

LEANDRO TONELLO ZUFFO

**AVALIAÇÃO DE HÍBRIDOS COMERCIAIS DE MILHO
PARA CARACTERES AGRONÔMICOS E EFICIÊNCIA NA
UTILIZAÇÃO DE NITROGÊNIO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2016

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

Z95a
2016

Zuffo, Leandro Tonello, 1989-

Avaliação de híbridos comerciais de milho para caracteres
agronômicos e eficiência na utilização de nitrogênio / Leandro
Tonello Zuffo. – Viçosa, MG, 2016.
vi, 32f. : il. ; 29 cm.

Inclui anexos.

Orientador: Rodrigo Oliveira de Lima.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f.23-26.

1. *Zea mays*. 2. Milho - Cultivo. 3. Milho - Qualidade
fisiológica. 4. Milho - Teor do nitrogênio. I. Universidade
Federal de Viçosa. Departamento de Fitotecnia. Programa de
Pós-graduação em Fitotecnia. II. Título.

CDD 22. ed. 633.15

LEANDRO TONELLO ZUFFO

Avaliação de híbridos comerciais de milho para caracteres
agronômicos e eficiência na utilização de nitrogênio

Dissertação apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das
exigências do Programa de Pós-Graduação
em Fitotecnia, para obtenção do título
Magister Scientiae.

APROVADA: 27 de Julho de 2016

Davi Lopes do Carmo

Davi Lopes do Carmo

Naine Martins do Vale

Naine Martins do Vale

J. E. Carneiro

José Eustáquio de Souza Carneiro

R. Oliveira

Rodrigo Oliveira de Lima

(Orientador)

AGRADECIMENTO

A Deus, pela vida, por tudo que me concedeu e por estar presente em todos os momentos de minha vida.

Aos meus pais, Rogério e Jusara, minha irmã Jéssica e todos os familiares pelo apoio, incentivo, dedicação, amor e respeito.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), em especial ao Departamento de Fitotecnia, pela oportunidade de realização do curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig) e à Fundação Arthur Bernardes (Funarbe), pelo financiamento dos projetos, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao orientador, Prof. Rodrigo Oliveira de Lima, pelo aprendizado, apoio, amizade e instruções na execução do trabalho.

Aos professores, Dr. José Eustáquio de Souza Carneiro, a Dr. Naine Martins do Vale, e o Dr. Davi Lopes do Carmo pela participação na banca de defesa de dissertação.

A equipe do Programa Milho-UFV, estagiários, bolsistas de iniciação científica e pós-graduandos, pelo apoio e ajuda na execução do projeto, pois sem eles não seria possível a condução dos experimentos.

Aos funcionários do Campo Experimental de Coimbra, por toda dedicação e suporte na condução do experimento.

Ao Prof. Ricardo Henrique Silva Santos e integrantes do Laboratório de Agroecologia, pela disponibilização do laboratório e ajuda na realização das análises químicas.

Aos amigos durante essa caminhada, pela valiosa amizade e apoio para realização desta etapa de minha vida. Muito obrigado.

BIOGRAFIA

Leandro Tonello Zuffo, filho de Rogério Zuffo e Jusara Maria Tonello Zuffo, nasceu em Jataí - GO, em 18 de março de 1989.

Em 2007, ingressou na Universidade Federal de Viçosa, onde se graduou em Agronomia, obtendo título em novembro de 2012.

Em março de 2013, começou intercâmbio nos Estados Unidos da América, trabalhando com tomate em casa de vegetação, retornando ao Brasil em março de 2014.

Em setembro de 2014, entrou na empresa Plantar Produtos Agrícolas, situada em Jataí-GO, trabalhando como promotor de vendas na área de sementes de milho, em parceria com empresa Dow Agrosiences, terminando vínculo em janeiro de 2015.

Em março de 2015, iniciou o curso de Mestrado em Fitotecnia, com área de concentração em genética e melhoramento de plantas, na Universidade Federal de Viçosa, submetendo-se à defesa em julho de 2016.

SUMÁRIO

RESUMO.....	v
ABSTRACT	vi
1. Introdução	vi
2. Material e Métodos	4
2.1. Material Genético.....	4
2.2. Execução Experimental	5
2.2. Caracteres Avaliados	5
2.3. Análises Genético-Estatísticas	7
3. Resultados e Discussão.....	8
3.1. Produtividade de Grãos e Índices de Eficiências de Nitrogênio	8
3.2. Produtividade de Biomassa e Caracteres Agronômicos	14
3.3. Correlações Entre Produtividade de Grãos e Índices de Eficiências de Nitrogênio	17
4. Conclusões.....	21
5. Referências Bibliográficas.....	22
Anexos.....	26

RESUMO

ZUFFO, Leandro Tonello, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2016. **Avaliação de híbridos comerciais de milho para caracteres agronômicos e eficiência na utilização de nitrogênio.** Orientador: Rodrigo Oliveira de Lima. Coorientador: Pedro Crescêncio Souza Carneiro.

O milho é uma das principais culturas agrícolas do mundo. Dos 15,8 milhões de hectares plantados com milho no Brasil, estima-se que 98% dessa área sejam cultivados com híbridos. O nitrogênio (N) é o nutriente consumido em maior quantidade pela planta de milho. Assim, os objetivos desse trabalho foram: i) avaliar híbridos comerciais de milho tropical para eficiência de utilização e remobilização de N em contratantes doses de N; ii) avaliar híbridos comerciais de milho tropicais para caracteres agronômicos em condições contrastantes de N e; iii) estudar a influência de caracteres agronômicos na produtividade de grãos e nas eficiências de utilização e remobilização de N em híbridos comerciais de milho tropical. Para realização desse trabalho foram utilizados 87 híbridos comerciais de milho, sendo avaliados na Estação Experimental de Coimbra, Coimbra-MG, na safra 2015/2016. Foram realizados dois experimentos, um em baixa dose (18 kg ha^{-1} de N), e outro em alta dose de N (198 kg ha^{-1} de N). Cada experimento foi realizado em delineamento de blocos casualizados com três repetições. Cada parcela foi constituída de duas linhas de milho com quatro metros de comprimento, espaçadas em 0,80 m. Foram avaliados os seguintes caracteres: área foliar, altura de planta, diâmetro de colmo (DC), teor de clorofila (SPAD), comprimento de entrenó, número de fileiras, comprimento de espiga, profundidade de grão, massa hectolítrica (PHE), massa de 1000 grãos, biomassa no florescimento, colheita e total, concentração de N no florescimento, na colheita e nos grãos, conteúdo de N da biomassa no florescimento, colheita, grãos e total, absorção pós-antese (NPA), N remobilizado, eficiência de remobilização, eficiência na utilização de N (EUtN), índice de colheita de N (ICN) e produtividade de grãos. Comprovou-se variabilidade genética entre os híbridos comerciais de milho para caracteres relacionados à utilização de N. Houve efeito significativo para EUtN em ambos ambientes. Os híbridos mais produtivos em alto N foram BM709PRO2, P3456H e BM3063PRO2. Os híbridos mais produtivos em baixo N foram BM709PRO2, RB9004PRO e BM3061. Em geral, a diferença de dose de N no solo influenciou o desempenho dos caracteres, diminuindo as médias, mas, para PHE, EUtN, NPA e ICN observou-se maiores médias no ambiente de baixo N. Os caracteres DC e SPAD, podem ser considerados na seleção indireta de híbridos de milho mais eficientes na utilização e na remobilização de nitrogênio.

ABSTRACT

ZUFFO, Leandro Tonello, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2016. **Evaluation of commercial corn hybrids for agronomic traits and nitrogen use efficiency.** Advisor: Rodrigo Oliveira Lima. Co-advisor: Pedro Crescêncio Souza Carneiro.

Corn is a major crop in the world. Of the 15.8 million hectares of maize in Brazil, it is estimated that 98% of this area is cultivated with hybrids. Nitrogen (N) is the nutrient consumed in greater quantities by the corn plant. The objectives of this study were: i) to evaluate tropical maize hybrids for commercial use efficiency and remobilization of N at contrasting doses of N; ii) evaluate commercial hybrids of tropical maize for agronomic traits in contrasting conditions of N and; iii) to study the influence of agronomic traits in grain yield and efficiencies and remobilization of N in commercial hybrids of tropical maize. To carry out this work were used 87 commercial corn hybrids were evaluated at the Experimental Station of Coimbra, Coimbra, MG, at harvest 2015/2016. Two experiments were conducted, one in low dose (18 kg N ha^{-1}) and one high dose of N (198 kg N ha^{-1}). Each experiment was conducted in a randomized block design with three replications. Each plot consisted of two rows of corn four meters long, spaced at 0.80 m. We evaluated the following characters: leaf area, plant height, stem diameter (SD), ear leaf chlorophyll concentration (SPAD), length of internodes, kernel rows, ear length, depth of grain, hectoliter weight, one thousand kernel weight, biomass in flowering, harvest and total, N concentration at flowering, harvesting and grain, N content of the biomass at flowering, harvest, grain and total, post-silking absorption, N remobilized, remobilization efficiency, N utilization efficiency (NUE), N harvest index (NHI) and grain yield. Verified to be genetic variability among commercial corn hybrids for traits related to the use of N. There was a significant effect for NUE in both environments. The most productive hybrids in high N were BM709PRO2, P3456H and BM3063PRO2. The most productive hybrids in low N were BM709PRO2, RB9004PRO and BM3061. In general, N rate influence the performance of the characters, reducing the average, but for PHE, NUE, NPA and NHI observed higher average at low dose. The SD and SPAD characters can be considered in the indirect selection of more efficient maize hybrids in use and nitrogen remobilization.

1. Introdução

A área brasileira plantada com milho não aumentou muito nos últimos 25 anos. Na safra 1991/1992, foram plantados 13,5 milhões de hectares com milho em terras tupiniquins, e foram colhidos 24,1 milhões de t de grãos de milho (CONAB, 2016). Na safra 2014/2015, foram plantados 15,7 milhões de hectares com milho e produzidos 84,7 milhões de t de grãos desse cereal. Assim, enquanto a produção brasileira de milho aumentou 350%, a área semeada com milho aumentou apenas 16,3% durante esse período. Constatase, então, que o aumento da produção de milho foi 27,55 vezes maior que o incremento em área plantada, nas últimas 2,5 décadas. Essa evolução na produção brasileira de milho foi possível principalmente devido ao aumento da produtividade do milho no Brasil, que passou de 2,2 t ha⁻¹, na safra 1991/1992, para 5,4 t ha⁻¹, na safra 2014/2015. Entre as principais práticas adotadas pelos produtores de milho, que foram responsáveis pelo aumento da produtividade de grãos desse cereal, destacam-se três: híbridos mais responsivos ao uso de tecnologias e mais tolerantes ao aumento de população de plantas, introdução de cultivares transgênicos e aumento na dose de nitrogênio (N) aliada a níveis equilibrados de outros nutrientes, que propiciam uma maior resposta e expressão genética dos híbridos modernos.

Dentre os nutrientes importantes para produção de milho, o N é o nutriente absorvido em maior quantidade, e a deficiência dele é considerado um dos principais fatores limitantes a produtividade de grãos no milho (ZUCARELI et al., 2014; JANDREY, 2016). Ele é constituinte de vários compostos orgânicos e está associado à processos fisiológicos da fotossíntese, respiração e absorção iônica (TAIZ e ZEIGER, 2010). Segundo Duvick (1997), o aumento na produtividade de milho no século passado foi associado com aumento da adubação nitrogenada. O sintoma de deficiência de N inicia nas folhas mais velhas, por ser um nutriente móvel na planta, observado o amarelecimento em forma de "V" invertido ao longo da nervura principal que inicia na ponta da folha e prolonga até o meio, evoluindo para estado de necrose, e em alguns casos deformações na ponta das espigas (MALAVOLTA et al., 1997)

Para alcançar altas produtividades de grãos são necessárias grandes quantidades de fertilizantes nitrogenados. Estima-se que para cada 60 kg de milho produzidos sejam necessários um kg de N (GROSS et al., 2006; PAVINATO et al., 2008; RAMOS, 2014). Entretanto, embora o N seja muito importante para a cultura do milho e esse seja muito

responsivo a ele, a eficiência da adubação nitrogenada no milho é inferior a 50% (MONNEVEUX et al., 2005). Além disso, o aumento indiscriminado da dose de N na cultura pode provocar a lixiviação e percolação de N com contaminação de lençóis freáticos e eutrofização da água.

Para aumentar a produtividade do milho de forma sustentável dois tipos de estratégias podem ser adotadas. A primeira é desenvolver e adotar práticas agronômicas que favoreçam a utilização mais eficiente do N da matéria orgânica do solo através da fixação biológica do N atmosférico. A segunda é desenvolver, através do melhoramento genético, cultivares de milho que sejam mais eficientes no uso e na utilização de N (HIREL et al., 2001). Esses mecanismos podem reduzir a dependência de fertilizantes nitrogenados nas áreas de baixa fertilidade. As cultivares que são mais tolerantes ao estresse de N são superiores na utilização do N disponível devido a melhor capacidade de absorver e utilizar esse nutriente para produzir grãos (LAFFITTE e EDMÉADES, 1994). Mas a eficiência da utilização de N pode diminuir com o aumento das doses aplicadas, pois o suprimento de N pode exceder as necessidades da cultura (FERNANDES et al., 2005).

A eficiência no uso de N, foi primeiramente proposta por Moll et al. (1982) e é definida como a razão entre a produtividade de grãos ou peso de parte aérea da planta seca por unidade de N disponível no solo. Ela é composta pela eficiência na absorção de N, que é a capacidade da planta em absorver N, e pela eficiência na utilização de N, que é a capacidade interna da planta de produzir grãos ou matéria seca por unidade de nutriente absorvido. Entretanto, estudos tem mostrado que a eficiência de utilização de N é o componente que mais contribui para eficiência no uso de N em milho. Rodrigues (2015) avaliou 64 linhagens de milho tropical para componentes da eficiência de N em condições contrastantes de N no solo e encontrou que a eficiência na utilização de N contribuiu com mais de 75% da variação na eficiência no uso de N. Assim, cultivares de milho mais eficientes em utilizar o N absorvido são mais eficientes no uso desse e, conseqüentemente, eles são mais tolerantes a escassez desse nutriente no solo.

Um fator que é muito importante para eficiência de utilização de N em milho é a capacidade da planta remobilizar N acumulado na parte vegetativa para os grãos. Estima-se que aproximadamente 50% do N do grão são provenientes da remobilização de N acumulado na parte vegetativa da planta (HIREL et al., 2001; COQUE e GALLAIS, 2007). Cultivares de milho mais eficientes na remobilização de N são eficientes na utilização de N e, conseqüentemente, eles são mais produtivos, principalmente em condições de baixa

disponibilidade de N no solo (GALLAIS e COQUE, 2005). Estudos tem mostrado que há enorme variabilidade genética para eficiência de remobilização de N entre os cultivares modernos de milho (MASCLAUX-DAUBRESSE et al., 2008). Worku et al. (2007) investigaram os componentes da eficiência do uso de N e a eficiência de remobilização em 16 híbridos de milho tropical em vários locais e condições contrastantes de N no solo. Segundo os autores, em solos com baixa disponibilidade de N, maiores produtividades de grãos foram associadas com maiores capacidade de absorção de N após florescimento e híbridos eficientes no uso de N remobilizaram mais N da parte vegetativa que híbridos ineficientes. Abe et al. (2012) avaliaram 14 híbridos de milho tropical em três níveis de N no solo: baixo, intermediário e alto. Eles verificaram que há variação genética entre os híbridos para absorção, utilização e remobilização de N nos três níveis desse nutriente e que há interação entre híbridos e níveis de N no solo. Além disso, em solos com baixa disponibilidade de N, a remobilização de N foi muito importante para o enchimento de grãos.

Caracteres agronômicos relacionados à eficiência no uso de N estão sendo estudados com o intuito de aperfeiçoar o processo de seleção e, com isso, obter cultivares mais eficientes no uso do N, com economia de tempo e dinheiro. Para um caractere ser utilizado no processo seletivo como caractere ideal, ele deve estar correlacionado geneticamente com a o caractere principal, apresentar alta herdabilidade, possuir alta variabilidade genética, ser fácil e rápido de mensurar e estável durante o período de avaliação (FALCONER e MACKAY, 1996; O'NEILL et al., 2006). Miranda et al. (2005) usaram o teor de clorofila na folha de milho para descartar linhagens de milho ineficientes no uso de N. Abdel-Ghani et al. (2013) avaliaram 74 linhagens de milho temperado em solos com alta e baixa disponibilidade de N, e encontraram correlação positiva e significativa entre peso de raízes secas, avaliados em V2, e produtividade de grãos, em solo com alta disponibilidade de N. Estes mesmos autores, encontraram também alta correlação entre comprimento total de raízes seminais e produtividade de grãos, em condições contrastantes de N no solo. Estes resultados indicam que é possível fazer a avaliação de caracteres correlacionados com produtividade de grãos e, com isso, fazer seleção precoce de linhagens de milho eficientes no uso de N.

Atualmente, os agricultores brasileiros tem a disposição deles um elevado número de cultivares comercial de milho com ampla diversidade genética. Na safra 2015/2016, foram disponibilizados 477 cultivares de milho aos agricultores brasileiros, dos quais 284 são cultivares transgênicas e 193 são cultivares convencionais. Dentre desses 477, 323 são de fato material genético diferente e os demais 154 são variações de eventos transgênicos. Ademais,

há um predomínio de híbridos simples, modificados ou não (60,07%). Os híbridos triplos, modificados ou não (18,57%), híbridos duplos (9,91%) e as variedades, híbridos intersetuais e "Top Cross" (11,45%) completam as opções de mercado (EMBRAPA, 2015).

A maioria dos cultivares de milho são desenvolvidas por empresas de sementes multinacionais que visam ambientes ótimos de cultivo com elevada aplicação de fertilizantes, principalmente nitrogenados. Entretanto, muitos agricultores utilizam baixas doses de fertilizantes nitrogenados, e os híbridos disponíveis no mercado podem apresentar comportamento diferenciado frente às diferenças de N no solo, ou seja, pode-se verificar a presença de interação híbridos x níveis de N. Embora, haja trabalhos com avaliação de híbridos de milho em condições de estresse de N para caracteres agronômicos, componentes da eficiência de N e remobilização de N, esses estudos têm sido realizados com germoplasma temperado ou quando realizados em germoplasma tropical tem sido feitos em países da África como Moçambique e Zimbábue. Assim, é necessário avaliar uma amostra desses híbridos de milho disponíveis aos agricultores em condições de solos tropicais no Brasil.

Diante do exposto, os objetivos desse trabalho foram: i) avaliar híbridos comerciais de milho tropical para eficiência de utilização e remobilização de N em condições contrastantes de N no solo; ii) avaliar híbridos comerciais de milho tropical para caracteres agronômicos em condições contrastantes de N no solo e; iii) estudar a influência de caracteres agronômicos na produtividade de grãos e nas eficiências de utilização e remobilização de N em híbridos comerciais de milho tropical.

2. Material e Métodos

2.1. Material Genético

Para realização desse trabalho foram utilizados 87 híbridos comerciais de milho disponibilizados no mercado por 16 diferentes empresas. Os híbridos diferem quanto ao tipo, origem, ciclo, e textura do grão. Dentre os materiais, 58 (64%) são híbridos simples, 7 (8%) híbridos simples modificados, 13 (15%) híbridos triplos modificados, 1 (1%) híbrido triplo modificado e 8 (9%) híbridos duplos. Em relação ao ciclo, 17 (20%) superprecoce, 62 (71%) precoce, 3 (3%) semi precoce e 2 (2%) normal. Quanto ao tipo de grão, 9 (10%) dentado, 21 (24%) semi dentado, 42 (48%) semi duro e 13 (15%) duro (Anexo 1).

2.2. Execução Experimental

Na safra 2015/2016, 87 híbridos comerciais de milho foram avaliados na Estação Experimental de Coimbra, Coimbra, MG (20°50'30"S, 42° 48'30"W, altitude de 720 m), pertencente à Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Fitotecnia. Foram realizados dois experimentos, um sem adubação nitrogenada (-N) e outro com adubação nitrogenada (+N). Cada experimento foi realizado em delineamento de blocos casualizados com três repetições. Cada parcela foi constituída de duas linhas de quatro metros de comprimento, espaçadas em 0,80 m, com área útil de 6,4 m². A semeadura do experimento foi realizada na primeira quinzena de novembro de 2015. Foi adicionado 30% de sementes no plantio e, 25 dias após a semeadura, foi realizado o desbaste com objetivo de obter uma população final de 62.500 plantas ha⁻¹.

A adubação de plantio foi realizada com base na análise química do solo, apresentada no quadro 1, e conforme as recomendações técnicas para cultura do milho (ALVES et al., 1999). No ambiente de +N, foi aplicado no plantio, 186 kg ha⁻¹ de MAP (Mono-Amônio-Fosfato, que contém 50% de P₂O₅ e 10% de N) no sulco, e 100 kg ha⁻¹ de KCl (Cloreto de Potássio, que contém 60% K₂O) ao lado do sulco de plantio após a semeadura. Também foram realizadas duas adubações de cobertura à base de N, a primeira no estágio de quatro folhas completamente desenvolvidas (V4) e a segunda no estágio de sete folhas completamente desenvolvidas (V7). Sendo aplicado 177 kg ha⁻¹ de ureia em cada estágio, somando 180 kg ha⁻¹ de N total (plantio + cobertura). No experimento -N, foi aplicado 186 kg ha⁻¹ de MAP e 100 kg ha⁻¹ de KCl, sem complementação de adubação nitrogenada em cobertura. Os demais tratos culturais foram realizados de acordo com as recomendações técnicas para a cultura do milho (GALVÃO et al., 2015).

Quadro 1 - Resultado das análises químicas do solo dos experimentos, no ambiente de baixa (-N) e alta (+N) dose de nitrogênio, na camada de 0 a 0,20 m de profundidade

Dose	pH	H+Al	Al	Ca	Mg	K	P	MO	SB	CTC	V
	-	cmol _c dm ⁻³				mg dm ⁻³		dag kg ⁻¹	cmol _c dm ⁻³		%
+ N	5,2	3,80	0,0	2,4	1,3	135	26,1	3,35	4,05	7,85	52
- N	5,4	3,80	0,0	2,5	1,2	101	13,3	2,98	3,96	7,76	51

2.2. Caracteres Avaliados

Em relação aos caracteres agronômicos e de arquitetura de planta, foram avaliados os seguintes caracteres em quatro plantas competitivas da parcela: teor de clorofila (SPAD), mensurado na folha da espiga 15 dias após o florescimento feminino com auxílio do

equipamento SPAD-502 (Soil Plant Analysis Development); área foliar (AF, cm^2) feita pela razão entre o comprimento e a largura da folha da espiga superior; altura de planta (AP, cm) e espiga (AE, cm), como distância do nível do solo até a inserção da folha bandeira e do nível do solo até a inserção da espiga superior, respectivamente; número de nós abaixo e acima da espiga superior, sendo avaliado através da contagem dos números de nós que estão abaixo e acima da primeira espiga da planta; diâmetro de colmo (DC, mm) obtido com auxílio de paquímetro digital, medido no primeiro entrenó; comprimento de espiga (CE, cm) medido das espigas despalhadas, da base à ponta; diâmetro de espiga (DE, mm) mensurado por paquímetro digital na altura do meio da espiga; número de fileira de grãos (NF); massa hectolétrica (PHE, g L^{-1}), massa de 1000 grãos (P1000, g) e produtividade de grãos (PG, kg ha^{-1}). A PG foi estimada pela colheita de todas as espigas da parcela. Depois de colhidas, as espigas foram debulhadas através de debulhador elétrico e feito a pesagem e medição de umidade em seguida, e em todos os caracteres que foram mensurados os grãos, foi feita correção de umidade para 14,5%.

Na ocasião do florescimento feminino (quando 50% das plantas da parcela apresentaram estilo-estigma visíveis), quatro plantas inteiras foram amostradas de cada parcela. As plantas foram cortadas rentes ao solo e colocadas para secar em estufa com circulação de ar forçada a 70° C por 72 horas. Após a secagem, elas foram pesadas e moídas para análise de teor de N. Na maturação fisiológica, mais quatro plantas inteiras com suas respectivas espigas foram novamente amostradas de cada parcela. Depois da remoção dos grãos (planta + palha da espiga + sabugo), as plantas e os grãos foram pesados e ambos foram colocados para secar em estufa com circulação de ar forçado a 70° C por 72 horas. Depois disso, as plantas e os grãos foram moídos separadamente para determinação de teor de N. No florescimento feminino, a biomassa de planta (g planta^{-1}) foi calculada pela razão do peso das plantas secas dividido por quatro e, na maturação fisiológica, a biomassa de planta total (g planta^{-1}) foi calculada da média da soma do peso de espigas e palha. A acumulação de biomassa (g planta^{-1}) foi calculada pela subtração de biomassa de planta no florescimento feminino da biomassa total de planta na colheita. Amostras individuais de grãos e de planta (sem grãos) foram moídas em moinho do tipo Willey e armazenadas para posterior determinação do teor de N. Depois disso, subamostras de grãos e de plantas foram coletadas para determinação do teor de N total (dag kg^{-1}), determinado pelo método Kjeldahl, descrito por Bremner e Mulvaney (1982). O conteúdo de N (g planta^{-1}) na planta no florescimento foi calculado pela multiplicação da concentração de N pelo peso de planta seca (biomassa). O

conteúdo de N (g planta⁻¹) na colheita foi calculado pela multiplicação da concentração de N nas amostras de grãos e plantas pelos seus respectivos pesos secos e a soma desses. Após isso, os seguintes índices de N foram obtidos (MOLL, 1982; COQUE e GALLAIS, 2007):

$$EUtN = \frac{PG}{NBT}$$

$$ICN = \frac{NBG}{NBT}$$

$$NPA = \frac{NBT - NBF}{NBT} \times 100$$

$$Nrem = NBF - NBC$$

$$ERN = \frac{Nrem}{NBF} \times 100$$

em que: EUtN: eficiência de utilização de nitrogênio (kg kg⁻¹); ICN: índice de colheita do N; NPA: absorção de nitrogênio pós-antese (%); Nrem: quantidade de N remobilizado (kg kg⁻¹); ERN: eficiência de remobilização de N (%); PG: produtividade de grãos (kg ha⁻¹); NBC: quantidade de N na biomassa na colheita (kg ha⁻¹); NBG: quantidade de N nos grãos (kg ha⁻¹); NBT: quantidade de N na biomassa total (palha + grão); NBF: quantidade de N da biomassa até florescimento (kg ha⁻¹).

2.3. Análises Genético-Estatísticas

Após coletar todos os dados fenotípicos, foi realizada uma análise de variância para cada caractere em cada experimento, -N e +N, para avaliar a existência de variabilidade genotípica entre os híbridos de milho. As análises individuais foram realizadas segundo o modelo estatístico:

$$y_{ik} = \mu + g_i + b_k + e_{ik}$$

y_{ik} : o valor observado obtido do i-ésimo híbrido avaliado no k-ésimo bloco;

μ : média geral;

g_i : o efeito do i-ésimo híbrido (i = 1, 2, ..., 87);

b_k : o efeito do k-ésimo bloco (k = 1, 2,3);

e_{ik} : o erro aleatório associado à observação y_{ik} .

Em seguida, foi realizada uma análise de variância conjunta com a finalidade de verificar a interação híbridos x doses de N. O efeito de dose de N foi considerado fixo, e o efeito de híbrido foi considerado aleatório. Para análise conjunta, foi considerado o seguinte modelo estatístico:

$$y_{ijk} = \mu + g_i + a_j + ga_{ij} + b/a_{jk} + e_{ijk}$$

y_{ik} : o valor observado obtido do i-ésimo híbrido avaliado na j-ésima dose no k-ésimo bloco

μ : média geral;

g_i : o efeito do i-ésimo híbrido ($i = 1, 2, \dots, 87$);

a_j : o efeito da j-ésima dose de N ($j = 1, 2$);

ga_{ij} : o efeito da interação do i-ésimo híbrido com a j-ésima dose de N;

b/a_{jk} : o efeito do k-ésimo bloco dentro da j-ésima dose de N;

e_{ijk} : o erro experimental médio associado à observação y_{ijk} .

Ainda, foram estimadas as correlações fenotípicas entre os caracteres de eficiência de N e caracteres agronômicos com produtividade, a fim de determinar caracteres de simples mensuração relacionados a eficiência de utilização do N.

O coeficiente de variância (CV), medida relacionada à qualidade experimental, foi estimada pela expressão: $CV = (s \cdot m^{-1}) 100$, em que s é o desvio-padrão residual e m é a média geral do experimento (SCAPIM et al., 1995). Todas as análises genético-estatísticas foram realizadas com auxílio do Programa Genes (CRUZ, 2013).

3. Resultados e Discussão

3.1. Produtividade de Grãos e Índices de Eficiências de Nitrogênio

Houve efeito significativo ($P < 0,01$) de fonte de variação híbridos para maioria dos caracteres avaliados, em alto e baixo N, exceto para CNF, NBC, ICN e Nrem, em alto, e CNC, NBT e ERN, em baixo, cujo efeito constatado foi ao nível de 5%, EUtN em baixo ao nível de 10%, e ERN em alto e CNG em baixo que não houve efeito significativo pelo teste F (Tabela 1). Assim, constatou-se que há variabilidade genotípica entre os híbridos comerciais para maioria dos caracteres agronômicos e componentes da eficiência no uso do N em ambas condições de N no solo. Barbieri et al. (2008) avaliaram híbridos de milho por três anos em níveis contrastantes de N (0 e 140 kg ha⁻¹) e Coque e Gallais (2008) avaliaram durante dois

anos 113 linhagens endogâmicas recombinantes e ambos encontraram resultados semelhantes para caracteres de eficiência de N ao nível de 10% pelo teste F. Caviglia et al. (2014) avaliaram dois híbridos de milho, em dois anos, com dois níveis de N (0 e 200 kg ha⁻¹) e obtiveram resultado semelhante para EUtN. De acordo com Huber et al. (1994), quatro fatores determinam a resposta da produtividade em milho à disponibilidade de N: absorção pelas raízes; capacidade de a planta armazenar N; eficiência da planta remobilizar N da parte vegetativa para grãos e dinâmica e força da absorção do grão. Assim, é possível selecionar híbridos de milho eficientes na utilização de N entre os 87 híbridos avaliados. Worku et al. (2007) e Badu-Apraku et al. (2012) também relatam variabilidade genotípica para caracteres agronômicos e de EUtN entre híbridos de milho avaliados em condições contrastante de N com possibilidade de seleção de híbridos mais eficientes na utilização de N em milho.

A precisão experimental, medida pelo CV, variou no ambiente +N de 7,30 a 65,59 e no ambiente -N de 5,89 a 78,79 (Tabela 1). Os caracteres ERN e Nrem obtiveram as maiores estimativas de CV, porém estão dentro das estimativas obtidas em trabalhos semelhantes (ABE et al., 2012; WORKU et al., 2007; BARBIERI et al., 2008). De acordo com Scapim et al. (1995), que propuseram uma classificação específica do CV para alguns caracteres na cultura do milho, os valores apresentados estão dentro dos padrões normais de experimentação de milho, o que pode indicar boa precisão experimental dos dados. Em relação às estimativas de herdabilidade (h^2), no geral foram maiores no ambiente +N do que -N. Segundo Coque e Gallais (2006), em condições de estresse N, há redução da variabilidade genética e, conseqüentemente, na estimativa da herdabilidade do caractere. Nota-se que CNF e ICN apresentaram maior acurácia e maior herdabilidade em -N, ou seja, esses caracteres são importantes para a seleção de genótipos eficientes em N em baixo N.

Na análise conjunta, para interação híbridos (H) x níveis de N (N), houve alteração no comportamento relativo dos híbridos frente às diferenças de disponibilidade de N no solo para os caracteres CNF, NBF e NPA ($P < 0,01$) e EUtN e Nrem ($P < 0,1$) (Tabela 1). Para os demais caracteres não houve diferença significativa para interação HxN. Assim, na ausência de interação, o melhorista pode direcionar a avaliação em apenas um ambiente, pois o genótipo selecionado como superior em um ambiente terá comportamento semelhante em outro ambiente. Desta forma para CNF, NBF, NPA, EUtN e Nrem a seleção de híbridos deve ser feita em ambientes separados, pois houve alteração no ordenamento dos híbridos nos ambientes. Segundo Gallais et al. (2008), alelos que controlam expressão do caráter se expressam diferentemente em condições contrastantes de N. Para os demais caracteres CNC,

CNG, NBC, NBG, NBT, ICN, ERN e PG, como não houve interação significativa, a seleção pode ser feita em apenas um ambiente, ou realizada com base nas médias dos dois ambientes em estudo. Gebbing et al. (1999) relatam que durante o enchimento de grão, a remobilização de assimilados estocados e a corrente assimilação que é mobilizada direto ao grão, contribuem para a produtividade em cereais, e neste estudo foi observada diferenças entre os ambientes, tendo que para ambiente +N o Nrem foi maior, enquanto para -N, NPA foi maior, comparados ao ambiente em contraste.

As médias dos caracteres avaliados variaram entre os ambientes e foram, em geral, maiores em +N. A EUtN e ERN não apresentaram diferença significativa entre ambientes (Tabela 1). Para PG, os valores médios observados foram 9.939 kg ha⁻¹ e 8.414 kg ha⁻¹, em alto e baixo N, respectivamente, e, logo, houve uma redução de 15% do +N para o -N. Abe et al. (2012) avaliaram 12 híbridos experimentais milho tropical com dois híbridos comerciais como testemunha, em três níveis de adubação nitrogenada (0, 30 e 90 kg ha⁻¹ N). Eles observaram redução de 35% na produtividade de grãos em ambiente com baixo suplemento de N, quando comparado ao alto N. A diferença da produtividade entre esses dois trabalhos, em que no presente houve menor redução, pode ser devida ao fato de o estresse no trabalho de Abe et al. (2012) ter sido maior que no presente trabalho. Os caracteres Nrem, NBF e NBC foram os mais afetados pelo estresse, com redução de 38,5, 29,7 e 23,8%, respectivamente. Em relação a NPA, EUtN e ICN, esses apresentaram maiores médias no ambiente -N, tendo aumento de 12,06, 4,62 e 3,27%, respectivamente. Isso mostra que a planta em condições ideais de N absorve maior quantidade de N antes do florescimento e maior quantidade desse N fica na palha, o que é chamado de consumo de luxo. No entanto, no ambiente -N a absorção pós-antese se torna importante para produtividade. Em três experimentos conduzidos separadamente com ¹⁵N no campo, durante três anos e utilizando quatro híbridos, Gallais et al. (2006) relatam que em ambiente de baixo N a planta tem maior absorção pós-antese comparado com ambiente de alto N.

Tabela 1. Estimativas de médias, redução entre ambientes, acurácia e herdabilidade ($\hat{h}_{\%}^2$) para os caracteres: concentração de N de no florescimento (CNF, %), concentração de N na colheita (CNC, %), concentração de N no grão (CNG, %), quantidade de N na biomassa no florescimento (NBF, kg ha⁻¹), quantidade de N na biomassa na colheita (NBC, kg ha⁻¹), quantidade de N na biomassa no grão (NBG, kg ha⁻¹), quantidade de N total (NBT, kg ha⁻¹), eficiência de utilização do N (EUtN, kg kg⁻¹), absorção de N pós-antese (NPA, %), índice de colheita do N (ICN), eficiência de remobilização (ERN, %), nitrogênio remobilizado (Nrem, kg kg⁻¹) e produtividade de grãos (PG, kg ha⁻¹) avaliados em 87 híbridos comerciais de milho, em níveis contrastantes de N, na safra 2015/2016

Caracteres	Médias		Redução	CV (%)		$\hat{h}_{\%}^2$		Conjunta			
	+N ^{1/}	-N	Un. (%)	+N	-N	+N	-N	Média	Trat	Amb	Trat x Amb
CNF (%)	1,37*	1,25**	0,11(8,4)	11,14	12,05	31,17	58,05	1,31	ns	**	**
CNC (%)	0,62**	0,54*	0,08(12,9)	15,60	18,11	38,08	28,28	0,58	**	**	ns
CNG (%)	1,44**	1,22 ^{ns}	0,22(15,4)	8,18	14,66	68,73	15,94	1,33	**	**	ns
NBF (kg ha ⁻¹)	97,39**	68,48**	28,91(29,7)	18,30	17,98	67,23	57,10	82,93	**	**	**
NBC (kg ha ⁻¹)	58,44*	44,51**	13,93(23,8)	26,13	32,07	28,82	35,03	51,48	**	**	ns
NBG (kg ha ⁻¹)	142,39**	120,40**	22,00(15,5)	11,73	16,73	69,38	40,78	131,40	**	**	ns
NBT (kg ha ⁻¹)	200,84**	164,91*	35,93(17,9)	12,49	19,10	61,39	32,29	182,87	**	**	ns
EUtN (kg kg ⁻¹)	50,02**	52,34 [§]	-2,31(-4,6)	10,95	17,59	59,85	23,59	51,18	*	ns	§
NPA (%)	51,02**	57,18**	-6,15(-12,1)	19,77	17,53	46,79	43,66	54,09	§	**	**
ICN	0,71*	0,73**	-0,023(-3,3)	7,30	5,89	27,23	53,14	0,72	**	*	ns
ERN (%)	36,94 ^{ns}	32,45*	4,49(12,2)	57,73	78,79	18,33	28,31	34,70	*	ns	ns
Nrem (kg kg ⁻¹)	38,95*	23,96**	14,98(38,5)	62,59	74,99	33,29	30,07	31,45	*	**	§
PG (kg ha ⁻¹)	9.939**	8.414**	1.524(15,3)	7,79	12,56	86,97	59,02	9.176	**	**	ns

^{1/} **, *, §, ns significativo a 1%, 5% e a 10% e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

No experimento +N, para os 10 híbridos comerciais superiores para PG, observa-se esses também se destacarem, a maioria acima da média, para NBF, Nrem e EUtN e o inverso para NPA. Esse resultado evidencia que é importante para PG os híbridos que acumulam maior quantidade de N na biomassa até o florescimento, depois, remobilizam maior quantidade do N da planta para o grão e os que são mais eficientes no repasse do N da planta para o grão, ou seja, eficientes em utilizar o N. O híbrido BM709PRO2, superior ao demais para PG, NBF e Nrem, com médias de 12.888, 152,30 e 88,04, respectivamente, posicionou na colocação 17º para EUtN (59,97) e foi um dos piores para NPA (34,90), na posição 85 (Tabela 2). Coque e Gallais (2008) reportam que híbridos com produtividades superiores têm alta capacidade de absorver e estocar N na biomassa ou alta remobilização do N da palha para o grão ou a combinação dos dois processos. Abe et al. (2012) obtiveram resultado semelhante ao presente trabalho, em que os híbridos mais produtivos foram superiores para NBF e Nrem.

Tabela 2. Estimativas de médias dos caracteres produtividade de grãos (PG, kg ha⁻¹), eficiência de utilização do N (EUtN, kg kg⁻¹), quantidade de N na biomassa no florescimento (NBF, kg kg⁻¹), absorção de N pós-antese (NPA, %) e N remobilizado (Nrem, kg kg⁻¹) dos 10 híbridos mais produtivos (top10) e dos 10 menos produtivos e suas respectivas posições, em caracteres de eficiência N no ambiente +N

Híbrido	PG	EUtN	NBF	NPA	Nrem
BM709PRO2	12.888(1)	54,97(17)	152,30(1)	34,90(85)	88,04(1)
P3456H	12.100(2)	55,14(13)	112,36(13)	49,57(53)	57,05(12)
BM3063PRO2	11.990(3)	58,11(6)	100,85(41)	50,75(48)	50,53(24)
RB9004PRO	11.931(4)	50,52(41)	103,63(34)	56,96(23)	31,06(58)
AS1656PRO3	11.669(5)	55,07(15)	107,21(22)	50,00(50)	52,17(20)
HL1412	11.538(6)	51,98(26)	99,92(44)	54,97(31)	39,32(41)
P3779H	11.525(7)	53,79(21)	107,42(20)	49,74(52)	51,96(21)
AG8690PRO3	11.504(8)	50,73(39)	106,37(24)	52,67(40)	46,71(30)
DKB390PRO2	11.486(9)	58,38(5)	106,49(23)	45,83(63)	56,76(14)
AG8677PRO2	11.458(10)	47,79(59)	112,99(12)	52,70(39)	51,20(23)
22S18TOP	8.382(78)	49,54(46)	83,59(70)	50,86(47)	36,64(49)
22M12VIP	8.172(79)	45,75(73)	71,34(79)	58,65(18)	10,01(82)
2B710PW	8.166(80)	51,25(33)	62,56(85)	60,77(9)	20,02(74)
SHS7090	8.113(81)	46,72(70)	101,58(38)	41,12(79)	41,83(38)
AG7098PRO2	8.033(82)	42,14(82)	84,74(66)	55,47(30)	17,00(80)
BRS1010	8.014(83)	36,88(87)	84,73(67)	61,36(7)	7,00(85)
2B587PW	7.466(84)	43,43(77)	64,64(83)	62,50(6)	27,37(67)
DKB290PRO3	7.305(85)	43,07(80)	79,51(75)	53,36(35)	19,95(75)
2B633PW	6.929(86)	42,94(81)	58,31(86)	63,91(3)	3,84(86)
30A16PW	6.725(87)	41,24(85)	51,87(87)	68,11(1)	1,82(87)
Média geral	9.939	50,02	97,39	51,02	38,95

Quando se comprara os 10 híbridos comerciais menos produtivos, obtém-se a mesma conclusão, sendo o híbrido 30A16PW o menos produtivo (6.725) e menor média para NBF (51,87) e Nrem (1,82), ocupando posição 85 de 87 para EUtN (41,24) e sendo o que mais absorveu NPA (68,11) (Tabela 2).

Para o experimento -N, os 10 híbridos mais produtivos também obtiveram os maiores valores para NBF e Nrem (Tabela 3). O híbrido mais produtivo foi o mesmo do experimento +N, BM709PRO2, com produtividade de 10.600 kg ha⁻¹, sendo 8º para NBF (81,13), mas diferentemente não ficou entre os melhores para Nrem (11,73), 75º, e 20º para NPA (63,36). Isso demonstra que em -N o híbrido utilizou da absorção e estoque de N na biomassa e da absorção pós-florescimento para obter alta produtividade. O híbrido menos produtivo, 2B633PW, com PG 5.730 kg ha⁻¹, ocupou última colocação para NBF (39,93), foi 7º para NPA (65,49) e 77º para Nrem (9,77).

Tabela 3. Estimativas de médias dos caracteres produtividade de grãos (PG, kg ha⁻¹), eficiência de utilização do N (EUtN, kg kg⁻¹), quantidade de N na biomassa no florescimento (NBF, kg kg⁻¹), absorção de N pós-antese (NPA, %) e N remobilizado (Nrem, kg kg⁻¹) dos 10 híbridos mais produtivos (top10) e dos 10 menos produtivos e suas respectivas posições, em caracteres de eficiência N no ambiente -N

Híbrido	PG	EUtN	NBF	NPA	Nrem
BM709PRO2	10.600(1)	48,08(65)	81,13(8)	63,36(20)	11,73(75)
RB9004PRO	10.449(2)	50,29(54)	72,55(34)	64,78(11)	21,32(50)
BM3061	9.911(3)	47,99(68)	78,17(21)	61,28(31)	17,38(61)
P3456H	9.857(4)	59,10(13)	83,25(6)	50,25(69)	47,51(2)
P2830H	9.797(5)	64,74(4)	80,74(12)	46,05(78)	45,20(5)
DKB390PRO2	9.786(6)	60,76(9)	84,48(4)	47,09(75)	42,77(9)
P3844H	9.589(7)	45,72(70)	78,78(18)	62,67(25)	13,67(69)
GNZ9501PRO	9.536(8)	50,05(59)	72,16(35)	62,67(24)	24,99(38)
30F53YH	9.532(9)	53,44(32)	71,18(38)	60,43(33)	18,83(57)
BG7037H	9.487(10)	49,41(58)	79,93(15)	58,30(43)	33,06(23)
BRS1010	7.143(78)	46,81(72)	77,31(24)	48,26(72)	23,01(46)
DKB290PRO3	7.115(79)	55,94(25)	72,95(32)	44,75(83)	34,35(20)
XB9003BT	6.976(80)	46,81(73)	49,62(84)	65,02(9)	8,94(78)
SHS7090	6.709(81)	49,35(59)	55,51(77)	59,85(38)	15,87(64)
2B587PW	6.650(82)	54,28(28)	54,42(80)	58,10(44)	23,35(44)
BM810	6.470(83)	42,19(84)	40,86(86)	72,84(2)	-4,24(86)
2B710PW	6.436(84)	45,91(77)	51,33(82)	63,52(19)	6,93(80)
AG7098PRO2	6.406(85)	38,37(87)	61,75(66)	63,11(21)	0,73(83)
BM820	6.535(86)	48,85(63)	68,82(44)	43,79(74)	28,68(30)
2B633PW	5.730(87)	50,38(52)	39,93(87)	65,49(7)	9,72(77)
Média geral	8.414	52,34	68,48	57,18	23,96

3.2. Produtividade de Biomassa e Caracteres Agronômicos

Houve efeito significativo ($P < 0,01$) para fonte de variação híbridos para todos os caracteres, em alto e baixo N (Tabela 4). Verifica-se com esses resultados que há variabilidade genotípica entre híbridos comerciais de milho para caracteres de biomassa, arquitetura de planta, caracteres de espiga e teor de clorofila. E é possível selecionar híbridos superiores para esses caracteres entre os 87 híbridos avaliados. Ferro et al. (2007) relatam variabilidade genética para caracteres agronômicos em híbridos de milho confirmando a possibilidade de seleção de híbridos mais eficientes. A precisão experimental, medida pelo CV, com variação de 2,07 a 17,39, em +N, e de 2,26 a 19,93, em -N, pode ser classificada como boa, por apresentar estimativas dentro do proposto para cultura do milho (SCAPIM, 1995). As estimativas de h^2 foram no geral altas, variando de 56,48 a 89,92 em +N e 39,88 a 88,91 em -N. Assim, a maioria dos caracteres apresentaram alta h^2 em ambos os níveis de N, o que já era esperado, pois esses são caracteres controlados poucos genes e são pouco influenciados pelo ambiente (HALLAUER et al., 2010).

No estudo de análise conjunta, apenas BF foi significativo ($P < 0,01$) para interação H x N, ou seja, para esses caracteres os híbridos apresentaram diferença comportamento relativo dos híbridos comerciais frente as diferenças de N (Tabela 4). Para os outros caracteres não houve efeito significativo para interação HxN pelo teste F, o que indica uma resposta similar para estes caracteres dos genótipos estudados, quando cultivados em ambientes de baixa e alta disponibilidade de N. Nos caracteres avaliados que houveram efeito significativo para níveis de N, houve aumento das médias no ambiente +N. Os caracteres de biomassa, BF, BC e BT foram os mais influenciados negativamente pelo estresse de falta de N com reduções de 23,17, 14,20 e 23,17%, respectivamente. E os caracteres que foram menos influenciados pelo estresse de N foram NF com redução de 1,95% e CE 4,63%, respectivamente. Esses resultados corroboram com a alta estimativa de alta h^2 desses caracteres, ou seja, eles são pouco influenciados pelo ambiente. Solo com alta dose de N promoveu incremento da absorção de N nas plantas, e essa maior absorção influenciou nas características fisiológicas, bioquímicas e agronômicas avaliadas, uma vez que esse nutriente mineral é importante para o metabolismo das plantas, por ser constituinte de moléculas de proteínas, coenzimas, ácidos nucleicos, citocromos e clorofilas (Laza et al., 1993). Portanto, a deficiência de N pode comprometer o metabolismo de N, com redução de

PHE da cultura. O PHE foi o único caractere que teve maior média no ambiente -N. O aumento de PHE em condição de estresse de N em relação à condição ótima de N foi relatado em milho (CANCELIER et al., 2011) e trigo (TRINDADE et al., 2006). Nesses trabalhos, esses autores encontraram que a estimativa de PHE reduziu linearmente com o aumento das doses de N, e eles atribuíram isso ao aumento do número de grãos por espiga, que por sua vez são menores e por isso proporcionam melhor ajuste no cilindro, evitando espaços vazios.

Tabela 4. Estimativas de componentes de variância, médias, redução entre ambientes, acurácia e herdabilidade ($\hat{h}_{\%}^2$) para os caracteres: área foliar (AF, cm²), altura de planta (AP, cm), diâmetro de colmo (DC, mm), teor de clorofila (SPAD), comprimento de entrenó (CN, cm), número de fileiras (NF), comprimento de espiga (CE, cm), profundidade de grão (PF, mm), massa de 1000 grãos (P1000, g), massa hectolitrico (PHE, g), biomassa no florescimento (BF, kg ha⁻¹), biomassa na colheita (BC, kg ha⁻¹) e biomassa total (BT, kg ha⁻¹) avaliados em 87 híbridos comerciais de milho, em níveis contrastantes de N, na safra 2015/2016

Caracteres	Médias		Redução	CV (%)		$\hat{h}_{\%}^2$		Conjunta			
	+N ^{1/}	-N	Un. (%)	+N	-N	+N	-N	Média	Trat	Amb	Trat x Amb
AF (cm ²)	1.048,09**	944,06**	104,03(9,9)	6,31	7,48	72,04	73,43	996,08	**	**	ns
AP (cm)	222,69**	207,73**	14,96(6,7)	3,40	5,01	87,68	75,62	215,21	**	**	ns
DC (mm)	26,31**	23,61**	2,70(10,3)	6,13	7,25	56,48	39,88	24,96	**	**	ns
SPAD	56,85**	52,30**	4,55(8,0)	5,41	9,21	71,03	41,89	54,58	**	**	ns
CN (cm)	16,38**	14,58**	1,80(11,0)	5,13	5,98	65,08	66,19	15,48	**	*	ns
NF	16,49**	16,17**	0,32(1,9)	5,00	5,19	89,92	88,91	16,33	**	ns	ns
CE (cm)	19,33**	18,43**	0,9(4,6)	4,79	7,51	81,12	54,13	18,88	**	**	ns
PF (mm)	23,89**	22,15**	1,74(7,3)	5,83	6,82	72,87	69,26	23,02	**	**	ns
P1000 (g)	363,12**	332,83**	30,29(8,3)	5,97	9,92	86,37	57,82	347,98	**	**	ns
PHE (g)	751,36**	754,36**	-2,99(-0,4)	2,07	2,26	77,70	78,88	752,86	**	ns	ns
BF (kg ha ⁻¹)	7.127**	5.476**	1.651(23,2)	12,82	13,40	83,34	64,16	6.301	**	**	**
BC (kg ha ⁻¹)	9.383**	8.164**	1.219(12,9)	17,39	19,93	63,78	66,62	8.774	**	**	ns
BT (kg ha ⁻¹)	19.322**	16.579**	2.743(14,2)	9,37	13,30	82,06	66,29	17.951	**	**	ns

^{1/}, **, *, ns significativo a 1% e a 5% e não significativo, respectivamente, pelo teste F

3.3. Correlações Entre Produtividade de Grãos e Índices de Eficiências de Nitrogênio

No ambiente +N, a PG teve correlação de alta magnitude com NBG (0,79), porém, fraca e negativa com CNG (-0,39), resultado semelhante ao obtido por Wu et al. (2011) (Tabela 5 e 6). Nos dois ambientes houve correlação positiva e significativa entre PG e NBF (0,63, em alto N, e 0,45, em baixo N) e, assim, híbridos que absorvem mais N até o florescimento tendem a ser os mais produtivos. Outro resultado interessante é que para o ambiente +N houve correlação positiva significativa de PG com ICN (0,35) e Nrem (0,54), e não ocorreu no ambiente -N, mostrando importante para seleção de híbridos apenas quando há aplicação de N. Outras correlações significativas entre PG e CNC (-0,46) e NPA (-0,24), ratificam o resultado de que os híbridos mais produtivos não foram os que absorveram pós-antese. Outros estudos mostram a importância da absorção até florescimento (ABE et al., 2012; COQUE e GALLAIS, 2007). Pelo presente estudo relata-se que em ambientes de estresse a seleção deve ser feita apenas nos caracteres de N na biomassa, sendo NBF, NBC, NBG e NBT os únicos caracteres com correlação significativa com PG (0,45, 0,28, 0,66 e 0,59, respectivamente).

Houve algumas estimativas de correlações entre PG e outros caracteres que as magnitudes dessas foram similares nos dois ambientes (Tabela 5 e 6). Por exemplo, as estimativas significativas entre PG e AP (0,51 e 0,40), PG e CE (0,35 e 0,26), PG e BF (0,69 e 0,55), PG e BC (0,54 e 0,40) PG e BT (0,85 e 0,73), em que a primeira e a segunda estimativa entre parênteses, refere-se as estimativas de +N e -N, respectivamente. As exceções foram para CN e P1000 em +N, que houve correlação significativa com produtividade. Os resultados de correlação são importantes para o melhoramento, visto que, pela avaliação e seleção de plantas correlacionadas com a EUtN, podemos selecionar indiretamente plantas mais eficientes na utilização de N, sem necessidade de fazer quantificações de N na planta e no grão, o que pode acelerar os ganhos com melhoramento. Li et al. (2011) avaliaram 30 híbridos de milho, entre experimentais e comerciais, durante três anos no norte da China, em dois níveis de N (0 e 100 kg ha⁻¹), obtiveram correlações semelhantes com o presente trabalho entre PG e AP, CE e P1000.

Atenção especial deve ser dada às correlações entre PG e produção de biomassa, tendo efeitos positivos em ambos ambientes, junto com AP (Tabela 5 e 6). Com isso, híbridos mais altos e que produzem maior biomassa são mais produtivos. A correlação entre SPAD e Nrem (-0,26) em -N demonstra que quanto mais N a planta remobilizar, menor será o teor de clorofila na folha, caso contrário com NPA (0,28) e CNC (0,36) que aumentam junto com teor

de clorofila na folha. O oposto é observado entre DC e Nrem (0,26), e DC e NPA (-0,34). Estes são caracteres de simples mensuração ao melhorista, não destrutivo e de confiança para o melhorista tomar decisões sobre híbridos com maior remobilização de N e produção de grãos.

Como discutido anteriormente, parece que os híbridos apresentam mecanismos diferentes para terem altos rendimentos com destaques para absorção e armazenamento de N na biomassa, a remobilização deste N e a absorção direta para o grão. Neste trabalho, foi constatado que para a absorção e armazenamento de N os ambientes se comportaram de formas diferentes, em +N, NBT correlacionou positivamente e significativamente com AP (0,35), CE (0,30), P1000 (0,35), BF (0,49), BC (0,75) e BT (0,82), enquanto que, em -N, as estimativas de correlações significativas foram entre NBT e os seguintes caracteres AP (0,22), NF (-0,25), CE (0,45), P1000 (0,31), PHE (0,22), BF (0,42), BC (0,76) e BT (0,82). Com relação à remobilização houve diferença entre ambientes, onde, em +N, obteve-se correlações significativas e positivas entre Nrem e os caracteres AP (0,39), CN (0,27), BF (0,76) e BT (0,37), enquanto que, em -N, Nrem correlacionou significativamente com AP (0,26), DC (0,27), SPAD (-0,26), BF (0,39) e BC (-0,29). Para NPA também houve diferença entre os ambientes, em +N houve correlação com AP (-0,28), NF (0,23), BF (-0,69) e BT (-0,21), enquanto em -N apresentou correlação significativa com AP (-0,22), DC (-0,34), SPAD (0,28) e BF (-0,35). Através destes resultados, foi possível observar que em cada ambiente o híbrido utiliza de diferentes mecanismos para produzir grãos. Quando há disponibilidade de N a absorção e remobilização são de maior importância e, em ausência de N, a absorção se torna importante. Assim, para cada ambiente, o melhorista deve se atentar aos caracteres que tenham maiores correlações significativas para caracteres mais simples de mensurar. Outros trabalhos com milho como os de Ning et al. (2013); Wu, et al. (2011); Gallais e Coque (2008) corroboram com os resultados discutidos acima.

Tabela 5. Estimativas de correlações fenotípicas entre caracteres altura de planta (AP), área foliar (AF), diâmetro de colmo (DC), teor de clorofila (SPAD), comprimento de entrenó (CN), número de fileiras (NF), comprimento de espiga (CE), profundidade de grão (PF), massa de 1000 grãos (P1000), massa hectolitrico (PHE), produtividade de grãos (PG), biomassa no florescimento (BF), biomassa na colheita (BC), biomassa total (BT), concentração de N de no florescimento (CNF), concentração de N na colheita (CNC), concentração de N no grão (CNG), quantidade de N na biomassa no florescimento (NBF), quantidade de N na biomassa na colheita (NBC), quantidade de N na biomassa no grão (NBG), quantidade de N total (NBT), eficiência de utilização do N (EUtN), absorção de N pós-antese (NPA), índice de colheita do N (ICN) e nitrogênio remobilizado (Nrem) avaliados em 87 híbridos comerciais de milho, em alto N, na safra 2015/2016

Caracteres ^{1/}	AP	AF	DC	SPAD	CN	NF	CE	PF	P1000	PHE	PG	BF	BC	BT
CNF	-0,03	-0,07	0,06	-0,06	0,001	0,10	-0,07	-0,18	-0,20	0,15	-0,09	-0,11	0,07	0,01
CNC	-0,44**	-0,18	-0,11	0,08	-0,20	0,05	-0,18	-0,05	-0,01	0,26*	-0,46**	-0,37**	-0,24**	-0,38**
CNG	-0,24*	-0,08	0,06	0,15	-0,23*	0,02	-0,15	0,06	0,05	0,14	-0,39**	-0,37**	-0,03	-0,22*
NBF	0,47**	0,04	-0,01	-0,17	0,07	-0,26*	0,25*	-0,13	0,06	0,15	0,63**	0,91**	0,57**	0,69**
NBC	0,15	0,001	-0,05	-0,25*	-0,33**	-0,14	0,23*	-0,16	0,23	0,31**	0,20	0,29*	0,77**	0,59**
NBG	0,38**	0,13	0,06	0,02	0,07	-0,08	0,26*	0,15	0,33**	0,15	0,79**	0,48**	0,54**	0,74**
NBT	0,35**	0,10	0,02	-0,09	-0,09	-0,12	0,30**	0,04	0,35**	0,25	0,68**	0,49**	0,75**	0,82**
EUtN	0,23*	0,11	-0,01	0,01	0,39**	0,02	0,11	0,09	-0,03	-0,23*	0,47**	0,30**	-0,19	0,11
NPA	-0,28**	0,04	0,05	0,15	-0,16	0,23*	-0,07	0,19	0,16	-0,02	-0,24*	-0,69**	-0,15	-0,21*
ICN	0,08	0,10	0,09	0,28**	0,37**	0,02	-0,06	0,26*	0,006	-0,20	0,35**	0,03	-0,41**	-0,08
Nrem	0,39**	0,04	0,02	-0,02	0,27*	-0,19	0,12	-0,04	-0,07	-0,03	0,54**	0,76**	0,11	0,37**
PG	0,51**	0,04	0,02	-0,06	0,22*	-0,08	0,35**	0,11	0,29**	0,04	-	0,69**	0,54**	0,85**

^{1/}* e ** significativo a P<0,01 e P<0,05 de probabilidade, respectivamente.

Tabela 6. Estimativas de correlações fenotípicas entre caracteres altura de planta (AP), área foliar (AF), diâmetro de colmo (DC), teor de clorofila (SPAD), comprimento de entrenó (CN), número de fileiras (NF), comprimento de espiga (CE), profundidade de grão (PF), massa de 1000 grãos (P1000), massa hectolítrica (PHE), produtividade de grãos (PG), biomassa no florescimento (BF), biomassa na colheita (BC), biomassa total (BT), concentração de N de no florescimento (CNF), concentração de N na colheita (CNC), quantidade de N na biomassa no florescimento (NBF, kg ha⁻¹), quantidade de N na biomassa na colheita (NBC, kg ha⁻¹), quantidade de N na biomassa no grão (NBG), quantidade de N total (NBT), eficiência de utilização do N (EUtN), absorção de N pós-antese (NPA), índice de colheita do N (ICN), eficiência de remobilização (ERN) e nitrogênio remobilizado (Nrem)) avaliados em 87 híbridos comerciais de milho, em baixo N, na safra 2015/2016

Caracteres	AP	AF	DC	SPAD	CN	NF	CE	PF	P1000	PHE	PG	BF	BC	BT
CNF	0,06	0,06	0,28**	0,05	-0,001	-0,03	0,18	0,10	0,10	0,08	-0,01	-0,09	-0,04	-0,03
CNC	-0,41**	-0,01	-0,11	0,36**	-0,10	-0,04	0,12	0,17	0,03	0,17	-0,08	-0,40**	-0,09	-0,10
NBF	0,42**	-0,01	0,24*	-0,15	0,07	-0,20	0,27*	-0,16	0,18	0,14	0,45**	0,74**	0,43**	0,51**
NBC	0,11	-0,01	-0,08	0,17	-0,08	-0,24*	0,43**	-0,02	0,17	0,21*	0,28**	0,29**	0,82**	0,73**
NBG	0,24*	-0,10	-0,24	0,12	0,02	-0,21	0,64**	0,04	0,34**	0,18	0,66**	0,42**	0,56**	0,70**
NBT	0,22*	-0,06	-0,20	0,16	-0,02	-0,25*	0,45**	0,01	0,31**	0,22*	0,59**	0,42**	0,76**	0,82**
EUtN	0,18	0,04	0,23*	-0,23*	0,19	0,31**	-0,26*	0,13	-0,18	-0,21	0,27*	0,03	-0,49**	-0,25*
NPA	-0,22*	-0,02	-0,34**	0,28**	-0,05	0,01	0,08	0,17	0,06	0,01	0,04	-0,35**	0,17	0,14
ICN	0,03	-0,07	-0,07	-0,12	0,11	0,14	-0,27*	0,04	0,05	-0,13	0,10	-0,05	-0,57**	-0,38**
ERN	0,24*	0,02	0,26*	-0,27*	0,13	0,06	-0,16	-0,11	-0,006	-0,12	0,09	0,30**	-0,39**	-0,25*
Nrem	0,26*	-0,001	0,27*	-0,26*	0,12	0,02	-0,11	-0,12	0,01	-0,05	0,15	0,39**	-0,29**	-0,15
PG	0,40**	0,07	-0,03	-0,03	0,20	0,05	0,26**	0,14	0,19	0,04	-	0,55**	0,40**	0,73**

^{1/}* e ** significativo a P<0,01 e P<0,05 de probabilidade, respectivamente.

4. Conclusões

Há presença de variabilidade genotípica entre híbridos comerciais de milho para caracteres agronômicos e índices de eficiência de utilização de N.

Os híbridos de milho apresentam mecanismos diferentes para obter altos rendimentos de produtividade em cada um dos ambientes.

Em ambos os ambientes, o híbrido de milho BM709PRO2 se destaca como mais produtivo e pode ser recomendado para ambientes com alta e baixa disponibilidade de nitrogênio no solo.

As magnitudes, sentidos e significância das estimativas de correlações entre os caracteres avaliados em híbridos comerciais de milho são influenciadas pela disponibilidade de nitrogênio no solo.

Em baixo nitrogênio, fácil mensuração como diâmetro de colmo e teor de clorofila (SPAD) podem ser considerados na seleção indireta de híbridos de milho mais eficientes na utilização e na remobilização de nitrogênio.

5. Referências Bibliográficas

- ABE, A.; ADETIMIRIN, V. O.; MENKIR, A.; MOOSE, S. P.; OLANIYAN, A. B. (2012). Performance of tropical maize hybrids under conditions of low and optimum levels of nitrogen fertilizer application - grain yield, biomass production and nitrogen accumulation. *Maydica*, 58: 141-150.
- ABDEL-GHANI, A. H.; KUMAR, B.; REYES-MATAMOROS, J.; GONZALEZ-PORTILHA, P. J.; JANSEN, C.; MARTIN, J. P. S.; LEE, M.; LUBBERSTEDT, T. (2013). Genotypic variation and relationships between seedlings and adult plant traits in maize (*Zea mays* L.) inbred lines grown under contrasting nitrogen levels. *Euphytica*, 189: 123-133.
- ALVES, V. M. C.; VASCONCELLOS, C. A.; FREIRE, F. M.; PITTA, G. V. E.; FRAÇA, G. E.; RODRIGUES FILHO, A.; ARAÚJO, J. M.; VIEIRA, J. R.; LOUREIRO, J. E. Milho. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARAES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Eds.). *Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação*. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 314-316.
- AMARAL FILHO, J. P. R.; FORNASIERI FILHO, D.; FARINELLI, R.; BARBOSA, J. C. (2005). Espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v. 29, p. 467-473.
- BADU-APRAKU, B.; AKINWALE, R. O.; FRANCO, J.; OYEKUNLE, M. (2012). Assessment of reliability of secondary traits in selecting for improved grains yield in drought and low-nitrogen environments. *Crop Science*, 52: 2050-2062.
- BARBIERI, P. A.; ECHEVERRÍA, H. E.; ROZAS, H. R. S.; ANDRADE, F. H. (2008). Nitrogen use efficiency in maize as affected by nitrogen availability and row spacing. *Agronomy Journal*, 100: 1094-1100.
- BREMMER, J. M.; MULVANEY, C. S. (1982). Nitrogen total. In: Page AL (ED.). *Methods of soil analysis*. 2 ed. Madison: Soil Science Society of America, Part 2, p. 595-624.
- CANCELLIER, L. L.; AFFÉRI, F. S.; CARVALHO, E. V.; DOTTO, M. A.; LEÃO, F. F. (2011). Eficiência no uso de nitrogênio e correlação fenotípica em populações tropicais de milho no Tocantins. *Revista Ciência Agrônômica*, 42: 139-148.
- CANTARELLA, H.; DUARTE, A. P. (2004). Manejo da fertilidade do solo para a cultura do milho. In: Galvão, J. C. C.; Miranda, G. V. (eds.) *Tecnologias de produção do milho*. 20 ed. Viçosa:UFV, p. 139-182.
- CAVIGLIA, O. P.; MELCHIORI, R. J. M.; SADRAS, V. O. (2014). Nitrogen utilization efficiency in maize as affected by hybrid and N rate in late-sown crops. *Field Crops Research* 168: 27-37.
- COELHO, A. M. Manejo da adubação nitrogenada na cultura do milho. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. 11 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 96).
- CONAB (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO). Acompanhamento de safra brasileira: grãos, safra 2015/16, quarto levantamento - Safra 2015/16. Brasília, DF, Janeiro de 2016. Disponível:

http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_01_12_14_17_16_boletim_graos_janeiro_2016.pdf. Acesso em: 10 de julho de 2016.

COQUE, M.; GALLAIS, A. (2006). Genomic regions involved in response to grain yield selection at high and low nitrogen fertilization in maize. *Theoretical and Applied Genetics* 112: 1205-1220.

COQUE, M.; GALLAIS, A. (2007). Genetic variation for nitrogen remobilization and postsilking nitrogen uptake in maize recombinant inbred lines: heritabilities and correlations among traits. *Crop Science*, 47: 1787-1796.

COQUE, M.; GALLAIS, A. (2008). Genetic variation for N-Remobilization and postsilking N-Uptake in a set of maize recombinant inbred lines. 2. Line per se performance and comparison with testcross performance. *Maydica*, 53: 29-38.

CRUZ, C. D. (2013). GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. *Acta Scientiarum*. V.35, n.3, p.271-276.

DUVICK, D. N. (1997). What is yield? In: Edmeades, G. O. et al. (Ed.), *Developing Drought and Low N-tolerant maize*. México: CIMMYT, p. 332-335.

EMBRAPA. Cultivares de Milho Disponíveis no Mercado Brasileiro na Safra 2015/2016. Disponível:

<http://www.apps.agr.br/upload/Cultivares%20de%20Milho%20dispon%3%adveis%20no%20mercado%20na%20safra%202015%2016.pdf>. Acesso em: 10 de julho 2016.

FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. (1996). *Introduction to quantitative genetics*. 4th ed. Longman Hallow, London.

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

FERRO, R. A.; BRICHETTE, I.; EVGENIDIS, G.; KARAMALIGKAS, C.; MORENO-GONZÁLEZ, J. (2007). Variability in European maize (*Zea mays* L.) landraces under high and low nitrogen inputs. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 54: 295-308.

GALLAIS, A.; COQUE, M. (2005). Genetic variation and selection for nitrogen use efficiency in maize: a synthesis. *Maydica*, 50: 531-547.

GALLAIS, A.; COQUE, M.; QUILLÉRE, I.; PRIOUL, J.; HIREL, B. (2006). Modelling postsilking nitrogen fluxes in maize (*Zea mays*) using ¹⁵N-labelling field experiments. *New Phytologist*, 172: 696-707.

GALLAIS, A.; COQUE, M.; BERTIN, P. (2008). Response to selection of maize population for adaptation to high or low nitrogen fertilization. *Maydica*, 53: 21-18.

GALVÃO, J. C. C.; BORÉM, A.; PIMENTEL, M. A. (2015). *Milho do plantio à colheita*. Viçosa, MG Ed. UFV, 351 p.

GEBBING, T.; SCHNYDER, H.; KUHBAUCH, W. (1999). The utilization of pre-anthesis reserves in grain filling of wheat. Assessment by steady-state ¹³CO₂/¹²CO₂ labeling. *Plant, Cell and Environment*, 22: 851-858.

- GROSS, M. R.; VON PINHO, R. G.; BRITO, A. H. (2006). Adubação nitrogenada, densidade de semeadura e espaçamento entre fileiras na cultura do milho em sistema de plantio direto. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 20, n. 3, p. 287-393.
- HALLAUER, A. R.; MIRANDA FILHO, J. B. (1988). *Quantitative genetics in maize breeding*. Ames. Iowa State University Press. 2 ed, 468p.
- HALLAUER, A. R.; CARENA, M. J.; MIRANDA FILHO, J. B. (2010). *Quantitative genetics in maize breeding*. Spring. New York. 3 ed. 500p.
- HIREL, B.; BERTIN, P.; QUILLERÉ, I.; BOURDONCLE, W.; ATTAGNANT, C.; DELLAY, C.; GOUY, A.; CADIOU, S.; RETAILLIAU, C.; FALQUE, M.; GALLAIS, A. (2001). Towards a better understanding of the genetic and physiological basis for nitrogen use efficiency in maize. *Plant Physiology*, 125: 1258-1270.
- HUBER, D. M.; TSAI, C. Y.; STROMBERGER, J. A. (1994). Interaction of K with N and their influence on growth and yield potential of maize. *Annual Corn and Sorghum Research Conference* 48: 165-176.
- JANDREY D. B. (2016) Manejo de nitrogênio em milho safrinha. 2016. Disponível: <<http://www.pioneersementes.com.br/blog/84/manejo-de-nitrogenio-em-milho-safrinha>> Acesso em: 15 de Abril de 2016.
- LAFFITTE, H. R.; EDMÉADES, G. O. (1994). Improvements of tolerance to low soil nitrogen in tropical maize. I Selection criteria. *Field Crops Research* 39:1-14.
- LAZA, R. C.; BERGMAN, B.; VERGARA, B. S. (1993) Cultivar differences in growth and chloroplast ultrastructure in rice as affected by nitrogen. *Journal of Experimental Botany*, 44: 1643-1648.
- LEMAIRE, G.; GASTAL, F. N. (1997). N uptake and distribution in plant canopies. In: LEMAIER, G. *Diagnosis of the nitrogen status in crops*. Berlin: Springer., P. 3-43.
- LI, L.; WEGENAST, T.; LI, H.; DHILLON, B. S.; LON-GIN, C. F. H.; XU, X.; MELCHINGER, A. E.; CHEN, S. (2011). Estimation of quantitative genetic and stability parameters in maize under high and low N levels. *Maydica*, 56: 1720.
- MALAVOLTA E.; GITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. (1997). *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. 2 ed. Piracicaba: POTAFOS, 390p.
- MASCLAUX-DAUBRESSE, C.; DANIEL-VEDELE, F.; DECHORGNAT, J.; CHARDON, F.; GAUFICHON, L.; SUZUKI, A. (2010). Nitrogen uptake, assimilation and remobilization in plants: challenges for sustainable and productive agriculture. *Annals of Botany*, 105: 1141-1157.
- MIRANDA, G. V.; GODOY, C. L.; GALVÃO, J. C. C.; SANTOS, I. C.; ECKERT, F. R.; SOUZA, L. V. (2005). Selection of discrepant maize genotypes for nitrogen use efficiency by a chlorophyll meter. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 5: 451-459.
- MOLL, R. H.; KAMPRATH, E. J.; JACKSON, W. A. (1982). Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. *Agronomy Journal*, 74: 562-564.
- MONNEVEUX P.; ZAIDI, P. H.; SANCES, C. (2005). Population density and low nitrogen affect yield-associated traits in tropical maize. *Crop Science*, 45: 535-545.

- NING, P.; LI, S.; YU, P.; ZHANG, Y.; LI, C. (2013). Post-silking accumulation and partitioning of dry matter, nitrogen, phosphorus and potassium in maize varieties differing in leaf longevity. *Field Crops Research*, 144: 19-27.
- O'NEILL, P. M.; SHANAHAN, J. F.; SCHEPERS, J. D. (2006). Use of chlorophyll fluorescence assessments to differentiate corn hybrid response to variable water condition. *Crop Science*, 46: 681-687.
- PAVINATO, P. S.; CERETTA, C. A.; GIROTTO, E.; MOREIRA, I. C. L. (2008). Nitrogênio e potássio em milho irrigado: análise técnica e econômica da fertilização. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 38, n. 2, p. 358-364.
- RAMOS, A. A. (2014) Adubação antecipada e a lanco no milho safrinha. Disponível: <<http://www.pioneersementes.com.br/media-center/artigos/171/adubacao-antecipada-e-a-lanco-no-milho-safrinha>> Acesso em: 10 de julho de 2016.
- RESENDE, M. D. V.; DUARTE, J. B. (2007). Precisão e Controle de Qualidade em Experimentos de Avaliação de Cultivares. *Pesquisa Agropecuária Tropical* 37(3): 182-174.
- SCAPIM, C. A.; CARVALHO, C. G. P.; CRUZ, C. D. (1995). Uma proposta de classificação dos coeficientes de variação para a cultura do milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 30(5): 683-686.
- SOUZA, L. C. F.; GONÇALVES, M. C.; ALVES SOBRINHO, T.; FEDATTO, E.; ZANON, G. D.; HASEGAWA, E. K. B. (2003). Culturas antecessoras e adubação nitrogenada na produtividade de milho em plantio direto irrigado. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, Sete Lagoas, v. 2, n. 3, p. 55-62.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Plant Physiology*. (2010). 5. Ed. Sunderland: Sinauer Associates. 764 p.
- TRINDADE, M. G.; STONE, L. F.; HEINEMANN, A. B.; CÁNOVAS, A. D.; MOREIRA, J. A. A. (2006). Nitrogênio e água como fatores de produtividade do trigo no cerrado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 10: 24-29.
- WORKU, M.; BANZIGER, M.; ERLEY, G. S. A.; FRIESEN, D.; DIALLO, A. O.; HORST, W. J. (2007). Nitrogen Uptake and Utilization in Contrasting Nitrogen Efficient Tropical Maize Hybrids. *Crop Science*, 47: 519-528.
- WU, Y.; LIU, W.; LI, X.; Li, M., ZHANG, D.; HAO, Z.; WENG, J.; XU, Y.; BAI, L.; ZHANG, S.; XIE, C. (2011). Low-nitrogen stress tolerance and nitrogen agronomic efficiency among maize inbreds: comparison of multiple indices and evaluation of genetic variation. *Euphytica*, 180: 281-290.
- ZUCARELI, C.; ALVES, G. B.; OLIVEIRA, M. A.; MACHADO, M. H. (2014) Desempenho agrônômico do milho safrinha em resposta às épocas de aplicações e fontes de nitrogênio. *Científica*, 42:60-67.

Anexos

Anexo 1. Características agrônômicas dos 87 híbridos comerciais de milho tropical avaliados em doses contrastantes de N na safra 2015/2016

Número	Híbrido	Tipo	Textura do grão	Ciclo	Empresa
1	AG4051PRO	HT	Dentado	SMP	Agrocere
2	AG7098PRO2	HS	Semi Dentado	P	Agrocere
3	AG8677PRO2	HS	Semi Dentado	P	Agrocere
4	AG8690PRO3	HS	Semi Dentado	P	Agrocere
5	AG8980PRO3	HS	Semi Dentado	P	Agrocere
6	AS1573PRO	HSm	Semi Dentado	P	Agroeste
7	AS1581PRO	Hsm	Semi Duro	P	Agroeste
8	AS1596PRO2	HS	Semi Dentado	P	Agroeste
9	AS1633PRO2	HS	Semi Duro	P	Agroeste
10	AS1656PRO3	HS	Semi Duro	P	Agroeste
11	BAL188	HT	Semi Duro	SP	Balu
12	BAL280	HS	Duro	P	Balu
13	BAL761	HD	Duro	P	Balu
14	BM207	HD	Semi Duro	P	Biomatrix
15	BM3061	HT	Dentado	P	Biomatrix
16	BM3063PRO2	HT	Dentado	P	Biomatrix
17	BM709PRO2	HS	Semi Dentado	SMP	Biomatrix
18	BM810	HS	Semi Duro	P	Biomatrix
19	BM812PRO2	HSm	Semi Dentado	P	Biomatrix
20	BM820	HS	Duro	P	Biomatrix
21	BM840PRO	HS	Semi Duro	P	Biomatrix
22	BM915PRO	HS	Semi Dentado	SP	Biomatrix
23	DKB177PRO3	HS	Semi Duro	P	Dekalb
24	DKB230PRO3	HS	Semi Duro	HP	Dekalb
25	DKB240PRO3	HS	Dentado	P	Dekalb
26	DKB290PRO3	HS	Dentado	SP	Dekalb
27	DKB330	HS	Semi Dentado	SP	Dekalb
28	DKB390PRO2	HS	Semi Duro	P	Dekalb
29	2A401PW	HS	Semi Duro	SP	Dow Agrosience
30	2A620PW	HS	Semi Duro	P	Dow Agrosience
31	2B339PW	HT	Semi Dentado	P	Dow Agrosience
32	2B587PW	HS	Semi Dentado	P	Dow Agrosience
33	2B604PW	HSm	Semi Duro	P	Dow Agrosience
34	2B610PW	HS	Semi Dentado	P	Dow Agrosience
35	2B633PW	HT	Semi Duro	P	Dow Agrosience
36	2B647PW	HS	Semi Dentado	P	Dow Agrosience
37	2B655PW	HT	Semi Duro	P	Dow Agrosience
38	2B688PW	HT	Semi Duro	P	Dow Agrosience
39	2B710PW	HS	Semi Duro	P	Dow Agrosience
40	2B810PW	HS	Semi Duro	N	Dow Agrosience
41	30F53YH	HS	Semi Duro	P	DuPont
42	BG7037H	HS	Semi Duro	P	DuPont
43	BG7046H	HS	Semi Duro	P	DuPont
44	BG7318YH	HS	Semi Duro	SP	DuPont
45	P2830H	HS	Semi Duro	SP	DuPont
46	P3456H	HS	Semi Dentado	P	Dupont
47	P3779H	HS	Semi Dentado	P	Dupont
48	P3844H	HS	Semi Duro	P	DuPont
49	P3862H	HS	Semi Duro	P	DuPont
50	BR206	HD	Semi Dentado	P	EMBRAPA

Anexo 1. Continuação

Número	Híbrido	Tipo	Textura do grão	Ciclo	Empresa
51	BRS1010	HS	Semi Duro	P	EMBRAPA
52	BRS1060	HS	Semi Dentado	SMP	EMBRAPA
53	GNZ2005YG	HTm	Semi Duro	SP	Geneze
54	GNZ7201	HS	Semi Dentado	P	Geneze
55	GNZ7280	HS	Semi Duro	P	Geneze
56	GNZ9501PRO	HS	Semi Duro	P	Geneze
57	GNZ9505PRO	HS	Semi Dentado	SP	Geneze
58	GNZ9626PRO	HS	Semi Duro	P	Geneze
59	LG6033PRO2	HS	Semi Duro	P	Limagrain
60	LG6304VTPRO	HSm	Semi Duro	P	Limagrain
61	20A55PW	HT	Semi Duro	P	Morgan
62	30A16PW	HS	Semi Duro	P	Morgan
63	MG300PW	HSm	Semi Duro	SP	Morgan
64	MG652PW	HSm	Semi Duro	P	Morgan
65	22M12VIP	-	-	-	Plante Sempre
66	22S18TOP	HS	Semi Duro	SP	Plante Sempre
67	RB9004PRO	HS	Dentado	P	Riber KWS
68	RB9110PRO	HS	Semi Dentado	SP	Riber KWS
69	HL1412	-	-	-	Santa Helena
70	SHS4070	HS	Dentado	N	Santa Helena
71	SHS4080	HD	Semi Duro	P	Santa Helena
72	SHS5070	HT	Duro	SP	Santa Helena
73	SHS5090	HT	Semi Duro	P	Santa Helena
74	SHS5550	HT	Semi Duro	P	Santa Helena
75	SHS5560	HT	Duro	P	Santa Helena
76	SHS7090	HS	Duro	SP	Santa Helena
77	SHS7920PRO	HS	Dentado	P	Santa Helena
78	SHS7990PRO2	HS	Dentado	P	Santa Helena
79	60XB14	HS	Semi Duro	P	Semeali
80	90XB06BT	HS	Duro	SP	Semeali
81	XB6012BT	HS	Semi Duro	P	Semeali
82	XB8018	HD	Duro	P	Semeali
83	XB8030	HD	Duro	P	Semeali
84	XB9003BT	HS	Duro	SP	Semeali
85	CARGO	HD	Duro	P	Syngenta
86	FEROZ	HD	Duro	P	Syngenta
87	SX7331VIP	HS	Duro	P	Syngenta

Fonte: EMBRAPA, 2015

Tipo: HS - Híbrido simples; HT - Híbrido triplo; HD - Híbrido duplo; HSm - Híbrido simples modificado; HTm - Híbrido triplo modificado. **Ciclo:** SP - Superprecoce; P - Precoce; SMP - Semiprecoce; N - Normal.

Anexo 2. Estimativas de médias dos caracteres produtividade de grãos (PG, kg ha⁻¹), eficiência de utilização do N (EUtN, kg kg⁻¹), quantidade de N na biomassa no florescimento (NBF, kg kg⁻¹), absorção de N pós-antese (NPA, %) e N remobilizado (Nrem, kg kg⁻¹) avaliados nos 87 híbridos comerciais de milho no ambiente +N, na safra 2015/2016

Híbrido	PG	EUtN	NBF	NPA	Nrem
BM709PRO2	12.888,67	54,97	152,30	34,90	11,73
P3456H	12.100,27	55,14	112,36	49,57	47,15
BM3063PRO2	11.990,94	58,11	100,85	50,75	20,94
RB9004PRO	11.931,12	50,52	103,63	56,96	21,33
AS1656PRO3	11.669,09	55,08	107,21	50,00	23,57
HL1412	11.538,86	51,98	99,93	54,97	15,53
P3779H	11.525,34	53,79	107,42	49,74	42,37
AG8690PRO3	11.504,75	50,73	106,37	52,67	35,20
DKB390PRO2	11.486,14	58,38	106,49	45,83	42,77
AG8677PRO2	11.458,50	47,79	112,99	52,71	37,30
AG4051PRO	11.366,23	51,27	119,94	45,90	36,74
BG7037H	11.314,62	44,53	105,22	58,65	33,07
BG7046H	11.254,64	51,13	127,51	42,64	23,35
XB8018	11.151,68	47,31	131,70	43,05	16,28
AS1596PRO2	11.116,45	48,49	100,57	56,12	12,04
BM3061	11.072,42	52,64	100,44	51,91	17,39
BM915PRO	10.971,10	54,02	99,44	51,21	44,88
SHS7990PRO2	10.951,24	53,90	111,35	45,24	33,13
XB6012BT	10.946,85	47,78	107,29	52,90	12,17
AG8980PRO3	10.887,93	51,68	92,99	55,60	42,18
SHS4070	10.850,86	48,82	129,84	41,49	18,62
2B688PW	10.846,62	50,33	88,61	59,08	21,18
2B339PW	10.821,41	47,97	105,75	53,23	37,11
P3844H	10.819,81	49,17	96,53	55,97	13,68
LG6033PRO2	10.789,95	51,65	102,37	51,06	20,79
RB9110PRO	10.764,58	56,75	105,29	44,41	18,40
GNZ9501PRO	10.730,48	49,92	90,17	58,08	25,00
P2830H	10.730,35	51,06	92,22	56,41	45,20
60XB14	10.712,63	54,98	105,65	45,48	23,48
BG7318YH	10.603,13	59,23	128,97	27,90	31,68
GNZ7201	10.557,71	49,05	104,17	51,46	11,04
GNZ9626PRO	10.533,10	49,47	92,35	56,61	23,56
BM812PRO2	10.501,46	55,61	111,03	40,77	32,68
LG6304VTPRO	10.484,88	47,71	104,35	52,89	13,79
BM207	10.331,00	51,55	116,58	41,99	8,63
30F53YH	10.199,19	63,07	89,87	44,72	18,84
P3862H	10.193,66	57,02	99,49	44,16	35,61
SHS4080	10.191,17	46,70	88,78	58,82	1,14
SHS7920PRO	10.189,97	47,90	117,24	45,20	21,61
2B655PW	10.177,88	49,70	104,21	48,24	27,14
SX7331VIP	10.144,75	46,83	84,61	60,92	44,57

Anexo 2. Continuação

Híbrido	PG	EUtN	NBF	NPA	Nrem
AS1633PRO2	10.112,60	51,64	89,90	54,00	26,59
AS1573PRO	10.104,89	55,11	65,83	63,82	31,33
2B647PW	10.100,39	51,05	81,22	58,85	-5,49
FEROZ	10.023,60	48,42	102,27	50,61	39,47
BM840PRO	10.016,41	43,16	101,33	55,91	27,86
DKB330	9.984,90	45,54	88,25	59,52	13,12
BAL761	9.966,45	48,33	109,16	47,63	19,72
GNZ9505PRO	9.882,95	62,18	77,45	51,21	18,40
SHS5090	9.865,83	47,29	120,20	42,28	1,85
2B610PW	9.804,80	56,24	101,38	41,72	27,04
DKB240PRO3	9.739,03	50,90	127,98	33,09	26,45
BAL280	9.702,44	41,64	91,87	60,59	19,11
20A55PW	9.665,15	51,08	90,98	52,08	21,77
GNZ2005YG	9.572,43	52,21	97,84	46,33	21,37
BRS1060	9.545,50	46,24	110,81	46,19	0,11
DKB230PRO3	9.428,30	54,84	105,22	39,30	45,43
2A620PW	9.426,28	47,12	79,77	60,24	24,88
2B810PW	9.411,56	58,45	68,63	57,36	13,34
DKB177PRO3	9.386,87	43,22	98,90	54,74	52,50
SHS5070	9.319,76	52,33	111,45	37,57	16,26
SHS5550	9.296,54	49,26	78,96	57,10	31,49
BR206	9.106,96	48,12	104,72	44,89	46,45
XB8030	9.098,75	43,45	103,60	49,83	33,50
AS1581PRO	9.007,69	53,64	92,61	44,57	-0,54
XB9003BT	8.998,54	47,75	64,02	66,11	8,95
BM810	8.981,10	56,86	84,54	47,21	-4,24
BM820	8.951,29	51,75	80,00	53,63	28,68
2B604PW	8.947,90	48,23	98,49	47,24	12,11
MG652PW	8.947,69	40,37	82,51	62,79	14,95
BAL188	8.940,42	46,80	108,07	43,84	26,82
SHS5560	8.834,46	47,33	96,16	48,58	24,73
2A401PW	8.776,70	46,84	75,36	59,57	29,33
MG300PW	8.595,53	50,57	66,62	60,16	43,02
90XB06BT	8.564,32	55,86	94,84	38,07	40,65
CARGO	8.530,62	41,78	123,60	39,63	26,72
GNZ7280	8.455,27	49,76	91,44	46,24	37,25
22S18TOP	8.382,83	49,54	83,60	50,87	31,43
22M12VIP	8.172,39	45,75	71,34	58,65	21,22
2B710PW	8.166,48	51,25	62,56	60,77	6,94
SHS7090	8.113,27	46,72	101,59	41,12	15,87
AG7098PRO2	8.033,62	42,14	84,74	55,47	0,73
BRS1010	8.014,06	36,88	84,73	61,36	23,01
2B587PW	7.466,75	43,43	64,64	62,51	23,36
DKB290PRO3	7.305,81	43,07	79,51	53,36	34,35
2B633PW	6.929,20	42,94	58,32	63,91	9,73
30A16PW	6.725,20	41,24	51,87	68,11	14,30

Anexo 3. Estimativas de médias dos caracteres produtividade de grãos (PG, kg ha⁻¹), eficiência de utilização do N (EUtN, kg kg⁻¹), quantidade de N na biomassa no florescimento (NBF, kg kg⁻¹), absorção de N pós-antese (NPA, %) e N remobilizado (Nrem, kg kg⁻¹) avaliados nos 87 híbridos comerciais de milho no ambiente -N, na safra 2015/2016

Híbrido	PG	EUtN	NBF	NPA	Nrem
BM709PRO2	10.600,49	48,08	81,13	63,37	11,73
RB9004PRO	10.449,05	50,29	72,55	64,79	21,33
BM3061	9.911,86	48,00	78,17	61,29	17,39
P3456H	9.857,90	59,11	83,25	50,26	47,15
P2830H	9.797,08	64,74	80,74	46,05	45,20
DKB390PRO2	9.786,34	60,77	84,48	47,10	42,77
P3844H	9.589,94	45,72	78,77	62,67	13,68
GNZ9501PRO	9.536,01	50,05	72,16	62,67	25,00
30F53YH	9.532,51	53,44	71,18	60,44	18,84
BG7037H	9.487,53	49,42	79,93	58,31	33,07
P3862H	9.461,01	62,26	78,50	48,48	35,61
2B688PW	9.450,70	57,96	62,22	61,32	21,18
HL1412	9.424,30	53,34	62,46	63,64	15,53
BM3063PRO2	9.424,10	57,11	59,38	63,98	20,94
60XB14	9.407,73	52,87	93,21	45,54	23,48
P3779H	9.315,54	56,20	79,33	51,80	42,37
BM812PRO2	9.298,79	53,33	75,20	56,95	32,68
XB8018	9.261,49	46,38	84,02	58,02	16,28
LG6304VTPRO	9.133,98	51,28	64,10	62,85	13,79
DKB330	9.079,57	53,98	61,44	64,41	13,12
LG6033PRO2	9.059,24	49,07	73,62	60,10	20,79
AG8690PRO3	9.054,99	49,17	80,43	56,29	35,20
SHS4080	9.019,05	43,80	71,54	64,87	1,14
GNZ7201	8.929,14	51,90	54,86	68,26	11,04
AS1596PRO2	8.923,06	48,01	63,59	64,06	12,04
2B610PW	8.905,15	60,14	65,26	56,02	27,04
AG4051PRO	8.848,52	52,69	77,23	54,03	36,74
BAL280	8.837,52	52,93	62,47	62,50	19,11
AS1656PRO3	8.822,66	56,52	60,87	60,13	23,57
BG7046H	8.812,76	47,92	81,11	56,36	23,35
22S18TOP	8.799,19	64,81	68,14	50,41	31,43
BAL761	8.788,65	52,81	59,57	63,62	19,72
AS1581PRO	8.782,98	51,22	53,38	68,96	-0,54
BM840PRO	8.745,64	52,43	68,27	59,73	27,86
SHS4070	8.683,84	53,22	63,93	61,01	18,62
GNZ9505PRO	8.677,31	56,60	55,07	63,63	18,40
SX7331VIP	8.663,80	60,47	76,06	46,81	44,57
2B647PW	8.659,84	47,44	42,06	76,80	-5,49
SHS5070	8.632,94	46,15	78,33	57,59	16,26
2A620PW	8.576,72	57,58	62,34	57,99	24,88
2B339PW	8.562,99	51,99	71,56	57,09	37,11

Anexo 3. Continuação

Híbrido	PG	EUtN	NBF	NPA	Nrem
AS1633PRO2	8.557,13	51,08	66,48	60,33	26,59
AG8980PRO3	8.555,95	56,09	72,78	52,34	42,18
DKB177PRO3	8.535,18	61,76	87,89	37,07	52,50
AS1573PRO	8.517,12	63,30	64,08	55,65	31,33
AG8677PRO2	8.441,52	48,08	80,86	54,37	37,30
BM207	8.427,53	46,89	57,79	67,79	8,63
SHS5090	8.422,44	44,82	60,54	67,56	1,85
BM915PRO	8.368,56	57,04	80,83	44,59	44,88
DKB240PRO3	8.357,26	54,75	79,47	48,13	26,45
30A16PW	8.296,40	68,50	50,00	59,28	14,30
2A401PW	8.268,45	56,01	61,74	58,50	29,33
2B810PW	8.258,04	50,78	56,67	65,09	13,34
2B655PW	8.200,82	55,06	69,05	53,63	27,14
MG652PW	8.184,32	50,58	70,70	56,12	14,95
MG300PW	8.154,09	58,91	76,49	44,54	43,02
SHS7920PRO	8.106,29	41,46	80,23	56,15	21,61
BRS1060	8.094,09	43,57	69,31	62,33	0,11
FEROZ	8.057,12	53,79	81,16	45,27	39,47
BR206	8.043,90	52,17	84,71	44,91	46,45
22M12VIP	8.040,13	59,69	65,67	49,41	21,22
GNZ7280	8.021,15	63,49	68,39	45,90	37,25
GNZ9626PRO	7.962,86	50,37	64,47	57,87	23,56
SHS5550	7.931,19	52,26	65,90	56,18	31,49
DKB230PRO3	7.911,20	66,93	73,65	38,45	45,43
XB8030	7.904,98	49,32	77,54	52,19	33,50
XB6012BT	7.881,47	41,54	66,46	64,65	12,17
20A55PW	7.871,15	50,62	62,57	59,90	21,77
SHS7990PRO2	7.860,59	49,90	69,69	55,62	33,13
BG7318YH	7.801,56	53,53	70,84	51,48	31,68
GNZ2005YG	7.777,04	45,95	62,74	62,77	21,37
2B604PW	7.709,34	45,31	63,59	61,90	12,11
SHS5560	7.561,10	56,00	61,96	53,14	24,73
RB9110PRO	7.543,59	51,46	59,22	59,15	18,40
BAL188	7.457,58	48,03	58,40	62,52	26,82
90XB06BT	7.267,88	50,19	77,76	46,07	40,65
CARGO	7.163,83	43,95	73,33	54,92	26,72
BRS1010	7.143,16	46,82	77,31	48,26	23,01
DKB290PRO3	7.115,52	55,94	72,95	44,75	34,35
XB9003BT	6.976,77	46,82	49,62	65,02	8,95
SHS7090	6.709,06	49,35	55,51	59,86	15,87
2B587PW	6.650,45	54,28	54,42	58,10	23,36
BM810	6.470,09	42,20	40,86	72,85	-4,24
2B710PW	6.436,29	45,91	51,33	63,53	6,94
AG7098PRO2	6.406,31	38,37	61,75	63,12	0,73
BM820	6.335,76	48,86	68,82	47,39	28,68
2B633PW	5.730,51	50,39	39,93	65,49	9,73

