar características fisiológicas relacionadas com a eficiência do uso do nitrogênio. Os resultados indicaram que a massa seca das plantas deficientes em N apresentou elevada correlação positiva ($r = 0,86$) com a massa seca acumulada nas raízes dos diferentes genótipos, sugerindo a importância do estudo das características morfológicas e fisiológicas do sistema radicular na seleção de genótipos eficientes quanto ao uso do nitrogênio.

2.7 Índices de Eficiência Nutricional

Na avaliação da eficiência nutricional são usados diversos índices (Malavolta & Amaral, 1978; Blair & Cordero, 1978; Siddiqi & Glass, 1981; Moll et al., 1982; Gerloff & Gabelman, 1983; Fageria & Baligar, 1993). Destacam-se entre eles, para seleção e classificação de genótipos, os índices que permitem avaliar isoladamente os processos de absorção, distribuição e utilização do nutriente para produção de matéria seca de grãos (Dechen et al., 1999).

Maranville et al. (1980); Siddiqi & Glass (1981) e Fageria (1992) relataram que a eficiência nutricional pode ser expressa e calculada de cinco maneiras diferentes (citado por Fageria, 1998):

Eficiência agrônômica (EA): é a produção econômica (grãos, no caso de culturas anuais) obtida por unidade de nutriente aplicado e expressa em kg kg^{-1} . A EA pode ser calculada pela seguinte equação:

$$EA = \frac{Y_f - Y_o}{Q_f}$$

em que:

Y_f é a produção em kg, com adubação; Y_o é a produção em kg, sem adubação;

Q_f é a quantidade de nutriente aplicado em Kg.

Eficiência fisiológica (EF): é a produção biológica obtida (grãos mais palha, em culturas anuais) por unidade de nutriente acumulado, expressa em kg kg⁻¹. Às vezes, esta eficiência é também chamada eficiência biológica e pode ser calculada pela seguinte equação:

$$EF = \frac{Y_f - Y_o}{N_{abf} - N_{abo}}$$

em que:

Y_f é a produção total de matéria seca em kg, com adubação; Y_o é a produção total de matéria seca em kg, sem adubação; N_{abf} é a acumulação de nutriente com adubação, em kg; N_{abo} é a acumulação de nutriente sem adubação, em kg. A acumulação de nutrientes é calculada por meio da multiplicação do peso da matéria seca da parte aérea e de grãos pelo teor do nutriente.

Eficiência na produção de grãos (IG): é a produção de grão obtida por unidade de nutriente acumulado, em kg kg⁻¹ e pode ser calculada pela seguinte equação:

$$IG = \frac{Y_f - Y_o}{QN_f - QN_o}$$

em que:

Y_f é a produção de grãos em Kg, com adubação; Y_o é a produção de grãos em Kg, sem adubação; QN_f é a acumulação de nutriente na parte aérea e grãos em Kg, com adubação; QN_o é a acumulação de nutriente na parte aérea e grãos em Kg, sem adubação.

Eficiência de recuperação (RAN): é a quantidade de nutriente acumulado por unidade de nutriente aplicado; a eficiência de recuperação de nutriente pode ser calculada pela seguinte equação:

$$RAN(\%) = \frac{QN_f - N_o}{Q_f} \times 100$$

em que:

QN_f é acumulação de nutriente em Kg, com adubação; N_o é a acumulação de nutriente em Kg, sem adubação; Q_f é a quantidade do nutriente aplicado, em Kg. A eficiência de recuperação de nutriente é geralmente expressa em porcentagem. Às vezes, a eficiência de recuperação é também chamada eficiência de aquisição de nutriente.

Eficiência de utilização (EUN): a eficiência fisiológica e a eficiência de recuperação podem ser combinadas para se calcular a eficiência da utilização sobre o nutriente, como expressa a seguinte equação:

$$EUN = EF \times RAN$$

em que:

EF é o índice de eficiência biológica e RAN o índice de eficiência de recuperação. A EUN é expressa em em kg kg⁻¹.

Fageria & Kluthcouski (1980) propuseram um método baseado na representação da posição gráfica dos cultivares no plano cartesiano a fim de classificá-los quanto à eficiência nutricional e a resposta ao nitrogênio. A resposta dos cultivares a utilização do nitrogênio (RC) é expressa pela seguinte equação:

$$RC = \frac{\text{peso de raiz com adubação} - \text{peso de raiz seca sem adubação}}{\text{diferenças entre doses de N}}$$

O estudo de cultivares de milho adaptados às condições adversas de fertilidade do solo, notadamente à deficiência de nitrogênio; a avaliação de materiais selecionados para determinados ambientes com estresse nutricional e o uso de variedades em áreas onde predominam pequenos agricultores são aspectos importantes do ponto de vista da eficácia no uso do nitrogênio e da sustentabilidade do sistema produtivo.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Experimento em Casa de Vegetação

O experimento foi conduzido na casa de vegetação localizada na área experimental do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no município de Lavras - MG. As temperaturas mínima e máxima observadas na casa de vegetação durante o período de crescimento das plantas foi respectivamente, $28 \pm 5^\circ \text{C}$ e $9 \pm 1^\circ \text{C}$.

Tomando como base ensaios nacionais de competição de cultivares de milho, realizados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e Associação Paulista de Produtores de Sementes (APPS), foram selecionados para este estudo 10 cultivares de milho, entre variedades locais e híbridos comerciais, recomendados comercialmente para três níveis de investimento (Alto, Médio e Baixo) e que se mostram contrastantes quanto à produção de grãos, em condições normais de cultivo (Tabela 1).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados (DBC), com vinte tratamentos e quatro repetições, dispostos em um esquema fatorial de 10 (genótipos) x 2 (doses de N), totalizando um número total de 80 parcelas experimentais.

As parcelas foram representadas por vasos com capacidade de 8L, preenchidos com uma mistura de terra seca ao ar, peneiradas em malha de 0,5cm e areia lavada, na proporção de 2:1, respectivamente. A coleta da terra foi realizada em subsolo localizado no campus universitário da UFLA e submetida às análises químicas e físicas do solo (Tabela 2).

TABELA 1. Características das cultivares de milho utilizadas para avaliação da eficiência de absorção e uso de nitrogênio em casa de vegetação. UFLA, Lavras, MG, 2008.

Material Genético	Empresa	Classificação	Investimento
P30F53	Pioneer	Híbrido Simples	Alto*
GNZ2004	Geneze	Híbrido Simples	Alto
DKB390	Dekalb	Híbrido Simples	Alto
AG5020	Agroceres	Híbrido Triplo	Médio**
DKB566	Dekalb	Híbrido Triplo	Médio
P30S40	Pioneer	Híbrido Triplo	Médio
DKB798	Dekalb	Híbrido Duplo	Baixo***
BM2202	Biomatrix	Híbrido Duplo	Baixo
DKB747	Dekalb	Híbrido Duplo	Baixo
AL25	CATI	Variedade	Baixo

*Alto potencial produtivo, alta exigência tecnológica e preço da semente acima de R\$200,00; **Médio potencial produtivo, média exigência tecnológica e preço da semente de R\$120,00 até R\$200,00; ***Baixo potencial produtivo, baixa exigência tecnológica e preço da semente até R\$120,00.

Com base nos resultados da análise química do solo realizou-se a calagem, transformando-se as doses Kg ha⁻¹ do campo para o peso ou volume do vaso. O método utilizado foi o de saturação por bases (SP), elevando a saturação por bases ao nível de 70% e pH para em torno de 6,0 – 6,5. O calcáreo utilizado foi o dolomítico com PRNT de 90%. A quantidade requerida de calcário foi de 0,44 gramas por Kg de solo aplicado. Após a aplicação e homogeneização deste calcáreo ao solo seco, fez-se uma incubação por um período de aproximadamente 20 dias, sendo regularmente irrigado com o intuito de mantê-lo com 70% da máxima capacidade de retenção de água, suficiente para a reação.

TABELA 2. Resultado da análise química do solo utilizado no experimento em casa de vegetação, antes e após a adubação. UFLA, Lavras, MG, 2008.

Características	Antes da Adubação	Após a Adubação
pH (mg dm ⁻³)	5,9	6,0
P (mg dm ⁻³)	0,4	5,7
K (mg dm ⁻³)	8,0	70,0
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	1,3	1,3
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,2	2,3
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,1	0,6
SB (cmol _c dm ⁻³)	0,3	3,1
(t) (cmol _c dm ⁻³)	0,3	3,1
(T) (cmol _c dm ⁻³)	1,6	4,4
V (%)	19,8	70,3
MO (dag Kg ⁻¹)	0,2	1,0
P-rem (mg L ⁻¹)	2,6	1,3
Zn (mg dm ⁻³)	0,1	1,3
Fe (mg dm ⁻³)	14,1	74,0
Mn (mg dm ⁻³)	3,1	12,3
Cu (mg dm ⁻³)	1,1	3,1
B (mg dm ⁻³)	0,1	0,4
S (mg dm ⁻³)	27,7	52,9

O resultado das análises granulométricas trouxe uma classificação textural definida como muito argilosa, sendo a quantidade fornecida em dag Kg⁻¹ de 18, 16 e 66 para areia, silte e argila, respectivamente.

Foram utilizados dois ambientes contrastantes quanto à disponibilidade de N, sendo os demais nutrientes disponibilizados em níveis idênticos e não limitantes. Nas parcelas submetidas a alto nível de N foi aplicado 400 mg dm^{-3} do nutriente, quantidade que corresponde a aproximadamente 160 Kg de N por hectare aplicados em campo. Nas parcelas com baixo nível de N foi aplicado 100 mg dm^{-3} do nutriente, valor correspondente a 40 Kg de N por hectare aplicados em campo.

A adubação nitrogenada foi parcelada em três vezes, sendo a primeira no plantio, onde foram aplicados 40 mg dm^{-3} de N para todos os tratamentos. O restante foi dividido em duas coberturas e aplicados nos estádios V3 e V6, nas parcelas que correspondiam ao alto nível de N. A fonte de N utilizada foi a uréia, contendo 45% de N.

As quantidades de nutrientes fornecidas foram ajustadas de acordo com as recomendações de Malavolta (1980), com pequenas modificações. Os nutrientes foram aplicados nas seguintes doses em mg Kg^{-1} ou mg dm^{-3} : P = 300; K = 200; S = 50; B = 0,8; Cu = 1,5; Fe = 5; Mn = 4; Mo = 0,15; Zn = 5, nas formas e quantidades totais para o experimento de: $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (1,22Kg); K_2SO_4 (217,72g); K_2CO_3 (92,39g em cobertura); $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (11,07g); $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (19,9g); $\text{H}_2\text{MoO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (0,28g); $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (5,89g); H_3BO_3 (2,86g); $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (21,97g). O Ca e o Mg foram dispensados pela realização da calagem. A aplicação do K foi parcelada em duas vezes, sendo metade no ato do plantio juntamente com o restante dos outros nutrientes e a outra metade na primeira cobertura com o N.

Os nutrientes foram aplicados na dose recomendada, na forma de solução nutritiva por meio de pipeta, ao solo seco, fazendo-se em seguida, uma cuidadosa homogeneização.

O experimento foi instalado no dia 17 de maio de 2007, permanecendo por um período de dois meses. Foram semeadas oito sementes por vaso e, após a

emergência das plântulas, foi efetuado o desbaste, deixando-se quatro plantas por vaso.

Para fins de irrigação, foi mantida a umidade entre 50% e 70% da capacidade máxima de retenção de água pelo solo por meio de irrigações controladas por pesagem dos vasos.

Todas as plantas foram colhidas no dia 15 de julho, no estágio V8 (oito folhas completamente expandidas), lavadas em água destilada e separadas em raízes e parte aérea para determinação da massa verde total de cada uma das partes. Na seqüência, este material foi colocado em estufa com circulação forçada de ar a 75° C até atingir peso constante e pesados em balança analítica (precisão de 0,01g) para determinação de peso seco de raízes e parte aérea (Machado, 2003).

Na seqüência, estas amostras foram moídas e submetidas às análises laboratoriais para determinação do teor de nitrogênio de raízes e parte aérea, usando o método estabelecido por Kjeldahl (Medice, 2003) , no Laboratório de Análises de Solos e Plantas do Departamento de Solos da UFLA.

Os valores de acúmulo de N foram obtidos por meio do produto entre o teor de N na planta e a produção de massa seca (MS).

Os dados obtidos no experimento foram submetidos à análise de variância, e as médias agrupadas pelo teste de Scott & Knott (1974), a 1% e 5% de probabilidade.

Para avaliar a eficiência nutricional das cultivares foi utilizado o método proposto por Fageria & Kluthcouski (1980), o qual se baseia na representação da posição gráfica das cultivares no plano cartesiano a fim de classificá-las quanto à eficiência nutricional e a resposta ao nitrogênio.

No eixo das abscissas encontra-se a eficiência na utilização do nutriente e no eixo das ordenadas, a resposta das cultivares a utilização do nutriente. O ponto de origem dos eixos é a eficiência nutricional e resposta média dos

cultivares. No primeiro quadrante, acima e a direita do ponto de origem, são representados os genótipos eficientes e responsivos. No segundo quadrante, acima e a esquerda do ponto de origem, os cultivares ineficientes e responsivos. No terceiro quadrante, abaixo e a esquerda do ponto de origem, os cultivares ineficientes e não responsivos. No quarto quadrante, abaixo e a direita do ponto de origem, os cultivares eficientes e não responsivos.

3.2 Experimento de Campo

Este experimento foi instalado, sob o sistema plantio direto de cultivo, na área experimental do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no município de Lavras - MG, cujas coordenadas geográficas são 44°57'50''W e 21°13'40''S, com 918 metros de altitude. De acordo com registros da Estação Climatológica Principal de Lavras a precipitação média anual é de aproximadamente 1530 mm, a temperatura média anual em torno de 19,4° C e a umidade relativa média de 76,0%.

Durante a condução do experimento foram monitorados diariamente os dados climatológicos de precipitação e de temperaturas médias (Figura 2), correspondentes ao início do mês em que o experimento foi iniciado até o encerramento do ciclo da cultura. Os números 1 e 21 no eixo das abcissas correspondem ao primeiro decêndio do mês de novembro e o primeiro decêndio do mês de abril, respectivamente. A Estação Climatológica Principal de Lavras encontra-se a uma distância de aproximadamente 80 metros da área experimental.

A área experimental foi classificada originalmente como Latossolo Vermelho Distroférico Típico – LVdf (EMBRAPA, 1999). A área vinha sendo cultivada com milho a várias safras, sob o sistema convencional de cultivo e

encontrava-se em pousio desde a colheita da safra anterior, estando coberta com espécies daninhas que foram dessecadas para posterior plantio direto na palha.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com 20 tratamentos e três repetições, dispostos em um esquema fatorial 10 x 2, sendo: 10 cultivares e 2 doses de N. As cultivares utilizadas foram as mesmas do experimento em casa de vegetação e as doses de N foram de 40 e 160 Kg ha⁻¹. Cada parcela constou de quatro linhas, espaçadas 0,80 metros, com cinco metros de comprimento. As duas linhas centrais foram consideradas como úteis, para efeito de coleta de dados. Foi realizada, na área experimental, uma amostragem de solo nas camadas de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm de profundidade e submetidas às análises químicas e físicas do solo (Tabela 3).

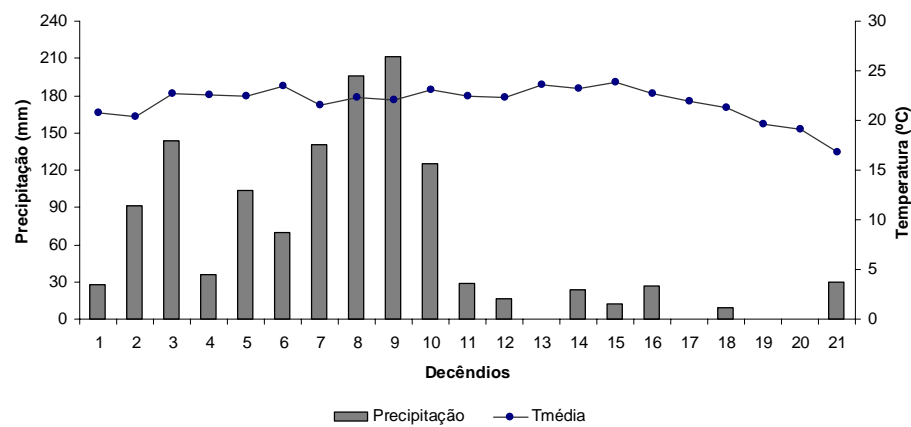


FIGURA 2. Dados médios de temperatura e precipitação pluviométrica por decêndio, no período de 01/09/2006 a 10/04/2004. Dados obtidos no setor de Bioclimatologia da UFLA. Lavras, MG, 2008.

TABELA 3. Resultado da análise química da amostra de solo de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm de profundidade na área experimental. UFLA, Lavras, MG, 2008.

Características	0-20 cm	20-40 cm
pH (mg dm^{-3})	5,6	5,3
P (mg dm^{-3})	10,0	4,0
K (mg dm^{-3})	6,2	3,7
Al ³⁺ ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$)	0,0	0,2
H + Al ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$)	3,6	3,6
Ca ²⁺ ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$)	2,2	1,4
Mg ²⁺ ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$)	0,5	0,2
SB ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$)	2,9	1,7
(t) ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$)	2,9	1,9
(T) ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$)	6,5	5,3
V (%)	44,3	31,9
m (%)	-	11,0
MO (dag Kg^{-1})	2,6	2,4
P-rem (mg L^{-1})	16,4	10,9

O resultado das análises granulométricas permitiu classificar o solo como muito argiloso, sendo a quantidade fornecida em dag Kg^{-1} de 19, 19 e 62 para areia, silte e argila, respectivamente.

Na preparação da área experimental foi realizada uma dessecação com o herbicida glyphosate (Roundap Transorb) na dosagem de $3,5\text{L ha}^{-1}$ e após secagem e morte completa das plantas realizou-se o sulcamento das linhas de plantio.

O plantio foi realizado no dia 25 de novembro de 2006. A sementeira e a aplicação dos fertilizantes foram realizadas manualmente. A densidade populacional definida em 60.000 plantas por hectare, deixando-se assim a cada 0,20 metros duas sementes por cova, desbastando-se para uma planta, duas a três semanas após a emergência. Os fertilizantes foram misturados com a terra do sulco de sementeira, para se evitar o contato direto com as sementes.

Durante o período de cultivo foi realizado o controle de pragas e plantas daninhas sempre que necessário, seguindo sempre as recomendações técnicas dos herbicidas utilizados e fazendo o monitoramento de pragas de acordo com o MIP (Manejo Integrado de Pragas) para estabelecer o método de controle empregado.

Nas parcelas submetidas a alto nível de N foi aplicado 160 Kg de N por hectare e nas de baixo N foram aplicados 40 Kg de N por hectare. Esta adubação nitrogenada foi parcelada em três vezes, sendo a primeira no plantio (25/11/2006), onde foram aplicados 40 Kg de N por hectare para todos os tratamentos na forma de adubo formulado com N-P-K adicionado com FTE. O restante foi dividido em duas coberturas e, aplicados nos estádios V3 (20/12/2006) e V6 (11/01/2007). A fonte de N utilizada foi a uréia (45% N).

Partes aéreas de quatro plantas competitivas por parcela foram colhidas cortando as plantas na região do colo, após o estágio de maturação fisiológica e, separadas em peso de grãos (13%) e parte aérea total da planta, incluindo o sabugo. Na seqüência, este material foi colocado em estufa com circulação forçada de ar a 75° C até atingir peso constante e pesados em balança analítica (precisão de 0,01g) para obtenção da massa de matéria seca (Machado, 2003). Após pesagem do peso seco da parte aérea total das plantas, estas foram trituradas em um picador, homogeneizadas e separadas por amostras para cada parcela. Da mesma forma, foi feito para a massa seca de grãos.

Na seqüência, estas amostras foram moídas e submetidas às análises laboratoriais para determinação do teor total de nitrogênio nos grãos e da parte aérea das plantas, utilizando o método estabelecido por Kjeldahl (Medice, 2003). Essas análises foram feitas no Laboratório de Análises Químicas de Solos e Plantas do Departamento de Solos da UFPA.

Os valores de acúmulo de N foram obtidos por meio do produto entre o teor de N na planta e a produção de massa seca (MS). Com os dados de matéria seca e acúmulo de N, foram calculados os seguintes índices, conforme Fageria (1998):

- Eficiência Agronômica do N Aplicado (EA);
- Eficiência Fisiológica ou Eficiência Biológica (EF);
- Eficiência na produção de grãos (IG);
- Eficiência na Recuperação do Nitrogênio Aplicado (RAN);
- Eficiência de Utilização de Nitrogênio (EUN).

Os resultados obtidos em cada experimento foram submetidos à análise de variância, com auxílio do programa Genes (Cruz, 2001), e as médias agrupadas pelo teste de Scott & Knott (1974), a 5% de probabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Experimento em Casa de Vegetação

4.1.1 Produção de matéria seca de parte aérea e do sistema radicular

De acordo com o teste de F as diferentes doses de N (100 e 400 mg dm⁻³) utilizadas apresentaram efeitos semelhantes para o peso de matéria seca (MS) de parte aérea e de raiz (Tabela 1A). Esse resultado pode ser explicado por meio da dose utilizada para o ambiente em baixo N (100 mg dm⁻³). A menor dose de N empregada não foi suficiente para que ocorresse a deficiência de N a ponto de alterar a morfologia das plantas. Presterl et al. (2003) demonstraram que em ambientes com estresse de N ocorre o atraso do alongamento do caule e do crescimento de folhas, aumentando ainda o crescimento de raízes. Portanto, a menor dose utilizada de N proporcionou um desenvolvimento relativo das raízes e da parte aérea, insuficiente para que fosse detectada diferença significativa entre a maior e menor dose de N.

Para o peso de MS de parte aérea foi constatada diferença significativa entre as cultivares (Tabela 1A). As cultivares DKB747, DKB789 e AL25, não diferiram entre si, e foram inferiores aos demais genótipos avaliados (Tabela 4). As outras cultivares foram semelhantes entre si, acumulando, em média, patamares de até 33,47 g de MS de parte aérea, alcançando uma diferença de 37% em relação a menor média obtida para o peso de MS da parte aérea.

Essa constatação demonstra a presença de variabilidade genética entre os genótipos testados para esta característica, indicando comportamento diferenciado entre as cultivares tanto em ambientes com baixa, como com alta disponibilidade de N.

Com relação ao peso de MS do sistema radicular, verificou-se, pelo teste de F, diferença significativa ($p \leq 0,05$) para a interação cultivares x doses, permitindo concluir que as doses de 100 e 400 mg dm⁻³ de N resultaram em diferentes efeitos sobre a produção de MS das dez cultivares estudadas (Tabela 1A). Analisando a interação e desdobrando as doses dentro de cada nível de cultivar, pode-se verificar que não houve diferença significativa para o peso de MS do sistema radicular quando utilizou-se as doses para qualquer cultivar (Tabela 2A). Entretanto, quando realizou o desdobramento de cultivar dentro de cada nível de N, observou-se que as dez cultivares têm efeitos diferentes sob a dose 100 mg dm⁻³ e também sob a dose de 400 mg dm⁻³ (Tabela 3A).

No ambiente com baixo N, as cultivares DKB390, BM2202, AG5020, DKB747, DKB566, P30S40 e DKB789 foram superiores as cultivares AL25, P30F53 e GNZ2004, as quais não diferiram entre si (Tabela 4). Neste ambiente, os valores de MS da raiz variaram de 6,39 a 13,11 gramas, atingindo diferenças de até 51%. Já no ambiente com alto N, as cultivares 30S40, P30F53, DKB789, DKB747 e DKB566, não diferiram entre si a 5% de probabilidade e foram superiores as demais, apresentando valores de 5,11 até 15,25 gramas, diferenciando-se em 66% (Tabela 4). Esta maior diferença apresentada pelo ambiente de alto N, pode ser explicada pela menor tolerância que alguns materiais apresentam quanto ao teor de NH₄⁺ disponível para as plantas. Provavelmente, a maior quantidade de N na forma amoniacal na solução do solo estabelecida pelo fornecimento de altas doses de N pela uréia, reduziu o crescimento de raízes daquelas cultivares que apresentaram os menores valores. Segundo Furlani et al. (1998), os íons NH₄⁺ fazem baixar o pH da solução porque são trocados por íons H⁺ pelas raízes das plantas e são absorvidos preferencialmente a outros cátions.

Um outro ponto importante a ser considerado com respeito a estas diferenças observadas é em relação ao acesso ao nutriente limitante (N),

relacionados à morfologia do sistema radicular. Assim, se existir estresse de N, fatores relacionados à morfologia de raiz passam a ser mais importantes, conferindo a planta de milho um maior desenvolvimento radicular. Ao passo que, se o acesso à superfície radicular não for limitante, o mecanismo de absorção passa ser o fator principal no processo de aquisição do nutriente. Neste caso não se verifica grandes aumentos na produção de raízes (Gerloff, 1977).

Guimarães et al. (2006), observaram diferenças de respostas entre os genótipos quando cultivados em níveis contrastantes de N, sendo verificado pequeno desenvolvimento de parte aérea e grande desenvolvimento de raízes no experimento com baixa disponibilidade de N, enquanto que, no ensaio com alto nitrogênio foi verificado comportamento inverso, com grande desenvolvimento de parte aérea e pequeno crescimento de raízes.

Na literatura são observados vários trabalhos que concordam os resultados obtidos por Guimarães et al. (2006), em que se verifica uma tendência entre as cultivares de aumentar a quantidade de MS de raiz em ambiente com estresse de nitrogênio (Fisher & Dunham, 1984; Presterl et al., 2003). Esses resultados podem ser explicados pelo fato de as plantas de milho, ao serem submetidas ao estresse de N, utilizarem este nutriente próximo aos sítios de absorção, ou seja, nas células das próprias raízes, a fim de desenvolverem um maior volume radicular visando aumentar a área a ser explorada. Segundo Föhse et al. (1988), as raízes se tornam drenos preferenciais de fotoassimilados quando alguns nutrientes limitam o crescimento das plantas, principalmente N e P, o que pode ser uma estratégia de adaptação desenvolvida para aumentar a eficiência de absorção quando há limitação de N.

No presente trabalho, os híbridos DKB789 e DKB747 apresentaram comportamento semelhante ao descrito por Guimarães et al. (2006), para ambiente de baixo N e os híbridos GNZ2004, DKB390, AG5020 e BM2202, para ambiente alto N. Os híbridos DKB566 e P30S40 se destacaram por

apresentarem alto peso de MS de raiz e de parte aérea nos dois ambientes estudados. A cultivar AL25 mostrou comportamento inverso, obtendo baixo peso de MS de raiz e parte aérea nos dois ambientes (Tabela 4). Sendo assim, verifica-se que a produção de MS de raiz e parte aérea obtidos em ambientes de alto e baixo N variou com a cultivar e que o fornecimento de N favoreceu o acúmulo de MS de raiz e parte aérea.

A diferença observada entre os resultados citados na literatura e os obtidos nesse trabalho podem ser atribuídas a dosagem de N utilizadas em ambientes com baixo estresse. Nesse trabalho foi usada a dose de 100 mg dm⁻³ de N, enquanto que nos trabalhos citados não ocorreu o fornecimento de N.

TABELA 4. Valores médios do peso de matéria seca da parte aérea, do sistema radicular e da relação entre parte aérea e raiz, nas doses de 100 e 400 mg dm⁻³ de nitrogênio. UFLA, Lavras, MG, 2008.

Cultivares	MS Parte Aérea (g)			MS Raiz (g)		Relação Parte Aérea/Raiz	
	Doses			Doses		Doses	
	100	400	Média	100	400	100	400
P30F53	22,09	32,3	27,2 B	8,37 A	11,41 B	2,79 A	2,95 B
GNZ2004	21,11	35,12	28,12 B	8,63 A	5,11 A	2,59 A	7,38C
DKB390	33,92	31,4	32,66 B	9,98 B	7,24 A	3,66 A	4,43 B
AG5020	34,45	32,49	33,47 B	10,98 B	9,3 A	3,20 A	3,54 B
DKB566	27,14	32,7	29,92 B	12,38 B	15,25 B	2,28 A	2,24 A
P30S40	22,1	33,47	27,79 B	12,97 B	10,93 B	1,68 A	3,19 B
DKB789	22,27	22,81	22,54 A	13,11 B	13,77 B	1,72 A	1,63 A
BM2202	35,67	26,14	30,91 B	10,4 B	7,94 A	3,76 A	3,54 B
DKB747	20,66	20,97	20,82 A	12,18 B	14,07 B	1,73 A	1,49 A
AL25	23,4	26,04	24,72 A	6,39 A	9,09 A	3,83 A	2,96 B
Média	26,28a	29,34a		10,54a	10,41a	2,72a	3,34b

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, dentro de cada variável não diferem entre si, ao nível de 5% pelo teste de Scott Knott.

O estudo da relação parte aérea/raiz, apresentou alto coeficiente de variação (CV = 41%). As dificuldades apresentadas pela coleta do sistema radicular, principalmente durante a separação solo e raízes, processo pelo qual perde-se muito material experimental, podem explicar essas variações.

Verificou-se pelo teste de F ($p \leq 0,05$) para a relação parte aérea/raiz, interação significativa entre cultivares x doses, indicando haver dependência entre os efeitos dos fatores considerados (Tabela 1A). Observou-se que as dez cultivares avaliadas apresentaram o mesmo efeito para a dose de 100 mg dm^{-3} , entretanto, mostraram efeitos diferentes quando utilizado a dose de 400 mg dm^{-3} (Tabela 4). As cultivares DKB789, DKB747 e DKB566, não diferiram entre si e foram inferiores aos cultivares P30F53, DKB390, BM2202, AL25 e AG5020 (Tabela 4). Já o cultivar GNZ2004 destacou-se por apresentar a maior média da relação parte aérea/raiz. Segundo Machado et al. (2001), as proporções de matéria seca e de N distribuídas entre as raízes e a parte aérea são fatores importantes na eficiência de absorção e utilização do N.

Majerowicz et al. (2002), em um estudo sobre eficiência de uso de nitrogênio em variedades locais e melhoradas de milho, verificaram que a massa seca das plantas deficientes em N apresentou elevada correlação positiva ($r = 0,86$) com a massa seca acumulada nas raízes dos diferentes genótipos sugerindo a importância do estudo das características morfológicas e fisiológicas do sistema radicular na seleção de genótipos eficientes quanto ao uso do N.

4.1.2 Teor de nitrogênio na parte aérea e raiz

Não foi verificada diferença significativa para a interação cultivares x doses para o teor de N na parte aérea e no sistema radicular (Tabela 1A). Pode-se inferir que os efeitos das cultivares sobre os teores de nitrogênio da parte aérea e da raiz do milho foram independentes das doses de N aplicadas.

Foi constatada diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as cultivares para o teor de N na parte aérea (Tabela 1A). As cultivares AL25 e GNZ2004 apresentaram valores médios próximos a 33 g Kg^{-1} de N e foram inferiores as demais cultivares, que acumularam entre 37 e 40 g Kg^{-1} (Tabela 5). Entre essas, destacou-se o híbrido DKB789, o qual apresentou o maior teor de N na parte aérea. O mesmo híbrido apresentou o maior peso de MS de raiz em dose baixa, destacando-se também na dose alta para esta característica (Tabela 4). Portanto, esta cultivar apresentou diversas características positivas do ponto de vista morfológico, indicando ser promissora para maior eficiência nutricional.

TABELA 5. Valores médios do teor de teor de nitrogênio (N) da parte aérea e do sistema radicular, nas doses de 100 e 400 mg dm^{-3} de nitrogênio. UFLA, Lavras, MG, 2008.

Cultivares	Teor de N Parte Aérea (g kg)			Teor de N Raizes (g/kg)		
	100	400	Média	100	400	Média
P30F53	36,25	42,50	39,38 B	12,00	14,25	13,13 A
GNZ2004	29,25	37,75	33,50 A	12,50	17,25	14,88 A
BKB 390	32,75	41,50	37,13 B	15,25	14,75	15,00 A
AG5020	31,75	42,75	37,25 B	14,75	15,00	14,88 A
DKB566	36,25	42,75	39,50 B	14,50	18,75	16,63 A
P30S40	33,25	43,25	38,25 B	14,00	15,25	14,63 A
DKB789	37,00	43,00	40,00 B	13,50	14,50	14,00 A
BM2202	34,75	40,75	37,75 B	13,50	14,75	14,13 A
DKB747	34,00	40,50	37,25 B	14,75	16,75	15,75 A
AL25	29,00	36,75	32,88 A	14,75	17,25	16,00 A
Média	33,43a	41,15b		13,95a	15,85b	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, dentro de cada variável não diferem entre si, ao nível de 5% pelo teste de Scott Knott.

Para o teor de N do sistema radicular não foi verificada diferença significativa entre as cultivares, as quais apresentaram efeitos semelhantes sobre os teores médios de N da raiz no milho (Tabela 1A).

A dose de 400 mg dm⁻³ foi superior à de 100 mg dm⁻³ sobre os teores de N da parte aérea do milho (Tabela 5). O mesmo resultado foi encontrado para os teores de N na MS de raiz. Portanto, as variações nos teores de nitrogênio na matéria seca da parte aérea e das raízes foram diretamente proporcionais aos níveis de nitrogênio. Esse resultado também foi encontrado por Fernandes et al. (1991), estudando a absorção e utilização de N em plantas de sorgo cultivadas em solução nutritiva.

Os teores de N na MS da parte aérea das cultivares foram sempre maiores do que os teores de N na MS de raízes. Esses valores eram esperados, pois a relação de produção de MS entre parte aérea/raiz foi sempre positiva, obtendo neste experimento uma relação média para alto nível de N de 3,33 e para baixo N de 2,72 (Tabela 5).

Analisando o teor de N nas raízes das cultivares e considerando que não houve diferença entre elas, pode-se sugerir que algumas cultivares mostraram-se mais eficientes em utilizar o nitrogênio absorvido, convertendo-o em tecido vegetal através de processos metabólicos ocorridos em nível celular, aumentando seu volume radicular. Enquanto que outras cultivares absorveram relativamente à mesma quantidade de N dos demais só que não reverteram este nutriente em energia para crescimento radicular e sim acumularam o nitrogênio principalmente nos vacúolos contidos no interior das células vegetais.

4.1.3. Avaliação da eficiência nutricional das cultivares

Com o objetivo de estudar o desempenho das cultivares sob estresse de nitrogênio, essas foram representadas por meio da relação entre a produção de matéria seca de raízes nas doses contrastantes de nitrogênio no plano cartesiano

de acordo com Chun et al. (2005). A maioria das cultivares apresentaram comportamento distintos quanto ao uso do N, representados no gráfico pelas posições mais distantes da linha divisória (Figura 3). Assim, as cultivares que tiveram maiores pesos de matéria seca de raiz em baixo nitrogênio foram DKB789 e o DKB 747, sendo esses, os mais promissores para solos com baixa disponibilidade desse nutriente. Para solos com maior disponibilidade de nitrogênio destacaram-se os híbridos DKB566, DKB747, DKB789, P30F53 e P30S40.

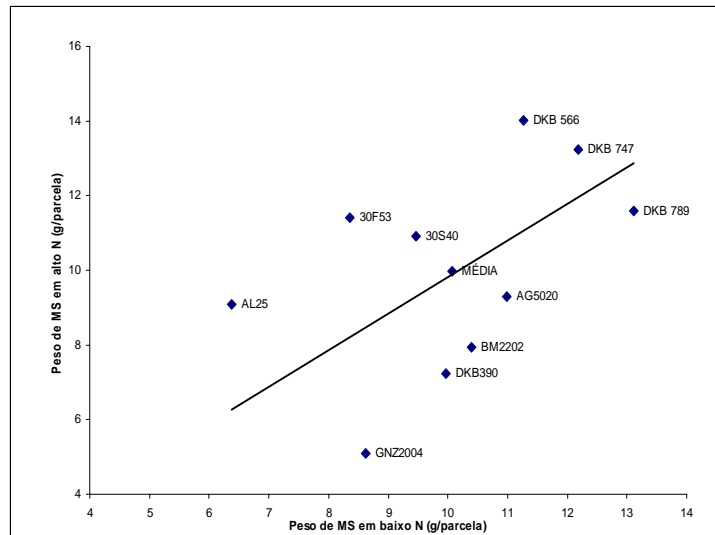


FIGURA 3. Eficiência nutricional de cultivares de milho para o peso de matéria seca de raiz, em condições de alto e baixo nitrogênio, de acordo com a metodologia proposta por Chun et al. (2005). UFLA, Lavras, MG, 2008.

A metodologia proposta por Fageria & Kluthcouski (1980), permitiu identificar as cultivares com maiores pesos de MS de raiz (DKB789, AG5020 e o BM2202), portanto adaptadas exclusivamente às condições de estresses (Figura 4). As cultivares eficientes e responsivas, que apresentaram aumento no acúmulo de MS de raiz em resposta ao aumento da disponibilidade do nitrogênio e que possuem alta média de peso de MS de raiz superior à média do experimento em baixo N, foram a DKB747 e a DKB566. Esses cultivares estão adaptados ao estresse e respondem aos insumos aplicados.

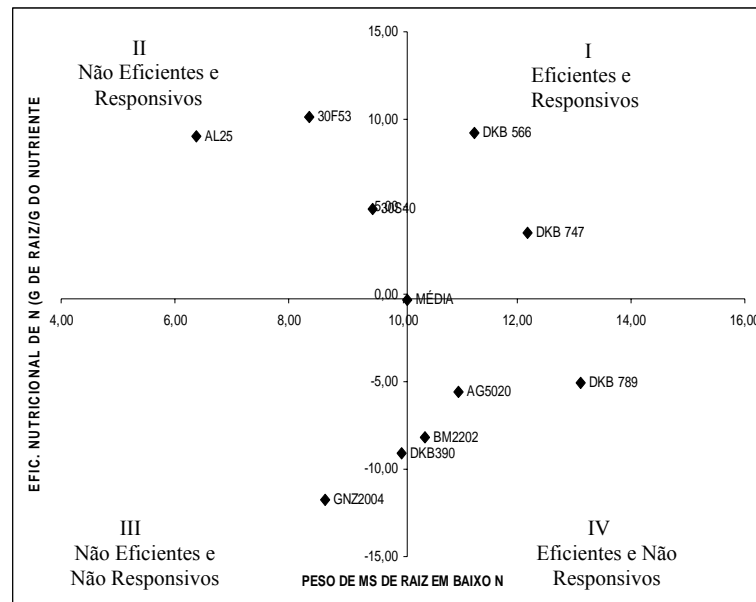


FIGURA 4. Eficiência no uso e resposta à aplicação de nitrogênio em cultivares de milho, pela metodologia de Fageria & Kluthcouski (1980). UFLA, Lavras, MG, 2008.

As cultivares DKB566 e o DKB747 foram as mais influenciadas pela disponibilidade de nitrogênio no solo, ou seja, obtiveram maior peso de matéria seca de raiz com alta adubação, sendo superado no ambiente com estresse de N pelo híbrido DKB 789.

A metodologia de Fageria & Kluthcouski (1980), específica para estresse mineral identificou genótipos eficientes quanto ao uso do nitrogênio e responsivos à sua aplicação. As cultivares de milho eficientes no uso de nitrogênio foram: DKB566, DKB747, DKB789, AG5020 e BM2202; os responsivos ao fornecimento de n foram P30F53, DKB566, AL25, P30S40 e DKB747, evidenciando a existência de variabilidade entre cultivares para eficiência do uso e resposta à aplicação de N.

4.2 Experimento de Campo

4.2.1 Avaliação da produtividade de grãos e do peso de matéria seca da parte aérea

Verificou-se pelo teste de F, diferenças significativas para as variáveis doses e cultivares para o fator produtividade de grãos (Tabela 1B). Como previsto, as maiores produtividades foram alcançadas na maior dose de N utilizada, independente do tipo de material avaliado (híbrido simples, triplo, duplo ou variedade). Esse resultado tem sido confirmado em outros trabalhos encontrados na literatura (Médici, 2003; Araújo et al., 2004 e Fidelis et al., 2007).

Também foram verificadas diferenças significativas ($p \leq 0,05$) para a interação cultivares x doses de N (Tabela 6 e 2B). Resultado semelhante foi observado por Medici (2003), indicando existir uma dependência entre os efeitos dos fatores cultivares e doses.

No baixo nível de N (40 Kg ha^{-1}), a produtividade de grãos das cultivares P30F53, GNZ2004, DKB747, AG5020 e BM2202 não diferem entre si e foram inferiores das cultivares DKB789, P30S40, DKB390, AL25 e DKB566. Já na dose de alto N (160 Kg ha^{-1}) as cultivares P30F53, DKB789, DKB390 e GNZ2004 não diferem entre si e foram superiores às cultivares DKB747, AG5020, AL25, DKB566, P30S40 e BM2202 (Tabela 6).

Merece destaque a variedade AL25, a qual apresentou em baixo nível de N, produtividade igual ou superior aos híbridos comerciais avaliados, evidenciando boa adaptação às condições oferecidas. Quando exposta a alta dose de N, a resposta dessa variedade foi semelhante a dos híbridos que apresentaram menor produtividade (Tabela 6).

De acordo com Ribeiro et al. (2000), a menor produtividade de grãos das cultivares de polinização aberta em relação aos híbridos é esperada, haja vista que uma variedade de polinização aberta é composta por uma infinidade de genótipos com diferentes potenciais produtivos. Por outro lado os híbridos, sejam simples, triplos ou duplos, são teoricamente as melhores combinações híbridas específicas que podem ser obtidas dentro de uma ou mais variedades.

Carvalho et al. (2001), relataram que variedades melhoradas e não melhoradas de milho, embora tenham produzido menos que os híbridos em cerca de 21,4%, apresentaram bons rendimentos de grãos e, por isso, têm importância fundamental nos sistemas de produção dos pequenos e médios produtores rurais.

Os híbridos DKB747, AG5020 e BM2202 classificaram-se entre as menores produtividades, nos dois ambientes avaliados, indicando limitações quanto ao potencial produtivo. Em contrapartida, o híbrido simples DKB390 e o híbrido duplo DKB789 apresentaram bons índices de produtividade tanto em alta, como em baixa dose de N (Tabela 6).

TABELA 6. Valores médios da produtividade de grãos e do peso de matéria seca da parte aérea de cultivares de milho, analisados nas doses de 40 e 160 kg ha⁻¹ de nitrogênio. Lavras, MG, 2008.

Cultivares	Produtividade de Grãos (kg ha ⁻¹)		Peso de MS da Parte Aérea (kg ha ⁻¹)		
	40	160	40	160	Média
P30F53	4822,92 A	9744,80 C	15775,00	17706,67	16740,83 B
GNZ2004	4895,83 A	10786,46 D	18195,00	18167,00	18181,00 B
DKB390	6718,75 B	10526,04 D	17950,00	20989,67	19469,83 B
AG5020	5317,71 A	8093,75 A	16850,00	19513,17	18181,58 B
DKB566	6770,83 B	8703,13 B	16975,00	19890,98	18432,99 B
P30S40	6572,92 B	8744,80 B	15775,00	19127,33	17413,67 B
DKB789	6161,46 B	9864,58 C	17175,00	20256,00	18715,50 B
BM2202	5661,46 A	8802,08 B	13925,00	16387,64	15156,32 A
DKB747	5177,08 A	7500,00 A	12240,00	13909,09	13074,55 A
AL25	6713,54 B	8375,00 B	18800,00	21363,64	20081,82 B
Média	5881,25a	9114,06b	16358,50a	18731,12b	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, dentro de cada variável não diferem entre si, ao nível de 5% pelo teste de Scott Knott.

Vale destacar, o resultado apresentado pelo híbrido GNZ2004, que obteve a maior produtividade entre as cultivares, em alto nível de N, mas que, quando exposta a menor dose, foi um dos de menor produtividade de grãos (Tabela 6). Isso indica uma menor adaptação deste híbrido às condições de estresse de N.

Provavelmente as condições de fertilidade do solo e de disponibilidade adequada de nutrientes e água no ambiente desse experimento maximizaram o

potencial produtivo das cultivares avaliadas, mesmo em ambiente de baixo N (40 Kg ha^{-1}), onde foram alcançados altos níveis de produtividade.

Os valores de produtividades obtidos na dose de 160 Kg ha^{-1} , confirmam às conclusões de Cantarella (1993), o qual observou que, em várias partes do mundo, a recomendação de 150 a 250 Kg de N por hectare são para lavouras de milho de alta produtividade, ou seja, maior do que 9.000 Kg ha^{-1} . Vanotti & Bundy (1994), em um estudo de 24 anos, determinaram que a dose econômica variou de 168 Kg ha^{-1} de N, em anos de alta produtividade, a 176 Kg ha^{-1} de N, em anos de baixa produtividade.

As cultivares diferem entre si à 5% de confiança ($p \leq 0,05$) para peso de matéria seca da parte aérea. O mesmo foi constatado para o fator doses (Tabela 1B). As cultivares DKB747 e BM2202 foram inferiores as demais, apresentando valores entre 13.000,00 e 15.000,00 kg ha^{-1} e não diferem entre si. A variedade AL25 apresentou a maior média de MS, ou seja, 20081,82 kg ha^{-1} (Tabela 6).

A média do teor de MS da parte aérea na dose de 400 mg dm^{-3} foi superior à dose de 100 mg dm^{-3} , demonstrando que o uso de doses crescentes de N pode ser um fator primordial para alcançar altas produtividades (Tabela 5).

4.2.2 Teor de nitrogênio na matéria seca da parte aérea e nos grãos

As diferentes doses utilizadas, 40 Kg ha^{-1} e 160 Kg ha^{-1} , afetaram os teores de N na matéria seca da parte aérea e dos grãos (Tabela 1B). Os menores valores observados para ambos os fatores, foram os tratamentos em que foi utilizada a dose de 40 Kg ha^{-1} (Tabela 7).

A diferença média entre a produção de MS da parte aérea na menor dose e a obtida com a maior dose de N foi de 18% e a de produção de grãos foi de 35% (valores calculados com dados da Tabela 6).

TABELA 7. Valores médios da produtividade de matéria seca, teor de nitrogênio e nitrogênio extraído para a matéria seca da parte aérea (MSPA) e dos grãos (MSG), nas doses de 40 e 160 kg ha⁻¹ de nitrogênio. UFLA, Lavras, MG, 2008.

Doses N (Kg ha ⁻¹)	Produção média (Kg ha ⁻¹)		Teor médio de N (g kg ⁻¹)		N extraído (Kg ha ⁻¹)		
	MSPA	MSG	MSPA	MSG	MSPA	MSG	TOTAL
40	16358,50	5881,25	4,80	12,67	78,52	78,65	154,21
160	18731,12	9114,06	6,07	14,77	113,69	134,61	248,30

Hirel et al. (2001) sugeriram que o aumento da produtividade em genótipos de milho pode ser consequência da maior capacidade de acúmulo de NO₃⁻ durante a fase vegetativa de desenvolvimento e à eficiente remobilização do nitrogênio armazenado durante o enchimento dos grãos.

O teor de N contido na MS da parte aérea, em função das doses de N aplicadas, aumentou proporcionalmente mais do que o total extraído pela planta, principalmente nas doses menores. Isso indica uma tendência ao consumo de luxo de N, ou seja, o teor de N na parte aérea aumenta e não é acompanhado pela massa de MS, conforme o aumento da disponibilidade de nitrogênio do solo para a planta, esse resultado também foi verificado por Uhart & Andrade (1995).

A quantidade total de N extraído do solo pelos grãos variou de 78,52 a 134,61 Kg ha⁻¹ para as doses de 40 Kg ha⁻¹ e 160 Kg ha⁻¹. Considerando a quantidade total de N extraído (grãos e parte aérea) para a produção de uma tonelada de grãos, os valores obtidos estiveram entre 26,2 e 27,2 Kg ton⁻¹ (Tabela 7). Esses valores estão próximos aos 20 Kg de N por tonelada citados por Escosteguy et al. (1997) e aos 24,2 Kg de N citados por Aita et al. (1994).

Levando-se em conta que a área experimental utilizada neste trabalho enquadra-se sob o aspecto de monocultura, ou seja, não faz rotação de culturas, podemos considerar uma eficiência no uso do fertilizante nitrogenado de 39 a

62%, que estão demonstrados dentro dos valores sugeridos por Wienhold et al. (1995), Anderson et al. (1997) e Gentry et al. (2001). Sendo assim, fica evidente a contribuição do fornecimento de nitrogênio pelo solo utilizado.

A quantidade de N extraída pela cultura do milho e a exportada pelos grãos sugere a necessidade de ênfase em sistemas de manejo do solo, como por exemplo, a rotação de culturas e o manejo da adubação nitrogenada. Isto permitirá um aporte de quantidades adequadas do nutriente no cultivo do milho, e visará à manutenção do seu estoque no solo e, conseqüentemente, à sustentabilidade do agrossistema em longo prazo.

Não houve diferença significativa entre as cultivares avaliadas para o teor de N na MS da parte aérea da planta (Tabela 1B). O contrário foi constatado para o teor de N nos grãos. As cultivares GNZ 2004, DKB 789, DKB 566, DKB 390, P30S40 e AG 5020 apresentaram teores médios de nitrogênio dos grãos semelhantes. As outras cultivares apresentaram os mesmos teores médios de nitrogênio nos grãos, porém foram superiores as demais.

Associando os teores de N acumulados nas partes vegetativas e nos grãos em relação à produção de MS da parte aérea e grãos, verifica-se que não ocorreu uma dependência direta entre teor de N versus a produção. Assim, a cultivar que obteve os maiores teores de N, tanto nos grãos como na parte vegetativa não foi aquela que apresentou os maiores valores de produtividade de grãos, independentemente da dose. Um exemplo disto é verificado pelos híbridos DKB747 e BM2202, os quais se classificaram entre os de maiores teores médios de N nos grãos, mas apresentaram baixas produtividades de grãos tanto em alto N como em baixo nível de N (Tabelas 6 e 8). Entretanto, para a produção de MS da parte vegetativa, estes híbridos apresentaram os menores valores médios, 13075 e 15156 Kg ha⁻¹, respectivamente (Tabela 6).

TABELA 8. Valores médios do teor de nitrogênio acumulados na parte aérea e nos grãos em cultivares de milho, expressos em g kg^{-1} e submetidas a doses de 40 e 160 kg ha^{-1} de nitrogênio. UFLA, Lavras, MG, 2008.

Cultivares	Teores Nitrogênio Parte Área (g kg^{-1})			Teores Nitrogênio Grãos (g kg^{-1})		
	Doses (kg ha^{-1})		Média	Doses (kg ha^{-1})		Média
	40	160		40	160	
30F53	4,33	5,33	4,83 A	13,00	16,33	14,67 B
GNZ2004	4,33	6,33	5,33 A	11,33	13,67	12,50 A
DKB390	4,67	5,67	5,17 A	12,33	15,00	13,67 A
AG5020	5,33	6,67	6,00 A	13,00	14,67	13,84 A
DKB566	4,67	7,00	5,84 A	12,67	14,00	13,34 A
30S40	5,67	6,33	6,00 A	12,67	14,67	13,67 A
DKB789	4,67	6,00	5,34 A	12,67	13,67	13,17 A
BM 2202	4,33	6,00	5,17 A	12,67	16,67	14,67 B
DKB747	4,67	5,67	5,17 A	12,67	14,00	13,34 B
AL25	5,33	5,67	5,50 A	12,67	15,00	13,84 B
Media	4,80a	6,07b		12,67a	14,77b	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, dentro de cada variável não diferem entre si, ao nível de 5% pelo teste de Scott Knott.

Desta forma, pode-se afirmar que existem vários tipos de processos envolvidos nos resultados encontrados, tais como: absorção, assimilação e retranslocação do N dentro da planta.

Os menores valores de N nos grãos foi predominante em relação aos maiores valores de N, tanto numa análise considerando todas as cultivares, como na análise somente das mais produtivas. De acordo com Duvick (1997) e Medice (2003), às correlações negativas entre produtividade de grãos e o baixo teor de N nos grãos sugerem que a maior parte de N nos grãos se encontram na forma de proteínas. Duvick (1997) demonstrou que os incrementos apresentados para a produtividade nos grãos e no teor de amido, em híbridos americanos, foram acompanhados por declínio no teor de proteína nos grãos. Muchow (1998)

demonstrou que a maior eficiência na utilização de nitrogênio do milho, em relação ao sorgo, foi associada a maior concentração de N nos grãos de sorgo.

O reduzido teor de N nos grãos tem sido associado com produtividade sob deficiência de N (Ma & Dwyer, 1999), embora seja possível encontrar informações contrastantes sobre esse assunto. Por exemplo, os trabalhos de Latiffé et al. (1997) e Machado (1997) indicaram que o elevado teor de N nos grãos foi importante para a produtividade em solos pobres em N.

Murruli e Pulsem (1981) selecionaram milhos em solos com alta e baixa dose de N e mostraram a superioridade da seleção específica, uma vez que o material selecionado na dose baixa foi o mais produtivo em solos pobres, enquanto que o material selecionado na dose alta foi superior em solos bem adubados.

Com relação à interação doses x cultivares pode-se constatar que essa não foi significativa para o teor de N na MS da parte aérea e dos grãos (Tabela 1B). Isso significa dizer que os diferentes tipos de cultivares não tiveram seus teores de N na parte vegetativa alterados pelas doses de nitrogênio utilizadas. Majerowicz et al. (2002), também não conseguiu observar diferenças estatísticas entre cultivares, ao estudar a atividade da redutase do nitrato em partes vegetativas de milho cultivado em ambientes contrastantes de N. Entretanto, em arroz, Sabino (2003) observou um aumento na porcentagem de nitrogênio presente nos tecidos da parte aérea com o aumento da dose de adubo nitrogenado, no período do desenvolvimento vegetativo.

4.2.3 Índices de Eficiência

Os índices de eficiência das variedades de milho foram calculados com o intuito de identificar a contribuição relativa dos vários processos de aquisição e distribuição do nitrogênio na variação total da eficiência do uso de N. Esses

índices foram descritos por Moll et al. (1982), e vêm sendo aplicados com bastante propriedade e sucesso na discriminação de eficiência ao N em cereais.

Dentre os índices de eficiência avaliados apenas para a Eficiência Fisiológica ou Biológica (EF), que representa a produção biológica (grãos mais palha) obtida por unidade de nutriente aplicado, não foi detectado diferença significativa entre as cultivares (Tabela 3B). Esse fato sugere que a produção biológica não foi o fator determinante para diferenciá-las quanto à maior ou menor eficiência ao N.

A Eficiência Agronômica (EA) que significa a produção econômica obtida por unidade de nutriente aplicado indicou a existência de pelo menos uma diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 3B). Os híbridos GNZ2004 e P30F53 diferiram dos demais cultivares e apresentaram a melhor EA média. As cultivares AL25, DKB566, P30S40 e DKB747 não diferiram entre si e apresentaram a menor EA média (Tabela 9).

A partir dos resultados da Eficiência de Recuperação do N aplicado (RAN) foi possível constatar que as cultivares GNZ2004, AG5020, P30F53, DKB390 e BM2202 não diferem entre si e foram superiores as demais cultivares, ou seja, acumularam uma maior quantidade de nutriente por unidade de nutriente aplicada (Tabela 9). Raji (1991) e Coelho et al. (1991), indicaram que a baixa recuperação do N aplicado referente às doses mais elevadas de N enfatiza a importância de ajustar as aplicações de fertilizantes para o mais próximo possível da quantidade requerida pela cultura.

Por meio da Eficiência na Produção de Grãos (IG), que é a produção de grão obtida por unidade de nutriente acumulado, verificou-se que as cultivares GNZ2004 e DKB789, tiveram o melhor desempenho na produção média do grão (Tabela 9), indicando um metabolismo mais eficiente na assimilação e conversão do nutriente absorvido. Isso provavelmente explica a maior

produtividade alcançada por esses híbridos. Resultado semelhante também foi encontrado por Machado et al. (2001).

Para a Eficiência de Utilização de N (EUN), que corresponde ao produto da eficiência fisiológica e a eficiência da recuperação, apenas as cultivares DKB789 e DKB566 apresentaram valores de EUN inferior às demais cultivares (Tabela 9). O híbrido simples GNZ2004 destacou-se dos demais, por apresentar os melhores valores de eficiência nutricional, independente do índice de eficiência utilizado. Outro genótipo que apresentou bom desempenho foi o híbrido simples P30F53 que obteve valores estatisticamente iguais ao híbrido GNZ2004 para os parâmetros EA, EF, RAN e EUN. Deve-se mencionar que os genótipos citados apresentaram bons índices de produtividade no ambiente com alta dose de N. Entretanto, ambos os genótipos foram menos responsivos no ambiente onde se utilizou a menor dose de N. Depreende-se, então, que esses materiais serão melhores indicados para cultivo em ambientes que utilizam alta tecnologia, especialmente altas doses de N.

Por outro lado, o híbrido triplo DKB566 apresentou baixo desempenho independente do índice de eficiência utilizado, sendo produtivo apenas na alta dose de N.

Um bom parâmetro da eficiência de utilização de N seria a produtividade de grãos, que nada mais é do que um somatório de vários índices importantes para a planta. Fageria (1998) argumenta que em experimentos de campo, a produção de grãos é o melhor parâmetro para avaliação da eficiência nutricional em culturas anuais; em caso de experimento em condições controladas, tanto a produção de grãos como a produção de matéria seca podem ser usadas como parâmetro de avaliação da eficiência nutricional.

TABELA 9. Valores médios da eficiência fisiológica (EF), eficiência agrônômica (EA), eficiência de recuperação (RAN), eficiência na produção de grão (IG) e eficiência de utilização (EUN), das cultivares de milho, em nível baixo (40Kg ha⁻¹) e alto (160Kg ha⁻¹) de nitrogênio. UFLA, Lavras, MG, 2008.

Cultivares	EA (kg kg⁻¹)	EF (kg kg⁻¹)	IG (kg kg⁻¹)	RAN (%)	EUN (kg kg⁻¹)
P30F53	9,84 D	37,89 A	11,02 B	91,0 B	34,11 B
GNZ2004	11,78 D	38,89 A	14,99 C	81,0 B	30,62 B
BKB390	7,61 C	41,09 A	7,56 A	102,0 B	40,84 B
AG5020	5,55 B	38,88 A	6,78 A	82,0 B	31,99 B
DKB566	3,86 A	36,15 A	6,74 A	58,0 A	19,72 A
P30S40	4,34 A	39,71 A	6,24 A	70,0 A	27,64 B
DKB789	7,41 C	36,02 A	15,51 C	49,0 A	17,85 A
BM2202	6,28 B	36,62 A	6,08 A	104,0 B	38,82 B
DKB747	4,46 A	49,82 A	7,85 A	61,0 A	29,94 B
AL25	3,32 A	44,83 A	4,90 A	68,0 A	30,52 B

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna, dentro de cada variável, não diferem entre si, ao nível de 5% pelo teste de Scott Knott.

Não foi observado neste trabalho nenhuma relação entre os grupos de cultivares (híbridos simples, triplos, duplos ou variedade) e os resultados de eficiência nutricional (Tabela 9). Isso indica não haver relação entre estes grupos genéticos e as respostas aos índices de eficiência nutricional estudada, ou seja, a eficiência nutricional de uma determinada cultivar, não mostrou ser dependente de sua classificação genética. Desta forma, pode-se sugerir que esta relação será em função das características que lhe foram herdadas pelos seus genitores. Por exemplo, um híbrido simples se mostrará eficiente na absorção e uso de N apenas quando uma das duas linhagens, ou as duas, possuírem esta característica e esta ainda permitir ser herdável.

Sendo assim, considerando que as cultivares estudadas não foram desenvolvidas com o intuito de selecionar genótipos para o caráter em questão, a probabilidade dos híbridos duplos serem mais eficientes que os híbridos triplos e

os híbridos triplos mais eficientes que os simples será maior. Quanto maior a variabilidade genética de um híbrido maior a chance de se ter uma melhor eficiência nutricional. Majerowicz et al. (2002), citou que a variabilidade em milho é um dos principais fatores que podem interferir na eficiência no uso de nitrogênio.

Portanto, pode-se concluir que para o desenvolvimento de cultivares com maior eficiência no uso de N os programas de melhoramento de plantas deverão selecionar genótipos para o aumento da produção em sistemas agrícolas que apresentam condições de cultivo com estresses de nitrogênio. Essa afirmação corrobora com Bänziger et al. (1997), que concluiu em seu trabalho que a seleção de genótipos eficientes no uso de nitrogênio deve ser feita em ambientes com limitação nutricional de nitrogênio, para que os alelos relacionados a uma maior tolerância à deficiência nutricional sejam expressos nesta condição.

Um outro aspecto que poderia ser considerado neste trabalho é o confronto dos resultados obtidos em condições controladas (casa de vegetação) e de campo, visto que as cultivares avaliadas foram as mesmas para os dois ambientes. Entretanto, não é correto confrontar esses resultados devido as condições de cultivo serem totalmente adversas. Isso pode ser confirmado ao comparar os resultados de eficiência nutricional das cultivares utilizadas nos dois ambientes, onde foi verificado a não concordância dos resultados.

5 CONCLUSÕES

1. As cultivares de milho apresentaram características distintas quanto a eficiência no uso e absorção de nitrogênio nos dois ambientes estudados.

2. Genótipos eficientes para o uso do nitrogênio e responsivos a sua aplicação podem ser selecionados pelos índices descritos por Fageria (1998) em campo e pela metodologia de Fageria & Kluthcouski (1980) em casa de vegetação.

3. Os níveis contrastantes de nitrogênio utilizados permitiram que ocorressem as diferenças necessárias, entre as características estudadas, para a seleção das cultivares mais eficientes.

4. Para o desenvolvimento de cultivares com maior eficiência no uso e absorção de N em sistemas agrícolas a campo, recomenda-se que a seleção de genótipos deverá ser feita com base na produtividade de grãos, em condições de cultivo com estresse de nitrogênio.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AITA, C.; CERETTA, C.A.; THOMAS, A.L.; PAVINATO, A.; BAYER, C. Espécies de inverno como fonte de nitrogênio para o milho no sistema de cultivo mínimo e feijão em plantio direto. **Revista brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, n. 1, p. 101-108, jan./abr. 1994.

ANDERSON, I.C.; BUXTON, D.R.; KARLEN, D.L.; CAMBARDELLA, C. Cropping system effects on nitrogen removal, soil nitrogen, aggregate stability, and subsequent corn grain yield. **Agronomy Journal**, Madison, v.89, n. 6, p. 881-886, Nov./Dec. 1997.

ARNON, I. **Mineral Nutrition of maize**. Bern: International Potash Institute, 1975. p.452.

ARAÚJO, L.A.N.; FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. Adubação nitrogenada na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 8, p. 771-777, ago. 2004.

LI, B.; McKEAND, S.E.; ALLEN, H.L. Genetic variation in nitrogen use efficiency of loblolly pine seedlings. **Forest Science**, London, v. 37, n. 2, p. 613-628, June 1991.

BALKO, L.G.; RUSSEL, W.A. Response of maize inbred lines to N fertilizer. **Agronomy Journal**, Madison, v. 72, n. 5, p. 723-732, Sept./Oct. 1980.

BÄNZIGER, M.; BETRÁN, F.J.; LAFITTE, H.R. Efficiency of high-nitrogen selection environments for improving maize for low-nitrogen target environments. **Crop Science**, Madison, v. 37, n. 4, p. 1103-1109, July/Aug. 1997.

BÄNZIGER, M.; EDEMEADES, G.O.; LAFITE, H.R. Selection for drought and tolerance increase maize yields across range of nitrogen levels. **Crop Science**, Madison, v. 39, n. 4, p. 1035-1040, July/Aug. 1999.

BÄNZIGER, M.; EDEMEADES, G.O.; BECK, D.; BELLON, M. **Breeding for drought and nitrogen stress tolerance in maize**: from theory to practice. México, DF: CIMMYT, 2000. 68 p.

BÄNZIGER, M.; EDEMEADES, G. O.; LAFITE, H.R. Physiological mechanisms contributing to the N stress tolerance of tropical maize selected for

drought tolerance. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 84, n. 2/3, p. 1-11, May 2002.

BLAIR, G.J.; CORDERO, S. The phosphorus efficiency of three annual legumes. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 50, n. 2, p. 387-398, 1978.

BLAIR, G.J. Nutrient efficiency – what to we really mean. In: RANDALL, P.J.; DELHAIZE, E.; RICHARD, R.A.; MUNNS, R. Genetic aspects of plant mineral nutrition. Dordrecht: Kluwer Academic, 1993. p. 205-213.

BUNDY, L.G.; MEISINGER, J.J. Nitrogen availability indices. In: WEAVER, R.W.; ANGLE, S.; BOTTOMLEY, P.; BEZDIECEK, D.; TABATABAI, A.; WOLLUM, A.; MICKELSON, S.H.; BIGHAM, J.M. **Methods of soil analysis: part 2: microbiological and biochemical properties**. Madison: SSSA, 1994. p. 951-984.

CANTARELLA, H. Calagem e adubação do milho. In: BÜLL, L.T.; CANTARELLA, H. (Ed.). **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Potafos, 1993. p. 47-185.

CARVALHO, H.W.L.; LEAL, M.L.S.; CARDOSO, M.J.; SANTOS, M.X.; CARVALHO, B.C.L.; TABOSA, J.N.; LIRA, M.A.; ALBUQUERQUE, M.M. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares e híbridos de milho no Nordeste brasileiro no ano agrícola de 1998. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília v. 36, n. 4, p. 637-644, abr. 2001.

CHAPMANN, S. C.; EDEMEADES, G. O. Selection improves drought tolerance in tropical maize populations. II. Direct and correlated response among secondary traits. **Crop Science**, Madison, v. 39, n. 5, p. 1315-1324, Sept./Oct. 1999.

CHEVALIER, P.; SCHRADER, L.E. Genotypic differences in nitrate absorption and partitioning of N among plants parts in maize. **Crop Science**, Madison, v. 17, n. 6, p. 897-901, Nov./Dec. 1977.

CHUN, L.; MI, G.H.; LI, J.; CHEN, F.; ZHANG, F. Genetic analysis of maize root characteristics in response to low nitrogen stress. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 276, n. 1-2, p. 369-382, Oct. 2005.

CLARKSON, D.T. Factors affecting mineral nutrient acquisition by plants. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, n. 36, p. 77-115, 1985.

CLARK, R.B. Plant response to mineral element toxicity and deficiency. In: CHRISTIANSEN, M.N.; LEWIS, C.F., ed. **Breeding plants for less favorable environment**. New York: J. Wiley, 1982. p. 71-142.

CLARK, R.B. Plant genotype differences in the uptake, translocation, accumulation, and use of mineral elements required for plant growth. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 72, n. 2/3, p. 175-206, 1983.

COELHO, A.M.; FRANÇA, G.E.; BAHIA, A.F.C.; GESEDES, G.A.A. Balanço de nitrogênio 15N em um latossolo vermelhoescuro, sob vegetação de cerrado, cultivado com milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 15, p. 187-193, 1991.

COOKE, G.W. Maximizing fertilizer efficiency by overcoming constraints to crop growth. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 10, n. 9/16, n. 1, p. 1357-1369, 1987.

COMPANIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Projeção safra brasileira de milho 2007/08. Disponível em:
<<http://www.conab.gov.br/conabweb/download/sureg/RS/11prevprodutiv.pdf>>. Acesso em: 19 nov. 2008.

CRUZ, C.D. Programa genes (versão Windows): aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa-MG: UFV, 2001. 648 p.

DECHEN, A.R.; FURLANI, A.M.C.; FURLANI, P.R. Tolerância e adaptação de plantas aos estresses nutricionais. In: SIQUEIRA et al. (Ed.). **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Viçosa, MG: SBCS; Lavras: UFLA/DCS, 1999. 818p.

DUVICK, D.N. Genetic contributions to advances in yield of U.S. maize. **Maydica**, Bergamo, v. 37, n. 1, p. 69-79, 1992.

DUVICK, D.N. What is yield? In: EDMEADES, G.O et al. (Ed.). **Developing drought and low Ntolerant maize**. El Batan: CIMMYT, 1997. p. 332-335.

EBELHAR, S.A.; KAMPRATH, E.J.; MOLL, R.H. Effects of nitrogen and potassium on growth and cation composition of corn genotypes differing in average ear number. **Agronomy Journal**, Madison, v. 79, n. 5, p. 875-891, Sept./Oct. 1987.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA.

Recomendações técnicas para o cultivo do milho. 2. ed. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1996. p. 204.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília: Embrapa Produção da Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

ESCOSTEGUY, P.A.V.; RIZZARDI, M.A.; ARGENTA, G. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura do milho em duas épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 21, n. 1, p. 71-77, jan./mar.1997.

FAGERIA, N.D.; KLUTHCOUSKI, J. Metodologia para avaliação de cultivares de arroz e feijão para condições adversas de solo. Brasília: EMBRAPA/CNPAF, 1980. n. 8.

FAGERIA, N.K.; BARBOSA FILHO, M.P. Avaliação preliminar de cultivares de arroz irrigado para maior eficiência de utilização de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 12, p. 1709-1712, dez. 1982.

FAGERIA, N.K. **Maximizing crop yields.** New York: Marcel Dekker, 1992. 274 p.

FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C. Screening crop genotypes for mineral stresses. In: WORKSHOP ON ADAPTATION OF PLANTS TO SOIL STRESSES, 1993, Lincoln. **Proceedings...** Lincoln: University of Nebraska, 1993. p. 142-159.

FAGERIA, N.K. Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas. **Revista Brasileira de Engenharia Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 1, p. 6-16, jan./abr. 1998.

FERNANDES, F.C.S.; BUZZETI, S.; ARF, O.; ANDRADE, J.A.C. Doses, eficiência e uso do nitrogênio por seis cultivares de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 4, n. 2, p. 195-204, 2005.

FIDELIS, R.R.; MIRANDA, G.V.; SANTOS, I.C.; GALVÃO, J.C.C.; PELUZIO, J.M.; LIMA, S.O. Fontes de germoplasma de milho para estresse de baixo nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiana, v. 37, n. 3, p. 147-153, 2007.

- FISHER, N.M.; DUNHAN, R.J. Root morphology and nutrient uptake. In: GOLDSWORTHY, P.R.; FISHER, N.M. (Ed.). **The physiology of tropical fields crops**. New York: J. Wiley, 1984. p. 25-117.
- FÖHSE, D.; CLAASSEN, N.; JUNGK, A. Phosphorus efficiency of plants. I. External and internal P requirement and P uptake efficiency of different plant species. **Plant Soil**, Dordrecht, v. 110, n. 1, p. 101-109, Aug. 1988.
- FURLANI, A.M.C.; BATAGLIA, O.C.; LIMA, M. Diferenças entre linhagens de milho cultivadas em solução nutritiva quanto à absorção e utilização de nitrogênio. **Bragantia**, Campinas, v. 44, n. 2, p. 599-618, 1985.
- FURLANI, A.M.C.; LIMA, M.; NASS, L.L. Combining ability effects for P-efficiency characters in maize grown in low P nutrient solution. **Maydica**, Bergamo, v. 43, n. 3, p. 169-174, 1998.
- FURTINI NETO, A.E.; FURTINI, I.V. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 26., 2006, Belo Horizonte. **Eficiência Nutricional: palestra...** Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2006. 638 p.
- GALLAIS, A.; HIREL, B. An approach to the genetics of nitrogen use efficiency in maize. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 55, n. 396, p. 295-306, Feb. 2004.
- GENTRY, L.E.; BELOW, F.E.; DAVID, M.B.; BERGEROU, J.A. Source of the soybean N credit in maize production. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 236, n. 2, p. 175-184, Oct. 2001.
- GERLOFF, C.G. Plants efficiencies in the use of nitrogen, phosphorus and potassium. In: WRIGHT, M.J. (Ed.). **Plant adaptation to mineral stress in problem soils**. Ithaca: Cornell University, 1977. p. 161-173.
- GERLOFF, G.C.; GABELMAN, W.H. Genetic basis of inorganic plant nutrition. In: LAUCHLI, A.; BIELESKI, R.L. (Ed.). **Inorganic plant nutrition**. Berlin: Springer Verlag, 1983. p. 453-480.
- GODDARD, R.E.; HOLLIS, C.A. The genetic basics of forest tree nutrition. In: BOWEN, G.D.; NAMBIER, E.K.S. (Ed.). **Nutrition of plantation forest**. London: Academic, 1984. p. 237-258.

GOURLEY, C.J.P.; ALLAN, D.L.; RUSSELE, M.P. Plant nutrient efficiency: A comparison of definitions and suggested improvement. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 158, n. 1, p. 29-37, Jan. 1994.

GRAHAM, R.D. Breeding for nutritional characteristics in cereals. In: TINKER, P.B.; LAUCHLI, A. (Ed.). **Advances in plant nutrition**, New York: Praeger, 1984. p. 57-102.

GUIMARÃES, L.J.M.; MARRIEL, I.E.; PARENTONI, S.N.; GUIMARÃES, C.T.; MIRANDA, G.V.; VASCONCELOS, M.J.V.; GAMA, E.E.G. Comportamento de Linhagens de Milho Contrastantes no Uso de Nitrogênio Cultivadas em Dois Níveis de N em Substrato Hidropônico In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO. 26., 2006, Belo Horizonte. **Resumo expandido...** Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2006. p. 638

HIREL, B.; BERTIN, P.; QUILLERÉ, I.; BOURDONCLE, W.; ATTAGNANT, C.; DELLAY, C.; GOUY, A.; CADIOU, S.; RETAILLIAU, C.; FALQUE, M.; GALLAIS, A. Towards a better understanding of the genetic and physiological basis for nitrogen use efficiency in maize. **Plant Physiology**, Rockcille, v. 125, n. 3, p. 1258-1270, Mar. 2001.

ISRAEL, D.W.; RUFTY JUNIOR, T.W. Influence of phosphorus nutrition on phosphorus and nitrogen utilization efficiencies and associated physiological response in soybean. **Crop Science**, Madison, v. 28, n. 6, p. 954-960, Nov./Dec. 1988.

KUIPER, D. Genetic differentiation in *Plantago major*: Growth and root respiration and their role in phenotypic adaptation. **Physiologia Plantarum.**, Copenhagen, v. 57, n. 2, p. 222-230, Feb. 1983.

KLING, J.G.; HEUBERGER, H.T.; OIKEH, S.O.; AKINTOYE, H.A.; HORST, W.J. Potential for developing nitrogen-use efficient maize for low input agricultural systems in the moist savanna of Africa.. In: SYMPOSIUM ON DEVELOPING DROUGHT AND LOW NITROGEN TOLERANT MAIZE, 1996, Mexico. **Proceedings...**Mexico: CIMMYT, 1996.

LAFITTE, H.R.; EDMÉADES, G.O. Improvement for tolerance to low nitrogen in tropical maize II. Grain yield, biomass production, and N accumulation. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 39, n. 1, p. 15-25, Oct. 1994.

LAFITTE, H.R.; EDMEADES, G.O.; TABA, S. Adaptive strategies identified among tropical maize landraces for nitrogen-limited environments. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 49, n. 2/3, p. 187-204. Feb. 1997.

LATIRI-SOUK, K.; NORTKLIFF, S., LAWLOR, D. W. Nitrogen fertilizer can increase dry matter, grain production and radiation and water efficiencies for durum wheat under semi-arid conditions. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 9, n. 1, p. 21-34, 1988.

MA, B.L.; DWYER, L.M. Within plot variability in available soil mineral nitrogen in relation to leaf greenness and yield. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 30, n. 13-14, p. 1919-1928, 1999.

MACHADO, A.T. **Perspectiva do melhoramento genético em milho (*Zea mays L.*) visando eficiência na utilização do nitrogênio**. 1997. 216f. Tese (Doutorado em Ciência - Genética) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

MACHADO, C.T.T.; FURLANI, A.M.C.; MACHADO, A.T. Índices de eficiência de variedades locais e melhoradas de milho ao fósforo. **Bragantia**, Campinas, v. 60, n. 3, p. 225-238, 2001.

MACHADO, R.A.F. **Linhagens de milho contrastantes para tolerância à seca e eficiência de utilização de nitrogênio**. 2003. p. 90. Tese (Doutorado em Agricultura) – Universidade Estadual de São Paulo, Botucatu.

MAJEROWICZ, N.; PEREIRA, J.M.S.; MEDICI, L.O.; BISON, O.; PEREIRA, M.B.; SANTOS JÚNIOR, U.M. Estudo da eficiência de uso do nitrogênio em variedades locais e melhoradas de milho. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 25, n. 2, p. 129-136, abr./jun. 2002.

MALAVOLTA, E.; AMARAL, F.A.L. Nutrition efficiency of 104 bean varieties (*Phaseolus vulgaris L.*). In: INTERNATIONAL COLLOQUIUM ON PLANT ANALYSIS AND FERTILIZER PROBLEMS, 8., Auckland, 1978. **Proceedings...** Auckland: New Zealand Department Scientific & Industrial Research, 1978. v. 2, p. 313-317.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 1980. 251 p.

MANTOVANI, E.E.; MIRANDA, G.V.; SOUZA, L.V.; GUIMARÃES, L.J.M.; LIMA, R.O. Eficiência Agronômica para Nitrogênio em Cultivares de Milho na

Safrinha. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 8., 2005, Assis. **Anais...** Campinas: IAC, 2005. 423 p.

MARANVILLE, J.W.; CLARK, R.B.; ROSS, W.M. Nitrogen efficiency in grain sorghum. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 2, n. 5, p. 577-589, 1980.

MARRIEL, I.E.; ALVES, V.M.C.; VASCONCELLOS, C.A.; FRANÇA, G.E.; SCHAFFERT, R.E.; SANTOS, F.G.; OLIVEIRA, A.C. Morfologia Radicular e Eficiência de Absorção de N em genótipos de sorgo influenciados pelo suprimento de N em substrato hidropônico In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 23., 2000, Uberlândia. **Resumo expandido...** Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2000a. 392 p.

MARRIEL, I.E.; FRANÇA, G.E.; VASCONCELLOS, C.A.; GAMA, E.E.G.; SANTOS, M.X.; OLIVEIRA, A.C. Eficiência de Absorção de Nitrogênio e Produtividade de Grãos em Populações de Milho Cultivadas Sob Estresse In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 23., 2000, Uberlândia. **Resumo expandido...** Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2000b. 392 p.

MARTINEZ, H.E.P.; NOVAIS, R.F.; SACRAMENTO, L.V.S. do; RODRIGUES, L.A. Comportamento de variedades de soja cultivadas sob diferentes níveis de fósforo: II. Translocação do fósforo absorvido e eficiência nutricional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 17, n. 2, p. 239-244, maio/ago. 1993.

MEDICI, L.O.; **Cruzamentos Dialélicos entre Linhas de Milho Contrastantes no Uso do Nitrogênio**. 2003. p. 88. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, Piracicaba.

MIRANDA, G.V.; CANIATO, F.F.; SANTOS, I.C.; DONÁ, A.A.; AGUIAR, B.M.; FALUBA, J.S.; MACHADO, M.A.C.F. Fonte de Germoplasma de Milho para Eficiência e Resposta à Utilização do Nitrogênio In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24., 2002, Florianópolis. **Resumo expandido...** Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2002. 430 p.

MOLL, R.H.; KAMPRATH, E.J.; JACKSON, W.A. Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. **Agronomy Journal**, Madison, v. 74, n. 3, p. 562-564, May/Jun. 1982.

MOLL, R.H.; KAMPRATH, E.J.; JACKSON, W.A. Development of Nitrogen-efficient Prolific Hybrids of Maize. **Crop Science**, Madison, v. 27, n. 2, p. 181-186, Mar./Apr. 1987.

MUCHOW, R.C. Effect of nitrogen supply on the comparative productivity of maize and sorghum in a semi-arid tropical environment. III. Grain yield and nitrogen accumulation. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 18, n. 1-2, p. 31-43, Mar. 1998.

MURULI, B.I.; PAULSEN, G.M. Improvement of nitrogen use efficiency and its relationship to other traits in maize. **Maydica**, Bergamo, v. 26, n. 1, p. 63-73, 1981.

NEPTUNE, A.M.L.; NAKAGAWA, J.; SCOTTON, L.C.; SOUZA, E.A. Efeitos de doses não equidistantes de N, P, K nas concentrações destes macronutrientes na folha e na produção do milho (*Zea Mays* L.). **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luis de Queiroz"**, Piracicaba, v. 39, p. 917-941, 1982.

PRESTERL, T. et al. Improvement nitrogen-use efficiency in European maize: Estimation of quantitative genetic parameters. **Crop Science**, Madison, v. 43, n. 4, p. 1259-1265, July/Aug. 2003.

REGGIANI, R.; AURISANO, N.; MATTANA, M.; BERTANI, A. Genotypic variation and relationship among nitrogen assimilation traits in *Zea Mays*. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v. 11, n. 3, p. 123-128, dez. 1999.

RAIJ, B. Van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres/Potafós, 1991. 343 p.

RIBEIRO, P.H.E.; RAMALHO, M.A.P.; FERREIRA, D.F. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de milho em diferentes condições ambientais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 11, p. 2213-2222, nov. 2000.

ROESCH, L.F.; CAMARGO, F.; SELBACH, P.; SÁ, E.S.; PASSAGLIA, L. Identificação de cultivares de milho eficientes na absorção de nitrogênio e na associação com bactérias diazotróficas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 4, p. 924-927, jul./ago. 2005.

SABINO, D. C. C. **Metabolismo de nitrogênio em plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) em associação com bactérias diazotróficas endofíticas**. 2003. 64f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

SANGOI, L., ALMEIDA, M.L. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio para a cultura do milho num solo com alto teor de matéria orgânica. **Pesquisa Agropecuária brasileira**, Brasília, v. 29, n. 1, p. 13-24, jan. 1994.

SANTOS, M.X. dos; GUIMARÃES, P.E.O.; PACHECO, C.A.P.; FRANÇA, G.E.; PARENTONI, S.N.; GAMA, E.E.G. e; LOPES, M.A. Melhoramento intrapopulacional no Sintético Elite NT para solos pobres em nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n.1, p. 55-61, jan. 1998.

SCOTT, A.J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Walimqton, v. 30, n. 3, p. 507-512, Sept. 1974.

SIDDIQI, M.Y.; GLASS, A.D.M. Utilization index: a modified approach to the estimation and comparison of nutrient utilization efficiency in plants. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 4, n. 3, p. 289-302, 1981.

VANOTTI, M.B.; BUNDY, L.G. An alternative rationale for corn nitrogen fertilizer recommendations. **Journal of Production Agriculture**, Madison, v. 7, n. 2, p. 243-249, Apr./June 1994.

UHART, S.A.; ANDRADE, F.H. Nitrogen deficiency in maize. I. Effects on crop growth, development, dry matter partitioning, and kernel set. **Crop Science**, Madison, v. 35, n. 5, p. 1376-1383, Sept./Oct. 1995.

WIENHOLD, B.J.; TROOIEN, T.P.; REICHMAN, G.A. Yield and nitrogen use efficiency of irrigated corn in the northern Great Plains. **Agronomy Journal**, Madison, v. 87, n. 5, p. 842-846, Sept./Oct. 1995.

WUEST, S.B.; CASSMAN, K.G. Fertilizer-nitrogen use efficiency of irrigated wheat. I. uptake efficiency of preplant versus late-season application. **Agronomy Journal**, Madison, v. 84, n. 4, p. 682-688, July/Aug. 1992.

YOUNGQUIST, J.B.; COX, P.B.; MARANVILLE, J.W. Evaluation of alternative screening criteria for selecting nitrogen-use efficient genotypes in sorghum. **Crop Science**, Madison, v. 32, n. 6, p. 1310-1313, Nov./Dec. 1992.

“ANEXOS”

		Página
TABELA 1A	Resumo da análise de variância para o acúmulo de matéria seca na parte aérea (MSPA), no sistema radicular (MSR), para a relação parte aérea/raiz (PA/R), para os teores de N na parte aérea (%NPA) e para os teores de N na raiz (%N R). UFLA, Lavras, MG, 2008.....	62
TABELA 2A	Resumo da análise de variância para as doses de 100 e 400 mg dm ⁻³ em cada cultivar avaliada. UFLA, Lavras, MG, 2008.....	62
TABELA 3A	Resumo da análise de variância para o estudo dos efeitos de cultivar nas doses de 100 e 400 mg dm ⁻³ de nitrogênio. UFLA, Lavras, MG, 2008.....	62
TABELA 1B	Resumo da análise de variância para produtividade de grãos de milho (P), teor de N na parte aérea (PA), teor de N no grão (%NG), teores de N na parte aérea (%NPA) e para os teores de N na raiz (%NR). UFLA, Lavras, MG, 2008.....	64
TABELA 2B	Resumo da análise de variância para o estudo dos efeitos das cultivares nas doses de 40 e 160 kg ha ⁻¹ de nitrogênio. UFLA, Lavras, MG, 2008.....	64
TABELA 3B	Resumo da análise de variância para produtividade de grãos de milho eficiência fisiológica (EF), eficiência agrônômica (EA), eficiência de recuperação (RAN), eficiência na produção de grão (IG) e eficiência de utilização (EUN). UFLA, Lavras, MG, 2008.....	65

ANEXO A

TABELA 1A. Resumo da análise de variância para o acúmulo de matéria seca na parte aérea (MSPA), no sistema radicular (MSR), para a relação parte aérea/raiz (PA/R), para os teores de N na parte aérea (%NPA) e para os teores de N na raiz (%NR). UFLA, Lavras, MG, 2008.

FV	Quadrados Médios				
	MSPA	MSR	PA/R	%NPA	%NR
Bloco	122,19	0,16	2,54**	63,58	92,50
Cultivar (C)	138,98**	49,16**	9,18**	45,86**	8,49
Doses (D)	187,43	0,33	7,48**	1193,51**	72,20**
C x D	105,60	13,69**	5,12	6,37	5,39
Erro	62,97	6,34	1,56	11,93	11,59
CV (%)	28,53	24,04	41,17	9,26	22,85
Média	27,81	10,47		37,29	14,90

** significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

TABELA 2A. Resumo da análise de variância para as doses de 100 e 400 mg dm⁻³ em cada cultivar avaliada. UFLA, Lavras, MG, 2008.

FV	GL	QM
Doses d. P30F53	1	18,52 ns
Doses d. P30S40	1	8,36 ns
Doses d. AG5020	1	5,68 ns
Doses d. AL25	1	14,69 ns
Doses d. BM2202	1	12,13 ns
Doses d. DKB390	1	14,96 ns
Doses d. DKB566	1	16,33 ns
Doses d. DKB747	1	7,14 ns
Doses d. DKB789	1	0,87 ns
Doses d. GNZ2004	1	24,85 ns
Resíduo	57	6,34 ns

TABELA 3A. Resumo da análise de variância para o estudo dos efeitos de cultivar nas doses de 100 e 400 mg dm⁻³ de nitrogênio. UFLA, Lavras, MG, 2008.

FV	GL	QM
Cultivar d. Doses (100)	9	19,91*
Cultivar d. Doses (400)	9	42,94*
Resíduo	57	

* significativo a 1% probabilidade pelo teste de F.

ANEXO B

TABELA 1B. Resumo da análise de variância para produtividade de grãos de milho (P), peso de matéria seca da parte aérea (MSPA), teor de N na parte aérea (%PA) e teor de N no grão (%NG). UFLA, Lavras, MG, 2008.

FV	Quadrados Médios			
	P	MSPA	%NPA	%NG
Bloco	16923339,98	2513850,39	0,52	3,72
Cul. (C)	2547432,36*	26308976,35**	0,93	54,15*
Doses (D)	156765778,13*	84439742,61**	24,07*	2,15*
C x D	2799878,66*	1489299,30	0,55	1,12
Erro	304134,75	4270343	0,74	1,15
CV (%)	7,36	11,78	15,88	7,77

* e ** significativo, a 1% e 5% probabilidade, respectivamente, pelo teste de F.

TABELA 2B. Resumo da análise de variância para o estudo dos efeitos das cultivares nas doses de 40 e 160 kg ha⁻¹ de nitrogênio. UFLA, Lavras, MG, 2008.

FV	GL	QM
Cultivar d. Dose (40)	9	1898405,88*
Cultivar d. Dose (160)	9	3448905,14*
Resíduo	38	304134,75

* significativo a 1% probabilidade pelo teste de F.

TABELA 3B. Resumo da análise de variância para produtividade de grãos de milho eficiência fisiológica (EF), eficiência agrônômica (EA), eficiência de recuperação (RAN), eficiência na produção de grão (IG) e eficiência de utilização (EUN). UFLA, Lavras, MG, 2008.

FV	Quadrados Médios				
	EF	EA	RAN	IG	EUN
Bloco	27,14	0,16	0,002	0,02	3,17
Cultivar (C)	56,68	22,26*	0,102*	42,76*	158,43*
Erro	68,22	0,60	0,025	3,10	38,86
CV (%)	20,65	11,94	20,67	20,08	20,64

* significativo a 1% de probabilidade pelo teste de F.