

RICARDO SHIGUERU OKUMURA

**ASPECTOS FITOTÉCNICOS E NUTRICIONAIS DO MILHO DOCE EM
FUNÇÃO DE DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO EM
COBERTURA**

**MARINGÁ
PARANÁ – BRASIL
JUNHO – 2012**

RICARDO SHIGUERU OKUMURA

**ASPECTOS FITOTÉCNICOS E NUTRICIONAIS DO MILHO DOCE EM
FUNÇÃO DE DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO EM
COBERTURA**

Tese apresentada à Universidade Estadual de Maringá, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia, na área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de Doutor.

**MARINGÁ
PARANÁ – BRASIL
JUNHO – 2012**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

O41a Okumura, Ricardo Shigueru
Aspectos fitotécnicos e nutricionais do milho doce em função de doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura / Ricardo Shigueru Okumura.
-- Maringá, 2012.
90 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Soares Vidigal Filho.
Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Maringá, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2012.

1. *Zea mays* L. - Adubação nitrogenada - Produtividade. 2. Milho especial. I. Vidigal Filho, Pedro Soares, orient. II. Universidade Estadual de Maringá. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

CDD 22. ed. 633.15

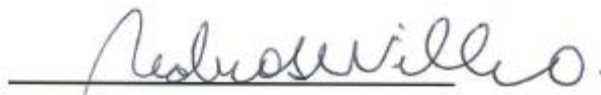
RICARDO SHIGUERU OKUMURA

**ASPECTOS FITOTÉCNICOS E NUTRICIONAIS DO MILHO DOCE EM
FUNÇÃO DE DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO EM
COBERTURA**

Tese apresentada à Universidade Estadual de Maringá, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia, na área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 01 de junho de 2012.

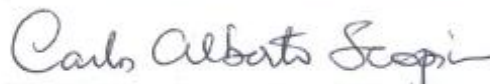
Prof. Dr. Pedro Soares Vidigal Filho
Presidente



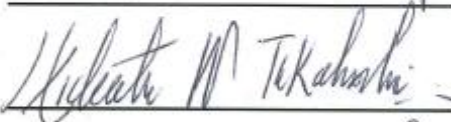
Prof. Dr. Carlos Alberto de Bastos Andrade
Membro




Prof. Dr. Carlos Alberto Scapim
Membro



Prof. Dr. Hideaki Wilson Takahashi
Membro



Prof. Dr. Osmar Rodrigues Brito
Membro



Aos meus amados pais Jorge (*in memoriam*) e Mituko, pelo apoio, amor, orações, carinho e exemplos de luta, força e dignidade.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus e a Jesus Cristo, pela dádiva da vida e bênçãos sem fim, por tudo que tenho, tudo que sou, e tudo que ainda vou ser.

À Universidade Estadual de Maringá (UEM) e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia (PGA), pela oportunidade de realização do Curso de Doutorado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão de Bolsa de Estudo.

À Fundação Araucária e ao CNPq, que por meio do Projeto Pronex, proporcionaram o financiamento do presente trabalho.

Ao Prof. Dr. Pedro Soares Vidigal Filho, pela orientação, confiança e, por fazer-me expressar todo o meu potencial e capacidade.

Ao Prof. Dr. Carlos Alberto Scapim, pela Co-orientação e compartilhamento de conhecimentos essenciais à realização deste trabalho.

À Érika Cristina Takamizawa Sato, Secretária do PGA, pela atenção dedicada e amizade.

À minha namorada, Daiane de Cinque Mariano, que sempre me serviu de exemplo de dedicação para realização de minhas tarefas.

Aos colegas e amigos, Odair José Marques, Antônio Augusto Nogueira Franco, Renan Soares de Souza, Dyane Coelho Queiroz, Deivid Lincoln Reche, Vinícius Bovo Cortinove, Alberto Yuji Numoto e Gustavo Zimmermann, pelo auxílio prestado durante toda a condução dos trabalhos.

Aos senhores Antônio Rodrigues Queiroz Filho e Francisco Luiz Raimundo, funcionários da Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI – UEM), pela ajuda na realização das atividades de campo.

BIOGRAFIA

RICARDO SHIGUERU OKUMURA, filho de Jorge Okumura e Mituko (*in memoriam*) e Shono Okumura, nasceu em 16 de novembro de 1984, na cidade de Maringá, Paraná.

Formou-se em janeiro de 2007, em Engenheiro Agrônomo, pela Universidade Estadual de Londrina – UEL, com a defesa do Trabalho de Conclusão de Curso “Avaliação da compactação do solo em diferentes épocas de adoção do sistema de semeadura direta”, orientado pela Prof^a. Dr^a. Maria de Fátima Guimarães.

Em fevereiro de 2007, ingressou no Programa de Pós-graduação em Agronomia, nível Mestrado, área de concentração em Ciências do Solo, pela Universidade Estadual de Londrina, orientado pelo Prof. Dr. Hideaki Wilson Takahashi, concluindo-o em fevereiro de 2009, com o trabalho intitulado “Ureia com NBPT em cobertura na cultura do milho”.

Em março de 2009, ingressou no Curso de Doutorado em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, pela Universidade Estadual de Maringá, orientado pelo Prof. Dr. Pedro Soares Vidigal Filho.

ÍNDICE

LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE FIGURAS	ix
RESUMO	xi
ABSTRACT	xiii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 MILHO DOCE	3
2.2 GENÉTICA	5
2.3 CARACTERÍSTICAS DO MILHO DOCE	8
2.4 EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DO MILHO DOCE	12
2.5 DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DO N	22
3. MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1 LOCALIZAÇÃO	27
3.2 PERÍODO DE REALIZAÇÃO	27
3.3 CLIMA	27
3.4 SOLO	29
3.5 TRATAMENTOS	30
3.6 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	30
3.7 CARACTERÍSTICAS DAS UNIDADES EXPERIMENTAIS	31
3.8 IMPLANTAÇÃO E CONDUÇÃO DOS EXPERIMENTOS	31
3.8.1 Correção do solo da área experimental	31
3.8.2 Híbridos de milho doce utilizados	31
3.8.3 Semeadura e população de plantas	32
3.8.4 Adubação de semeadura	33
3.8.5 Adubação nitrogenada de cobertura	33
3.8.6 Tratos culturais e fitossanitários	33
3.8.7 Irrigação	34
3.8.8 Colheita	34

3.9	AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL DE NITROGÊNIO DA PLANTA	34
3.9.1	Análise do teor de N da lâmina foliar	34
3.10	AVALIAÇÕES FITOTÉCNICAS DE CARACTERÍSTICAS DA PARTE AÉREA	35
3.10.1	Altura de plantas	35
3.10.2	Índice de área foliar	35
3.11	AVALIAÇÕES FITOTÉCNICAS DE COMPONENTES DE PRODUÇÃO	36
3.11.1	Número de grãos por fileira	36
3.11.2	Número de fileiras de grãos por espiga	36
3.11.3	Produtividade total de espigas despalhadas	36
3.11.4	Produtividade de espigas comerciais despalhadas	36
3.11.5	Dose de máxima eficiência econômica para a adubação nitrogenada	37
3.11.6	Faturamento bruto para adubação nitrogenada	37
3.12	ARMAZENAMENTO PÓS-COLHEITA DAS ESPIGAS	37
3.13	AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS GRÃOS	38
3.13.1	Açúcares totais	38
3.13.2	Proteína	39
3.14	ANÁLISES ESTATÍSTICAS	39
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
5.	CONCLUSÕES	62
	REFERÊNCIAS	63
	APÊNDICES	85

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Composição química do milho doce (<i>su1</i>) e superdoce (<i>bt1</i> e <i>sh2</i>)	10
Tabela 2	Produtividade de grãos e acúmulo de macronutrientes na parte aérea de cultivares de milho comum obtidos em trabalhos conduzidos no Brasil	13
Tabela 3	Acúmulo de macronutrientes na parte aérea de cultivares de milho superdoce (<i>sh2</i>) obtidos em trabalhos conduzidos no Brasil	14
Tabela 4	Resultados das análises químicas das amostras de material de solo da área experimental provenientes da camada de 0-0,20 m e 0,20-0,40 m de profundidade, dos anos agrícolas de 2009, 2010 e 2011	29
Tabela 5	Descrição dos tratamentos avaliados	30
Tabela 6	Resumo da análise de variância, coeficiente de variação experimental e média geral envolvendo cinco doses de N, duas épocas de aplicação, dois híbridos de milho doce e três anos agrícolas para altura de planta (AP), índice de área foliar (IAF), N-total foliar (N-FOL), número de fileiras por espiga (NFE) e grãos por fileira (NGF), produtividade de espigas despalhadas (PRODsp) e comerciais (PRODec), conteúdo de açúcares totais (AT) e proteína nos grãos (PROT)	44
Tabela 7	Desdobramento de estádios fenológicos de aplicação de N dentro de híbridos e híbridos dentro de estádios fenológicos, na média das cinco doses de N aplicados em cobertura (0, 45, 90, 135 e 180 kg de N ha ⁻¹) e das três safras agrícolas (2009, 2010 e 2011), referente à altura de planta e índice de área foliar de milho doce	50
Tabela 8	Desdobramento de híbridos dentro de safras agrícolas e safras dentro de híbridos, na média das cinco doses de N aplicados em cobertura (0, 45, 90, 135 e 180 kg de N ha ⁻¹) e das duas épocas de aplicação de aplicação de N em cobertura (estádio fenológico V ₄ e V ₈), referente à altura de planta produtividade de espigas despalhadas, produtividade de espigas comerciais e teor foliar de N-total em milho doce	52

Tabela 9	Relação de custo em função da dose de N aplicada e retorno financeiro do investimento, na média das épocas de aplicação de N, híbridos e anos agrícolas	59
Tabela 10	Coeficientes de correlações de Pearson entre a altura de planta (AP), índice de área foliar (IAF), teor de N-total foliar (N-TOTAL), número de fileiras por espiga (NFE), número de grãos por fileira (NGF), produtividade de espigas despalhadas (PRODsp), produtividade de espigas comerciais (PRODec), teores de açúcares totais (AT) e teores de proteína (PROT) considerando as cinco doses de N (0, 45, 90, 135 e 180 kg de N ha ⁻¹), os dois híbridos (Tropical Plus e RB-6324), as duas épocas de aplicação do N em cobertura (estádio fenológico V ₄ e V ₈) e os três anos agrícolas (2009, 2010 e 2011)	60
Tabela 1A	Médias dos valores obtidos nos quatro blocos, nos experimentos conduzidos nos anos agrícolas de 2009, 2010 e 2011	86
Tabela 2A	Resumo da análise de variância, coeficiente de variação experimental e média geral envolvendo cinco doses de N, duas épocas de aplicação, dois híbridos de milho doce e três safras agrícolas para altura de planta (AP), índice de área foliar (IAF), N-total foliar (N-FOL), número de fileiras por espiga (NFE) e grãos por fileira (NGF), produtividade de espigas despalhadas (PRODsp) e comerciais (PRODec), teor de açúcares totais (AT) e proteína nos grãos (PROT)	88
Tabela 3A	Resumo das análises de regressão altura de planta (AP), índice de área foliar (IAF), N-total foliar (N-FOL), número de fileiras por espiga (NFE) e grãos por fileira (NGF), produtividade de espigas despalhadas (PRODsp) e comerciais (PRODec), teor de açúcares totais (AT) e proteína nos grãos (PROT)	89
Tabela 4A	Resumo da análise de variância, coeficiente de variação experimental e média geral envolvendo cinco doses de N, duas épocas de aplicação, dois híbridos de milho doce e três safras agrícolas para altura de planta (AP), índice de área foliar (IAF), N-total foliar (N-FOL), número de fileiras por espiga (NFE) e grãos por fileira (NGF), produtividade de espigas despalhadas (PRODsp) e comerciais (PRODec), teor de açúcares totais (AT) e proteína nos grãos (PROT)	90

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Deficiência de N na folha do milho doce	15
Figura 2	A rota da GS-GOGAT que propicia a formação da glutamina e do glutamato	17
Figura 3	Representação esquemática da rota de assimilação do nitrogênio nas folhas (a) e raízes (b) de plantas	18
Figura 4	Absorção de NO_3^- e NH_4^+ por meio da membrana plasmática. ⁽¹⁾ bomba de prótons (H^+ – ATPase); ⁽²⁾ transportador de NO_3^- (simporte); ⁽³⁾ transportador de NH_4^+ (uniporte)	19
Figura 5	Curvas de produção de massa seca e absorção de N, P e K pelo milho, em diferentes fases de desenvolvimento da planta	24
Figura 6	Precipitação pluvial e temperaturas máximas e mínimas ocorridas durante o período experimental dos anos agrícolas de 2009 (a), 2010 (b) e 2011 (c)	28
Figura 7	Conteúdo de açúcares totais nos grãos da espiga de milho doce em função das doses de N aplicado em cobertura nos estádios fenológicos V_4 e V_8 . Média dos híbridos Tropical Plus e RB-6324 em três safras agrícolas (2009, 2010 e 2011)	45
Figura 8	Altura média de plantas de milho doce em função das doses de N aplicado em cobertura nas safras agrícolas de 2009, 2010 e 2011. Médias dos híbridos Tropical Plus e RB-6324 em dois estádios fenológicos (V_4 e V_8)	47
Figura 9	Conteúdo de proteína nos grãos da espiga de milho doce em função das doses de N aplicado em cobertura nas safras agrícolas de 2009, 2010 e 2011. Médias dos híbridos Tropical Plus e RB-6324 em dois estádios fenológicos (V_4 e V_8)	49
Figura 10	Produtividade de espigas despalhadas de milho doce em função das doses de N aplicado em cobertura. Média das duas épocas de aplicação de N em cobertura (estádio fenológico V_4 e V_8), dos híbridos Tropical Plus e RB-6324 em três safras agrícolas (2009, 2010 e 2011)	54

Figura 11	Produtividade de espigas comerciais de milho doce em função das doses de N aplicado em cobertura. Média das duas épocas de aplicação de N em cobertura (estádio fenológico V ₄ e V ₈), dos híbridos Tropical Plus e RB-6324 em três safras agrícolas (2009, 2010 e 2011)	57
-----------	---	----

RESUMO

OKUMURA, R. S., D.S. Universidade Estadual de Maringá, março de 2012. **Aspectos fitotécnicos e nutricionais do milho doce em função de doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura.** Orientador: Dr. Pedro Soares Vidigal Filho. Co-orientador: Dr. Carlos Alberto Scapim.

O objetivo do presente estudo foi avaliar os efeitos da aplicação em cobertura de diferentes doses de nitrogênio associados a duas épocas de aplicação sobre o desenvolvimento e a produção de dois híbridos simples de milho doce, durante três anos agrícolas. Os experimentos foram instalados em área de ocorrência de Nitossolo Vermelho eutrófico, textura argilosa, no município de Maringá, PR, durante a Safra de “Verão” dos anos agrícolas 2009, 2010 e 2011. O delineamento experimental foi o de blocos completos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos constituíram-se da combinação entre os níveis dos fatores doses de N em cobertura (0, 45, 90, 135 e 180 kg de N ha⁻¹), épocas de aplicação (Estádio fenológico V₄ e V₈), híbridos simples de milho doce (Tropical Plus e RB-6324), utilizando-se, desta forma, o fatorial 5 x 2 x 2 com três anos agrícolas. A análise conjunta dos dados obtidos permitiu concluir que o incremento nas doses de N afetou, de maneira geral, os componentes da parte aérea, altura de plantas e índice de área foliar, assim como os componentes da produtividade, número de grãos por fileira, número de fileiras de grãos por espiga e produtividade de espigas despalhadas e comerciais dos híbridos de milho doce Tropical Plus e RB-6324. A aplicação em cobertura de N na dose de 110,84 kg de N ha⁻¹ proporcionou produtividade máxima de espigas comerciais de 1041 Mg ha⁻¹, independente da época de aplicação de N, dos híbridos e dos anos agrícolas e, a máxima eficiência econômica nas condições do estudo foi obtida na dose de 102,5 kg de N ha⁻¹, sendo que as doses de 45 e 90 kg de N ha⁻¹ foram as que proporcionaram os melhores retornos econômico de R\$ 1973,1 ha⁻¹ e R\$ 863,2 ha⁻¹, respectivamente, independente da época de aplicação do N, dos híbridos e dos anos agrícolas. Com relação aos híbridos de milho doce, o híbrido RB-6324 foi superior ao Tropical Plus quanto à produtividade de espigas despalhadas e produtividade

de espigas comerciais. Por meio dos resultados, observou-se que as características altura de planta, índice de área foliar, teor foliar de N-total, número de grãos por fileira, produtividade de espigas despalhadas e conteúdo de proteína no grão do milho doce apresentaram correlação positiva com a produtividade de espigas comerciais.

Palavras-chave: *Zea mays* L., milho especial, adubação nitrogenada, produtividade de espigas.

ABSTRACT

OKUMURA, R. S., D.S. Universidade Estadual de Maringá, March 2012. **Phytotechnical and nutritional aspects of sweet corn with regard to doses and coverage nitrogen application periods.** Advisor: Dr. Pedro Soares Vidigal Filho. Co-advisor: Dr. Carlos Alberto Scapim.

Coverage application effects of different nitrogen doses associated to two application periods on the development and production of two simple hybrids of sweet corn during three agricultural years are evaluated. Experiments were performed in areas featuring eutrophic red nitosoil, with a clayey texture, in Maringá PR Brazil, during the “summer” harvest of the agricultural years 2009, 2010 and 2011. Experimental design comprised totally randomized blocks with four repetitions. Treatments consisted of combinations between coverage N dose levels (0, 45, 90, 135 and 180 kg ha⁻¹ of N), application periods (phenological stage V₄ and V₈), sweet corn simple hybrids (Tropical Plus and RB-6324), at a factorial scheme 5 x 2 x 2, with three agricultural years. Total data analysis showed that an increase in N doses generally affected the components of the aerial section, plant height, leaf area index, productivity, number of grains per row, number of grain rows per ear and the productivity of commercial de-strawed ears of the sweet corn hybrids Tropical Plus and RB-6324. N coverage application in the N dose 110.84 kg ha⁻¹ provided maximum productivity of commercial ears of 1041 Mg ha⁻¹, regardless of the N application period, hybrids and agricultural years. Moreover, maximum economical efficiency under current conditions was obtained with N dose 102.5 kg ha⁻¹. In fact, N doses 45 and 90 kg ha⁻¹ provided the best economical assets of R\$ 1973,1 ha⁻¹ and R\$ 863,2 ha⁻¹, respectively, regardless of the period of N application, hybrids and agricultural years. The sweet corn hybrid RB-6324 was higher than Tropical Plus with regard to the productivity of de-strawed ears and the productivity of commercial ears. Results demonstrated that the characteristics plant height, leaf area index, Total N rate of leaf, number of grains per row, productivity of de-strayed ears and protein contents in sweet

corn grains had a positive correlation with the productivity of commercial ears.

Keywords: *Zea mays* L., special corn, nitrogenated fertilization, ear productivity.

1. INTRODUÇÃO

O milho doce destaca-se dentre as mais de 250 raças catalogadas da espécie *Zea mays* L. (ARAGÃO, 2002), sendo considerada como olerícola (KAUKIS; DAVIS, 1986; TRACY, 2001). As principais utilizações alimentares do milho doce são em conserva (enlatado), por meio do processamento industrial e pelo consumo “in natura” (PEREIRA FILHO; CRUZ, 2002; OLIVEIRA JR.; PEREIRA; BRESSAN-SMITH, 2006). Adicionalmente, após a colheita, a parte vegetativa remanescente das plantas pode ser utilizada para silagem, destinada à alimentação animal (TEIXEIRA et al., 2001; OLIVEIRA JR.; PEREIRA; BRESSAN-SMITH, 2006).

A produtividade de milho doce é influenciada por uma série de fatores tais como a cultivar, tipo de solo, fertilização, clima, práticas culturais, pragas e as moléstias (BUGBEE; SALISBURY, 1988; EVANS; FISCHER, 1999). Dessa forma, torna-se importante e necessário, o desenvolvimento de estudos na tentativa de minimizar os efeitos destes fatores na produtividade e qualidade do milho doce (SILVA; MAGALHÃES, 1990; HEREDIA ZÁRATE; VIEIRA, 2003; BARBIERI et al., 2005; RAMOS; MARCOS FILHO; GALLI, 2008; GOMES JR. et al., 2009; OKUMURA; MARIANO; ZACCHEO, 2011).

Uma variável determinante da produtividade do milho doce é o fornecimento de nutrientes para a cultura (AMARAL FILHO et al., 2005), entre os quais se destaca o nitrogênio (N) por participar da composição dos aminoácidos, proteína, clorofila e de enzimas essenciais que estimulam o crescimento e o desenvolvimento tanto da parte aérea quanto do sistema radicular da planta (CRAWFORD; WILKINSON; LABRIE, 1992; MARSCHNER, 1995). Além disso, o N é o nutriente absorvido em maior quantidade pela cultura do milho (ARAÚJO; FERREIRA; CRUZ, 2004; SILVA et al., 2005).

Na maioria das vezes, a quantidade de N naturalmente disponível no solo é insuficiente para suprir a demanda da planta, tornando a complementação via fertilizante nitrogenado fundamental para obtenção de elevadas produtividades (AMADO; MIELNICZUK; AITA, 2002). Entretanto, a utilização do N de forma incorreta, sem que a aplicação ocorra na dose e na

época adequada, pode acarretar sérios prejuízos ambientais, pelo elevado custo energético na sua produção e, principalmente por ser passível de propiciar a contaminação de águas superficiais e subterrâneas por nitrato, decorrentes dos processos de erosão e de lixiviação (ARGENTA et al., 2003).

Por isso, o manejo do N tem sido uma das práticas agrícolas mais estudadas visando melhorar a eficiência de uso dos fertilizantes N, visto que grande parte do N disponibilizado à cultura é perdida (COELHO et al., 1991; HILTON; FIXEN; WOODWARD, 1994; LARA CABEZAS; KORNDORFER; MOTTA, 1997a), o que gera para o agricultor um aumento no custo de produção da cultura do milho.

Nos últimos anos, muitos trabalhos de pesquisa com N foram realizados para a cultura do milho comum (OLIVEIRA; CAIRES, 2003; ARAÚJO; FERREIRA; CRUZ, 2004; AMARAL FILHO et al., 2005; CAZETTA; FORNASIERI FILHO; GIROTTO, 2005; SILVA et al., 2005; GOMES et al., 2007; BASTOS et al., 2008; CRUZ et al., 2008; DUETE et al., 2008; FONTOURA; BAYER, 2009; LANA et al., 2009; OKUMURA et al., 2011). No entanto, poucos estudos têm sido desenvolvidos com a cultura do milho doce (MULLINS et al., 1999; SILVA; OLIVEIRA; SILVA, 2003; SILVA; SILVA, 2003; OKTEM, 2005) e, conseqüentemente muitas dúvidas têm surgido sobre a recomendação da dose e época de aplicação de N em cobertura.

A carência de informações referentes à influência do N na cultura do milho doce justifica a realização deste estudo que foi desenvolvido com o objetivo de avaliar os efeitos de doses e épocas de aplicação do N em cobertura no desenvolvimento e na produtividade de dois híbridos simples de milho doce, em ambiente de campo, no período de cultivo de “verão”, na região Noroeste do Paraná.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 MILHO DOCE

Botanicamente, o milho doce (*Zea mays* L. grupo *saccharata*) pertence à família das *Poáceas* ou *Gramíneas*, tribo *Maydeae*, do gênero *Zea* (MACHADO; PATERNIANI, 1998; ARAGÃO, 2002). Originário da América, provavelmente da região onde se situa o México, o milho foi domesticado em um período entre 5.000 – 8.000 a.C. (ARAGÃO, 2002).

O milho doce destaca-se dentre as mais de 250 raças catalogadas da espécie *Zea mays* L. (ARAGÃO, 2002), por ser classificada como tipo especial, destinada exclusivamente ao consumo humano (milho verde), tanto “in natura” como para processamento (PEREIRA FILHO; CRUZ, 2002; OLIVEIRA JR.; PEREIRA; BRESSAN-SMITH, 2006). Nos Estados Unidos e no Canadá (TRACY, 2001; BORDALLO et al., 2005), o milho doce destaca-se por ser uma das mais populares hortaliças, na qual os grãos são habitualmente consumidos crus, sem processamento, na alimentação humana.

Qualquer tipo de milho colhido e consumido antes da maturação fisiológica, ainda fresco, enquanto os grãos estiverem macios e antes que todo o açúcar seja convertido em amido, podem ser classificados como milho verde (COUTER et al., 1988).

Os dados estatísticos de produção de milho doce são escassos, e muitas das vezes, eles são apresentados em conjunto, sendo expressos em termos de produção de espigas de milho verde, que na maioria das vezes, advém de lavouras de milho comum.

De acordo com informações obtidas pela Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), no ano de 2009, a área mundial cultivada com o milho verde foi de 979.700 hectares e a produção global foi de 9.192.282 megagramas de espigas, na qual se destacam os Estados Unidos (46%), México (7%) e Nigéria (6%), com uma produção de 4.223.040, 600.000 e 538.458 megagramas de espigas verdes. A produção brasileira não foi computada pela FAO (2011).

Com objetivos estatísticos, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) aceita o milho doce como um produto hortícola, juntamente com o milho verde (TEIXEIRA et al., 2009). Desta forma, no ano agrícola de 2006, observou-se uma produção de 268.265 megagramas de espigas verdes (IBGE, 2011) e, desse montante, o Estado do Paraná contribuiu com 20.904 t (GODINHO, 2008).

O Brasil, como um dos maiores produtores de milho comum do mundo, possui também um grande potencial para a produção de milho doce (BORDALLO et al., 2005). Segundo Barbieri et al. (2005), este seguimento apresenta crescimento e a tendência é que seja mantido, principalmente pela exportação. Em decorrência disto, algumas empresas, governamentais e privadas, vêm desenvolvendo programas de melhoramento para produção de cultivares de milho doce adaptadas às condições brasileiras (GAMA et al., 1983; PARENTONI et al., 1991; SCAPIM; CRUZ; ARAÚJO, 1995). Com isso, eleva-se o otimismo de crescimento para os próximos anos, visando principalmente o mercado internacional (BARBIERI et al., 2005).

O cultivo do milho doce é uma atividade financeiramente compensadora em virtude do alto preço unitário das espigas, o que a torna uma boa alternativa de exploração econômica em áreas próximas a grandes centros urbanos (STORCK; LOVATO; CAMASSETTO, 1984; PEREIRA FILHO, 2003). Além disso, pode ser aproveitada a parte vegetativa das plantas para a alimentação animal como feno ou silagem de alta qualidade (STORCK; LOVATO; CAMASSETTO, 1984).

A despeito dos pontos positivos, o milho doce, geralmente, é de baixa produtividade, apresenta problemas de produção na entressafra, há carência de boas cultivares para o consumo "in natura" (PARENTONI et al., 1990; MACHADO; REYES; SILVA, 1990; GAMA, PARENTONI; LEMOS, 1992), baixa resistência ao ataque de pragas e doenças (TRACY, 2001; OLIVEIRA JR. et al., 2007). Adicionalmente, vale ressaltar que a porcentagem de germinação das sementes do milho doce é menor que a do milho comum (WATERS JR.; BLANCHETTE, 1983).

A baixa germinação das sementes de milho doce é atribuída às menores quantidades de amido em relação às quantidades de açúcares na semente do milho doce (WATERS; BLANCHETE, 1983; DOUGLAS.; JUVIK;

SPLITTSTOESSER, 1993; McDONALD; SULLIVAN; LAWER, 1994). Neste tipo de milho, os açúcares se cristalizam dentro do endosperma e, durante a desidratação, ocorre a separação entre a camada de aleurona e o pericarpo e, cria-se então espaços internos, o que propicia às sementes um aspecto enrugado (DOUGLAS.; JUVIK; SPLITTSTOESSER, 1993). Em consequência disso, o pericarpo torna-se mais frágil e mais suscetível aos danos físicos e à entrada de patógenos (WATERS; BLANCHATTE, 1983; DOUGLAS; JUVIK; SPLITTSTOESSER, 1993).

Os baixos conteúdos de amido, contidos no endosperma das sementes de milho doce, implica em baixa germinação (LEMOS et al., 2002a), dificultando a obtenção do estande adequado.

É sabido que o crescente interesse por esse milho especial incentivou algumas empresas produtoras de sementes a manter programas de melhoramento genético, que resultou em maior número de híbridos comerciais (GAMA; PARENTONI; LEMOS, 1992; LEMOS et al., 2002b; BARBIERI et al., 2005). Desta maneira, e de acordo com Barbieri et al. (2005), o estudo de práticas de manejo mais adequadas para esses híbridos é de fundamental importância.

2.2 GENÉTICA

A principal característica do milho doce é apresentar pelo menos um dos oito genes mutantes recessivos, cuja expressão altera a composição do endosperma do grão (WALLACE; BRESSMAN, 1949; PARENTONI et al., 1990). Os elevados conteúdos de açúcares do milho doce decorrem da presença de alelos mutantes que bloqueiam no endosperma a conversão de açúcares em amido, conferindo o caráter doce deste tipo de milho (ARAÚJO et al., 2006; BARBIERI et al., 2005). Estas alterações são resultantes da ação de genes recessivos individuais ou associados em combinações duplas e triplas (WALLACE; BRESSMAN, 1949; TRACY, 2001).

Os principais genes responsáveis são o "Shrunken-2" (*sh2*), localizado no cromossomo 3, "Brittle" (*bt*), no cromossomo 5, "Sugary Enhancer" (*se*), "Sugary" (*su*) e "Brittle-2" (*bt2*), todos no cromossomo 4, os genes "Dull" (*du*), no cromossomo 10 e "Amylose Extender" (*ae*), no cromossomo 5.

Segundo Parentoni et al. (1990), os alelos mutantes podem ser classificados em dois grupos: milho doce contendo o gene sugary (*su*) e milho super doce contendo o gene brittle (*bt*), shrunken (*sh*) ou sugary enhancer (*se*).

O grupo do milho doce que contém os genes amilose extender (*ae1*), dull1 (*du1*) e sugary (*su1*) alteram o tipo e quantidade de polissacarídeos do endosperma (BOYER; SHANNON, 1984) e apresentam menor quantidade de amido quando comparado ao milho comum.

O gene *su1* tem como característica aumentar a concentração de polissacarídeos solúveis em água (PSA), que se caracterizam por apresentar carboidratos de cadeia ramificada, responsáveis pela estrutura e textura cremosa do grão (ARAGÃO, 2002), aumentando de 5 a 9% o conteúdo de açúcares. O aumento nos níveis de polissacarídeos solúveis em água no endosperma é decorrente do fato de o milho doce ser homocigoto para o gene recessivo (*su1*) (WANN; BROWN; HILLS, 1971). Dessa forma, o gene *su1* é utilizado na forma simples ou em conjunto com outros genes mutantes (BOYER; SHANNON, 1984).

De acordo com Garwood et al. (1976), o principal componente extraído da fração PSA é o fitoglicogênio, que pode representar até 25% da massa seca do grão do milho doce, e praticamente inexistente em grãos de milho comum (ARAGÃO, 2002). Vale ressaltar que o fitoglicogênio é um componente da cadeia carbônica altamente ramificada que acumula em quantidades significativas no endosperma do milho doce (*su1*). Ele é mais ramificado do que a amilopectina, componente do milho com endosperma amiláceo (PEAT; WHELAN; TURVEY, 1956).

Segundo Aragão (2002), a concentração de carboidratos dos grãos de milho doce, que contém o gene *su1* é praticamente a mesma dos grãos normais, e tal fato decorre do aumento contínuo dos teores de fitoglicogênio no endosperma.

Os híbridos de milho doce *su1*, normalmente, apresentam melhor vigor e germinação das sementes quando comparados aos do grupo superdoce. Todavia, apresentam menor período de colheita, por uma rápida conversão de açúcar em amido (TRACY, 2001).

As cultivares de milho do grupo denominado superdoce são portadoras dos genes brittle1 (*bt1*), brittle2 (*bt2*) e shrunken-2 (*sh2*) na forma homocigota

recessiva (CREECH, 1965; PARENTONI et al., 1990). Esses genes ocasionam um severo bloqueio na síntese de amido, acarretando no acúmulo de elevados conteúdos de açúcares no endosperma dos grãos e, por isso, são denominados “superdoce” (ARAGÃO, 2002).

O milho superdoce é caracterizado, no estágio de grãos maduros, pela grande concentração de açúcares (18 a 40%) no endosperma em detrimento da produção do amido (BOYER; SHANNON, 1984), o que ocasiona o decréscimo no conteúdo de carboidratos totais. Outra vantagem do milho superdoce é o maior período de colheita (LAUGHNAN, 1953), uma vez que a perda de água dos grãos é mais lenta, pelo maior potencial osmótico conferido pela alta concentração de açúcares no endosperma dos grãos/sementes (TRACY, 2001).

Em contrapartida, as desvantagens do milho superdoce são baixo acúmulo de PSA e, conseqüentemente, apresentam textura não-pastosa dos grãos no ponto de milho verde, como ocorre com os mutantes sugary e sugary enhancer (KAUKIS; DAVIS, 1986).

As sementes do milho superdoce são mais frágeis e leves, e podem facilmente sofrer danos mecânicos, fato que compromete a germinação e a emergência das plântulas a campo (CHOUREY; CHEN; MILLER, 1991). As sementes desses genótipos são muito suscetíveis ao *damping-off* (tombamento) que é comum ocorrer em pré e pós-emergência, pois o aumento do nível de açúcar deixa as plântulas mais atrativas a patógenos e pragas do solo (HUNG; FRITZ; WATERS JR., 1992).

Dentre os genes mutantes, os *sh2*, *bt1* e *bt2* são os mais utilizados no desenvolvimento de milho doce comercial, uma vez que a produção de açúcares em cultivares portadoras do gene *su* é menor quando comparada com as portadoras dos genes *sh2* e *bt2*. Estes mantêm altos níveis de sacarose mesmo após os primeiros ciclos de colheita, para consumo “in natura” (TRACY, 2001). Além disso, eles apresentam o dobro do conteúdo de açúcares, em relação aos milhos com o gene *su* (HOLDER; GLOVER; SHANNON, 1974) e quatro a oito vezes a quantidade de açúcar de um grão de milho comum (TRACY, 2001). Outra característica benéfica é que genótipos *sh2* apresentam, em média, 30% a mais de proteína que genótipos *su1* (GOLDMAN; TRACY, 1994).

2.3 CARACTERÍSTICAS DO MILHO DOCE

No Brasil, a produção de milho doce é voltada principalmente para o processamento industrial, por meio de contratos realizados entre as indústrias de processamento (MORETTI; HENZ, 2003).

A utilização do milho doce é diversificada, estando disponível em conserva (enlatado), congelado na forma de espigas ou em grãos desidratado, ou para consumo “in natura” (KWIATKOWSKI; CLEMENTE, 2007). Caso seja colhido antes da polinização, o milho pode ser utilizado como “*baby corn*”, ou minimilho e, ainda, após a colheita, a palhada da cultura pode ser aproveitada para produção de silagem (TEIXEIRA et al., 2001).

A colheita dos milhos doce e superdoce deve ser realizada quando as espigas estiverem com 70 a 80% de umidade (PEREIRA FILHO, 2003) e de preferência nas primeiras horas da manhã, quando a umidade do ar é alta e a temperatura é baixa (CANIATO et al., 2007). Tem sido verificado que os grãos que apresentam elevado teores de umidade têm queda na produtividade industrial, resultante do elevado número de espigas no estágio “cristal” ou “bolha d’água” (CRUZ; PEREIRA FILHO, 2002), que somente é tolerado até o limite de 8% pela indústria de conserva (PEREIRA FILHO; CRUZ, 2002).

O ideótipo da planta de milho doce a campo devem apresentar alguns atributos para melhor aceitação da indústria processadora e/ou consumo “in natura”. Por exemplo, a possibilidade de cultivo durante o ano todo, mediante utilização de irrigação e o escalonamento da produção; produtividade de espigas acima de 12 Mg ha⁻¹; ciclo que varia entre 90 e 110 dias; maior longevidade do período da colheita (5 a 8 dias) (PEREIRA FILHO; CRUZ; GAMA, 2003); uniformidade na altura das plantas e tamanho das espigas, características que podem ser conseguidas pelo emprego de híbridos simples (TOSELLO, 1978). Além disso, o milho deve apresentar também uniformidade nos teores de umidade dos grãos (69 a 75%), o que garante melhor palatabilidade do produto e manutenção do sabor (PEREIRA FILHO, 2003); alta produtividade de grãos por espiga; e, ausência de danos provocados principalmente pela lagarta da espiga [*Helicoverpa zea* (BODDIE) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)] (FORNASIERI FILHO; CASTELLANE; DECARO, 1988).

De forma a atender tanto aos interesses da indústria de processamento quanto à produção para o consumo “in natura”, o milho doce deve apresentar produtividade acima de 30%. Ou seja, para cada 100 kg de espigas empalhadas, a produtividade deverá resultar em um valor superior a 30 kg de grãos enlatados; espigas acima de 15 cm de comprimento e 3 cm de diâmetro (LE MOS et al., 1999; PAIVA JR., 1999; TEIXEIRA et al., 2001; PEREIRA FILHO, 2003; ALBUQUERQUE et al., 2008; ALBUQUERQUE; VON PINHO; SILVA, 2008). As espigas devem possuir formato cilíndrico com sabugo claro e fino e, de grãos dentados e longo com coloração amarelo-intenso ou alaranjado (FORNASIERI FILHO; CASTELLANE; DECARO, 1988; TEIXEIRA et al., 2001); espigas com mais de 14 fileiras de grãos, o que permite maior produtividade industrial; equilíbrio entre o número de palhas e a perfeita proteção da espiga (FORNASIERI FILHO; CASTELLANE; DECARO, 1988). Além disso, a textura dos grãos deve ser uniforme e com pericarpo fino (TEIXEIRA et al., 2001), de 45 a 50 microns, o que garante maior maciez aos grãos (HELM; ZUBER, 1969; SCHMIDT; TRACY, 1988).

De acordo com Caniato et al. (2007), o mercado consumidor de milho doce tem se tornado cada vez mais exigente com relação à qualidade do produto. As características comumente usadas para descrever a qualidade do milho doce “in natura” incluem sanidade, aparência, e também características composicionais, que conferem ao milho sabor e aromas característicos (CANIATO et al., 2007; KWIATKOWSKI; CLEMENTE, 2007; KWIATKOWSKI; CLEMENTE; SCAPIM, 2011).

Das características composicionais, pode-se destacar a concentração de amido, polissacarídeos solúveis em água, açúcares redutores e sacarose, que varia de acordo com as condições climáticas e associadas intimamente com o estágio de maturação (TSAI; SALAMINI; NELSON, 1970; MICHAEL; ANDREW, 1986; MARCOS et al., 1999). Estas características devem ser avaliadas quando os teores de umidade dos grãos estiverem entre 70 a 80% para melhor recomendação ao produtor e aceitação do consumidor (PEREIRA FILHO, 2003; CANIATO et al., 2007).

A composição química dos grãos dos diferentes tipos de milho doce varia entre si, por ser característica de cada gene, espécie e/ou cultivares (PEREIRA, 1987; TRACY, 2001). Apesar dessa variação, o milho doce é um

produto de alto valor nutricional, independente de ser do tipo doce ou superdoce (Tabela 1).

Tabela 1 – Composição química do milho doce (*su1*) e superdoce (*bt1* e *sh2*)

Referência	Gene	Sólidos solúveis	Proteínas	Amido	Açúcares redutores	Açúcares totais
		(°Brix)		(%)		
Pereira (1987)	<i>bt1</i>	20,8	11,6	20,2	2,1	5,2
	<i>su1</i>	22,3	11,0	22,9	1,9	4,6
	<i>su1</i>	17,7	10,8	24,2	1,6	4,3
Reifschneider et al. (1988)	<i>su1</i>	22,0	10,0	---	---	---
	<i>su1</i>	17,0	9,0	---	---	---
Nelson (1980)	<i>su1</i>	---	---	20,6	4,3	---
	<i>sh2</i>	---	---	17,4	8,3	---
Kwiatkowski et al. (2011)	<i>su1</i>	---	11,7	26,3	3,7	8,4
Souza (2011)	<i>sh2</i>	---	---	16,0	---	27,3
	<i>sh2</i>	---	---	17,5	---	25,1

O milho doce difere do milho comum não por características taxonômicas, mas pelo alto conteúdo de açúcares e baixo de amido (PEREIRA, 1987). Em geral, verifica-se que, em milho comum, o valor em torno de 3% de açúcares e 60 a 70% de amido. Por sua vez, o milho doce possui em torno de 9 a 14% de açúcares e, entre 30 a 35% de amido e, o milho superdoce tem em torno de 25% de açúcares e 15 a 25% de amido (SILVA; KARAN, 1994).

Tais diferenças na composição dos grãos ocorrem na fase de grãos leitosos (estádio fenológico R₃), ou seja, em milho verde, na qual os grãos do milho doce ficam mais tenros e, com maior quantidade de açúcares em relação ao milho verde comum (STORCK; LOVATO, 1991). Essas características do milho doce diferem do milho comum em razão do sabor adocicado, do alto valor nutritivo, da melhor palatabilidade dos grãos e aparência das espigas, conferindo aptidão para o consumo humano, e assim recebem a classificação de hortaliça (SILVA; KARAN, 1994).

Deve-se, contudo avaliar cultivares especialmente para o consumo de milho “in natura”, pois ainda é grande o número de agricultores que utilizam para consumo “in natura”, as mesmas cultivares destinadas à produção de grãos (PEREIRA FILHO; CRUZ, 2002). Atualmente, a recomendação de

cultivares de milho apropriado para consumo no estágio verde tem motivado o estudo de seus atributos químicos, o que pode facilitar a escolha dos mesmos (CANIATO et al., 2007).

Pesquisadores vêm desenvolvendo trabalhos para modificar o conteúdo de determinadas substâncias nos grãos, uma vez que a composição química pode ser alterada por meio da manipulação genética (GAMA et al., 1983; PARENTONI et al., 1990). Todavia, há que se destacar que somente nos últimos anos é que melhoristas têm dado maior atenção a estes aspectos (KWIATKOWSKI; CLEMENTE, 2007).

Modificações nos conteúdos de carboidratos são de extrema importância, em decorrência de serem constituintes bioquímicos abundantes nos vegetais, na qual chega a representar 50 a 80% da massa seca total destes (CANIATO et al., 2007). O milho doce, tanto para consumo “in natura” como para processamento, apresenta altos conteúdos de açúcares, resultantes da ação de genes recessivos individuais ou associados em combinações duplas ou triplas (ARAUJO; CORREA; SILVA, 2001).

O amido representa o principal carboidrato de reserva na maioria dos produtos vegetais (ROONEY; PFLUGFELDER, 1986; BEWLEY; BLACK, 1994). Ele se apresenta como grânulos com forma e tamanhos dependentes de sua fonte botânica e, é composta por dois tipos de macromoléculas, a amilose e a amilopectina (FRANCO et al., 2001).

O milho doce possui baixo conteúdo de amido no endosperma em face dos alelos mutantes alterarem a rota metabólica da formação do amido, dessa forma, favorece o acúmulo de açúcares (BOYER; SHANNON, 1984; SILVA; KARAN, 1994).

Com relação ao conteúdo de amido, têm-se 32,6 e 25% de amilose e 67,4 e 75% de amilopectina, para o milho comum e milho doce, respectivamente (HEREDIA ZÁRATE; VIEIRA, 2003). Convém destacar que a deposição de amido no endosperma dos grãos aumenta com a evolução do processo de maturação (CANIATO et al., 2004).

É sabido que a colheita do milho doce deve ser realizada quando grande parte do amido ainda não tenha sido acumulada (estádio fenológico R₃), pois o sabor adocicado característico do produto fresco se deve à presença de açúcares livres nos grãos (CANIATO et al., 2007). Desta maneira,

quanto menor a concentração de amido, melhor a palatabilidade do produto. Porém, a proporção ideal entre açúcares e amido depende basicamente do tipo de preparação a que se destinam as espigas (PARENTONI et al., 1990).

Com relação ao conteúdo de proteínas dos alimentos, estas possuem, além da função nutricional, propriedades sensoriais, principalmente de textura. No milho doce, a redução no acúmulo de polissacarídeos, principalmente amido, leva ao aumento no conteúdo de proteínas no endosperma (PAES, 2006).

As proteínas do grão de milho podem ser classificadas em seis frações, de acordo com Laundry e Moureaux (1970): albumina, globulina, zeína, glutelina 1, glutelina 2 e glutelina 3. As zeínas são proteínas do grupo das prolaminas e são as mais abundantes nos grãos de milho normais, e chegam a representar de 45 a 60% da proteína total do endosperma (CAPOBIANGO et al., 2006).

As proteínas dos grãos do milho são deficientes em dois aminoácidos essenciais: a lisina e o triptofano, o que classifica como de baixa qualidade nutritiva (MORO et al., 1996; KWIATKOWSKI; CLEMENTE; SCAPIM, 2011). Existem, no entanto, linhagens mutantes que contêm os genes “opaco-2” e “floury” que reduzem a síntese de zeínas e, conseqüentemente, aumentam a porcentagem de proteínas ricas em lisina e triptofano, no endosperma (PAIVA et al., 1992; PAES, 2006).

2.4 EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DO MILHO DOCE

Os elementos nutricionais de que a maioria das plantas necessitam para completar seu ciclo são: C, O, H (incorporados aos tecidos vegetais a partir da absorção de H₂O pelas raízes e da incorporação de CO₂, pelos processos fotossintéticos); N, P, K (macronutrientes primários); Ca, Mg, S (macronutrientes secundários) e B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn e Cl (micronutrientes) (MARSCHNER, 1995).

Do ponto de vista nutricional, o milho doce tem se revelado mais exigente em fertilidade do solo, em relação ao milho comum (PARENTONI et al., 1990). A riqueza em açúcares, aliada a um intenso metabolismo e a um

ciclo mais curto, pode justificar essa maior exigência em termos de fertilidade do solo (PARENTONI et al., 1990).

As necessidades nutricionais do milho, assim como qualquer planta, são determinadas pelas quantidades totais de nutrientes absorvidos durante o seu ciclo (FURLANI et al., 1977; DUARTE et al., 2003; VON PINHO et al., 2009). Esta extração dependerá, portanto, da produtividade obtida e da concentração de nutrientes nos grãos e na palhada (VON PINHO et al., 2009). Tomando por base as quantidades extraídas, pode-se estimar as quantidades exportadas por meio da colheita dos grãos e as que poderão ser restituídas ao solo por meio de restos culturais (WEBER; MIELNICZUK, 2009).

Diferenças nas exigências e quantidades de nutrientes absorvidas em função de cultivares, produtividade, disponibilidade de nutrientes e água, técnicas de cultivo e condições climáticas foram observadas por diferentes pesquisadores (HANWAY, 1962; BEAUCHAMP; KANNEMBERG; HUNTER, 1976; POLLMER et al., 1979) (Tabela 2).

Tabela 2 – Produtividade de grãos e acúmulo de macronutrientes na parte aérea de cultivares de milho comum obtidos em trabalhos conduzidos no Brasil

Literatura	Grãos	Macronutrientes primários		
		N	P	K
		----- (kg ha ⁻¹) -----		
Andrade et al. (1975) ¹	6.200	181,0	31,0	218,2
Furlani et al. (1977) ²	6.800	111,5	14,6	127,2
Vasconcelos et al. (1983) ³	5.100	103,0	19,5	43,5
Hiroce et al. (1989) ⁴	4.900	135,7	22,5	86,2
Duarte et al. (2003) ⁵	7.700	204,0	25,0	162,0
Von Pinho et al. (2009) ⁶	14.100	364,0	84,0	314,0
		Macronutrientes secundários		
	Grãos	Ca	Mg	S
		----- (kg ha ⁻¹) -----		
Andrade et al. (1975) ¹	6.200	34,7	35,9	32,2
Furlani et al. (1977) ²	6.800	37,4	14,9	57,8
Vasconcelos et al. (1983) ³	5.100	21,5	13,5	-
Hiroce et al. (1989) ⁴	4.900	20,6	22,5	12,7
Duarte et al. (2003) ⁵	7.700	24,0	41,0	11,0
Von Pinho et al. (2009) ⁶	14.100	60,5	42,0	27,0

¹ Média de cinco cultivares, população de 50.000 plantas ha⁻¹, Piracicaba – SP.

² Média de duas cultivares, população de 50.000 plantas ha⁻¹, Campinas – SP.

³ Média de duas cultivares, população de 50.000 plantas ha⁻¹, Sete Lagoas – MG.

⁴ Média de quatro cultivares, população de 50.000 plantas ha⁻¹, Campinas – SP.

⁵ Média de cinco cultivares, população de 55.000 plantas ha⁻¹, Palmital – SP.

⁶ Média de duas cultivares, população de 60.000 plantas ha⁻¹, Lavras – MG.

Com relação às necessidades de nutrientes do milho doce, até o presente momento, poucas informações estão disponíveis, podem ser citados os trabalhos de Maggio (2006) e Borin, Lana e Pereira (2010), apresentados no Tabela 3.

De maneira geral, tanto para o milho comum como para o milho doce (Tabelas 2 e 3), verifica-se que os mesmos são muito exigentes em N e K em comparação aos demais macronutrientes. Esta maior exigência indica a importância do N para a cultura do milho comum e doce.

Tabela 3 – Acúmulo de macronutrientes na parte aérea de cultivares de milho superdoce (*sh2*) obtidos em trabalhos conduzidos no Brasil

Literatura	Gene	N	P	K	Ca	Mg	S
		----- (kg ha ⁻¹) -----					
Maggio (2006) ¹	<i>sh2</i>	395,0	75,0	403,0	43,7	32,2	32,2
Borin et al. (2010) ²	<i>sh2</i>	123,1	18,9	126,2	13,2	25,7	10,8

¹ População de 55.000 plantas ha⁻¹, Itatiba – SP.

² População de 62.500 plantas ha⁻¹, Jataí – GO.

O nitrogênio (N) é o nutriente que mais desperta interesse da comunidade científica das Ciências Agrárias, em função de sua complexidade de formas no ambiente (AMADO, 1997; SOUZA; MELO, 2000; RAMBO; SILVA; BAYER, 2004), e da sua importância para a produtividade das culturas agrícolas (BORTOLINI et al., 2001; ARAÚJO; FERREIRA; CRUZ, 2004; GOMES et al., 2007; DUETE et al., 2008). Okumura et al. (2011) enfatizam que o N é o elemento que mais frequentemente limita a produtividade de grãos de milho, mas também é o que proporciona as maiores respostas de produtividade de grãos da cultura.

As altas produtividades do milho têm sido garantidas pela adaptação de cultivares as mais variadas situações de clima e solo, pelo melhoramento genético, pela melhoria das propriedades químicas, físicas e biológicas dos solos cultivados, além de adoção de práticas culturais, tais como a utilização de quantidades substanciais de fertilizantes nitrogenados (OKUMURA; MARIANO; ZACCHEO, 2011). No entanto, deve-se tomar cuidado, pois o suprimento inadequado de N pode limitar a produtividade do milho, bem como ocasionar contaminação ambiental e elevar os custos de produção (ARGENTA et al., 2003).

A exigência de nitrogênio (N) pelas plantas é consequência da sua função estrutural e no metabolismo, pois ele é constituinte de moléculas de proteínas, enzimas, coenzimas, ácidos nucleicos e citocromos, além de desempenhar importante função como integrante da molécula de clorofila (CRAWFORD; WILKINSON; LABRIE, 1992; MARSCHNER, 1995).

O vegetal também depende do N para realização de diversos processos vitais da planta, como síntese de proteína, absorção iônica, fotossíntese, respiração, multiplicação e diferenciação celular (MARSCHNER, 1995). Em consequência, proporciona uma vegetação verde, abundante folhagem, altos conteúdos de proteínas, rápido crescimento e auxílio aos microrganismos do solo para a decomposição da matéria orgânica (UHART; ANDRADE, 1995). Por outro lado, a deficiência de N na cultura do milho é caracterizada pela coloração verde-pálida das folhas novas e pela clorose nas folhas velhas, que se tornam amareladas no sentido do ápice para a base, na forma de um V invertido. Em casos de carência prolongada, a clorose atinge as folhas mais novas, o que pode alcançar, em situações extremas, todas as folhas das plantas de milho (HAAG; DECHEN; CARMELLO, 1990), conforme pode ser visualizada na Figura 1, gentilmente, cedida pelo pesquisador e Prof. Dr. Pedro Soares Vidigal Filho.



Figura 1 – Deficiência de N na folha do milho doce (VIDIGAL FILHO, 2011).

De acordo com Varvel, Schepers e Francis (1997), o N afeta diretamente a área foliar, em consequência altera a taxa de fotossíntese das plantas. Além de interferir positivamente no crescimento do sistema radicular, o N permite que as raízes explorem maior volume de solo, com isso, melhora-se a absorção de nutrientes e de água.

Por ter essas características, o N é o elemento que causa maiores efeitos no aumento de produtividade da cultura do milho comum, conforme comprovado por Araújo, Ferreira e Cruz (2004), Gomes et al. (2007) e Duete et al. (2008). Além do seu efeito sobre a produtividade, o N interfere em diversas outras características da planta relacionadas ao crescimento e desenvolvimento, as quais, direta ou indiretamente, afetam a produtividade da cultura (MAR et al., 2003; ARAÚJO; FERREIRA; CRUZ, 2004; OKUMURA et al., 2011). Encontram-se, na literatura, citações sobre a influência do N no aumento da massa de mil grãos (FERREIRA et al., 2001; AMARAL FILHO et al., 2005), do número de espigas por planta (FERNANDES et al., 2005), da altura de plantas (ARAÚJO; FERREIRA; CRUZ, 2004; OKUMURA et al., 2011), do peso de espigas (ARAÚJO; FERREIRA; CRUZ, 2004), do diâmetro do colmo (MAR et al., 2003) e da produção de massa seca da parte aérea (ARAÚJO; FERREIRA; CRUZ, 2004; DUETE et al., 2008).

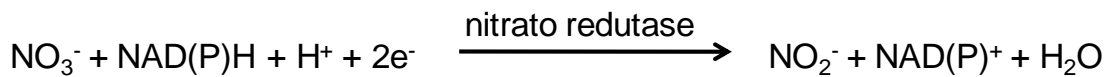
O milho é uma cultura que remove grandes quantidades de N (MUZILLI; OLIVEIRA, 1982; LEMAIRE; GASTAL, 1997; VON PINHO et al., 2009). E, usualmente, requer o uso de adubação nitrogenada em cobertura para complementar a quantidade suprida pelo solo quando se desejam produtividades elevadas (SANGOI; ALMEIDA, 1994). Estima-se que a necessidade de N para a produção de 1 megagrama de grãos de milho varie de 22,3 a 27,7 kg de N ha⁻¹ (VON PINHO et al., 2009).

As exigências de N pelo milho variam consideravelmente com os diferentes estádios de desenvolvimento da planta. Elas são mínimas nos estádios iniciais e aumenta-se com a elevação da taxa de crescimento, alcançando seu máximo durante o florescimento até o início de formação dos grãos (ARNON, 1975; VASCONCELLOS et al., 1983; KARLEN; FLANNERY; SADLER, 1988; VON PINHO et al., 2009). A quantidade de N absorvido varia durante o ciclo de desenvolvimento da planta em função da quantidade de raízes e da taxa de absorção por unidade de massa de raiz (moles NO₃⁻ ou NH₄⁺ h⁻¹ g⁻¹ raiz). Normalmente, essa quantidade aumenta progressivamente durante o período de crescimento vegetativo, atinge o máximo durante os estádios reprodutivos e, decresce na fase de enchimento dos grãos (CREGAN; BERKUM, 1984).

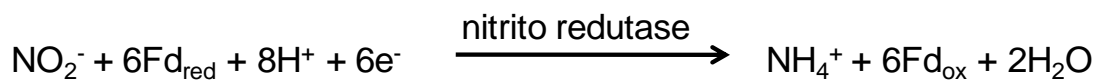
Bobato (2006) e Malavolta (2006) quantificaram os teores de N na folha índice, no período de pleno florescimento, fase recomendada para diagnosticar

o estado nutricional da planta (MALAVOLTA, 2006). De acordo com Bobato (2006) e Malavolta (2006), os valores de 34 e 28-35 g de N kg⁻¹ de massa seca, respectivamente, são os adequados para a cultura do milho comum.

A absorção de N pelas plantas é caracterizada pela passagem de nitrato (NO₃⁻) e amônio (NH₄⁺) por meio da membrana plasmática (plasmalema) das células da epiderme e do córtex da raiz por meio de transportadores específicos para essas formas de nitrogênio (LARSSON; INGEMARSSON, 1989), após a entrada na célula, o nitrato pode ser reduzido a nitrito (NO₂⁻), no citosol, por meio da enzima nitrato redutase:



que, logo a seguir, é convertido a amônio (NH₄⁺) no plastídio, pela ação da enzima nitrito redutase:



Após a redução no plastídeo, o amônio é, então, incorporado em aminoácidos pelas enzimas glutamina sintetase (GS) e glutamato sintase (GOGAT), formando glutamina (GLN), glutamato (GLU) e outros aminoácidos e seus metabólitos (CRAWFORD, 1995) (Figura 2).

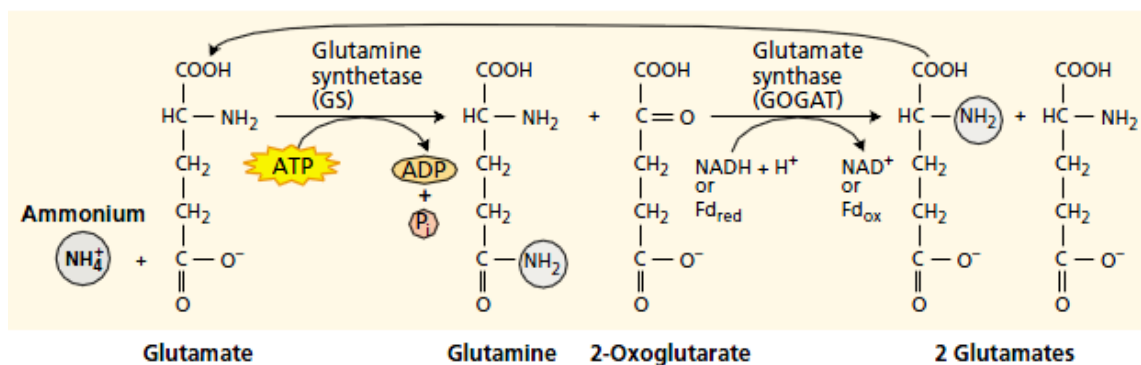


Figura 2 – A rota da GS-GOGAT que propicia a formação da glutamina e do glutamato (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Alternativamente, o NO_3^- e o NH_4^+ podem ser transportados por carregadores específicos por meio do tonoplasto e armazenados no vacúolo (HIREL et al., 2001; BORGES et al., 2006; TAIZ; ZEIGER, 2009), para posteriormente serem reduzidos no citosol da mesma célula ou serem translocados inalterados para a parte aérea da planta (Figura 3).

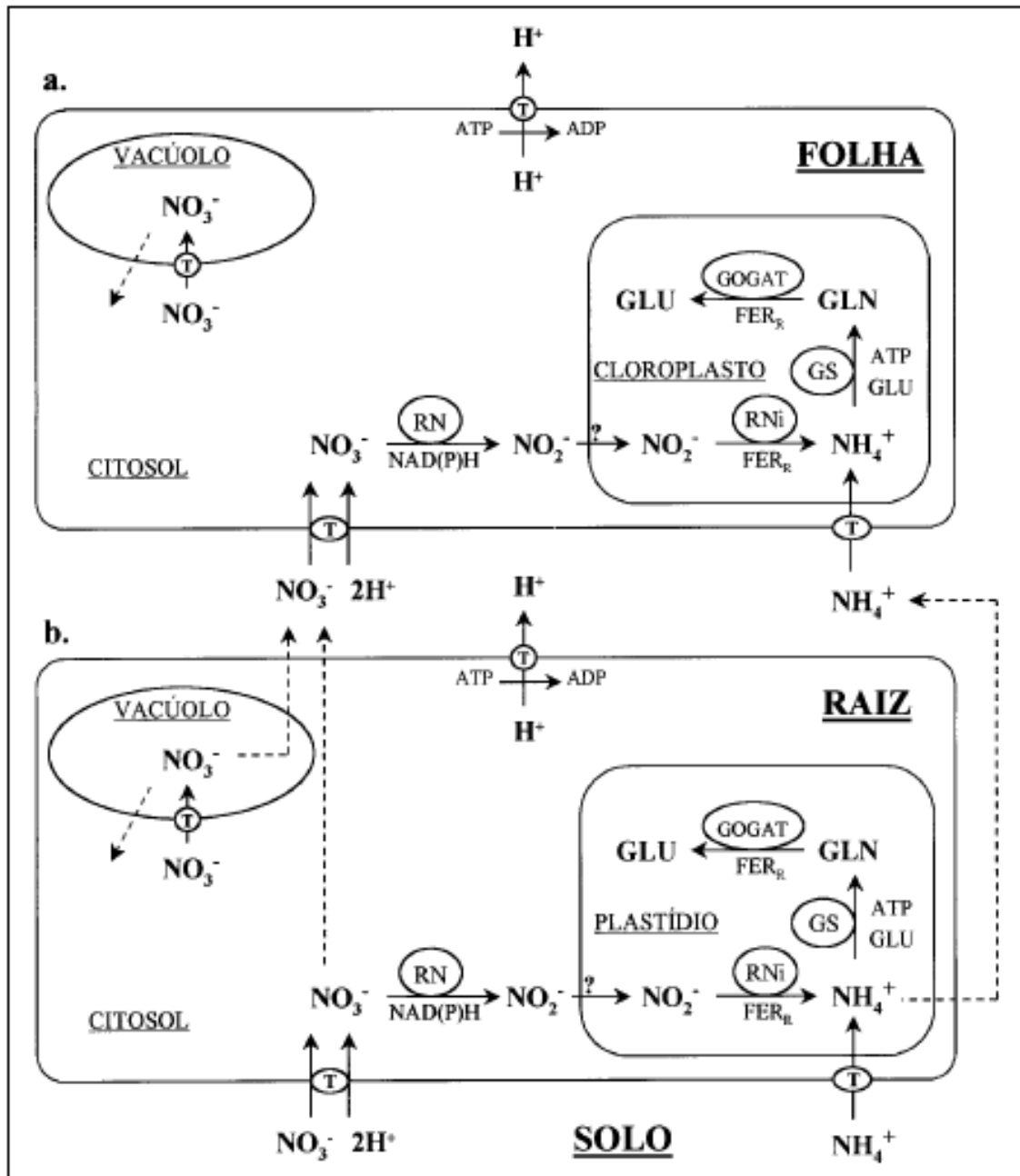


Figura 3 – Representação esquemática da rota de assimilação do nitrogênio nas folhas (a) e raízes (b) de plantas (BREDEMEIER; MUNDSTOCK, 2000).

O NO_3^- e o NH_4^+ são absorvidos pelas plantas por processo dependentes de energia (ULLRICH; NOVACKY, 1990; BLOOM; SUKRAPANNA; WARNER, 1992). Uma bomba de prótons existente no plasmalema ($\text{H}^+ - \text{ATPase}$) hidrolisa ATP, bombeando íons H^+ para o exterior da célula e, resultando em um gradiente de potencial eletroquímico (CRAWFORD, 1995). O gradiente de prótons produz uma força próton motriz, direcionando os íons hidrogênio do exterior da célula para o citosol (GLASS; SHAFF; KOCHIAN, 1992).

O gradiente de potencial eletroquímico permite a entrada de cátions no interior da célula. Os ânions são absorvidos acompanhando o fluxo de prótons. Assim sendo, a absorção do NH_4^+ é passiva e ocorre por meio de um transportador tipo uniporte, enquanto a absorção do NO_3^- é um processo ativo secundário, em simporte com dois íons hidrogênio (Figura 4) (SOUZA; FERNANDES, 2006).

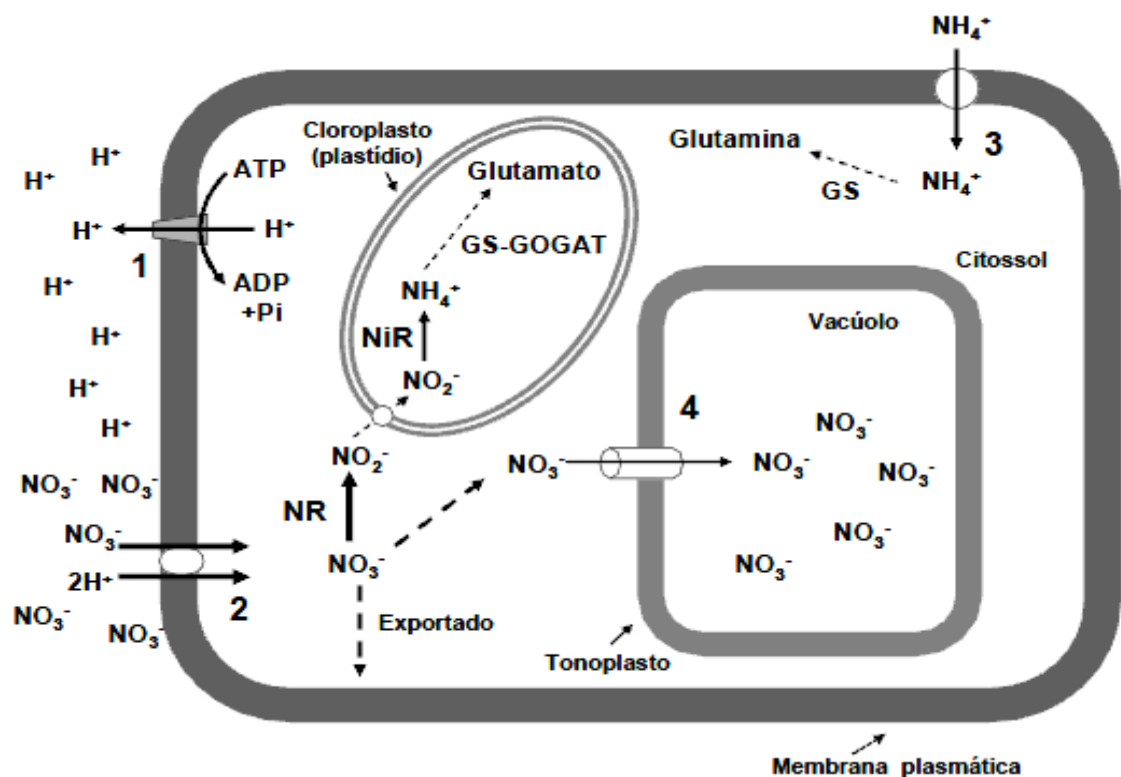


Figura 4 – Absorção de NO_3^- e NH_4^+ por meio da membrana plasmática. (1) bomba de prótons ($\text{H}^+ - \text{ATPase}$); (2) transportador de NO_3^- (simporte); (3) transportador de NH_4^+ (uniporte) (MAÇÃS, 2008).

Além disso, a absorção de N por meio da membrana plasmática é mediada por dois tipos de carregadores (SIDDIQI et al., 1990; LEA, 1993; VON WIRÉN; GAZZARINI; FROMMER, 1997). Os carregadores de baixa afinidade (Low Affinity Transport System – LATS) operam quando a concentração externa de N é alta e são caracterizados por serem constitutivos e não sujeitos à regulação e, os carregadores de alta afinidade (High Affinity Transport System – HATS) atuam em baixas concentrações externas de N e podem ser constitutivos (Constitutive High Affinity Transport System - CHATS) ou induzidos pela exposição ao N (Inducible High Affinity Transport System - IHATS) (ASLAM; TRAVIS; HUFFAKER, 1992; LEA, 1993; VON WIRÉN; GAZZARINI; FROMMER, 1997).

Vale salientar que a assimilação de N é um processo altamente exigente em termos de energia, requerendo a transferência de dois elétrons por NO_3^- convertido em NO_2^- , seis elétrons por NO_2^- convertido em NH_4^+ e dois elétrons e um ATP por molécula de NH_4^+ convertida em glutamato (BLOOM; SUKRAPANNA; WARNER, 1992), como demonstrado anteriormente. Disso decorre que a assimilação do NO_3^- demanda mais energia, em comparação à assimilação do NH_4^+ . Isto é confirmado quando se constatam as maiores taxas de liberação de CO_2 respiratório no processo de assimilação do nitrato (WEGER; TURPIN, 1989).

Pode-se, assim, inferir que a exigência energética da assimilação do amônio (NH_4^+) é menor do que a exigência energética para a assimilação do nitrato (NO_3^-), em razão do primeiro não necessitar ser reduzido para sua incorporação em aminoácidos (BREDEMEIER; MUNDSTOCK, 2000).

A assimilação do N pode ocorrer na raiz ou nas folhas das plantas (BREDEMEIER; MUNDSTOCK, 2000). Nas folhas, a energia para as reações de assimilação do nitrogênio é gerada nos cloroplastos pela fotossíntese, no citosol pela glicólise, e nos mitocôndrios pelo ciclo do ácido tricarboxílico no processo de respiração (OAKS; HIREL, 1985; HUPPE; TURPIN, 1994). Nos cloroplastos, as reações catalisadas pelas enzimas nitrito redutase e glutamato sintase (GOGAT) exigem a redução da ferredoxina, o que é feito pelo sistema de transporte não-cíclico de elétrons (CRAWFORD, 1995).

Quando o N é metabolizado nas raízes, a energia é gerada no citosol, através do ciclo das pentoses e da glicólise, e nos mitocôndrios pelo ciclo do ácido tricarboxílico (OAKS; HIREL, 1985). A ferredoxina, para as reações que envolvem a nitrito redutase e a GOGAT, é reduzida no citosol pelo NADPH produzido pelo ciclo das pentoses (CRAWFORD, 1995). Nas raízes, há a necessidade de importação de carboidratos produzidos nas folhas para, após serem metabolizados, gerar energia e fornecer esqueletos de carbono para o processo de incorporação do N em aminoácidos (OAKS; HIREL, 1985; TURPIN et al., 1991; OAKS, 1994).

Resultados de experimentos conduzidos no Brasil em diversas condições de solo, clima e sistemas de cultivo indicam respostas generalizadas do milho à adubação nitrogenada (GROVE; RICHET; MADERMAN, 1980; COELHO et al., 1992; CRUZ et al., 2005). Esses mesmos autores relatam que, cerca de 70 a 90% dos ensaios de adubação, com milho comum, realizados a campo, no Brasil, comprovam as respostas da cultura à aplicação de N.

Com relação à nutrição e adubação, autores como Gama, Parentoni e Lemos (1992) sugerem doses e épocas de aplicação de fertilizantes nitrogenados para maior aproveitamento do N. Entretanto, na literatura científica encontram-se poucas informações que possam dar suporte à adubação nitrogenada para o milho doce. Em consequência disso, verifica-se que quando se objetiva a produção comercial do milho doce colhido em estado de grão leitoso, são utilizadas recomendações indicadas para a produção do milho verde ou para a produção de grãos secos (FERREIRA, 1993).

Aproximadamente 98% do N no solo encontram-se na forma orgânica (SCHULTEN; SCHNITZER, 1998), sendo que 2% apresentam-se sob formas inorgânicas de amônio (NH_4^+) e/ou nitrato (NO_3^-), prontamente disponíveis, originados da mineralização durante os cultivos por meio de hidrólise enzimática produzida pela atividade da microbiota do solo (CAMARGO; GIANELLO; VIDOR, 1997), e/ou, então, por aplicação de fertilizantes nitrogenados (OKUMURA et al., 2011).

A adição de N no solo pode ocorrer por meio da fixação biológica (FULCHIERI; FRIONI, 1994; PURCINO et al., 1996; DOBBELAERE et al., 2001), pelas chuvas (BODDEY, 1987) ou pela adubação orgânica (LEITE et al., 2003; GOMES et al., 2005) e mineral (DIECKOW et al., 2005; KHAN et al.,

2007; LEITE et al., 2009). Enquanto que as perdas podem ocorrer pela exportação pelas culturas e lixiviação (COELHO et al., 1991), erosão (SCHULTEN; SCHNITZER, 1998) e por volatilização (LARA CABEZAS; KORNDORFER; MOTTA, 1997a, b).

O N no solo é influenciado pelo sistema de manejo adotado (LARA CABEZAS; KORNDORFER; MOTTA, 1997b; VARGAS; SELBACH; SÁ, 2005). Na fase inicial de adoção do sistema de semeadura direta há maior necessidade de utilização de fertilizantes nitrogenados (KITUR et al., 1984), pelo processo de imobilização temporária do N pela biomassa microbiana do solo (AMADO; FERNANDES; MIELNICZUK, 1998; VASCONCELLOS; VIANA; FERREIRA, 1998). No entanto, passados alguns anos de adoção do sistema de semeaduras direta ocorre o equilíbrio das transformações do N no solo, pois há deposição e acúmulo de resíduos orgânicos na superfície do solo (BEUTLER et al., 2001). Tal fato contribui para reduzir as perdas por erosão e, minimizar a imobilização do N pela microbiota do solo (AMADO; MIELNICZUK; AITA, 2002; BAYER et al., 2004).

Como consequência do aumento do teor de matéria orgânica do solo há elevação do teor de carbono orgânico e, com isso a atividade microbiana é estimulada, o que resulta na formação de produtos que atuam na formação e estabilização dos agregados (LIMA et al., 2003), aumento da capacidade de troca catiônica (CTC) e de nutrientes no solo, especialmente o N (AITA et al., 2001), constituindo assim o principal reservatório deste nutriente para as culturas em sistema de plantio direto (AMADO; MIELNICZUK; AITA, 2002).

2.5 DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DO N

Os solos, em sua maioria, não fornecem adequadamente a quantidade de N durante certas fases de desenvolvimento das plantas (SANGOI; ALMEIDA, 1994; VON PINHO et al., 2009). Isto, em parte, é pela elevada demanda, pois as exigências de N variam consideravelmente com os diferentes estádios de desenvolvimento da planta. Outros motivos são as transformações bioquímicas que o N está sujeito no solo e que podem alterar significativamente a sua disponibilidade (CAMARGO; GIANELLO; VIDOR, 1997).

Nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura, o sistema radicular das plantas de milho é pouco desenvolvido e, explora pouco volume de solo (RITCHIE; HANWAY; BENSON, 1993; SCHRÖDER et al., 2000). Ritchie, Hanway e Benson (1993) sugerem a divisão do ciclo da cultura do milho em fases vegetativa (V) e reprodutiva (R), com subdivisões da fase vegetativa designados numericamente como V_1 , V_2 , etc., até V_n , em que n representa o número de folhas formadas até a fase de pendoamento. Esses mesmos autores citam que é durante o estágio fenológico V_4 (plantas com quatro folhas totalmente expandidas), que a planta tem seu potencial de produção definido pela diferenciação do meristema apical, o que justifica a importância da aplicação ou disponibilização de N. Nesta fase, a deficiência de N reduz o número de óvulos nos primórdios da espiga (SCHREIBER; STANBERRY; TUCKER, 1988).

O estágio fenológico V_8 (oito folhas totalmente expandidas), é caracterizado por anteceder a ocorrência do aumento na taxa de crescimento das espigas. Nesse estágio verifica-se boa resposta à utilização de fertilizantes nitrogenados, uma vez que ocorre acentuado desenvolvimento do sistema radicular e, conseqüente aumento da absorção (RITCHIE; HANWAY; BENSON, 1993).

Passados os estádios iniciais de crescimento da planta de milho (ARGENTA et al., 2002), a taxa de absorção de N aumenta até atingir seu pico máximo entre o início do florescimento e o início do enchimento de grãos (MUZILLI; OLIVEIRA; CALEGARI, 1989; DUARTE et al., 2003; VON PINHO et al., 2009). E, a partir do florescimento, o crescimento diminui e passa a predominar a translocação dos compostos acumulados na parte vegetativa para os grãos em formação (MUZILLI; OLIVEIRA; CALEGARI, 1989). Dessa forma, visualizam-se três fases de absorção: uma fase no crescimento inicial lento (germinação), uma fase no crescimento rápido em que 70 a 80% de toda a massa seca são acumuladas e uma última fase de absorção de crescimento novamente lento, na qual acumula cerca de 10% de massa seca total da planta (MACHADO et al., 1982; HARPER; SHARPE, 1995; VASCONCELLOS; VIANA; FERREIRA, 1998).

De acordo com Muzilli, Oliveira e Calegari (1989), a absorção de N é mais acentuada no período de crescimento vegetativo (entre 25 a 45 dias),

quando a planta chega a acumular cerca de 43% do que necessita. Entre as fases de crescimento vegetativo pleno (estádio fenológico V_8 a V_{10}) e o florescimento, a planta ainda irá absorver mais de 31% de suas necessidades totais, o que mostra a importância de uma adequada disponibilidade do N no solo nesta fase (Figura 5).

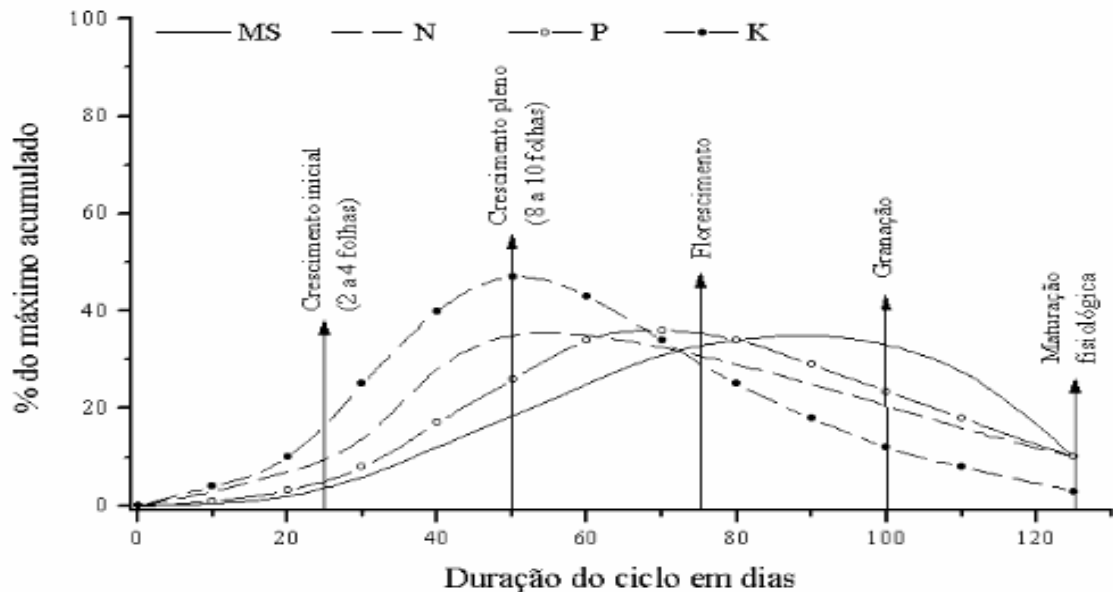


Figura 5 – Curvas de produção de massa seca e absorção de N, P e K pelo milho, em diferentes fases de desenvolvimento da planta (MUZILLI; OLIVEIRA; CALEGARI, 1989).

Observa-se que a definição das épocas de aplicação dos adubos nitrogenados representa alternativa estratégica de manejo para aumentar a eficiência da adubação de N pela cultura do milho e mitigar as perdas pelo solo (SILVA, 2005). Isso é respaldado pelo maior aproveitamento do N, resultante do período de alta demanda do nutriente (AMADO; MIELNICZUK; AITA, 2002; SILVA et al., 2005).

Outro fator de extrema importância é a recomendação das doses de N a serem utilizadas na cultura do milho, haja vista que se subestimada, ocorrerá a redução da produtividade e, quando superestimada, pode reduzir a produtividade (efeito fitotóxico), o que diminui a rentabilidade do produtor pelo gasto desnecessário com fertilizantes (WASKOM et al., 1996; SUNDERMAN;

PONTUS; LAWLESS, 1997; SCHRÖDER et al., 1998). Além disso, influencia negativamente o meio ambiente, em consequência das perdas de N pelo excesso disponível (ARGENTA et al., 2003).

Do ponto de vista econômico e ambiental, a decisão mais importante no manejo de fertilizantes é as doses de N a serem aplicadas (BOBATO, 2006; DUETE et al., 2008; FONTOURA; BAYER, 2009). Nesta recomendação deve-se levar em consideração as condições edafoclimáticas, sistema de cultivo (sistema plantio direto ou convencional), época de semeadura, responsividade do material genético, rotação de culturas, época e modo de aplicação, fontes de N, aspectos econômicos e operacionais (AMADO; MIELNICZUK; AITA, 2002; FERNANDES et al., 2005; BOBATO, 2006).

Raij, Feitosa e Cantarella (1981) conduziram 25 ensaios no Estado de São Paulo, para avaliação da adubação de N em cobertura na cultura do milho e concluíram que houve resposta positiva em 16 deles e, que a dose de 120 kg de N ha⁻¹ resultou em alguns ensaios em produtividade de grãos acima de 7 Mg ha⁻¹. Verificaram, também, que o aumento médio de produtividade para o conjunto de experimentos foi de aproximadamente 1,5 Mg ha⁻¹ de grãos para aplicações de até 120 kg de N ha⁻¹.

Segundo Malhi et al. (2001), é necessário ter cautela na recomendação das doses de N, pois a recuperação do N dos fertilizantes, pelas plantas, é relativamente baixa, inferior a 50% para muitos casos. Coelho et al. (1991), na dose de 60 kg de N ha⁻¹, obtiveram recuperação de 60% do N aplicado como ureia na cultura do milho. Todavia, quando as doses de N são maiores, a recuperação do N tende a diminuir relativamente. Grove, Richet e Maderman (1980) obtiveram 36% e 40% de recuperação do N, aplicado na cultura do milho, na forma de ureia, nas doses de 120 e 140 kg de N ha⁻¹, respectivamente.

A baixa eficiência de recuperação do N do fertilizante é atribuída, principalmente aos eventos de volatilização, desnitrificação (HILTON; FIXEN; WOODWARD, 1994; LARA CABEZAS; KORNDORFER; MOTTA, 1997a, b; LARA CABEZAS et al., 2000) e lixiviação (COELHO et al., 1991). As perdas de N aplicado na cultura do milho têm sido estimadas em menos de 10% para a desnitrificação (HILTON; FIXEN; WOODWARD, 1994), 4% para lixiviação

(COELHO et al., 1991) e 31 a 78% para volatilização (LARA CABEZAS; KORNDORFER; MOTTA, 1997a, b).

Souza et al. (2001) avaliaram os efeitos da aplicação de N em dose única (150 kg de N ha⁻¹) em diferentes épocas (estádio V₄ e V₈), na forma de sulfato de amônio e verificaram que a produtividade de grãos não apresentaram diferenças significativas para as épocas de aplicação.

Silva (2005), em condições edafoclimáticas do “Cerrado Brasileiro”, observou que a aplicação de ureia no estágio V₄ proporcionou maior produtividade de grãos (6,8 Mg ha⁻¹), em relação aos tratamentos que receberam o N no estágio V₈ (6,6 Mg ha⁻¹), provavelmente em razão do N do fertilizante ter promovido, indiretamente maior aproveitamento do N do solo.

Mar et al. (2003), estudaram diferentes doses de N, na forma de ureia e verificaram que os melhores resultados foram alcançados com a aplicação de 1/3 do N na semeadura e 2/3 quando o milho encontrava-se em V₈ (6,5 Mg ha⁻¹ de grãos). Enquanto a menor produtividade foi obtida quando houve aplicação de 1/3 na semeadura e 2/3 no estágio V₁₀ (3,2 Mg ha⁻¹ de grãos).

Verifica-se, portanto, que a resposta da cultura do milho ao N depende das doses, fontes, épocas de aplicação do adubo, além da interferência exercida pelas condições edafoclimáticas e pelos microrganismos do solo (COELHO et al., 1991; MALHI et al., 2001; SILVA, 2005; MEIRA, 2006).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO

Os experimentos de campo foram conduzidos na Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI), de propriedade da Universidade Estadual de Maringá (UEM). O Distrito de Iguatemi, município de Maringá, localiza-se na região Noroeste do Estado do Paraná (coordenadas geográficas: 23°20'48" S e 52°04'17" W) e apresenta altitude aproximada de 550 m.

3.2 PERÍODO DE REALIZAÇÃO

A instalação e a condução dos experimentos ocorreram nos anos agrícolas de 2009, 2010 e 2011, no período de "Verão". No primeiro, segundo e terceiro ano, a semeadura foi realizada em 29 de agosto de 2009 (após milho safrinha), 22 de outubro de 2010 (após aveia) e 14 de setembro de 2011 (após a mistura de aveia e nabo forrageiro), enquanto que as colheitas foram realizadas em 28 de novembro de 2009, 20 de janeiro de 2011 e 13 de dezembro de 2011, respectivamente.

3.3 CLIMA

O clima do município de Maringá, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfa, definido como clima subtropical. Isto é apresenta temperatura média no mês mais frio inferior a 18°C (mesotérmico) e temperatura média no mês mais quente acima de 22°C. Os verões são quentes, as geadas pouco frequentes e observa-se tendência de concentração das chuvas no período de verão, contudo sem estação seca definida (GODOY; CORREA; SANTOS, 1976).

Os dados referentes às médias de precipitação pluvial e de temperaturas médias máximas e mínimas observadas, no período experimental dos anos agrícolas de 2009, 2010 e 2011, encontram-se na Figura 6. Tais informações foram obtidas junto ao Laboratório de Análise de Sementes da Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI – UEM).

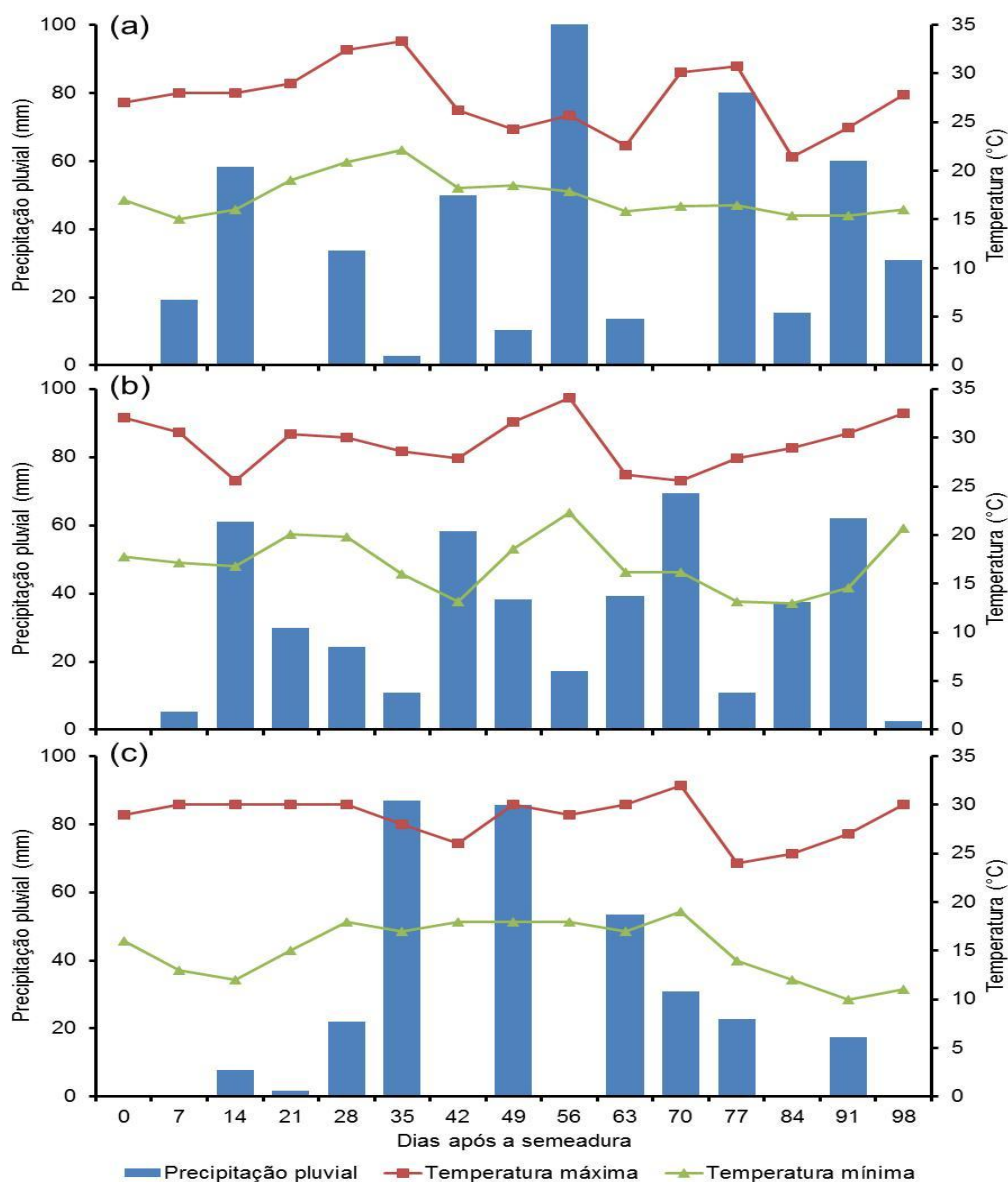


Figura 6 – Precipitação pluvial e temperaturas máximas e mínimas ocorridas durante o período experimental dos anos agrícolas de 2009 (a), 2010 (b) e 2011 (c).

3.4 SOLO

O solo da área experimental foi classificado como sendo um NITOSSOLO VERMELHO eutrófico (EMBRAPA, 2006), de textura argilosa (argila: 520 g kg⁻¹; silte: 140 g kg⁻¹; areia: 340 g kg⁻¹). As principais características químicas das amostras de material de solo das áreas experimentais, nas camadas de 0,00 a 0,20 m e 0,20 a 0,40 m coletadas antes da implantação, estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Resultados das análises químicas das amostras de material de solo da área experimental provenientes da camada de 0-0,20 m e de 0,20-0,40 m de profundidade, dos anos agrícolas de 2009, 2010 e 2011

Características	Ano					
	2009		2010		2011	
	0-0,20m	0,20-0,40m	0-0,20m	0,20-0,40m	0,-0,20m	0,20-0,40m
pH em CaCl ₂	4,93	5,13	4,50	4,50	5,60	5,60
C (g dm ⁻³)	11,81	11,91	9,68	9,68	9,21	9,59
P (mg dm ⁻³), Mehlich 1	12,33	7,58	8,50	8,50	9,80	3,90
K ⁺ (cmol _c dm ⁻³), Mehlich 1	0,52	0,48	0,30	0,30	0,36	0,18
Ca ⁺² (cmol _c dm ⁻³), KCl 1mol L ⁻¹	3,98	4,54	2,90	2,90	4,20	4,20
Mg ⁺² (cmol _c dm ⁻³), KCl 1mol L ⁻¹	1,49	1,84	0,91	0,91	1,50	1,54
Al ⁺³ (cmol _c dm ⁻³), KCl 1mol L ⁻¹	0,03	0,00	0,20	0,20	0,0	0,00
H ⁺ + Al ⁺³ (cmol _c dm ⁻³), método SMP	4,14	3,62	3,97	3,97	3,17	3,17
SB (cmol _c dm ⁻³)	5,99	6,85	4,11	4,11	6,06	5,92
V (%)	58,35	65,34	50,87	50,87	65,66	65,13
m (%)	0,54	0,00	4,64	4,64	0,00	0,00
CTC (cmol _c dm ⁻³)	10,13	10,46	8,08	8,08	9,23	9,09

Análises realizadas no Laboratório de Solos do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Maringá.

3.5 TRATAMENTOS

Os tratamentos foram constituídos por dois híbridos simples de milho superdoce: Tropical Plus e RB-6324, que contêm o gene *shrunken-2*, ambos comercializados pela empresa Syngenta Seeds Ltda., combinados com cinco doses de N aplicados em cobertura (0; 45; 90; 135 e 180 kg de N ha⁻¹) e, em dois estádios fenológicos das plantas (V₄ e V₈), de acordo com Ritchie, Hanway e Benson (1993). Os tratamentos estão discriminados na Tabela 5.

Tabela 5 – Descrição dos tratamentos avaliados

Tratamentos	Dose de N (kg ha ⁻¹)	Estádio fenológico	Híbrido
1	0		
2	45		
3	90	V ₄	
4	135		
5	180		Tropical Plus
6	0		
7	45		
8	90	V ₈	
9	135		
10	180		
11	0		
12	45		
13	90	V ₄	
14	135		
15	180		RB-6324
16	0		
17	45		
18	90	V ₈	
19	135		
20	180		

3.6 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental adotado foi o de blocos completos casualizados, em esquema fatorial 5 x 2 x 2, com quatro repetições em três anos agrícolas. Os fatores estudados foram: i) fator A - cinco doses de N aplicado em cobertura (0; 45; 90; 135 e 180 kg de N ha⁻¹); ii) fator B - duas épocas de aplicação, correspondentes a dois estádios fenológicos das plantas (V₄ e V₈), de acordo com Ritchie, Hanway e Benson (1993) e; iii) fator C – dois híbridos simples de milho doce (Tropical Plus e RB-6324).

3.7 CARACTERÍSTICAS DAS UNIDADES EXPERIMENTAIS

Cada parcela experimental foi constituída por cinco linhas de plantas com 6,0 m de comprimento, espaçadas em 0,9 m. As avaliações foram realizadas nas três linhas centrais, excluindo 0,5 m das extremidades de cada linha, totalizando 13,5 m² de área útil.

3.8 IMPLANTAÇÃO E CONDUÇÃO DOS EXPERIMENTOS

3.8.1 Correção do solo da área experimental

Conforme recomendações de Raij et al. (1996) e considerando os resultados das análises químicas do material de solo das áreas experimentais, nos três anos agrícolas (Tabela 5), efetuou-se calagem, aplicada a lanço, na quantidade de 1,37 t ha⁻¹ e 1,93 t ha⁻¹ de calcário dolomítico (PRNT 80%) nos anos agrícolas de 2009 e 2010, respectivamente.

Para o cultivo do milho doce, em todos os anos de avaliação adotou-se o sistema de semeadura direta. O manejo das plantas daninhas na área experimental foi inicialmente realizado por meio da dessecação com a aplicação do herbicida Glyphosate, na dose de 4 L ha⁻¹ (ANDREI, 2005), dez dias antes da semeadura.

3.8.2 Híbridos de milho doce utilizados

Os híbridos simples avaliados foram o Tropical Plus e RB-6324, cujas características agronômicas encontram-se descritas a seguir:

TROPICAL PLUS: segundo informações da Syngenta Seeds Ltda (2010) é um híbrido simples, da classe superdoce, contendo o gene shrunken-2, ideal para o consumo “in natura” e processamento industrial. Apresenta altura média de 2,35 m em plantios de verão na região Centro-Sul do país. Deve ser colhido quando os grãos apresentam umidade em torno de 70 a 75%, completando seu ciclo entre 90 a 110 dias após a semeadura, sendo assim, classificado como de ciclo precoce. As espigas têm comprimento médio de 20,5 cm, e o diâmetro médio a 2/3 da base é de 5,2

cm. O número médio de fileiras de grãos varia de 14 a 16. O sabugo é branco, sendo os grãos macios e suculentos e de coloração amarelo-claro brilhante. Os estigmas são de cor creme; é medianamente tolerante à helmintosporiose (*Helminthosporium turcicum*), ferrugem tropical (*Puccinia polysora*), ferrugem comum (*Puccinia sorghi*) e podridão da espiga (*Diplodia maydis*). Os potenciais produtivos de espigas e de grãos são de 17, 5 e 5,95 t ha⁻¹, respectivamente.

RB-6324: de acordo com informações da Syngenta Seeds Ltda (2010), a cultivar RB-6324 é um híbrido simples modificado, contendo o gene shrunken-2, sendo assim inserido na classe superdoce, atinge em média 2,45 m de altura. Destina-se, principalmente, ao consumo “in natura” e processamento industrial. O comprimento médio da espiga é de 18,5 cm, o diâmetro médio da espiga a 2/3 da base é de 5,6 cm e o número médio de fileiras de grãos varia de 16 a 18. O sabugo é branco e a espiga apresenta bom empalhamento. Os grãos são macios e suculentos e de coloração amarelo-claro brilhante. Os estigmas são de cor creme. O ciclo da cultura varia de 86 a 106 dias, sendo considerado de ciclo precoce. A colheita deve ser realizada quando os grãos apresentam de 74 a 78% de umidade; é pouco tolerante à ferrugem comum e medianamente tolerante à helmintosporiose, ferrugem tropical e podridão da espiga. Os potenciais produtivos de espigas e de grãos são de 20,0 e 7,5 t ha⁻¹, respectivamente.

3.8.3 Semeadura e população de plantas

A semeadura, em espaçamento entrelinhas de 0,90 m, foi efetuada manualmente utilizando uma matraca, com covas distantes umas das outras em 0,20 m, sendo semeadas duas sementes por cova.

Após a emergência das plantas, no estágio V₂ (RITCHIE; HANWAY; BENSON, 1993) realizou-se o desbaste removendo-se a planta menos vigorosa de cada cova, deixando apenas cinco plantas m⁻¹, de forma a estabelecer uma população final de aproximadamente 55.000 plantas ha⁻¹.

3.8.4 Adubação de sementeira

A adubação de sementeira foi baseada nas recomendações de Rajj et al. (1996), nos anos agrícolas de 2009, 2010 e 2011. Os adubos utilizados para a realização da adubação foram o Sulfato de Amônio, Superfosfato Triplo e Cloreto de Potássio, mediante aplicação de 20, 80 e 60 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente. A adubação de sementeira foi realizada aplicando-se os adubos no fundo do sulco, abaixo e ao lado das sementes, por meio de sementeira de plantio direto.

3.8.5 Adubação nitrogenada de cobertura

A adubação nitrogenada de cobertura foi realizada manualmente, a lanço, utilizando Sulfato de Amônio (NH₄)₂SO₄ nas doses de N de 0, 45, 90, 135 e 180 kg de N ha⁻¹. O fertilizante foi aplicado distante aproximadamente 0,08 m das fileiras de plantas, quando estas se apresentavam nos estádios V₄ ou V₈ (4 e 8 folhas completamente expandidas, respectivamente), conforme Ritchie, Hanway e Benson (1993).

3.8.6 Tratos culturais e fitossanitários

Os tratos culturais e fitossanitários realizados nos experimentos foram aqueles comuns à cultura do milho comum. Inicialmente, o controle de plantas daninhas foi realizado por meio da dessecação, mencionado anteriormente no item 3.8.1, e mediante a aplicação em pós-emergência do herbicida Atrazine na dosagem de 6,5 L ha⁻¹ (ANDREI, 2005), associado à realização de capinas manuais quando necessário.

O controle de pragas iniciais que atacam o milho doce foi realizado por meio do tratamento de sementes com o inseticida Imidacloprido + Tiodicarbe (Cropstar) na dose de 0,3 L 100 kg⁻¹ de sementes (ANDREI, 2005). O controle da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda* Smith) foi realizado mediante aplicação dos inseticidas Benzoilureia (Match CE), Organofosforado (Lorsban 480BR) e Metilcarbamato de Oxima (Lannate), nas dosagens de 0,3, 0,6 e 0,6 L ha⁻¹, respectivamente (ANDREI, 2005).

3.8.7 Irrigação

Ao longo do ciclo de crescimento e de desenvolvimento das plantas, utilizou-se o fornecimento suplementar de água à cultura. O sistema de irrigação utilizado foi de aspersão, priorizando-se os períodos de ocorrência de estiagens (RESENDE; OLIVEIRA, 2005), como apresentado na Figura 6 e os períodos críticos de fornecimento de água para a cultura do milho (MAGALHÃES; DURÃES; PAIVA, 1995; BOLAÑOS; EDMEADES, 1996; FIGUEREDO JR., 2004; ALMEIDA, 2007).

3.8.8 Colheita

Conforme indicação de Caniato et al. (2007), a colheita das espigas foi realizada quando os grãos apresentavam-se no estágio leitoso, que corresponde à fase fenológica R₃ da planta (RITCHIE; HANWAY; BENSON, 1993). A colheita foi realizada manualmente, nas primeiras horas da manhã, quando a umidade do ar ainda era alta e a temperatura baixa, segundo recomendações de Pereira Filho (2003). Utilizando-se da mesma metodologia proposta por Caniato et al. (2007), além da observação dos grãos nas espigas, para a identificação do estágio fenológico (RITCHIE; HANWAY; BENSON, 1993), verificou-se, de modo empírico, o momento em que o estilo-estigma se desprendia da espiga com facilidade, por meio do arranquio manual, em dez plantas da parcela.

3.9 AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL DE NITROGÊNIO DA PLANTA

3.9.1 Análise do teor de N da lâmina foliar

No período de pleno florescimento (V_T) do milho doce (RITCHIE; HANWAY; BENSON, 1993), coletaram-se 10 folhas que encontravam-se abaixo e oposta à espiga principal, caracterizada como folha índice (MALAVOLTA, 2006). Em seguida, as folhas foram acondicionadas em sacos de papel e encaminhadas ao Laboratório do Núcleo de Pesquisa Aplicada à Agricultura (Nupagri – UEM) para secagem em estufa de circulação forçada de

ar, até obtenção de massa constante. Posteriormente, foi efetuada a moagem do material foliar, em moinho tipo Willey para análise do teor de N-total, conforme metodologia descrita por Malavolta et al. (1997).

3.10 AVALIAÇÕES FITOTÉCNICAS DE CARACTERÍSTICAS DA PARTE AÉREA

Estas avaliações foram efetuadas por ocasião do pleno florescimento masculino (estádio fenológico V_T), isto é, do pendoamento das plantas (RITCHIE; HANWAY; BENSON, 1993).

3.10.1 Altura de plantas

A avaliação da altura das plantas foi efetuada por meio da mensuração do comprimento do colmo (da superfície do solo até a base da inflorescência masculina), sendo avaliadas dez plantas por parcela (SILVA; SILVA, 2002; 2003; DEPARIS; LANA; FRANDOLOSO, 2007; CRUZ et al., 2008; LANA et al., 2009).

3.10.2 Índice de área foliar

Na determinação da área foliar (AF) foram avaliadas cinco plantas de cada parcela experimental, das quais foram mensurados o comprimento (C) e a largura (L), na parte mediana de todas as folhas de cada uma das plantas, para a obtenção inicial da área foliar (AF) (SANGOI et al., 2005, 2007). Adotando a proposta de Francis, Rutger e Palmer (1969), o cálculo da área foliar foi feito mediante emprego da seguinte equação: $AF (m^2) = 0,75 * C * L$. Posteriormente, somaram-se os valores individuais de todas as folhas para obter o valor total de área foliar por planta da unidade experimental. Assim, o índice de área foliar foi calculado a partir das medidas de área foliar, utilizando a seguinte equação: $IAF = AF / (e_1 * e_2)$, em que e_1 e e_2 referem-se ao espaçamento entre plantas na linha de plantio (m) e entre as linhas de plantio (m), respectivamente.

3.11 AVALIAÇÕES FITOTÉCNICAS DE COMPONENTES DE PRODUÇÃO

3.11.1 Número de grãos por fileira

Após a colheita, o número de grãos por fileira foi realizada mensurando, aleatoriamente, dez espigas em cada parcela experimental, mediante contagem simples dos grãos presentes em uma fileira de cada espiga (VIEIRA et al., 2010).

3.11.2 Número de fileiras de grãos por espiga

O número de fileiras de grãos por espiga foi determinado mediante contagem simples do número de fileiras presentes em uma espiga, utilizando-se as mesmas espigas avaliadas no item 3.12.1 (BARBIERI et al., 2005; VIEIRA et al., 2010).

3.11.3 Produtividade total de espigas despalhadas

Na quantificação da produtividade total de espigas despalhadas, primeiramente, despalharam-se todas as espigas colhidas na área útil de cada parcela experimental (13,5 m²), que, posteriormente, foram pesadas (kg parcela⁻¹), sendo o valor obtido extrapolado para Mg ha⁻¹ (SILVA; SILVA, 2003; BARBIERI et al., 2005; OLIVEIRA JR.; PEREIRA; BRESSAN-SMITH, 2006).

3.11.4 Produtividade de espigas comerciais despalhadas

A produtividade de espigas comerciais despalhadas foi determinada mediante separação das espigas que apresentavam comprimento maior que 15 cm e diâmetro maior que 3 cm (PEREIRA FILHO, 2003), utilizando as mesmas espigas do item 3.12.3. As espigas comerciais foram pesadas (kg parcela⁻¹) e, o valor encontrado extrapolado para Mg ha⁻¹, obtendo-se, desta forma, a produtividade de espigas comerciais despalhadas (OLIVEIRA JR.; PEREIRA; BRESSAN-SMITH, 2006; VIEIRA, 2007; ALBUQUERQUE et al., 2008; ALBUQUERQUE; VON PINHO; SILVA, 2008).

3.11.5 Dose de máxima eficiência econômica para a adubação nitrogenada

A dose de máxima eficiência econômica para cobertura de N foi obtida a partir das equações de regressão à relação de preços do N e da espiga de milho verde, como indicado por Spagnollo et al. (2001) e Silva et al. (2007). Foram considerados os preços vigentes na região de Maringá, PR, em 15 de fevereiro de 2012, com relação ao N, na forma de sulfato de amônio (casa agropecuária), e a espiga de milho verde (feira), R\$ 4,57 kg⁻¹ de N e R\$ 1,35 kg⁻¹ de espiga de milho verde, respectivamente.

3.11.6 Faturamento bruto para adubação nitrogenada

O faturamento bruto da aplicação de N em cobertura de acordo com a produção de espigas de milho doce, em função das doses de N, na qual foram utilizadas as médias das épocas de aplicação do N, dos híbridos e dos anos agrícolas. Com os valores dos custos dos fertilizantes foi determinada a dose de melhor retorno econômico (QUEIROZ et al., 2011; SILVA et al., 2011).

3.12 ARMAZENAMENTO PÓS-COLHEITA DAS ESPIGAS

Após a colheita foram escolhidas, aleatoriamente, cinco espigas de cada tratamento, que foram despalhadas, pesadas e submetidas ao processo de branqueamento em água (KWIATKOWSKI; CLEMENTE, 2007), com temperatura de 100°C, durante 5 min. Em seguida, as espigas foram resfriadas em água com temperatura de 20°C, durante 10 min. Posteriormente, foram acondicionadas em sacos plásticos e congeladas em freezer com temperatura de -18°C (BRASIL, 2005), no Laboratório do Nupagri – UEM para posteriormente serem realizadas as análises químicas dos grãos.

A seguir, as espigas foram descongeladas, procedeu-se a retirada dos grãos com o auxílio de facas de aço inox. Em seguida, os grãos foram secos em estufa com circulação forçada de ar, a 60°C, até obtenção de massa constante.

Os grãos secos foram triturados em moinho de facas, obtendo-se uma farinha integral de granulação 30 mesh. Essa farinha foi utilizada para a quantificação dos teores de açúcares totais (LITWACK, 1964) e de proteínas (SILVA, 1990). Os resultados obtidos foram expressos em porcentagem (%) com base na massa seca (BRASIL, 2005).

3.13 AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS GRÃOS

Os conteúdos de açúcares totais foram determinados utilizando-se o método de Lane-Eynon (BRASIL, 2005). Na avaliação dos conteúdos de proteínas das amostras, foi utilizado o método de Kjeldahl, avaliando-se a porcentagem de N-total (BRASIL, 2005).

3.13.1 Açúcares totais

Primeiramente, a solução de Fehling foi padronizada, utilizando-se uma solução de glicose a 1%. Assim, foi possível obter o fator de conversão (g de glicose para cada 10 mL da solução de Fehling), utilizado para o cálculo do teor de açúcares totais das amostras.

Após a padronização, foram pesados 2 g de cada amostra, que foram transferidos para um Erlenmeyer de 250 mL contendo água destilada. No frasco, foram adicionados 5 mL de HCl, para prévia digestão ácida. Completou-se o volume com água destilada até 250 mL e o frasco foi colocado em chapa aquecedora durante 3h, contando-se a partir da temperatura de 300°C. Adicionou-se água destilada conforme a evaporação da solução, sendo que próximo do término das 3h completou-se o volume para cerca de 100 mL. O pH foi corrigido para 7,0 por meio da adição de solução de hidróxido de sódio (NaOH) 40%. Mediu-se o volume da solução final, sendo esta, posteriormente, filtrada. O filtrado foi adicionado à bureta para titulação.

Em um frasco Erlenmeyer foram adicionados 10 mL de cada solução de Fehling A e B, com adição de 40 mL de água. O frasco Erlenmeyer foi aquecido até ebulição. Posteriormente, titulou-se essa solução com a solução da bureta, até que ela passasse de azul a vermelho-tijolo, sendo que, após decantação, o vermelho-tijolo torna-se incolor com resíduo de Cu_2O (óxido

cuproso) depositado no fundo do frasco. A porcentagem de açúcares totais, contida em cada amostra, foi calculada da seguinte forma:

$$AT (\%) = (V * 100 * a) / (v * M)$$

em que:

AT (%): porcentagem de açúcares totais;

V: volume total da solução adicionada à bureta (mL);

a: g de glicose para cada 10 mL da solução de Fehling (fator de conversão);

v: volume gasto na titulação (mL);

M: massa da amostra (g).

3.13.2 Proteína

Na avaliação do conteúdo de proteína nos grãos, foi utilizado 0,1 g de cada amostra com 1 g da mistura catalítica (2 g de selênio em pó, 4 g de sulfato de cobre e 21,4 g sulfato de sódio), acondicionada em tubos de ensaio com adição de 5 mL de ácido sulfúrico concentrado e, transferida para bloco digestor para a fase de digestão da matéria orgânica. A seguir, procedeu-se aquecimento gradual até 250°C, e com o material permanecendo em digestão por 30 min após o clareamento do digerido. Na sequência, os digeridos foram destilados em aparelho Semi-Micro-Kjeldahl, com a utilização de solução de NaOH a 40%. A amônia destilada foi recolhida em solução de ácido bórico a 4% com os indicadores vermelho de metila e verde de bromocresol, ambos em concentração de 0,1% em solução alcoólica. O volume destilado foi titulado com solução de HCl a 0,1 M. Para o cálculo da conversão de N em proteínas foi utilizado o fator 6,25 (VILLEGAS; ORTEGA; BAUER, 1985).

3.14 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Inicialmente, os dados experimentais, de cada ano agrícola, foram submetidos aos testes de Shapiro-Wilks (SHAPIRO; WILKS, 1965) ($p > 0,01$) e de Levene (BOX, 1953) ($p > 0,01$), para verificação da normalidade e

homocedasticidade residuais, respectivamente, mediante emprego do software estatístico SAS (SAS INSTITUTE, 1996). Posteriormente, havendo atendimento a essas pressuposições, de modo individual em cada experimento, realizou-se a análise de variância para as médias dos tratamentos ($p < 0,05$) (STEEL; TORRIE, 1960), por meio do software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2000).

Para se trabalhar com a análise conjunta dos dados dos três anos agrícolas de avaliação experimentais, procedeu-se à verificação da magnitude dos quadrados médios residuais das análises individuais, conforme Pimentel Gomes (1990). Avaliou-se, desta forma, se as variâncias residuais não foram discrepantes, e se a relação entre quadrados médios residuais, das análises de variância individuais, para uma determinada característica ou variável resposta, não tivesse ultrapassado a relação de 7:1 (BANZATTO; KRONKA, 1989).

Após a verificação da homogeneidade das variâncias dos resíduos, na análise conjunta dos experimentos, procedeu-se aos desdobramentos que se mostraram significativos. Os efeitos das doses de N aplicados em cobertura foram estudados mediante análise de regressão polinomial, observando-se os resultados do teste F ($p < 0,05$) da análise de variância e do teste t de Student (1908) ($p < 0,05$), para os coeficientes de determinação (CRUZ; REGAZZI, 2001).

Para os efeitos das épocas de aplicação do N e dos híbridos, estes foram estudados pelo teste F, que para dois níveis de fator ele é conclusivo, enquanto para os efeitos de anos, as médias dos tratamentos foram submetidas ao teste de Tukey (PERECIN; MALHEIROS, 1989), a 5% de probabilidade.

Efetuaram-se, ainda, análises de correlação linear do coeficiente de Pearson entre as características agrônômicas e de composição do grão do milho doce, visando determinar o grau de associação entre elas (FERREIRA, 2009), a 5% de probabilidade, pelo teste t de Student (1908), mediante emprego do software estatístico Genes (CRUZ, 2001).

O modelo matemático adotado para a análise conjunta foi:

$$Y_{ijklm} = m + E_i + b_j(E_i) + A_k + B_l + C_m + EA_{ik} + EB_{il} + EC_{im} + AB_{kl} + AC_{km} + BC_{lm} + EAB_{ikl} + EAC_{ikm} + EBC_{ilm} + ABC_{klm} + EABC_{iklm} + e_{ijklm}$$

em que:

Y_{ijklm} = valor observado na $ijklm$ -ésima parcela;

m = média geral da análise conjunta, em restrição matemática;

E_i = efeito associado ao i -ésimo experimento;

$b_j(E_i)$ = efeito do j -ésimo bloco dentro do i -ésimo experimento;

A_k = efeito do k -ésimo nível do fator A (doses de N);

B_l = efeito do l -ésimo nível do fator B (épocas de aplicação do N);

C_m = efeito do m -ésimo nível do fator C (híbridos simples);

EA_{ik} = efeito da interação do i -ésimo experimento e com o k -ésimo nível do fator A;

EB_{il} = efeito da interação do i -ésimo experimento e com o l -ésimo nível do fator B;

EC_{im} = efeito da interação do i -ésimo experimento e com o m -ésimo nível do fator C;

AB_{kl} = efeito da interação do k -ésimo nível do fator A com o l -ésimo nível do fator B;

AC_{km} = efeito da interação do k -ésimo nível do fator A com o m -ésimo nível do fator C;

BC_{lm} = efeito da interação do l -ésimo nível do fator B com o m -ésimo nível do fator C;

EAB_{ikl} = efeito da interação do i -ésimo experimento com o k -ésimo nível do fator A com o l -ésimo nível do fator B;

EAC_{ikm} = efeito da interação do i -ésimo experimento com o k -ésimo nível do fator A com o m -ésimo nível do fator C;

EBC_{ilm} = efeito da interação do i -ésimo experimento com o l -ésimo nível do fator B com o m -ésimo nível do fator C;

ABC_{klm} = efeito da interação do k -ésimo nível do fator A com l -ésimo nível do fator B com o m -ésimo nível do fator C;

$EABC_{iklm}$ = efeito da interação do i -ésimo experimento com o k -ésimo nível do fator A com l -ésimo nível do fator B com o m -ésimo nível do fator C;

e_{ijklm} = efeito residual associado ao i -ésimo experimento com o j -ésimo bloco, dentro do i -ésimo experimento, com o k -ésimo nível do fator A com o l -ésimo nível do fator B com o m -ésimo do fator C.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A cultura do milho comum apresenta exigência hídrica que varia entre 500 e 800 mm (ALDRICH; SCOTT; LENG, 1982). Por meio das informações geradas na Figura 6, constata-se que os períodos de cultivo do milho doce apresentaram um total de precipitação pluvial de 475,4, 467,2 e 328,6 mm nos anos agrícolas de 2009, 2010 e 2011, respectivamente.

Desta forma, observa-se que não foi atendido o requerimento hídrico para a cultura do milho doce nos três anos agrícolas avaliados. Por isso, nos períodos de estiagem ocorridos nas primeiras semanas e nos estádios de polinização do milho doce (Figura 6), foram amenizados com o fornecimento de água suplementar, por meio da irrigação por aspersão.

Posteriormente aos períodos de baixa precipitação pluvial, ocorridas nas primeiras semanas após a instalação dos experimentos (Figura 6), houve maior regularidade de chuvas, assim como temperaturas adequadas, suficientes para proporcionar o bom crescimento e desenvolvimento das plantas (ALDRICH; SCOTT; LENG, 1982).

No que diz respeito às temperaturas máximas e mínimas do ar, referentes aos períodos de condução dos experimentos (Figura 6), essas foram de 28,7°C, 29,1°C e 29,3°C para as temperaturas máximas nos anos agrícolas de 2009, 2010 e 2011, respectivamente. Enquanto, para as temperaturas mínimas verificaram-se valores médios de 18,1°C, 18,8°C e 17,6°C nos anos agrícolas de 2009, 2010 e 2011, respectivamente.

Segundo Kiniry e Bonhomme (1991), a planta de milho comum apresenta os limites máximos e mínimos de tolerância à temperatura de 44°C e mínimo de 8°C, respectivamente, para o seu crescimento e desenvolvimento, sendo que o ideal é que as temperaturas permaneçam entre 26°C e 34°C. Wislie (1962) cita valores semelhantes de temperaturas ótimas, para a cultura do milho comum, que variam de 28°C a 35°C. A temperatura basal mínima que o milho necessita, para crescer e se desenvolver, é de 10°C, conforme Barbano et al. (2003). Portanto, nos três anos de avaliação não se detectaram danos visíveis à cultura em virtude do fator temperatura (Figura 6).

Os fatores doses de N e anos agrícolas testados de maneira isolada foram significativos, na análise de variância conjunta, para todas as variáveis respostas avaliadas (Tabela 6). Enquanto que o fator híbrido só não foi significativo para altura de plantas, conteúdos de açúcares totais e de proteínas nos grãos. Com relação ao fator épocas de aplicação do N, verificou-se significância para a altura de planta, índice de área foliar, teor foliar de N-total e conteúdo de proteína nos grãos (Tabela 6).

Para as interações entre doses de N e épocas de aplicação apenas o conteúdo de açúcares totais foi significativo, e da interação doses de N e anos agrícolas observou-se que as variáveis respostas altura de plantas e conteúdo de proteínas nos grãos foram significativas (Tabela 6). Quanto às demais características analisadas não foram verificadas significâncias para as respectivas interações. Por meio do resultado apresentado, infere-se que, para a variável resposta produtividade de espigas de milho doce, as doses de N não apresentaram relação com a época de aplicação, híbrido estudado e anos agrícolas.

Pelas informações da Tabela 6, verifica-se que as interações épocas de aplicação do N e híbridos e dos híbridos e anos agrícolas, apresentaram resultados significativos para altura de plantas e índice de área foliar para ambos. Assim como para o teor foliar de N-total, produtividade de espigas despalhadas e comerciais foram significativos para a interação híbrido e anos agrícolas.

A importância de um baixo coeficiente de variação para experimentos de milho são descritos por Scapim, Carvalho e Cruz (1995) e Fritsche-Neto et al. (2012). Neste contexto, verifica-se que os coeficientes de variação experimental constatados no presente estudo foram inferiores a 15% para todas as variáveis respostas avaliadas, comprovando boa precisão experimental (Tabela 6).

Segundo classificação para o milho comum de Scapim, Carvalho e Cruz (1995) e Fritsche-Neto et al. (2012), os coeficientes de variação obtidos nas variáveis respostas altura de planta e produtividade da cultura enquadram-se no intervalo de CV classificado por estes autores como intermediário.

Tabela 6 – Resumo da análise de variância, coeficiente de variação experimental e média geral envolvendo cinco doses de N, duas épocas de aplicação, dois híbridos de milho doce e três anos agrícolas para altura de planta (AP), índice de área foliar (IAF), N-total foliar (N-FOL), número de fileiras por espiga (NFE) e grãos por fileira (NGF), produtividade de espigas despalhadas (PRODsp) e comerciais (PRODec), conteúdo de açúcares totais (AT) e proteína nos grãos (PROT)

FV	Quadrados médios									
	GL	AP	IAF	N-FOL	NFE	NGF	PRODsp	PRODec	AT	PROT
Doses (D)	4	0,291 *	3,12 *	283,82 *	3,58 *	23,83 *	47,64 *	44,56 *	175,84 *	70,48 *
Épocas (E)	1	0,221 *	2,23 *	59,72 *	0,94 n.s.	0,79 n.s.	1,55 n.s.	0,71 n.s.	7,22 n.s.	14,61 *
Híbridos (H)	1	0,005 n.s.	4,26 *	85,03 *	3,83 *	36,99 *	41,77 *	60,72 *	0,32 n.s.	6,69 n.s.
Anos (A)	2	4,932 *	45,26 *	1769,48 *	10,08 *	302,28 *	4157,59 *	2475,46 *	648,46 *	196,57 *
D * E	4	0,009 n.s.	0,10 n.s.	3,26 n.s.	0,21 n.s.	1,44 n.s.	0,64 n.s.	1,29 n.s.	200,03 *	0,07 n.s.
D * H	4	0,020 n.s.	0,01 n.s.	3,96 n.s.	0,07 n.s.	1,28 n.s.	1,61 n.s.	1,33 n.s.	36,99 n.s.	1,91 n.s.
D * A	8	0,089 *	0,19 n.s.	2,56 n.s.	0,29 n.s.	0,79 n.s.	0,97 n.s.	1,62 n.s.	38,49 n.s.	4,13 *
E * H	1	0,098 *	0,81 *	0,44 n.s.	2,28 n.s.	0,35 n.s.	0,01 n.s.	1,58 n.s.	106,31 n.s.	2,23 n.s.
E * A	2	0,001 n.s.	0,05 n.s.	19,07 n.s.	0,12 n.s.	7,65 n.s.	3,16 n.s.	2,89 n.s.	3,74 n.s.	0,02 n.s.
H * A	2	0,056 *	0,83 *	36,76 *	1,19 n.s.	4,73 n.s.	5,49 *	6,91 *	14,17 n.s.	1,09 n.s.
D * E * H	4	0,013 n.s.	0,17 n.s.	15,67 n.s.	0,28 n.s.	0,50 n.s.	1,67 n.s.	0,87 n.s.	11,19 n.s.	1,19 n.s.
D * E * A	8	0,016 n.s.	0,03 n.s.	8,03 n.s.	0,23 n.s.	0,96 n.s.	0,47 n.s.	0,19 n.s.	8,74 n.s.	1,08 n.s.
D * H * A	8	0,004 n.s.	0,03 n.s.	2,65 n.s.	0,19 n.s.	0,58 n.s.	0,45 n.s.	0,23 n.s.	14,64 n.s.	1,07 n.s.
E * H * A	2	0,014 n.s.	0,01 n.s.	3,05 n.s.	0,27 n.s.	3,51 n.s.	1,01 n.s.	0,50 n.s.	29,28 n.s.	0,04 n.s.
D * E * H * A	8	0,005 n.s.	0,01 n.s.	0,39 n.s.	0,48 n.s.	1,73 n.s.	0,52 n.s.	0,64 n.s.	12,26 n.s.	0,63 n.s.
Blocos / Anos	9	0,206 *	2,50 *	70,84 *	0,59 n.s.	15,62 *	3,58 *	1,51 n.s.	122,28 *	36,44 *
Resíduo	171	0,017	0,13	9,65	0,67	2,66	1,55	1,26	22,91	1,90
Média Geral		1,893	3,30	37,55	15,77	39,29	12,04	9,48	35,03	11,59
CV (%)		6,91	10,77	8,27	5,19	4,15	10,33	11,86	13,67	11,90

*Significativo ($p < 0,05$); n.s. – não-significativo ($p > 0,05$), pelo teste F.

Os valores médios obtidos para cada variável resposta apresentados na Tabela 6 foram as seguintes: altura de planta (1,89 m); índice de área foliar (3,30); teor foliar de N-total (37,55 g kg⁻¹); número de fileiras por espiga (15,77 fileiras por espiga); número de grãos por fileiras (39,29 grãos por fileira); produtividade de espigas despalhadas (12,04 Mg ha⁻¹); produtividade de espigas comerciais (9,48 Mg ha⁻¹); conteúdos de açúcares totais no grão (35,03%) e; conteúdos de proteína nos grãos de milho doce (11,59%).

Os conteúdos de açúcares totais nos grãos de milho doce variaram com as doses e épocas de aplicação do N em cobertura (Figura 7). Para aplicações de N, no estágio fenológico V₄, o melhor ajuste foi obtido para a regressão linear $\hat{Y} = 32,39 + 0,031X$ com R² de 0,86. Neste caso, a aplicação da máxima dose utilizada nessa pesquisa (180 kg de N ha⁻¹) não foi suficiente para atingir o máximo conteúdo de açúcares totais nos grãos de milho doce. A aplicação de N realizada no estágio fenológico V₈ apresentou melhor ajuste para regressão quadrática $\hat{Y} = 30,91 + 0,138X - 0,0007X^2$ com R² de 0,79. Nesta situação, o máximo conteúdo de açúcares totais de 37,76% foi estimado para a aplicação de 98,93 kg de N ha⁻¹ (Figura 7).

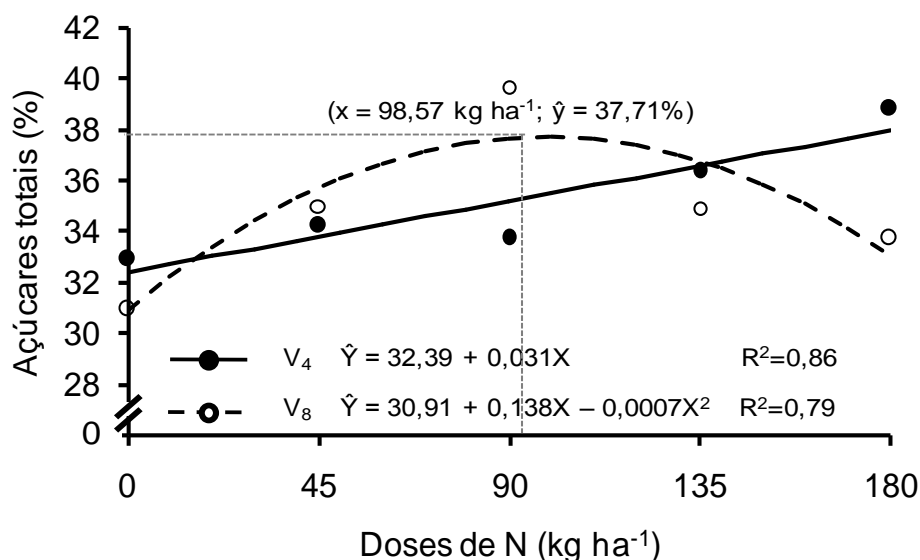


Figura 7 – Conteúdo de açúcares totais nos grãos da espiga de milho doce em função das doses de N aplicado em cobertura nos estádios fenológicos V₄ e V₈. Média dos híbridos Tropical Plus e RB-6324 em três safras agrícolas (2009, 2010 e 2011).

A aplicação em cobertura do N no estágio fenológico V_4 apresentou uma conversão do N foliar para açúcares totais nos grãos linear crescente em relação às doses de N aplicados (Figura 7). Isto decorre do fato de que o fornecimento de N na época apropriada proporciona uma absorção mais eficiente, o que se justifica com base nas afirmações de Muzilli, Oliveira e Calegari (1989), de que a absorção de N é mais acentuada no período de crescimento vegetativo (estádio fenológico V_4), quando a planta acumula cerca de 43% do que necessita. Logo, após absorção do N pela planta de milho doce ele irá se combinar com esqueletos carbônicos para a síntese de aminoácidos, nas quais resultará em proteínas que será armazenada nos tecidos vegetais (LEA; AZEVEDO, 2006). Posteriormente, por ocasião da fase de enchimento de grãos essas reservas serão metabolizadas, translocadas e armazenadas nesses órgãos na forma de proteínas e aminoácidos (TA; WEILAND, 1992; MARSCHNER, 1995).

A aplicação do N no estágio fenológico V_8 proporcionou ajuste do modelo quadrático (Figura 7). Esse resultado sugere que a aplicação do N no estágio V_8 não permitiu que o N absorvido nas doses acima do máximo observado fosse sintetizado e translocado para os grãos do milho doce. Duete et al. (2009), investigando o acúmulo de N pelos grãos de milho comum em diferentes épocas e formas de N, observaram que o maior aproveitamento de N pelos grãos de milho comum para todas as formas de N foi com a aplicação, quando a planta encontrava-se no estágio fenológico V_8 .

O elevado conteúdo de açúcares totais encontrados nos grãos de milho doce (Figura 7) é característico do gene *shrunken-2*, uma vez que esses genes bloqueiam a síntese de amido, o que acarreta no acúmulo de altos conteúdos de açúcares totais e, por isso são denominados de superdoce (ARAGÃO, 2002).

O milho superdoce é caracterizado por apresentar grande quantidade de açúcares totais, de 18 a 40%, em detrimento à produção do amido (BOYER; SHANNON, 1984), o que ocasiona um decréscimo no carboidrato total. Os valores obtidos no presente estudo (Figura 7) estão de acordo com aqueles relatados por Soares (2011), que avaliou dois híbridos simples de milho doce contendo o gene *shrunken-2*, e obtiveram conteúdos

médios de açúcares totais de 26,2%, assim como Silva e Karan (1994), que obtiveram conteúdos próximos de 25%.

Quando se compara os conteúdos de açúcares totais em milho doce e milho comum, fica evidente a diferença nos valores, uma vez que o milho comum apresenta conteúdos em torno de 3% (SILVA; KARAN, 1994). No presente estudo, mesmo o tratamento testemunha, os conteúdos de açúcares nos grãos encontrados nas duas épocas de aplicação foram de 31,65% (Figura 7).

O modelo polinomial que melhor se ajustou ao comportamento da variável resposta altura de plantas, no desdobramento doses de N dentro de anos agrícolas, em função do incremento nas doses de N, foi a quadrática (Figura 8), com coeficientes de regressão de 0,93, 0,72 e 0,97, para as aplicações de N nos anos agrícolas de 2009, 2010 e 2011, respectivamente.

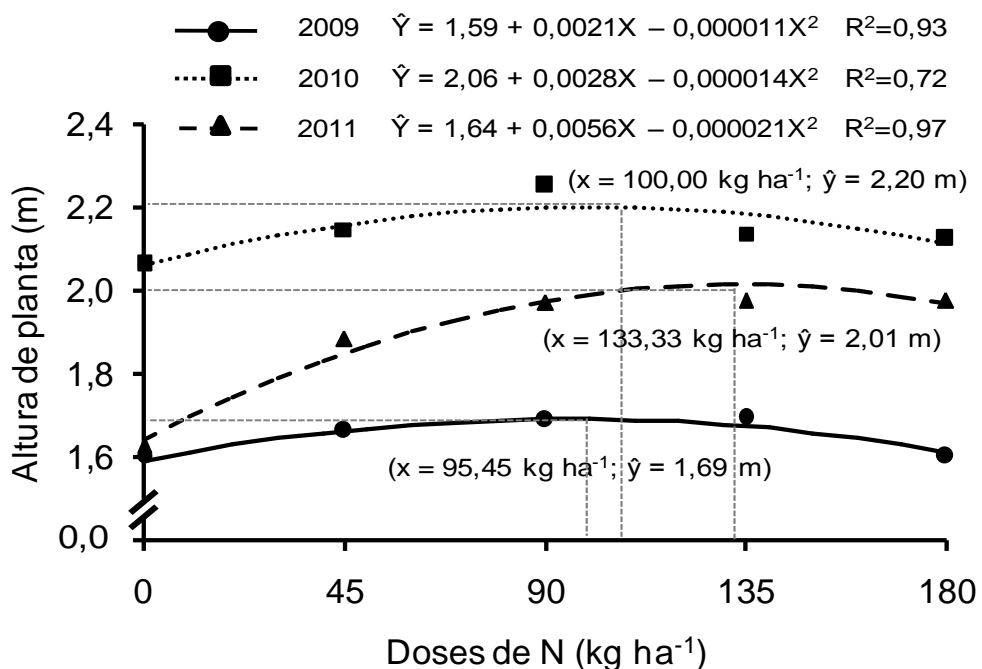


Figura 8 – Altura média de plantas de milho doce em função das doses de N aplicado em cobertura nos anos agrícolas de 2009, 2010 e 2011. Médias dos híbridos Tropical Plus e RB-6324 em dois estádios fenológicos (V₄ e V₈).

Independente da época de aplicação do N e do híbrido utilizado (Figura 8), a máxima altura de plantas de 1,69 m foi obtida na dose de 95,45 kg de N

ha⁻¹ no ano agrícola de 2009, enquanto que para a aplicação, no ano de 2010, a máxima altura de 2,20 m foi alcançada com a dose de 100,00 kg de N ha⁻¹ e a aplicação de 133,33 kg de N ha⁻¹ proporcionou altura de plantas de 2,01 m no ano agrícola de 2011.

Por meio das informações apresentadas na Figura 8, infere-se que a adição de N em plantas de milho doce estimulou o desenvolvimento da parte aérea, fato que se deve às diversas funções do N na planta, sendo uma delas o crescimento vegetativo (KARLEN et al., 1988), uma vez que a planta bem nutrida em N apresenta maior crescimento da área foliar e do sistema radicular, em decorrência do N influenciar a divisão, a expansão celular e a fotossíntese, o que leva ao aumento da altura de plantas (VARVEL et al., 1997; AITA et al., 2001).

Silva et al. (2003) e Cruz et al. (2008), estudando os efeitos da aplicação de doses de N na cultura do milho comum, constataram que a resposta da altura de plantas às doses de N, foi positiva, e descrita por equações do tipo $y=a+bX-cX^2$, de forma análoga ao que foi obtido no presente estudo (Figura 8).

Embora a altura da planta seja uma característica dependente mais do fator genético do que do fator ambiental, observaram-se diferenças nos valores em decorrência dos anos agrícolas. Pela análise apenas do tratamento testemunha, verifica-se que nos anos de 2009, 2010 e 2011, a altura de plantas foram de 1,59, 2,06 e 1,64 m, respectivamente. Silva e Silva (2003), investigando o parcelamento de N em milho verde por dois anos, observaram diferenças nos valores de altura de plantas de acordo com o ano agrícola, na qual o cultivo de milho verde no primeiro ano resultou em plantas de porte mais elevado que do segundo ano.

Vale ressaltar que a boa fertilidade do solo da área experimental (Tabela 5) e as condições climáticas que prevaleceram no período de estudo (Figura 6), associada à aplicação em cobertura de N proporcionaram bom desenvolvimento vegetativo das plantas (Figura 8), otimizando o aproveitamento do N, o que favoreceu esses valores de altura de plantas.

A aplicação de N em cobertura teve efeito sobre o conteúdo de proteína nos grãos do milho doce, para os anos de aplicação do N e o melhor ajuste foi o modelo linear $\hat{Y} = 8,73+0,014X$ com R^2 de 0,96 para o ano de 2009,

$\hat{Y} = 11,03 + 0,023X$ com R^2 de 0,93 para aplicação do N no ano de 2010 e $\hat{Y} = 10,45 + 0,0136X$ com R^2 de 0,98 no ano de 2011 (Figura 9).

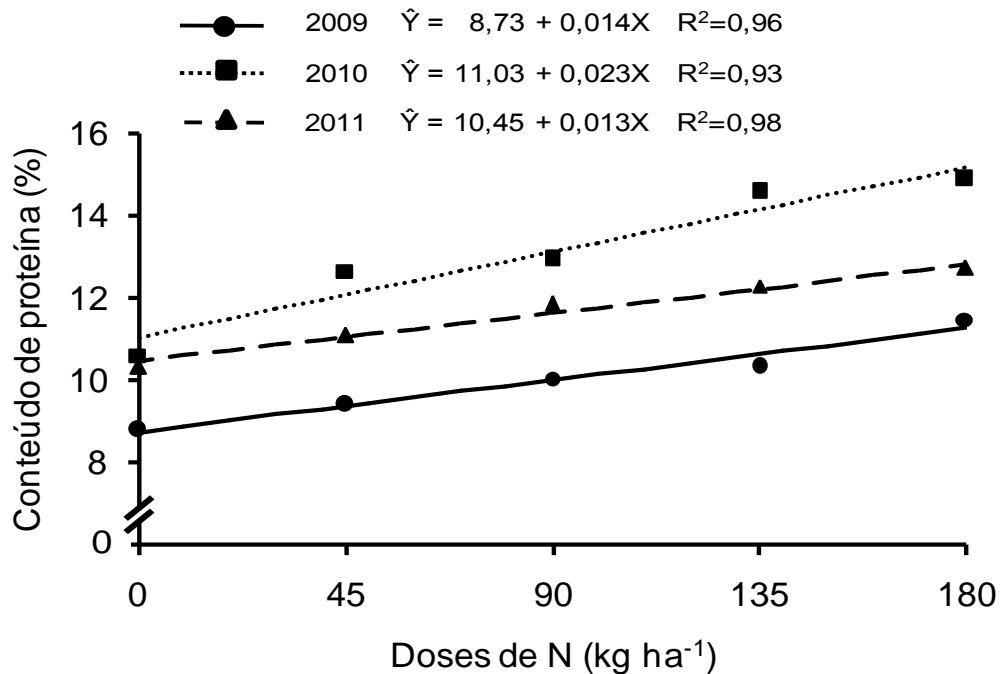


Figura 9 – Conteúdo de proteína nos grãos da espiga de milho doce em função das doses de N aplicado em cobertura nas safras agrícolas de 2009, 2010 e 2011. Médias dos híbridos Tropical Plus e RB-6324 em dois estádios fenológicos (V_4 e V_8).

Os conteúdos obtidos variaram de acordo com o ano agrícola estudado (Figura 9), na qual se observa que o ajuste do modelo foram todos lineares crescentes, com as equações do tipo $\hat{Y} = a + bX$. Apesar de não ser objetivo a elevação do conteúdo de proteína em grãos de milho superdoce, verifica-se no presente estudo que doses crescentes de N favoreceram a elevação do conteúdo de proteínas nos grãos, ou seja, a aplicação de N teve efeito direto na melhoria da qualidade química dos grãos de milho doce, conforme verifica-se pelas Figuras 7 e 9.

A quantidade de N a ser drenada para o grão tem relação direta com o estado nutricional das plantas e também pelo ciclo da cultura, do período de enchimento dos grãos e, principalmente, da cultivar (MEIRA et al., 2009). A distribuição do N acumulado na parte aérea do milho comum é de 64% do N

translocado para os grãos e 36% se mantém na parte aérea do milho (SILVA et al., 2006), evidenciando que o maior dreno de N na planta são os grãos, e que grande quantidade de N das partes vegetativas é translocada para os grãos, passando a fazer parte da constituição de aminoácidos e proteínas (TA; WEILAND, 1992; MARSCHNER, 1995).

A altura de planta não variou em função do híbrido utilizado (Tabela 7), uma vez que as características genéticas dos mesmos (híbridos simples) apresentam mesmo ciclo de desenvolvimento, possuindo a mesma exigência em unidades térmicas para florescer. Além disso, o híbrido simples tem por característica ser obtido a partir do cruzamento de duas linhagens endogâmicas, o que possui alta uniformidade genética, morfológica e fenológica (COSTA et al., 2010).

Tabela 7 – Desdobramento de estádios fenológicos de aplicação de N dentro de híbridos e híbridos dentro de estádios fenológicos, na média das cinco doses de N aplicados em cobertura (0, 45, 90, 135 e 180 kg de N ha⁻¹) e das três safras agrícolas (2009, 2010 e 2011), referente à altura de planta e índice de área foliar de milho doce

Estádios	Híbridos	
	Tropical Plus	RB-6324
	Altura de planta (m)	
V ₄	1,94Aa*	1,91Aa
V ₈	1,84Ab	1,89Aa
	Índice de área foliar	
V ₄	3,32Ba	3,47Aa
V ₈	3,02Ab	3,40Aa

* Médias seguidas de letras distintas diferem entre si ($p > 0,05$) na linha (maiúsculas) e na coluna (minúsculas), pelo teste F.

As épocas de aplicação do N foram significativas apenas para o híbrido Tropical Plus (Tabela 7), na qual se verifica a superioridade no manejo do N quando este é disponibilizado à cultura do milho doce no estágio fenológico V₄ em relação à aplicação do N no estágio V₈. Esse fato se deve em função do N no estágio inicial favorecer maior desenvolvimento tanto da parte aérea como do sistema radicular (JENKINSON; FOX; RAINER, 1984; RAO et al., 1992), dessa forma, ocorre maior acúmulo de nutrientes que será utilizado

pela planta (KARLEN; FLANNERY; SADLER, 1988; UHART; ANDRADE, 1995; DUETE et al., 2008).

A aplicação do N no estágio fenológico V_4 proporcionou maiores valores de altura de planta e índice de área foliar (Tabela 7), certamente pela compensação do N mineral da solução do solo imobilizado, na fase inicial de desenvolvimento do milho, em relação aos tratamentos que receberam o N no estágio fenológico V_8 . No sistema de semeadura direta, a maior presença de resíduos orgânicos, na superfície do solo, tais como o de milho (safra de 2009), aveia (safra de 2010) e aveia e nabo forrageiro (safra de 2011), favorece maior atividade e imobilização do N pelos microrganismos (AITA et al., 2001), o que compromete a disponibilidade de N para o milho (AMADO; MIELNICZUK; AITA, 2002; BORTOLINI et al., 2002).

De acordo com Silva et al. (2006), a melhor resposta da cultura do milho comum com a aplicação do N no estágio fenológico V_4 se deve ao fato do N do fertilizante ter promovido, indiretamente, maior aproveitamento do N do solo pelo milho, por meio da mineralização dos resíduos das plantas de cobertura ou do N orgânico do solo, assim como o maior desenvolvimento do sistema radicular (JENKINSON; FOX; RAYNER, 1985). Dessa forma, explica o melhor aproveitamento do N do solo pela cultura do milho doce no presente estudo.

Muito embora durante o ciclo de crescimento e de desenvolvimento das plantas, nos três anos agrícolas, os experimentos foram irrigados por aspersão, verificaram-se diferenças estatísticas entre os anos de cultivos (Tabela 6). Para as interações híbridos e anos agrícolas (Tabela 8), observou-se que as mesmas foram significativas para as variáveis respostas altura de planta, produtividade de espigas despalhadas e espigas comerciais e teor foliar de N-total, sendo que os máximos valores variaram de acordo com a variável resposta e o ano agrícola estudado. O máximo valor para altura de planta foi obtido no ano de 2010, enquanto para a produtividade de espigas tanto despalhadas como comerciais o ano de máximo valor foi de 2011, e por fim, os maiores valores de teor foliar de N-total foram obtidos nos anos de 2010 e de 2011 (Tabela 8).

Tabela 8 – Desdobramento de híbridos dentro de safras agrícolas e safras dentro de híbridos, na média das cinco doses de N aplicados em cobertura (0, 45, 90, 135 e 180 kg de N ha⁻¹) e das duas épocas de aplicação de aplicação de N em cobertura (estádio fenológico V₄ e V₈), referente à altura de planta produtividade de espigas despalhadas, produtividade de espigas comerciais e teor foliar de N-total em milho doce

Híbrido	Anos agrícolas		
	2009	2010	2011
	Altura de planta (m)		
Tropical Plus	1,67Ca*	2,11Aa	1,89Ba
RB-6324	1,63Ca	2,18Aa	1,89Ba
	Produtividade de espigas despalhadas (Mg ha ⁻¹)		
Tropical Plus	5,61Ca	9,67Bb	19,59Ab
RB-6324	6,01Ca	11,08Ba	20,28Aa
	Produtividade de espigas comerciais (Mg ha ⁻¹)		
Tropical Plus	4,43Cb	7,25Bb	15,25Ab
RB-6324	5,05Ca	8,93Ba	15,96Aa
	Teor foliar de N-total (g kg ⁻¹)		
Tropical Plus	31,93Ba	41,12Aa	41,25Aa
RB-6324	32,30Ba	39,19Ab	39,27Ab

* Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) na linha (maiúsculas) e pelo teste F ($p > 0,05$) na coluna (minúsculas).

Pelas informações apresentadas na Figura 6, constataram-se que os valores de temperatura máxima e mínima no decorrer dos três anos avaliados encontravam-se similares, ou seja, não se observam valores de temperaturas discrepantes. Dessa forma, pode-se inferir que essa diferença estatística nas características altura de planta, produtividade de espigas despalhadas e comerciais e teor foliar de N-total (Tabela 8) foi ocasionada pelo fotoperíodo, presenciada para cada ano experimental, uma vez que os experimentos diferiram nas datas de semeadura, no ano de 2009, 2010 e 2011, as semeaduras foram realizadas em 29 de agosto, 22 de outubro e 14 de setembro, respectivamente.

Com relação à produtividade de espigas de milho doce despalhadas (Tabela 8), verifica-se superioridade dos valores obtidos tanto do híbrido Tropical Plus como do RB-6324 no ano de 2011 em relação aos anos de 2009 e 2010. Esses resultados ficam nítidos quando comparamos os valores observados no ano de 2011 com os de 2009, em que se constata diferença de 13,98 e 14,27 Mg ha⁻¹ para o Tropical Plus e RB-6324, respectivamente (Tabela 8).

No ano de 2011, observou-se superioridade do híbrido RB-6324 em relação ao Tropical Plus para as variáveis produtividades de espigas despalhadas

e comerciais (Tabela 8). Ou seja, o híbrido RB-6324 além de proporcionar maiores quantidades de espigas produzidas, estas foram de melhores qualidades do que a proveniente do híbrido Tropical Plus. Esse resultado é fundamental para os produtores de milho doce, uma vez que eles são remunerados tanto pela quantidade quanto pela qualidade de espigas verdes produzidas. Vale ressaltar que o milho doce é comercializado para consumo “in natura” e/ou processamento industrial, e nesta condição, ele deve apresentar rendimento industrial > 30% e espigas acima de 15 cm de comprimento e 3 cm de diâmetro (TEIXEIRA et al., 2001; PEREIRA FILHO, 2003; ALBUQUERQUE et al., 2008; ALBUQUERQUE; VON PINHO; SILVA, 2008).

A superioridade do híbrido RB-6324, em relação ao Tropical Plus, não foi decorrente de uma maior absorção de N, pois para a variável resposta teor foliar de N-total, os maiores valores foram encontrados nas folhas do Tropical Plus (Tabela 8). Dessa forma, era de se esperar um benefício do N para o crescimento e desenvolvimento das plantas do híbrido Tropical Plus, com conseqüente incremento na sua produtividade de espigas (MARSCHNER, 1995). Contudo, não foi observada produtividade superior de espigas do híbrido Tropical Plus em função do maior conteúdo foliar de N-total, nos três anos agrícolas de avaliação (Tabela 8).

Tal fato não ocorreu, provavelmente, em função de que os teores foliares de N encontrados nos dois híbridos avaliados, estarem acima dos valores relatados por Coelho et al. (2002) e Mackay e Leefe (1962) e considerados adequados para a cultura do milho comum (27,5 a 32,5 g kg⁻¹), e para o milho doce (34,3 g kg⁻¹), respectivamente. Uma provável explicação para esse incremento no teor foliar de N é de que os híbridos utilizados nestes experimentos são responsivos às doses elevadas de N, uma vez que a eficiência de absorção dos nutrientes é uma característica influenciada por fatores genéticos do milho (VELOSO et al., 2009), pela fertilidade do solo (JAKELAITIS; SILVA; FERREIRA, 2005) e, principalmente, pelas condições climáticas (SILVA et al., 2005, 2006). Outra possível explicação é o consumo de luxo de N pela cultura do milho (ARGENTA et al., 2001). Esta condição resulta em teores de N foliar bem acima do nível adequado, e desta forma, influencia negativamente a correlação desta variável com a produtividade de grãos do milho comum (ARGENTA et al., 2002).

Fica evidente que para a cultura do milho doce, conduzida por meio de irrigação suplementar, a produtividade de espigas independe da época de aplicação de N e/ou das doses de N disponibilizada, ficando esta mais sujeita às condições de radiação solar no decorrer do desenvolvimento da planta (Tabela 8).

As baixas produtividades de espigas comerciais no ano de 2009, em relação aos demais anos experimentais, estão associadas a um menor teor foliar de N-total de 31,93 g kg⁻¹ (Tropical Plus) e 32,30 g kg⁻¹ (RB-6324). Tal fato pode resultar em menor desenvolvimento da planta, apresentado pelos baixos valores de altura de plantas de 1,67 e 1,63 m para Tropical Plus e RB-6324, respectivamente (Tabela 8), ocasionando menor acúmulo de nutrientes, menor produção de fotoassimilados e por fim menor translocação desses fotoassimilados para o enchimento de grãos, na qual proporciona uma diminuição no potencial produtivo dos híbridos em estudo (KARLEN; FLANNERY; SADLER, 1988; UHART; ANDRADE, 1995; DUETE et al., 2008).

A aplicação de N teve efeito positivo na produtividade de espigas despalhadas, nas médias das épocas de aplicação de N, dos híbridos e das safras agrícolas avaliadas (Figura 10).

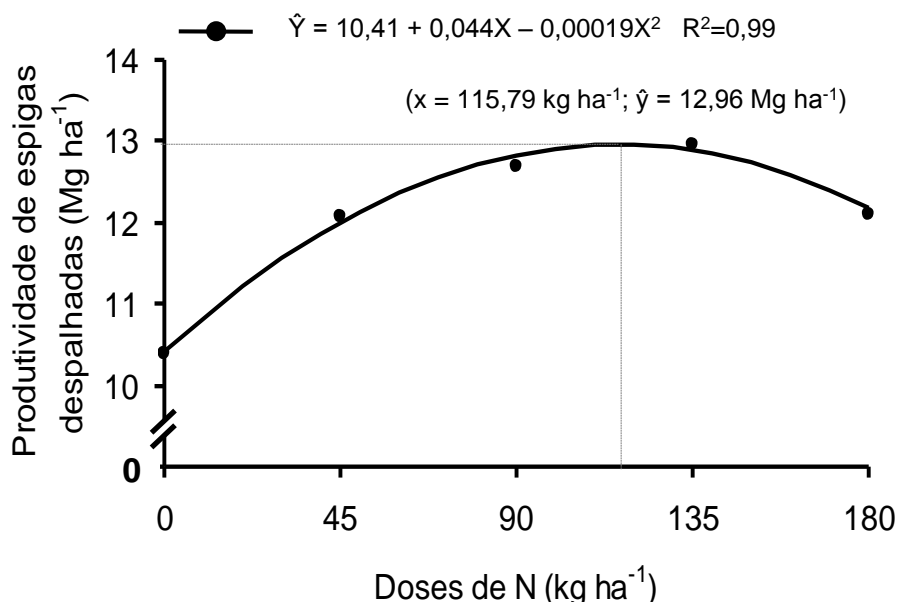


Figura 10 – Produtividade de espigas despalhadas de milho doce em função das doses de N aplicado em cobertura. Média das duas épocas de aplicação de N em cobertura (estádio fenológico V₄ e V₈), dos híbridos Tropical Plus e RB-6324 em três safras agrícolas (2009, 2010 e 2011).

A equação que melhor se ajustou à média resultante da aplicação de N na cultura do milho doce foi a equação $\hat{Y} = 10,41 + 0,044X - 0,00019X^2$ ($R^2 = 0,99$), o que se verifica pelo valor obtido de R^2 a boa precisão dos dados experimentais.

Independente das épocas de aplicação do N ter ocorrido nos estádios fenológicos V₄ ou V₈, do híbrido cultivado ser o Tropical Plus ou RB-6324 e/ou a safra agrícola ter sido implantada em 2009, 2010 ou 2011, observa-se por meio da análise do fator único doses de N aplicados em cobertura, que a máxima produtividade de espigas despalhadas de 12,96 Mg ha⁻¹ foi alcançada na dose de 115,79 kg de N ha⁻¹.

A comparação da produtividade proporcionada na ausência de N em cobertura (tratamento testemunha), com a obtida com a dose de máxima produtividade de espigas despalhadas, verifica-se um incremento de 2,55 Mg ha⁻¹. Para enfatizar o resultado, procedeu-se à conversão dos valores (Mg ha⁻¹) para porcentagem (%), dessa forma, observa-se incremento da ordem de 19,68%.

Embora o teor foliar de N-total nas três safras agrícolas (Tabela 8) tenha sido considerado adequado, o milho doce respondeu com o aumento na produtividade de grãos à adição de doses de N (Figura 10). Resultados semelhantes foram descritos por Amaral Filho et al. (2005) para a cultura do milho comum.

De maneira geral, a aplicação de N em cobertura, possivelmente, melhorou a distribuição do nutriente na planta, na qual favoreceu a formação e enchimento de grãos na cultura do milho doce, uma vez que este nutriente é estreitamente relacionada com a translocação de açúcares, principalmente das folhas para outros órgãos (KARLEN; FLANNERY; SADLER, 1988; UHART; ANDRADE, 1995), com isso, aumentou a transferência para as espigas e/ou grãos (DUETE et al., 2008; VELOSO et al., 2009), o que resultou em incremento na produtividade de espigas (Figura 10).

Vale ressaltar que a produtividade de grãos da cultura do milho está diretamente relacionada com a área fotossinteticamente ativa da planta (DUETE et al., 2008). Além disso, o N também favorece o crescimento do sistema radicular, o que propicia à planta condições para maior absorção de água e outros nutrientes (JENKINSON; FOX; RAINER, 1985; RAO et al., 1992).

É sabido que plantas mal nutridas em N apresentam menor capacidade de interceptação da radiação solar, de assimilação de CO₂ e de produção de carboidratos e, resulta em menor acúmulo de matéria seca, uma vez que a divisão celular nos pontos de crescimento é retardada (MARSCHNER, 1995). Com isso, há uma redução na área foliar e no tamanho da planta e, conseqüentemente, menor produtividade de espigas e/ou grãos na cultura (SINCLAIR; HORIE, 1989; UHART; ANDRADE, 1995; JAKELAITIS; SILVA; FERREIRA, 2005).

A elevada produtividade de espigas despalhadas (Figura 10), obtidas nas médias das duas épocas de aplicação do N, dos dois híbridos e dos três anos agrícolas, deve-se às boas condições climáticas ocorridas durante os períodos experimentais de 2009, 2010 e 2011 (Figura 6), associada à complementação por meio de irrigação por aspersão. Além da adequada adubação de semeadura e, a aplicação de N em cobertura. Soares (2011), em estudo do efeito de diferentes densidades populacionais com os mesmos híbridos de milho doce do presente estudo, também justificou que as altas produtividades obtidas foram decorrentes das boas condições climáticas, adubação adequada e irrigação complementar.

Além das condições ambientais terem sido favoráveis, o solo apresentava alta fertilidade, conforme a análise química observada na Tabela 5. De acordo com Haag, Dechen e Carmello (1990), o crescimento vegetativo normal de uma planta não depende apenas da concentração, de um dado nutriente no meio de crescimento, mas também das quantidades relativas de outros nutrientes disponíveis. Pelas análises químicas do material de solo das áreas experimentais, na camada de 0,00-0,20 e 0,20-0,40 m, constata-se o equilíbrio entre os nutrientes disponíveis (Tabela 5).

Os resultados das análises químicas dos materiais de solo das áreas experimentais utilizadas nos três anos agrícolas (Tabela 5) indicaram um teor médio de matéria orgânica de 17,60 g dm⁻³; essa quantidade de matéria orgânica do solo teoricamente é capaz de disponibilizar 35,2 kg de N ha⁻¹ (COELHO et al., 2002). Além desta grande quantidade de N proveniente da matéria orgânica do solo, também se deve considerar a influência positiva dos resíduos culturais de milho (safra de 2009), aveia (safra de 2010) e aveia e nabo forrageiro (safra de 2011), uma vez que é sabido do efeito benéfico de

resíduos culturais na disponibilização de N por meio da mineralização (CRUSCIOL et al., 2008).

Da mesma forma que a variável resposta produtividade de espigas despalhadas, o modelo que melhor se ajustou para a produtividade de espigas despalhadas comerciais foi a quadrática. A aplicação de N em cobertura proporcionou a seguinte equação $\hat{Y} = 7,92 + 0,045X - 0,0002X^2$ com R^2 de 0,99 (Figura 11).

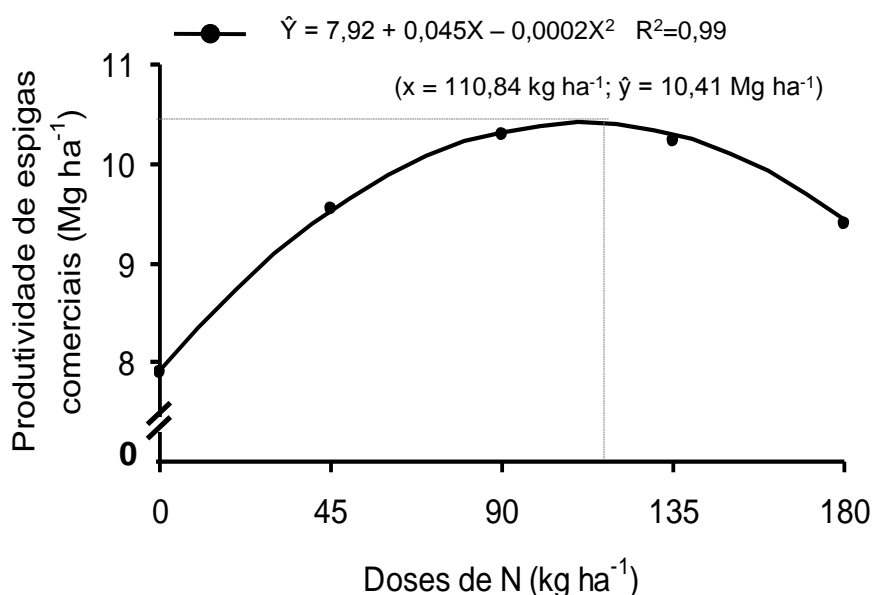


Figura 11 – Produtividade de espigas comerciais de milho doce em função das doses de N aplicado em cobertura. Média das duas épocas de aplicação de N em cobertura (estádio fenológico V₄ e V₈), dos híbridos Tropical Plus e RB-6324 em três safras agrícolas (2009, 2010 e 2011).

Por meio da derivação do modelo apresentado na Figura 11, observa-se que a máxima produtividade de espigas comerciais de 10,41 Mg ha⁻¹ foi obtida com a aplicação da dose de 110,84 kg de N ha⁻¹. Essa dose de N está próxima daquela descrita para a variável resposta produtividade de espigas despalhadas (Figura 10).

A aplicação de N em cobertura teve efeito positivo na produtividade de espigas comerciais (Figura 11), na qual se verifica que no tratamento testemunha a produtividade obtida foi de 7,92 Mg ha⁻¹. A produtividade máxima

de espigas comerciais de 10,41 Mg ha⁻¹ foi obtido mediante aplicação do N em cobertura na dose de 110,84 kg de N ha⁻¹, o que indica ganho de produtividade de espigas comerciais de 31,49%.

No caso do milho verde e de acordo com Albuquerque et al. (2008), é desejável maior produtividade de espigas comerciais, pois estas são as espigas que realmente serão comercializadas. Dessa forma, o ganho de produtividade pela aplicação de N, verificado neste estudo (Figura 11), é muito interessante, uma vez que pode aumentar a renda líquida obtida com a comercialização das espigas colhidas.

A máxima eficiência econômica foi alcançada com a dose de 102,5 kg de N ha⁻¹, independente da aplicação de N nos estádios fenológicos V₄ e V₈, dos híbridos ter sido o Tropical Plus e RB-6324 e dos anos agrícolas 2009, 2010 e 2011. Acima desta dose, a resposta em produtividade de espigas verdes comercializáveis para o híbrido, não compensaria a adição de N ao sistema de manejo, na atual circunstância econômica brasileira, e nos níveis de manejo abordados. Valor próximo do presente estudo foi obtido por Bastos et al. (2008) que relataram uma dose de 114 kg de N ha⁻¹ para a cultura do milho comum,.

Contudo, doses de N abaixo do relatado, são apresentados por Lange et al. (2006), na cultura do milho comum, que obtiveram a dose de 78 kg de N ha⁻¹. Enquanto, Silva et al. (2005) obtiveram doses de 126 kg de N ha⁻¹, valor bem acima do obtido neste estudo. A grande variação relativa nas recomendações de N para o milho ocorre em virtude das condições diferenciadas de fertilidade do solo e edafoclimáticas entre as regiões de condução das pesquisas (BASTOS et al., 2008) e, também, pelos distintos genótipos utilizados (SILVA et al., 2007).

De acordo com Silva et al. (2007), uma proposta de recomendação de N deve ser dinâmica, incorporando novos resultados de pesquisa, sendo primordial que o técnico responsável conheça o histórico da área e das produtividades obtidas, assim como o preço de mercado do fertilizante e o preço do produto agrícola.

Com base nos preços do milho verde e do adubo nitrogenado (Sulfato de amônio) foi calculado o retorno econômico para as diferentes doses de N aplicados em cobertura (Tabela 9), na qual visou detectar qual dose

proporcionou o maior lucro para o agricultor pela adoção do manejo da adubação.

Tabela 9 – Relação de custo em função da dose de N aplicada e retorno financeiro do investimento, na média das épocas de aplicação de N, híbridos e anos agrícolas

Doses d N (kg ha ⁻¹)	Produção (t ha ⁻¹) ¹	Faturamento (R\$ ha ⁻¹) ²	Investimento (R\$) ³	Retorno (R\$ ha ⁻¹) ²	DIF (R\$ ha ⁻¹) ⁴
0	7,92	10692,0	-	10692,0	-
45	9,53	12870,8	205,65	12665,1	1973,1
90	10,33	13939,7	411,30	13528,4	863,2
135	10,29	13898,7	616,95	13281,7	-246,7
180	9,44	12747,8	822,60	11925,2	-1356,6

¹Médias estimadas de produtividade, independente das épocas de aplicação do N, dos híbridos e dos anos agrícolas, de acordo com modelo ($\hat{Y} = 7,92 + 0,045X - 0,0002X^2$);

²Preço da espiga de milho verde (R\$ 1,35 kg⁻¹ de espiga), comercializada na feira de Maringá, PR. Levantamento realizado em 15 de fevereiro de 2012;

³Média do preço do sulfato de amônio (R\$ 4,57 kg⁻¹ de N), comercializado na casa agropecuária de Maringá, PR. Levantamento realizado em 15 de fevereiro de 2012;

⁴Diferença nos valores do retorno financeiro, em função da dose de N.

Pelas informações da Tabela 9, as doses de 45 e 90 kg de N ha⁻¹ foram as que apresentaram retorno financeiro à aplicação de N, na qual são confirmadas pelos valores da diferença de retorno financeiro em função das doses, em que o aumento relativo foi observado até a dose de 90 kg de N ha⁻¹. A partir desta dose houve decréscimo no retorno, uma vez que a dose de 135 e 180 kg de N ha⁻¹ proporcionaram valores negativos, ou seja, o retorno financeiro em função da produtividade e de custo do fertilizante foi inferior ao obtido com a dose de 90 kg de N ha⁻¹. Queiroz et al. (2011) constataram que o aumento relativo de retorno financeiro ocorreu até a dose de 120 kg de N ha⁻¹.

De acordo com Sangoi et al. (2006), para incrementar a eficiência econômica da produção de milho é fundamental que se identifiquem sistemas de manejo compatíveis às características climáticas, edáficas, fundiárias e econômicas de cada região. Esses mesmos autores ressaltam que a utilização de híbridos simples com alto potencial produtivo é economicamente vantajosa apenas em sistemas de produção de alto nível tecnológico, como o utilizado neste estudo.

Em razão da alta produtividade de espigas despalhadas (Figura 10), buscou-se identificar entre as diferentes variáveis respostas avaliadas, quais estiveram mais associadas ao desempenho agrônômico do milho doce. Como era de se esperar, a maioria das variáveis avaliadas correlacionou positivamente com a produtividade de espigas despalhadas (Tabela 10). Entre as variáveis respostas avaliadas, apenas o número de fileiras por espiga e o conteúdo de açúcares totais nos grãos não apresentaram correlação com a produtividade de espigas comerciais (Tabela 10).

Tabela 10 – Coeficientes de correlações de Pearson entre a altura de planta (AP), índice de área foliar (IAF), teor de N-total foliar (N-TOTAL), número de fileiras por espiga (NFE), número de grãos por fileira (NGF), produtividade de espigas despalhadas (PRODsp), produtividade de espigas comerciais (PRODec), teores de açúcares totais (AT) e teores de proteína (PROT) considerando as cinco doses de N (0, 45, 90, 135 e 180 kg de N ha⁻¹), os dois híbridos (Tropical Plus e RB-6324), as duas épocas de aplicação do N em cobertura (estádio fenológico V₄ e V₈) e os três anos agrícolas (2009, 2010 e 2011)

Características	IAF	N-TOTAL	NFE	NGF	PRODsp	PRODec	AT	PROT
AP	0,79**	0,47**	0,29**	0,49**	0,27**	0,28**	0,30**	0,43**
IAF		0,55**	0,27**	0,43**	0,31**	0,30**	0,31**	0,48**
N-TOTAL			0,27**	0,56**	0,52**	0,50**	0,25**	0,47**
NFE				0,32**	0,36**	0,36 ^{n.s.}	0,12 ^{n.s.}	0,29**
NGF					0,52**	0,51**	0,19**	0,36**
RENDsp						0,98**	-0,02 ^{n.s.}	0,21**
RENDec							-0,04 ^{n.s.}	0,20**
AT								0,26**

*: significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste t; **: significativo, a 1% de probabilidade pelo teste t; ^{ns}: não significativo

Somente a correlação entre produtividade de espigas despalhadas com a produtividade de espigas comerciais apresentou valor acima de 0,95, isto significa que o N não só proporcionou aumento de massa como também teve influência sobre a qualidade física da espiga, na qual proporciona espigas com comprimento maior que 15 cm, assim como diâmetro maior que 3 cm (Tabela 10).

Pelas informações da Tabela 9, verifica-se que o coeficiente de correlação entre o índice de área foliar com a altura de planta foi de 0,79, e do

IAF com o N-total foliar foi de 0,55. Por meio desses resultados, observa-se que plantas mais alta produzem valores de IAF maiores, possibilitando com isso maior incremento nos teores foliares de N-total (SANGOI, 2000; SILVA et al., 2005, 2006).

Por meio da análise individual de cada variável resposta e, considerando um valor de correlação acima de 0,50, observa-se na Tabela 10 que o teor foliar de N-total foi a que mais se correlacionou com as outras variáveis respostas (IAF, NGF, PRODps e PRODec). Isto demonstra a importância do N para a cultura do milho, relatado por outros autores (ARAÚJO; FERREIRA; CRUZ, 2004; GOMES et al., 2007; DUETE et al., 2008; OKUMURA et al., 2011).

5. CONCLUSÕES

1. o incremento nas doses de N afeta tanto os componentes da parte aérea como os da produtividade dos híbridos de milho doce Tropical Plus e RB-6324;
2. a dose de 110,84 kg de N ha⁻¹ aplicado em cobertura proporciona produtividade máxima de espigas comerciais de 10,41 Mg ha⁻¹, independente da época de aplicação de N, dos híbridos e dos anos agrícolas e, a máxima eficiência econômica nas condições do estudo é na dose de 102,5 kg de N ha⁻¹;
3. as doses de 45 e 90 kg de N ha⁻¹ proporcionam os melhores retornos econômico de R\$ 1973,1 ha⁻¹ e R\$ 863,2 ha⁻¹, respectivamente, independente da época de aplicação do N, dos híbridos e dos anos agrícolas;
4. o híbrido de milho doce RB-6324 é superior ao híbrido Tropical Plus quanto à produtividade de espigas despalhadas e produtividade de espigas comerciais;
5. as características altura de planta, índice de área foliar, teor foliar de N-total, número de grãos por fileira, produtividade de espigas despalhadas e conteúdo de proteína no grão do milho doce correlacionaram positivamente com a produtividade de espigas comerciais.

REFERÊNCIAS

- AITA, C. et al. Plantas de cobertura de solo como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 157-165, 2001.
- ALBUQUERQUE, C. J. B. et al. Desempenho de híbridos experimentais e comerciais de milho para produção de milho verde. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 3, p. 768-775, 2008.
- ALBUQUERQUE, C. J. B.; VON PINHO, R. G.; SILVA, R. Produtividade de híbridos de milho verde experimentais e comerciais. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 2, p. 69-76, 2008.
- ALDRICH, S .R.; SCOTT, W. O.; LENG, E. R. **Modern corn production**. 2. ed. Champaign: A & L Publication, 1982. 371 p.
- ALMEIDA, M. Z. **Simulação gráfica do crescimento de plantas de milho**. 2007. 57 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.
- AMADO, T. J. C. **Disponibilidade de nitrogênio para o milho em sistemas de cultura e preparo de solo**. 1997. 201 f. Tese (Doutorado em Agronomia)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.
- AMADO, T. J. C.; FERNANDES, S. B. V.; MIELNICZUK, J. Nitrogen availability as affected by ten years of cover crop and tillage systems in southern Brazil. **Journal of Soil and Water Conservation**, Amsterdam, v. 53, n. 3, p. 268-271, 1998.
- AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 241-248, 2002.
- AMARAL FILHO, J. P. R. et al. Espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 467-473, 2005.
- ANDRADE, A. G. et al. Acumulação diferencial de nutrientes em cinco cultivares de milho (*Zea mays*). Crescimento. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, Piracicaba, v. 32, n. 1, p. 115-149, 1975.
- ANDREI, E. **Compêndio de defensivos agrícolas**. 7. ed. São Paulo: Andrei Editora, 2005. 1133 p.

- ARAGÃO, C. A. **Avaliação de híbridos simples braquíticos de milho super doce (*Zea mays* L.) portadores do gene *shrunken-2 (sh₂sh₂)* utilizando o esquema dialélico parcial**. 2002. 101 f. Tese (Doutorado em Agronomia)- Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2002.
- ARAUJO, E. F.; CORREA, P. C.; SILVA, R. F. Comparação de modelos matemáticos para descrição das curvas de dessorção de sementes de milho-doce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 7, p. 991-995, 2001.
- ARAÚJO, E. F. et al. Qualidade fisiológica de sementes de milho-doce colhidas em diferentes épocas. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 4, p. 687-692, 2006.
- ARAÚJO, L. A. N.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. Adubação nitrogenada na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 8, p. 771-777, 2004.
- ARF, O. et al. Manejo do solo e época de aplicação de nitrogênio no desenvolvimento e rendimento do milho. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 2, p. 211-217, 2007.
- ARGENTA, G. S. et al. Resposta de híbridos simples à redução do espaçamento entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 1, p. 1-78, 2001.
- ARGENTA, G. et al. Parâmetros de planta como indicadores do nível de nitrogênio na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 4, p. 519-527, 2002.
- ARGENTA, G. et al. Adubação nitrogenada em milho pelo monitoramento do nível de nitrogênio na planta por meio do clorofilômetro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 109-119, 2003.
- ARNON, I. **Mineral nutrition of maize**. Bern: International Potash Institute, 1975. 452 p.
- ASLAM, M.; TRAVIS, R. L.; HUFFAKER, R. C. Comparative kinetics and reciprocal inhibition of nitrate and nitrite uptake in roots of uninduced and induced barley (*Hordeum vulgare* L.) seedlings. **Plant Physiology**, Minneapolis, v. 99, n. 3, p. 1124-1133, 1992.
- BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal: FUNEP, 1989. 247 p.
- BARBANO, M. T. et al. Temperatura base e soma térmica para cultivares de milho pipoca (*Zea mays* L.) no subperíodo emergência-florescimento masculino. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 79-84, 2003.

- BARBIERI, V. H. B. et al. Produtividade e rendimento industrial de híbridos de milho doce em função de espaçamento e populações de plantas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 23, n. 3, p. 826-830, 2005.
- BARBOSA FILHO, M. P.; FAGERIA, N. K.; SILVA, O. F. Fontes e métodos de aplicação de nitrogênio em feijoeiro irrigado submetido a três níveis de acidez do solo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 4, p. 785-792, 2004.
- BASTOS, E. A. et al. Doses e formas de parcelamento de nitrogênio para a produção de milho sob plantio direto. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 39, n. 2, p. 275-280, 2008.
- BAYER, C. et al. Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 7, p. 677-683, 2004.
- BEAUCHAMP, E. G.; KANNENBERG, L. W.; HUNTER, R. B. Nitrogen accumulation and translocation in corn genotypes following silking. **Agronomy Journal**, Madison, v. 68, n. 2, p. 418-422, 1976.
- BEUTLER, A. N. et al. Agregação de Latossolo Vermelho distrófico típico relacionada com o manejo na região dos cerrados no Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 129-136, 2001.
- BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds**: physiology of development and germination. 2 ed. New York: Plenum Press, 1994. 445 p.
- BLOOM, A. J.; SUKRAPANNA, S. S.; WARNER, R. L. Root respiration associated with ammonium and nitrate absorption and assimilation by barley. **Plant Physiology**, Minneapolis, v. 99, n. 4, p. 1294-1301, 1992.
- BOBATO, A. **Índice nutricional do nitrogênio**: uma ferramenta para o diagnóstico do estado nutricional da cultura do milho. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006. 76 p.
- BODDEY, R. M. Methods for quantification of nitrogen fixation associated with gramineae. **Critical Review in Plant Science**, Boca Raton, v. 6, n. 3, p. 209-266, 1987.
- BOLAÑOS, J.; EDMEADES, G. The importance of the anthesis-silking interval in breeding for drought tolerance in tropical maize. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 31, n. 2, p. 233-252, 1996.
- BORDALLO, P. N. et al. Análise dialéctica de genótipos de milho doce e comum para caracteres agronômicos e proteína total. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 23, n. 1, p. 123-127, 2005.
- BORGES, E. A. et al. Acúmulo e remobilização de nitrogênio em variedades de milho. **Caatinga**, Mossoró, v. 19, n. 3, p. 278-286, 2006.

- BORGHI, E. et al. Adubação por área e por planta, densidade populacional e desenvolvimento do milho em função do sistema de manejo do solo. **Acta Scientiarum.Agronomy**, Maringá, v. 26, n. 3, p. 337-345, 2004.
- BORIN, A. L. D. C.; LANA, R. M. Q.; PEREIRA, H. S. Absorção, acúmulo e exportação de macronutrientes no milho doce cultivado em condições de campo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, Edição Especial, p. 1591-1597, 2010.
- BORTOLINI, C. G. et al. Rendimento de grãos de milho cultivado após aveia-preta em respostas a adubação nitrogenada e regime hídrico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 9, p. 1101-1106, 2001.
- BORTOLINI, C. G. et al. Sistemas de aplicação de nitrogênio e seus efeitos sobre o acúmulo de N na planta de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 361-366, 2002.
- BOX, G. E. P. Non-normality and tests on variances. **Biometrika**, London, v. 40, n. 3-4, p. 318-335, 1953.
- BOYER, C. D.; SHANNON, J. C. The use of endosperm genes for sweet corn improvement. **Plant Breeding Review**, Connecticut, v. 1, n. 1, p. 139, 1984.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Brasília, DF, 2005. cap. 4, p. 116-141. (Série A: normas técnicas e manuais técnicos).
- BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 2, p. 365-372, 2000.
- BUGBEE, B. G.; SALISBURY, F. B. Exploring the limits of crop productivity. I. Photosynthetic efficiency of wheat in high irradiance environments. **Plant Physiology**, Minneapolis, v. 88, n. 3, p. 869-878, 1988.
- CAMARGO, F. A. O.; GIANELLO, C.; VIDOR, C. Comparative study of five hydrolytic methods in the determination of soil organic nitrogen compounds. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Philadelphia, v. 28, n. 15-16, p. 1303-1309, 1997.
- CAMPOS, A. X. **Fertilização com sulfato de amônio na cultura do milho em um solo do Cerrado de Brasília sob pastagem de *Brachiaria decumbens***. 2004. 119 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas)-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2004.
- CANIATO, F. F. et al. Composição de açúcares solúveis totais, açúcares redutores e amido nos grãos verdes de cultivares de milho na colheita. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 3, n. 1, p. 38-44, 2004.

CANIATO, F. F. et al. Quantificação de açúcares solúveis totais, açúcares redutores e amido nos grãos verdes de cultivares de milho na colheita. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1893-1896, 2007.

CAPOBIANGO, M. et al. Extração química e enzimática das proteínas do fubá de milho. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 4, p. 884-890, 2006.

CAZETTA, D. A.; FORNASIERI FILHO, D.; GIROTTI, F. Efeitos da cobertura vegetal e da adubação nitrogenada sobre os componentes de produção do milho em sistema de semeadura direta. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 4, p. 567-573, 2005.

CHOUREY, P. S.; CHEN, Y. C.; MILLER, M. E. Early cell degeneration in developing endosperm is unique to the shrunken mutation in maize. **Maydica**, Bergamo, v. 36, n. 1-2, p. 141-6, 1991.

COELHO, A. M. et al. Balanço de nitrogênio (^{15}N) em um Latossolo Vermelho-Escuro, sob vegetação de cerrado, cultivado com milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 15, n. 2, p. 187-193, 1991.

COELHO, A. M. et al. Doses e métodos de aplicação de fertilizantes nitrogenados na cultura do milho sob irrigação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 16, n. 1, p. 61-67, 1992.

COELHO, A. M. et al. **Cultivo de milho, nutrição e adubação**. Sete Lagoas: Embrapa, 2002. 12 p. (Comunicado técnico, 44).

COSTA, E. F. N. et al. Interação entre genótipos e ambientes em diferentes tipos de híbridos de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 45, n. 12, p. 1433-1440, 2010.

COUTER, J. W. et al. Classification of vegetables corns. **HortScience**, Alexandria, v. 23, n. 3, p. 449-450, 1988.

CRAWFORD, N. M.; WILKINSON, J. Q.; LABRIE, S. T. Control of nitrate reduction in plants. **Australian Journal of Plant Physiology**, Collingwood, v. 19, n. 4, p. 377-385, 1992.

CRAWFORD, N. M. Nitrate: nutrient and signal for plant growth. **The Plant Cell**, Rockville, v. 7, n. 7, p. 859-868, 1995.

CREECH, R. G. Genetic control of carbohydrate synthesis in maize endosperm. **Genetics**, Austin, v. 52, n. 4, p. 1175-1185, 1965.

CREGAN, P. B.; BERKUM, P. Genetics of nitrogen metabolism and physiological/biochemical selection for increased grain crop productivity. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 67, n. 1, p. 97-111, 1984.

- CRUSCIOL, C. A. C. et al. Taxas de decomposição e de liberação de macronutrientes da palhada de aveia preta em plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 2, p. 481-489, 2008.
- CRUZ, C. D. **Programa genes**: versão Windows: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV, 2001. 648 p.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2001. 390 p.
- CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A. **Manejo e tratos culturais para o cultivo do milho verde**. Sete Lagoas: Embrapa, 2002. 9 p. (Circular técnica, 16).
- CRUZ, J. C. et al. **Resposta de cultivares de milho à adubação nitrogenada em cobertura**. Sete Lagoas: Embrapa, 2005. 65 p. (Comunicado técnico, 116).
- CRUZ, S. C. S. et al. Adubação nitrogenada para o milho cultivado em sistema plantio direto, no Estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 1, p. 62-68, 2008.
- DEPARIS, G. A.; LANA, M. C.; FRANDOLOSO, J. F. Espaçamento e adubação nitrogenada e potássica em cobertura na cultura do milho. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 4, p. 517-525, 2007.
- DIECKOW, J. et al. Soil C and N stocks as affected by cropping systems and nitrogen fertilization in a Southern Brazil Acrisol managed under no-tillage for 17 years. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 81, n. 1, p. 87-95, 2005.
- DOBBELAERE, S. et al. Response of agronomically important crops to inoculation with *Azospirillum*. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v. 28, n. 9, p. 871-879, 2001.
- DOUGLAS, S. K.; JUVIK, J. A.; SPLITTSTOESSER, W. E. Sweet corn seedling emergence and variation in kernel carbohydrate reserves. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 21, n. 3, p. 433-445, 1993.
- DUARTE, A. P. et al. Acúmulo de matéria seca e nutrientes em cultivares de milho originárias de clima tropical e introduzidas de clima temperado. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 2, n. 3, p. 1-20, 2003.
- DUETE, R. R. C. et al. Manejo da adubação nitrogenada e utilização do nitrogênio (¹⁵N) pelo milho em Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 32, n. 1, p. 161-171, 2008.
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006. 306 p.
- EVANS, L. T.; FISCHER, R. A. Yield potential: its definition, measurement, and significance. **Crop Science**, Madison, v. 39, n. 6, p. 1544-1551, 1999.

FAO. **FAOSTAT**. Disponível em:
<<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>>.
Acesso em: 20 set. 2011.

FERNANDES, F. C. S. et al. 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, 2005.

FERREIRA, D. F. **Manual do sistema Sisvar para análises estatísticas**. Lavras: UFLA, 2000. 63 p.

FERREIRA, D. F. **Estatística básica**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2009. 664 p.

FERREIRA, M. E. Seleção de extratos químicos para a avaliação da disponibilidade de zinco em solos do estado de São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 23, n. 2, p. 293-304, 1993.

FERREIRA, A. C. B. et al. Características agronômicas e nutricionais do milho adubado com nitrogênio, molibdênio e zinco. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 58, n. 1, p. 131-138, 2001.

FIGUEREDO JR., L. G. M. **Modelo para estimação da produtividade de grãos de milho no Estado de São Paulo**. 2004. 85 f. Tese (Doutorado em Agronomia)- Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2004.

FONTOURA, S. M. V.; BAYER, C. Adubação nitrogenada para alto rendimento de milho em plantio direto na região centro-sul do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 6, p. 1721-1732, 2009.

FORNASIERI FILHO, D.; CASTELLANE, P. D.; DECARO, S. Competição de cultivares de milho doce. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 6, n. 1, p. 20-22, 1988.

FRANCIS, C. A.; RUTGER, J. N.; PALMER, A. F. E. A rapid method for plant leaf area estimation in maize (*Zea mays* L.). **Crop Science**, Madison, v. 9, n. 5, p. 537- 539, 1969.

FRANCO, C. M. L. et al. **Propriedades gerais do amido**. São Paulo: Fundação Cargill, 2001. 224 p. (Série Cultura de tuberosas amiláceas latino americanas, v. 1).

FRITSCHÉ-NETO, R. et al. Updating the ranking of the coefficients of variation from maize experiments. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 34, n. 1, p. 99-101, 2012.

FULCHIERI, M.; FRIONI, L. Azospirillum inoculation on maize (*Zea mays*): effect on yield in a field experiment in central Argentina. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 26, n. 7, p. 921-923, 1994.

FURLANI, P. R. et al. Acúmulo de macronutrientes, de silício e de matéria seca por dois híbridos simples de milho. **Bragantia**, Campinas, v. 36, n. 22, p. 223-229, 1977.

GADIOLI, J. L. et al. Temperatura do ar, rendimento de grãos de milho e caracterização fenológica associada à soma calórica. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 3, p. 377-383, 2000.

GAMA, E. E. G. et al. **Melhoramento do milho**. Brasília, DF: Embrater, 1983.

GAMA, E. E. G.; PARENTONI, S. N.; LEMOS, M. A. Tipos especiais de milho. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGARROPECUÁRIA. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE MILHO E SORGO. **Relatório técnico anual**. Sete Lagoas, 1992. p.164-165.

GARWOOD, D. L. et al. Postharvest carbohydrate transformations and processed quality for high sugar maize genotypes. **Journal of American Society Horticultural Science**, Alexandria, v. 101, n. 4, p. 400-404, 1976.

GLASS, A. D. M.; SHAFF, J. E.; KOCHIAN, L. V. Studies of nitrate uptake in barley. IV Electrophysiology. **Plant Physiology**, Minneapolis, v. 99, n. 2, p. 456-463, 1992.

GODINHO, C. H. W. **Valor bruto da produção agropecuária paranaense – 2007**. Curitiba: SEAB, 2008. 46 p.

GODOY, H.; CORREA, A. R.; SANTOS, D. Clima do Paraná. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Manual agropecuário para o Paraná**. Londrina, 1976. p. 17-36.

GOLDMAN, I. L.; TRACY, W. F. Kernel protein concentration in sugary-1 and shrunken-2 sweet corn. **HortScience**, Alexandria, v. 29, p. 209-210, 1994.

GOMES, J. A. et al. Adubações orgânica e mineral, produtividade do milho e características físicas e químicas de um Argissolo Vermelho-Amarelo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 3, p. 521-529, 2005.

GOMES, R. F. et al. Efeito de doses e da época de aplicação de nitrogênio nos caracteres agronômicos da cultura do milho sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 931-938, 2007.

GOMES JR., F. G. et al. Incidência de patógenos e vigor de sementes de milho doce submetidas a danos mecânicos. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 35, n. 3, p. 179-183, 2009.

GROVE, L. T.; RICHEL, K. D.; MADERMAN, G. C. Nitrogen fertilization of maize on oxisol of the cerrado of Brazil. **Agronomy Journal**, Madison, v. 27, n. 2, p. 261-265, 1980.

HAAG, H. P.; DECHEN, A. R.; CARMELLO, Q. A. C. Nutrição mineral de hortaliças. XC. Deficiências de macronutrientes, boro e zinco em milho doce. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, Piracicaba, v. 47, n. 2, p. 507-517, 1990.

HANWAY, J. J. Corn growth and composition in relation to soil fertility: I. Growth of different plant parts and relation between leaf weight and grain yield. **Agronomy Journal**, Madison, v. 54, n. 2, p. 145-148, 1962.

HARPER, L. H.; SHARPE, R. R. Nitrogen dynamics in irrigated corn: soil-plant nitrogen and atmosphere ammonia transport. **Agronomy Journal**, Madison, v. 87, n. 4, p. 669-675, 1995.

HELM, J. L.; ZUBER, M. S. Pericarp thickness of dent corn inbred lines. **Crop Science**, Madison, v. 9, n. 6, p. 803-804, 1969.

HEREDIA ZÁRATE, N. A.; VIEIRA, M. C. Produção do milho doce cv. Superdoce em sucessão ao plantio de diferentes cultivares de inhame e adição de cama de frango. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 21, n. 1, p. 05-09, 2003.

HILTON, B. R.; FIXEN, P. E.; WOODWARD, H. J. Effects of tillage, nitrogen placement, and wheel compactation on denitrification rates in the corn cycle of a corn-oats rotation. **Journal of Plant Nutrition**, Madison, v. 17, n. 8, p. 1341-1357, 1994.

HIREL, B. et al. Towards a better understanding of the genetic and physiological basis for nitrogen use efficiency in maize. **Plant Physiology**, Minneapolis, v. 125, n. 3, p. 1258-1270, 2001.

HIROCE, R.; FURLANI, A. M. C.; LIMA, M. **Extração de nutrientes na colheita por populações e híbridos de milho**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1989. 24 p. (Boletim científico, 17).

HOLDER, D. G.; GLOVER, D. V.; SHANNON, J. C. Interaction of shrunken-2 with five other carbohydrate genes in (*Zea mays* L.) **Crop Science**, Madison, v. 14, n. 5, p. 643-646, 1974.

HUNG, P. E., FRITZ, V. A., WATERS JR., L. Infusion of shrunken-2 sweet corn seed with organic solvents: effects on germination and vigor. **HortScience**, Alexandria, v. 27, n. 1, p. 467-70, 1992.

HUPPE, H. C.; TURPIN, D. H. Integration of carbon and nitrogen metabolism in plant and algal cells. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 45, p. 577-607, 1994.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo agropecuário 2006**. 2006. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/brasil_2006/Brasil_censoagro2006.pdf>. Acesso em: 24 mar. 2011.

- JAKELAITIS, A.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R. Efeitos do nitrogênio sobre o milho cultivado em consórcio com *Brachiaria brizantha*. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 1, p. 39-46, 2005.
- JENKINSON, D. S.; FOX, R. H.; RAINER, J. H. Interactions between fertilizer nitrogen and soil nitrogen – the so-called “priming” effect. **Journal of Soil Science**, Oxford, v. 36, n. 3, p. 425-444, 1985.
- KARLEN, D. L.; FLANNERY, R. L.; SADLER, E. J. Aerial accumulation and partitioning of nutrients by corn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 80, n. 2, p. 232-242, 1988.
- KAUKIS, K.; DAVIS, D. W. Sweet corn breeding. In: BASSET, M. J. **Breeding vegetable crops**. Gainesville: Avi, 1986. cap. 13, p. 475-519.
- KHAN, S. A. et al. The myth of nitrogen fertilization for soil carbon sequestration. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 36, n. 5, p. 1821-1832, 2007.
- KINIRY, J. R.; BONHOMME, R. Predicting maize phenology. In: HODGES, C. (Ed.). **Predicting crop phenology**. Boca Raton: CRC Press, 1991. p. 115-131.
- KITUR, B. K. et al. Fate of 15N depleted ammonium nitrate applied to no-tillage and conventional tillage corn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 76, n. 2, p. 240-242, 1984.
- KWIATKOWSKI, A.; CLEMENTE, E. Características do milho doce (*Zea mays* L.) para industrialização. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, Ponta Grossa, v. 1, n. 2, p. 93-103, 2007.
- KWIATKOWSKI, A.; CLEMENTE, E.; SCAPIM, C. A. Agronomic traits and chemical composition of single hybrids of sweet corn. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 29, n. 4, p. 531-536, 2011.
- LANA, M. C. et al. Arranjo espacial e adubação nitrogenada em cobertura na cultura do milho. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 3, p. 433-438, 2009.
- LANGE, A. et al. Doses de nitrogênio e de palha em sistema plantio direto de milho no cerrado. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 53, n. 306, p. 171-178, 2006.
- LARA CABEZAS, W. A. R.; KORNDORFER, G. H.; MOTTA, S. A. Volatilização de N-NH₃ na cultura de milho: I. Efeito da irrigação e substituição parcial da uréia por sulfato de amônio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, n. 3, p. 481-487, 1997a.
- LARA CABEZAS, W. A. R.; KORNDORFER, G. H.; MOTTA, S. A. Volatilização de N-NH₃ na cultura de milho: II. Avaliação de fontes sólidas e fluídas em sistema de plantio direto e convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, n. 3, p. 489-496, 1997b.

- LARA CABEZAS, W. A. R. et al. Balanço da adubação nitrogenada sólida e fluida de cobertura na cultura de milho, em sistema plantio direto no triângulo mineiro (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 363-376, 2000.
- LARSSON, C. M.; INGEMARSSON, B. Molecular aspects of nitrate uptake in higher plants. In: WRAY, J. L.; KINGHORN, J. R. **Molecular and genetics aspects of nitrate assimilation**. Oxford: Oxford Science, 1989. chap. 1, p. 3-14.
- LAUGHNAN, J. R. The effect of the *sh2* factor on carbohydrate reserves in the mature endosperm of maize. **Genetics**, Austin, v. 38, n. 5, p. 485-489, 1953.
- LAUNDRY, J.; MOUREAUX, T. Heterogeneity of the grain corn: selective extraction and composition in amino acids of the three isolate fractions. **Bulletin Society Chemical Biology**, Washington, D.C., v. 52, p. 1021-1037, 1970.
- LEA, P. J. Nitrogen metabolism. In: LEA, P. J.; LEEGOOD, R. C. **Plant biochemistry and molecular biology**. Chichester: John Wiley and Sons, 1993. chap. 7, p. 155-180.
- LEA, P. J.; AZEVEDO, R. A. Nitrogen use efficiency. 1. Uptake of nitrogen from the soil. **Annals of Applied Biology**, Warwick, v. 149, n. 2, p. 243-247, 2006.
- LEITE, L. F. C. et al. Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em Argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 821-832, 2003.
- LEITE, L. F. C. et al. Estoque de C e de N e produtividade do milho sob sistemas de preparo e adubação nitrogenada em um Latossolo Vermelho-Amarelo do cerrado piauiense. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 9, p. 2460-2466, 2009.
- LEMAIRE, G.; GASTAL, F. N. N uptake and distribution in plant canopies. In: LEMAIRE, G. (Ed.). **Diagnosis of the nitrogen status in crops**. Berlin: Springer, 1997. p. 3-43.
- LEMOS, M. A. et al. Capacidade geral e específica de combinação em híbridos simples de milho doce. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, n. 1, p. 48-56, 1999.
- LEMOS, M. A. et al. Emergência em campo de híbridos simples de milho superdoce de um cruzamento dialélico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 20, n. 2, p. 158-162, 2002a.
- LEMOS, M. A. et al. Avaliação de dez linhagens e seus híbridos de milho superdoce em um dialelo completo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 20, n. 2, p. 167-170, 2002b.

- LENCOFF, J. H.; LOOMIS, R. S. Nitrogen and density influences on silk emergence, endosperm development, and grain yield in maize (*Zea mays* L.). **Field Crop Research**, Amsterdam, v. 38, n. 1, p. 63-72, 1994.
- LIMA, C. L. R. et al. Estabilidade de agregados de um Planossolo sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 199-205, 2003.
- LITWACK, G. **Experimental biochemistry**: a laboratory manual. 3. ed. New York: John Wiley & Sons, 1964. 313 p.
- MACHADO, C. T. T.; PATERNIANI, M. L. S. Origem, domesticação e difusão do milho. In: SOARES, A. C. et al. **Milho crioulo**: conservação e uso da biodiversidade. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1998.
- MACHADO, E. C. et al. Análise quantitativa de crescimento de quatro variedades de milho em três densidades. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 17, n. 6, p. 825-833, 1982.
- MACHADO, J. A. **Melhoramento genético do milho doce (*Zea mays* L.)**. 1980. 78 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1980.
- MACHADO, M. C. M. S. T.; REYES, F. G. R.; SILVA, W. J. Acúmulo de matéria seca e composição dos carboidratos de uma nova cultivar de milho, com endosperma triplo mutante "sugary-opaque-2-waxy". **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 25, p. 1789-1796, 1990.
- MACKAY, D. C.; LEEFE, J. S. Optimum leaf levels of nitrogen, phosphorus and potassium in sweet corn and snap beans. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 42, p. 238-246, 1962.
- MADDONI, G. A.; OTEGUI, M. E. Leaf area, light interception, and crop development in maize. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 48, n. 1, p. 81-87, 1996.
- MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; PAIVA, E. **Fisiologia da planta de milho**. Sete Lagoas: Embrapa/CNPMS, 1995. 27 p. (Circular técnica, 20).
- MAGALHÃES, P. C. et al. **Fisiologia do milho**. Sete Lagoas: Embrapa/CNPMS, 2002. 23 p. (Circular técnica, 22).
- MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. **Fisiologia da produção de milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 10 p. (Circular técnica, 76).
- MAGGIO, M. A. **Acúmulo de massa seca e extração de nutrientes por plantas de milho doce híbrido "Tropical"**. 2006. 55 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical)-Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, 2006.

- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. 2. ed. São Paulo: Potafós, 1997. 319 p.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Piracicaba: Ceres, 2006. 631 p.
- MALHI, S. S. et al. Nitrogen fertilization management for no-till cereal production in the Canadian Great Plains: a review. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 60, n. 3-4, p. 101-122, 2001.
- MAR, G. D. et al. Produção do milho safrinha em função de doses e épocas de aplicação de nitrogênio. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 2, p. 267-274, 2003.
- MARCOS, S. K. et al. Influência do resfriamento do ambiente de armazenamento e da embalagem sobre o comportamento pós-colheita do milho verde. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 3, n. 1, p. 41-44, 1999.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995. 889 p.
- MAÇÃS, J. E. S. **Nitrogênio nítrico e amoniacal no desenvolvimento da parte aérea de milho cultivado em Argissolo**. 2008. 59 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.
- McDONALD, M. B.; SULLIVAN, J.; LAWER, M. J. The pathway of water uptake in maize seeds. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 22, n. 1, p. 79-90, 1994.
- MEIRA, F. A. **Fontes e modos de aplicação do nitrogênio na cultura do milho**. 2006. 46 f. Tese (Doutorado em Agronomia)-Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2006.
- MEIRA, F. A. et al. Fontes e épocas de aplicação do nitrogênio na cultura do milho irrigado. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 2, p. 275-284, 2009.
- MICHAEL, T. E.; ANDREW, R. H. Sugar accumulation in shrunken-2 sweet corn kernels. **Crop Science**, Madison, v. 26, n. 1, p. 104-107, 1986.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2006. 729 p.
- MORO, G. L. et al. Characterization of variability in lysine content for normal and opaque 2 maize endosperm. **Crop Science**, Madison, v. 36, n. 6, p. 1651-1659, 1996.

MORRETTI, C. L.; HENZ, G. P. Manuseio pós-colheita de milho-doce. In: PEREIRA FILHO, I. A. (Ed.). **O cultivo do milho-verde**. Brasília, DF: Embrapa, 2003.

MULLINS, C. A. et al. Response of selected sweet corn cultivars to nitrogen fertilization. **HortTechnology**, Alexandria, v. 9, n. 1, p. 32-35, 1999.

MUZILLI, O.; OLIVEIRA, E. L. Nutrição e adubação. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **A cultura do milho no Paraná**. Londrina, 1982. p. 83-104.

MUZILLI, O.; OLIVEIRA, E. L.; CALEGARI, A. **Adubação do milho**. Campinas: Fundação Cargill, 1989. 29 p.

NELSON, O. E. Genetic control of polysaccharide and storage protein synthesis in the endosperm of barley, maize, and sorghum. **Advances in Cereal Science and Technology**, Saint Paul, v. 3, p. 41-71, 1980.

NUNES, F. C. F. de P. **Relações entre irregularidades pluviométricas, desenvolvimento fenológico e produtividade de milho (*Zea mays* L.) e probabilidade de frustação de safra**. 1993. 147 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade do Ceará, Fortaleza, 1993.

OAKS, A.; HIREL, B. Nitrogen metabolism in roots. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 36, p. 345-365, 1985.

OAKS, A. Efficiency of nitrogen utilization in C₃ and C₄ cereals. **Plant Physiology**, Minneapolis, v. 106, n. 2, p. 407-414, 1994.

OKTEM, A. Response of sweet corn (*Zea mays saccharata* Sturt) to nitrogen and intra row spaces in semi-arid region. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, Pakistan, v. 8, n. 1, p. 160-163, 2005.

OKUMURA, R. S.; MARIANO, D. C.; ZACCHEO, P. V. C. Uso de fertilizante nitrogenado na cultura do milho: uma revisão. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Guarapuava, v. 4, n. 2, p. 226-244, 2011.

OKUMURA, R. S. et al. Influence of diferente nitrogen levels on growth and production parameters in maize plants. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, Helsinki, v. 9, n. 3-4, p. 510-514, 2011.

OLIVEIRA, J. M. S.; CAIRES, E. F. Adubação nitrogenada em cobertura para o milho cultivado após aveia preta no sistema plantio direto. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 25, n. 2, p. 351-357, 2003.

OLIVEIRA JR., L. F. G.; PEREIRA, M. G.; BRESSAN-SMITH, R. Caracterização e avaliação agronômica de híbridos e linhagens de milho doce (*su1*). **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 24, n. 3, p. 283-288, 2006.

- OLIVEIRA JR., L. F. G. et al. Diferenças fisiológicas entre genótipos de milho doce (*su1*) e milho comum durante o desenvolvimento. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 8, n. 4, p. 351-356, 2007.
- PAES, M. C. D. **Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 6 p. (Circular técnica, 15).
- PAIVA, E. et al. Seleção de progênies de milho doce de alto valor nutritivo com auxílio de técnicas eletroforéticas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 27, n. 8, p. 1213-1218, 1992.
- PAIVA JR., M. C. **Desempenho de cultivares para produção de milho verde em diferentes épocas e densidades de semeadura**. 1990. 66 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.
- PARENTONI, S. N. et al. Milho doce. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 14, n. 165, p. 17- 22, 1990.
- PARENTONI, S. N. et al. Avaliação da capacidade combinatória de dez linhagens de milho doce. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 9, n. 1, p. 71-73, 1991.
- PEAT, S.; WHELAN, W. J.; TURVEY, J. R. The soluble polyglucose of sweet corn (*Zea mays L.*). **Journal Chemical Society**, London, p. 2317-2322, 1956.
- PERECIN, D.; CARGNELUTTI FILHO, A. Efeitos por comparações e por experimento em interações de experimentos fatoriais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 1, p. 68-72, 2008.
- PERECIN, D.; MALHEIROS, E. B. **Procedimentos para comparações múltiplas**. Lavras: UFLA, 1989. 67 p.
- PEREIRA, A. S. Composição, avaliação organoléptica e padrão de qualidade de cultivares de milho doce. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 5, n. 2, p. 22-24, 1987.
- PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, J. C. **Cultivares de milho para o consumo verde**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2002. 7 p. (Circular técnica, 15).
- PEREIRA FILHO, I. A. **O cultivo do milho-verde**. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2003. 204 p.
- PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, J. C.; GAMA, E. E. G. Cultivares para o consumo verde. In: PEREIRA FILHO, I. A. (Ed.). **O cultivo do milho verde**. Brasília, DF: Embrapa, 2003. cap. 1, p. 17-30.
- PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 13. ed. Piracicaba: Nobel, 1990. 401 p.

- POLLMER, W. G. et al. Genetic control of nitrogen uptake and translocation in maize. **Crop Science**, Madison, v. 19, n. 1, p. 82-86, 1979.
- PURCINO, A. A. C. et al. Influence of Azospirillum inoculation and nitrogen supply on grain yield, and carbon and nitrogen-assimilating enzymes in maize. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 19, n. 7, p. 1045-1060, 1996.
- QUEIROZ, A. M. et al. Avaliação de diferentes fontes e doses de nitrogênio na adubação da cultura do milho (*Zea mays* L.). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Três Lagoas, v. 10, n. 3, p. 257-266, 2011.
- RAIJ, B. van; FEITOSA, C. T.; CANTARELLA, H. A análise de solo para discriminar respostas à adubação para a cultura do milho. **Bragantia**, Campinas, v. 40, n. 6, p. 57-75, 1981.
- RAIJ, B. van et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1996. 285 p. (Boletim, 100).
- RAMBO, L.; SILVA, P. R. F.; BAYER, C. Testes de nitrato no solo como indicadores complementares no manejo da adubação nitrogenada em milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 4, p. 1279-1287, 2004.
- RAMOS, N. P.; MARCOS FILHO, F.; GALLI, J. A. Tratamento fungicida em semente de milho super-doce. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 30, n. 1, p. 24-31, 2008.
- RAO, A. C. S. et al. Considerations in estimating nitrogen recovery efficiency by the difference and isotopic dilution methods. **Fertilizer Research**, The Hague, v. 33, n. 3, p. 209-217, 1992.
- REIFSCHNEIDER, F. J. B. et al. **Milho doce – novos híbridos**: doce mel (BR 420) e lili (BR 421). Brasília, DF: Embrapa-CNHPH, 1988.
- RESENDE, M.; OLIVEIRA, A. C. Comparação de diferentes estratégias de programação de irrigação suplementar em milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 4, n. 2, p. 205-214, 2005.
- RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. **How a corn plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology. Cooperative Extension Service, 1993. 26 p. (Special report, 48).
- ROONEY, L. W.; PFLUGFELDER, R. L. R. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 63, n. 5, p. 1607-1623, 1986.
- 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, DF, v. 29, n. 1, p. 13-24, 1994.

- SANGOI, L. et al. Incidência e severidade de doenças de quatro híbridos de milho cultivados com diferentes densidades de plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 1, p. 17-21, 2000.
- SANGOI, L. et al. Rendimento de grãos, produção e distribuição de massa seca de híbridos de milho em função do aumento da densidade de plantas. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 11, n. 1, p. 25-31, 2005.
- SANGOI, L. et al. Rendimento de grãos e margem bruta de cultivares de milho com variabilidade genética contrastante em diferentes sistemas de manejo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 3, p. 747-755, 2006.
- SANGOI, L.; SCHMIT, A.; ZANIN, C. G. Área foliar e rendimento de grãos de híbridos de milho em diferentes populações de plantas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 6, n. 3, p. 263-271, 2007.
- SAS INSTITUTE. **The SAS-system for windows**: release 6.11 (software). Cary: Statistical Analysis System Institute, 1996.
- SAWAZAKI, E. et al. Milho verde: avaliação da resistência à lagarta da espiga, da espessura do pericarpo e outras características agronômicas. **Bragantia**, Campinas, v. 49, n. 2, p. 241-251, 1990.
- SCAPIM, C. A.; CARVALHO, C. G. P.; CRUZ, C. D. Uma proposta de classificação dos coeficientes de variação para a cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 30, n. 5, p. 683-686, 1995.
- SCAPIM, C. A.; CRUZ, C. D.; ARAÚJO, J. M. Cruzamentos dialélicos entre sete cultivares de milho doce. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 13, n. 1, p. 19-21, 1995.
- SCHMIDT, D. H.; TRACY, W. F. Effects of starchy sugary-2 and sugary sugary-2 endosperm type on pericarp thickness in sweet corn. **HortScience**, Alexandria, v. 23, n. 5, p. 885-886, 1988.
- SCHREIBER, H. A.; STANBERRY, C. O.; TUCKER, H. Irrigation and nitrogen effects on sweet corn row numbers at various growth stages. **Science**, Washington, D.C., v. 135, n. 1, p. 135-136, 1988.
- SCHRÖDER, J. J. et al. Effects of N application on agronomic and environmental parameters in silage maize production on sandy soils. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 58, n. 1, p. 55-67, 1998.
- SCHRÖDER, J. J. et al. Does the crop or the soil indicate how to save nitrogen in maize production: reviewing the state of art. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 66, n. 1, p. 151-164, 2000.
- SCHULTEN, H. R.; SCHNITZER, M. The chemistry of soil organic nitrogen: a review. **Biologic and Fertility of Soils**, Berlin, v. 26, n. 1, p. 1-15, 1998.

- SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, London, v. 52, n. 3-4, p. 591-611, 1965.
- SIDDIQI, M. Y. et al. Studies of the uptake of nitrate in barley. I. Kinetics of $^{13}\text{NO}_3^-$ influx. **Plant Physiology**, Minneapolis, v. 93, n. 4, p. 1426-1432, 1990.
- SILVA, D. J. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa: UFV, 1990. 166 p.
- SILVA, D. R. G. et al. Productivity and efficiency of nitrogen fertilization in maize under different levels of urea and NBPT-treated urea. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 3, p. 516-523, 2011.
- SILVA, E. C. **Manejo da adubação nitrogenada e utilização do nitrogênio (15N) da uréia, do milho e da crotalária pelo milho sob semeadura direta em solo de Cerrado**. 2005. 111 f. Tese (Doutorado em Energia Nuclear na agricultura)-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2005.
- SILVA, E. C. et al. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em plantio direto sobre Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 353-362, 2005.
- SILVA, E. C. et al. Análise econômica da adubação nitrogenada no milho sob plantio direto em sucessão a plantas de cobertura em Latossolo Vermelho. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 4, p. 445-452, 2007.
- SILVA, F. L. I. M.; MAGALHÃES, J. R. Formas de nitrogênio e tipo de substrato nos parâmetros de absorção de fósforo pelo milho-doce. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 14, n. 2, p. 173-180, 1990.
- SILVA, J. B.; KARAN, D. Manejo integrado de plantas daninhas na cultura do milho. **O ruralista**, Belo Horizonte, v. 32, n. 414, p. 5-9, 1994.
- SILVA, P. S. L.; SILVA, P. I. B. Efeitos de épocas de aplicação de nitrogênio no rendimento de grãos do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 8, p. 1057-1064, 2002.
- SILVA, P. S. L.; OLIVEIRA, F. H. T.; SILVA, P. I. B. Efeitos da aplicação de doses de nitrogênio e densidades de plantio sobre os rendimentos de espigas verdes e de grãos de milho. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 21, n. 3, p. 452-455, 2003.
- SILVA, P. S. L.; SILVA, P. I. B. Parcelamento da adubação nitrogenada e rendimento de espigas verdes de milho. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 21, n. 2, p. 149-152, 2003.
- SILVA, S. D. A. et al. Capacidade combinatória de genótipos de milho para tolerância ao encharcamento do solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 2, p. 391-396, 2006.

SINCLAIR, T. R.; HORIE, T. Leaf nitrogen, photosynthesis and crop radiation use efficiency: a review. **Crop Science**, Madison, v. 29, n. 1, p. 90-98, 1989.

SOUZA, A. C. et al. Parcelamento e época de aplicação de nitrogênio e seus efeitos em características agronômicas do milho. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 2, p. 321-329, 2001.

SOUZA, E. F. C.; SORATTO, R. P. Efeito de fontes e doses de nitrogênio em cobertura, no milho safrinha, em plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, n. 3, p. 395-405, 2006.

SOUZA, R. S. **População de plantas e componentes de produção de milho doce**. 2011. 144 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2011.

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

SOUZA, W. J. O.; MELO, W. J. Teores de nitrogênio no solo e nas frações da matéria orgânica sob diferentes sistemas de produção do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 885-896, 2000.

SPAGNOLLO, E. et al. Análise econômica do uso de leguminosas estivais intercalares à cultura do milho, na ausência e na presença de adubação nitrogenada, no Oeste de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 709-715, 2001.

STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H. **Principles and procedures of statistics**. New York : McGraw-Hill, 1960. 481 p.

STIPP, S. R.; PROCHNOW, L. I. **Maximização da eficiência e minimização dos impactos ambientais da adubação nitrogenada**. Piracicaba: Potafós, 2008. (Informações agronômicas, 124).

STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A. Resposta do feijoeiro ao nitrogênio em cobertura, sob diferentes lâminas de irrigação e preparos do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 3, p. 473-481, 2001.

STORCK, L.; LOVATO, C.; COMASSETTO, V. Avaliação do rendimento e outras características agronômicas de cultivares de milho doce. **Revista do Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, v. 14, n. 3-4, p. 153-160, 1984.

STORCK, L.; LOVATO, C. Milho doce. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 21, n. 2, p. 283-292, 1991.

STUDENT. The probable error of a mean. **Biometrika**, London, v. 6, n. 1, p. 1-25, 1908.

SUNDERMAN, H. D.; PONTUS, J. S.; LAWLESS, J. R. Variability in leaf chlorophyll concentration among full-fertilized corn hybrids. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 28, n. 19, p. 1793-1803, 1997.

SYNGENTA SEEDS LTDA. **Milho doce**. Disponível em: <<http://www.syntinela.com.br/website/produtos-e-marcas/sementes/rogers/milho-doce/>>. Acesso em: 21 ago. 2010.

TA, C. T.; WEILAND, R. T. Nitrogen partitioning in maize during ear development. **Crop Science**, Madison, v. 32, n. 2, p. 443-451, 1992.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819 p.

TEIXEIRA, F. F. et al. Avaliação da capacidade de combinação entre linhagens de milho doce. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 3, p. 483-488, 2001.

TEIXEIRA, F. F. et al. **Aspectos agronômicos e de qualidade de espiga em famílias endogâmicas de milho doce**. Sete Lagoas: Embrapa/CNPMS, 2009. 6 p. (Circular técnica, 121).

TETIO-KAGHO, F.; GARDNER, F. P. Responses of maize to plant population density. II. Reproductive development, yield and yield adjustments. **Agronomy Journal**, Madison, v. 80, n. 5, p. 935-940, 1988.

TOSELLO, G. A. Milhos especiais e seu valor nutritivo. In: PATERNIANI, E. **Melhoramento e produção do milho no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, 1978. cap. 8, p. 326-329.

TRACY, W. F. Sweet corn. In: HALLAUER, A. R. **Specialty corn**. Boca Raton: Editora, 2001. p. 155-198.

TSAI, C. Y.; SALAMINI, F.; NELSON, O. E. Enzymes of carbohydrate metabolism in developing endosperm of maize. **Plant Physiology**, Minneapolis, v. 46, n. 2, p. 299-336, 1970.

TURPIN, D. H. et al. The inorganic carbon requirements for nitrogen assimilation. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 69, p. 1139-1145, 1991.

UHART, S. A.; ANDRADE, F. H. Nitrogen deficiency in maize. II. Carbon-nitrogen interaction effects on kernel number and grain yield. **Crop Science**, Madison, v. 35, n. 5, p. 1384-1389, 1995.

ULLRICH, C. I.; NOVACKY, A. J. Extra and intracellular pH and membrane potential changes induced by K^+ , Cl^- , $H_2PO_4^-$, NO_3^- uptake and fusicoccin in root hairs of *Limnobium stoloniferum*. **Plant Physiology**, Minneapolis, v. 94, n. 4, p. 1561-1567, 1990.

- URQUIAGA, S. et al. Perdas por volatilização de ^{15}N -Uréia e ^{15}N -Sulfato de amônio num solo calcário da parte central da região costeira do Peru. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 24, p. 607-613, 1989.
- VARGAS, L. K.; SELBACH, P. A.; SÁ, E. L. S. Imobilização de nitrogênio em solo cultivado com milho em sucessão à aveia preta nos sistemas plantio direto e convencional. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 1, p. 76-83, 2005.
- VARVEL, G. E.; SCHEPERS, J. S.; FRANCIS, D. D. Ability for in-season correction of nitrogen deficiency in corn using chlorophyll meters. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 61, n. 4, p. 1233-1239, 1997.
- VASCONCELLOS, C. A. et al. Acumulação de massa seca e de nutrientes por dois híbridos de milho com e sem irrigação suplementar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 18, n. 8, p. 887-901, 1983.
- VASCONCELLOS, C. A.; VIANA, M. C. M.; FERREIRA, J. J. Acúmulo de matéria seca e de nutrientes em milho cultivado no período inverno-primavera. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 33, n. 11, p. 1835-1945, 1998.
- VELOSO, M. E. C. et al. Teor de nitrogênio, índices de área foliar e de colheita, no milho, em função da adubação nitrogenada, em solo de várzea. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 8, n. 1, p. 13-25, 2009.
- VIDIGAL FILHO, P. S. **Imagem de arquivo pessoal**. 2011.
- VIEIRA, M. A. **Cultivares e população de plantas na produção de milho verde**. 2007. 78 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.
- VIEIRA, M. A. et al. Cultivares de milho e população de plantas que afetam a produtividade de espigas verdes. **Acta Scientiarum.Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 1, p. 81-86, 2010.
- VILLEGAS, E.; ORTEGA, E.; BAUER, R. **Métodos químicos usados en el CIMMYT para determinar la calidad de proteína de los cereales**. Cidade do México, DF: Centro Internacional de Mejoramiento de Mayz y Trigo, 1985. 34 p.
- VON PINHO, R. G. et al. Marcha de absorção de macronutrientes e acúmulo de matéria seca em milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 8, n. 2, p. 157-173, 2009.
- VON WIRÉN, N.; GAZZARRINI, S.; FROMMER, W. B. Regulation of mineral nitrogen uptake in plants. **Plant and Soil**, Hague, v. 196, n. 2, p. 191-199, 1997.
- WALLACE, H. A.; BRESSMAN, E. N. Classification of corn. In: WALLACE, H. A.; BRESSMAN, E. N. (Ed.). **Corn and corn growing**. New York: John Wiley & Sons Inc., 1949. p. 52-60.

WANN, E. V.; BROWN, G. B.; HILLS, W. A. Genetic modifications of sweet corn quality. **Journal of American Society Horticulture Science**, Alexandria, v. 96, p. 441-444, 1971.

WATERS JR., L.; BLANCHETTE, B. Prediction of sweet corn field emergence by conductivity and cold tests. **Journal of American Society Horticulture Science**, Alexandria, v. 108, n. 5, p. 78-781, 1983.

WASKOM, R. M. et al. Monitoring nitrogen status of corn with a portable chlorophyll meter. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 27, n. 3, p. 545-560, 1996.

WEBER, M. A.; MIELNICZUK, J. Estoque e disponibilidade de nitrogênio no solo em experimento de longa duração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 2, p. 429-437, 2009.

WEGER, H. G.; TURPIN, D. H. Mitochondrial respiration can support NO_3^- and NO_2^- reduction during photosynthesis. **Plant Physiology**, Minneapolis, v. 89, n. 2, p. 409-415, 1989.

WISLIE, C. P. **Crop adaptation and distribution**. São Francisco: W.H. Freeman and Company, 1962. 448 p.

WOLSCHICK, D. et al. Adubação nitrogenada na cultura do milho no sistema plantio direto em ano com precipitação pluvial normal e com "El Niño". **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 461-468, 2003.

APÊNDICE

Tabela 1A – Médias dos valores obtidos nos quatro blocos, nos experimentos conduzidos nos anos agrícolas de 2009, 2010 e 2011.

Doses (kg ha ⁻¹)	2009				2010				2011			
	Tropical Plus		RB-6324		Tropical Plus		RB-6324		Tropical Plus		RB-6324	
	V ₄	V ₈	V ₄	V ₈	V ₄	V ₈	V ₄	V ₈	V ₄	V ₈	V ₄	V ₈
	Altura de planta (m)											
0	1,68	1,53	1,67	1,54	1,99	2,01	2,12	2,13	1,68	1,55	1,69	1,59
45	1,71	1,60	1,68	1,65	2,17	2,06	2,13	2,23	1,90	1,85	1,85	1,94
90	1,72	1,71	1,68	1,65	2,33	2,08	2,33	2,26	2,03	1,87	2,01	1,98
135	1,72	1,73	1,71	1,61	2,21	2,06	2,14	2,15	1,98	1,98	1,99	1,96
180	1,71	1,58	1,53	1,58	2,20	2,01	2,16	2,12	2,08	1,97	1,94	1,92
	Índice de área foliar											
0	2,49	2,23	2,15	2,46	3,49	3,25	3,75	4,08	2,93	2,37	2,72	2,91
45	2,59	2,28	2,59	2,48	3,96	3,73	4,24	4,10	3,23	2,87	3,50	3,41
90	2,64	2,33	2,60	2,49	4,03	3,74	4,37	4,33	3,37	3,05	3,69	3,52
135	2,74	2,45	2,76	2,54	4,14	3,81	4,37	4,34	3,47	3,19	3,82	3,51
180	2,97	2,51	3,01	2,56	4,20	3,95	4,61	4,47	3,61	3,45	3,94	3,76
	Teor foliar de N-total (g kg ⁻¹)											
0	30,18	28,70	29,55	29,38	38,24	38,81	35,03	35,25	38,22	38,38	35,32	35,45
45	30,93	29,33	30,98	30,10	40,95	39,54	38,84	37,92	40,59	39,45	38,04	37,62
90	33,43	30,88	31,80	33,05	42,66	40,18	38,50	38,21	41,95	41,01	38,96	38,35
135	32,83	33,73	31,75	33,55	41,98	41,64	42,87	39,86	43,32	41,00	43,44	39,58
180	32,88	36,43	36,20	36,18	44,58	44,11	44,48	40,38	45,39	43,98	43,88	41,42
	Número de fileiras de grãos por espiga											
0	14,95	14,75	14,95	15,05	15,42	15,44	15,64	15,52	15,33	15,04	15,58	16,01
45	16,01	15,58	15,45	15,95	15,74	16,21	16,32	15,99	15,58	15,83	16,17	16,42
90	15,38	15,54	15,45	15,55	16,33	16,19	15,86	16,11	15,75	16,17	16,42	17,07
135	15,51	15,25	15,15	15,77	16,18	15,88	15,67	16,46	16,33	15,83	16,58	16,42
180	15,22	15,13	15,55	15,61	15,62	15,94	15,91	16,37	16,17	15,83	15,58	17,02
	Número de grãos por fileira											
0	35,93	36,53	36,28	35,73	39,52	39,99	38,45	39,81	39,96	39,58	39,01	38,67
45	36,75	37,33	37,92	36,82	41,05	40,35	39,05	40,33	41,08	41,17	40,08	40,54
90	37,58	37,58	38,93	36,77	41,33	41,25	39,11	41,06	42,33	41,46	41,56	39,83
135	38,55	37,73	36,98	36,53	41,65	41,92	41,16	40,44	42,03	42,17	41,21	39,71
180	36,93	36,95	36,81	36,71	39,61	40,94	38,95	39,91	41,42	40,25	39,63	39,46

Tabela 1A, Cont.

					Produtividade de espigas despalhadas (t ha ⁻¹)							
0	4,54	4,62	4,52	4,18	8,87	8,37	8,84	9,46	17,99	17,13	17,65	18,64
45	5,75	5,39	6,02	5,67	10,28	9,15	11,41	10,82	20,07	19,25	20,06	20,88
90	6,49	6,04	7,34	6,17	10,54	9,96	11,56	11,59	20,25	20,72	20,69	20,97
135	5,85	6,44	7,15	6,94	10,74	10,51	12,33	12,06	19,93	20,97	21,22	21,32
180	5,86	5,19	6,66	5,45	9,27	8,96	11,79	11,04	19,29	20,48	20,82	20,58
					Produtividade de espigas comerciais (t ha ⁻¹)							
0	3,25	3,02	3,02	3,17	6,71	6,24	7,71	7,46	13,09	13,79	13,08	14,37
45	4,98	3,99	5,44	5,62	7,79	6,85	9,36	8,64	15,41	14,42	15,69	16,56
90	5,34	4,76	6,25	5,68	8,34	7,35	10,31	9,62	16,15	16,16	16,81	16,64
135	5,05	5,13	5,86	5,72	7,58	7,92	9,77	9,21	16,29	16,47	16,86	16,97
180	4,83	3,95	4,32	5,42	7,06	6,76	8,56	8,66	14,87	15,81	16,26	16,36
					Conteúdo de açúcares totais nos grãos (%)							
0	29,48	28,66	30,97	30,93	34,67	29,88	35,59	34,24	32,16	28,35	34,44	33,63
45	30,58	31,76	31,59	33,38	39,47	41,15	37,34	39,19	33,79	32,04	32,49	32,62
90	32,07	37,39	31,61	35,48	40,19	44,66	37,43	44,31	32,51	39,44	28,63	36,71
135	37,22	35,05	33,87	34,94	39,13	32,28	36,53	41,09	36,49	34,03	35,03	32,05
180	37,63	34,25	37,28	31,74	44,16	33,48	42,32	39,27	39,06	31,03	32,45	32,73
					Conteúdo de proteínas nos grãos (%)							
0	8,34	8,92	9,09	8,83	10,32	10,52	10,89	10,71	9,31	11,21	10,25	10,43
45	9,33	9,26	9,43	9,59	12,51	12,96	11,77	13,35	11,17	11,38	10,52	11,27
90	9,54	10,56	9,76	10,25	12,63	13,29	12,24	13,51	11,54	11,99	12,01	11,83
135	9,72	11,22	9,86	10,41	13,59	13,87	15,66	15,19	11,64	12,24	12,55	12,74
180	11,01	11,61	11,48	11,79	13,67	15,12	15,65	15,09	11,86	12,46	12,88	13,63

Tabela 2A – Resumo da análise de variância, coeficiente de variação experimental e média geral envolvendo cinco doses de N, duas épocas de aplicação, dois híbridos de milho doce e três safras agrícolas para altura de planta (AP), índice de área foliar (IAF), N-total foliar (N-FOL), número de fileiras por espiga (NFE) e grãos por fileira (NGF), produtividade de espigas despalhadas (PRODsp) e comerciais (PRODec), teor de açúcares totais (AT) e proteína nos grãos (PROT)

FV	Quadrados médios									
	GL	AP	IAF	N-FOL	NFE	NGF	PRODsp	PRODec	AT	PROT
Doses (D)	4	0,291 *	3,12 *	283,82 *	3,58 *	23,83 *	47,64 *	44,56 *	175,84 *	70,48 *
Épocas (E)	1	0,221 *	2,23 *	59,72 *	0,94 n.s.	0,79 n.s.	1,55 n.s.	0,71 n.s.	7,22 n.s.	14,61 *
Híbridos (H)	1	0,005 n.s.	4,26 *	85,03 *	3,83 *	36,99 *	41,77 *	60,72 *	0,32 n.s.	6,69 n.s.
Anos (A)	2	4,932 *	45,26 *	1769,48 *	10,08 *	302,28 *	4157,59 *	2475,46 *	648,46 *	196,57 *
D * E	4	0,009 n.s.	0,10 n.s.	3,26 n.s.	0,21 n.s.	1,44 n.s.	0,64 n.s.	1,29 n.s.	200,03 *	0,07 n.s.
H * D	4	0,020 n.s.	0,01 n.s.	3,96 n.s.	0,07 n.s.	1,28 n.s.	1,61 n.s.	1,33 n.s.	36,99 n.s.	1,91 n.s.
D * A	8	0,089 *	0,19 n.s.	2,56 n.s.	0,29 n.s.	0,79 n.s.	0,97 n.s.	1,62 n.s.	38,49 n.s.	4,13 *
E * H	1	0,098 *	0,81 *	0,44 n.s.	2,28 n.s.	0,35 n.s.	0,01 n.s.	1,58 n.s.	106,31 n.s.	2,23 n.s.
E * A	2	0,001 n.s.	0,05 n.s.	19,07 n.s.	0,12 n.s.	7,65 n.s.	3,16 n.s.	2,89 n.s.	3,74 n.s.	0,02 n.s.
H * A	2	0,056 *	0,83 *	36,76 *	1,19 n.s.	4,73 n.s.	5,49 *	6,91 *	14,17 n.s.	1,09 n.s.
D * E * H	4	0,013 n.s.	0,17 n.s.	15,67 n.s.	0,28 n.s.	0,50 n.s.	1,67 n.s.	0,87 n.s.	11,19 n.s.	1,19 n.s.
D * E * A	8	0,016 n.s.	0,03 n.s.	8,03 n.s.	0,23 n.s.	0,96 n.s.	0,47 n.s.	0,19 n.s.	8,74 n.s.	1,08 n.s.
D * H * A	8	0,004 n.s.	0,03 n.s.	2,65 n.s.	0,19 n.s.	0,58 n.s.	0,45 n.s.	0,23 n.s.	14,64 n.s.	1,07 n.s.
E * H * A	2	0,014 n.s.	0,01 n.s.	3,05 n.s.	0,27 n.s.	3,51 n.s.	1,01 n.s.	0,50 n.s.	29,28 n.s.	0,04 n.s.
D * E * H * A	8	0,005 n.s.	0,01 n.s.	0,39 n.s.	0,48 n.s.	1,73 n.s.	0,52 n.s.	0,64 n.s.	12,26 n.s.	0,63 n.s.
Blocos / Anos	9	0,206 *	2,50 *	70,84 *	0,59 n.s.	15,62 *	3,58 *	1,51 n.s.	122,28 *	36,44 *
Resíduo	171	0,017	0,13	9,65	0,67	2,66	1,55	1,26	22,91	1,90
Média Geral		1,893	3,30	37,55	15,77	39,29	12,04	9,48	35,03	11,59
CV (%)		6,91	10,77	8,27	5,19	4,15	10,33	11,86	13,67	11,90

*Significativo ($p < 0,05$); n.s. – não-significativo ($p > 0,05$), pelo teste F.

Tabela 3A – Resumo das análises de regressão altura de planta (AP), índice de área foliar (IAF), N-total foliar (N-FOL), número de fileiras por espiga (NFE) e grãos por fileira (NGF), produtividade de espigas despalhadas (PRODsp) e comerciais (PRODec), teor de açúcares totais (AT) e proteína nos grãos (PROT)

FV	GL	Quadrados médios								
		AP	IAF	N-FOL	NFE	NGF	PRODsp	PRODec	AT	PROT
D * E	4	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	200,03 *	-----
D / V ₄	4								137,43 *	
Linear	1								472,41 *	
Quadrática	1								48,61 ^{n.s.}	
Cúbica	1								5,89 ^{n.s.}	
Desvio	1								22,79 ^{n.s.}	
D / V ₈	4								238,44 *	
Linear	1								73,25 ^{n.s.}	
Quadrática	1								677,24 *	
Cúbica	1								21,81 ^{n.s.}	
Desvio	1								51,47 ^{n.s.}	
D * A	8	0,089 *	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
D / 2009	4	0,032 *								16,56 *
Linear	1	0,001 ^{n.s.}								63,78 *
Quadrática	1	0,118 *								0,64 ^{n.s.}
Cúbica	1	0,007 ^{n.s.}								1,21 ^{n.s.}
Desvio	1	0,002 ^{n.s.}								0,60 ^{n.s.}
D / 2010	4	0,074 *								47,36 *
Linear	1	0,021 ^{n.s.}								176,26 *
Quadrática	1	0,191 *								4,97 ^{n.s.}
Cúbica	1	0,010 ^{n.s.}								0,28 ^{n.s.}
Desvio	1	0,022 ^{n.s.}								3,95 ^{n.s.}
D / 2011	4	0,363 *								14,81 *
Linear	1	0,999 *								57,84 *
Quadrática	1	0,411 *								1,33 ^{n.s.}
Cúbica	1	0,043 ^{n.s.}								0,01 ^{n.s.}
Desvio	1	0,001 ^{n.s.}								0,09 ^{n.s.}

Tabela 4A – Resumo da análise de variância, coeficiente de variação experimental e média geral envolvendo cinco doses de N, duas épocas de aplicação, dois híbridos de milho doce e três safras agrícolas para altura de planta (AP), índice de área foliar (IAF), N-total foliar (N-FOL), número de fileiras por espiga (NFE) e grãos por fileira (NGF), produtividade de espigas despalhadas (PRODsp) e comerciais (PRODec), teor de açúcares totais (AT) e proteína nos grãos (PROT)

FV	Quadrados médios									
	GL	AP	IAF	N-FOL	NFE	NGF	PRODsp	PRODec	AT	PROT
Doses (D)	4	0,291 *	3,12 *	283,82 *	3,58 *	23,83 *	47,64 *	44,56 *	175,84 *	70,48 *
Épocas (E)	1	0,221 *	2,23 *	59,72 *	0,94 n.s.	0,79 n.s.	1,55 n.s.	0,71 n.s.	7,22 n.s.	14,61 *
Híbridos (H)	1	0,005 n.s.	4,26 *	85,03 *	3,83 *	36,99 *	41,77 *	60,72 *	0,32 n.s.	6,69 n.s.
Anos (A)	2	4,932 *	45,26 *	1769,48 *	10,08 *	302,28 *	4157,59 *	2475,46 *	648,46 *	196,57 *
D * E	4	0,009 n.s.	0,10 n.s.	3,26 n.s.	0,21 n.s.	1,44 n.s.	0,64 n.s.	1,29 n.s.	200,03 *	0,07 n.s.
H * D	4	0,020 n.s.	0,01 n.s.	3,96 n.s.	0,07 n.s.	1,28 n.s.	1,61 n.s.	1,33 n.s.	36,99 n.s.	1,91 n.s.
D * A	8	0,089 *	0,19 n.s.	2,56 n.s.	0,29 n.s.	0,79 n.s.	0,97 n.s.	1,62 n.s.	38,49 n.s.	4,13 *
E * H	1	0,098 *	0,81 *	0,44 n.s.	2,28 n.s.	0,35 n.s.	0,01 n.s.	1,58 n.s.	106,31 n.s.	2,23 n.s.
E / TROP	1	0,307 *	2,86 *	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
E / RB	1	0,012 n.s.	0,18 n.s.	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
H / V ₄	1	0,029 n.s.	0,68 *	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
H / V ₈	1	0,074 *	4,39 *	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
E * A	2	0,001 n.s.	0,05 n.s.	19,07 n.s.	0,12 n.s.	7,65 n.s.	3,16 n.s.	2,89 n.s.	3,74 n.s.	0,02 n.s.
H * A	2	0,056 *	0,83 *	36,76 *	1,19 n.s.	4,73 n.s.	5,49 *	6,91 *	14,17 n.s.	1,09 n.s.
H / 2009	1	0,031 n.s.	0,03 n.s.	2,81 n.s.	-----	-----	3,16 n.s.	7,75 *	-----	-----
H / 2010	1	0,086 *	3,78 *	79,99 *	-----	-----	40,07 *	56,62 *	-----	-----
H / 2011	1	0,001 n.s.	2,11 *	74,37 *	-----	-----	9,52 *	10,17 *	-----	-----
A / TROP	2	1,972 *	17,09 *	1158,16 *	-----	-----	2069,31 *	1259,52 *	-----	-----
A / RB	2	3,016 *	28,99 *	648,08 *	-----	-----	2093,78 *	1222,84 *	-----	-----
D * E * H	4	0,013 n.s.	0,17 n.s.	15,67 n.s.	0,28 n.s.	0,50 n.s.	1,67 n.s.	0,87 n.s.	11,19 n.s.	1,19 n.s.
D * E * A	8	0,016 n.s.	0,03 n.s.	8,03 n.s.	0,23 n.s.	0,96 n.s.	0,47 n.s.	0,19 n.s.	8,74 n.s.	1,08 n.s.
D * H * A	8	0,004 n.s.	0,03 n.s.	2,65 n.s.	0,19 n.s.	0,58 n.s.	0,45 n.s.	0,23 n.s.	14,64 n.s.	1,07 n.s.
E * H * A	2	0,014 n.s.	0,01 n.s.	3,05 n.s.	0,27 n.s.	3,51 n.s.	1,01 n.s.	0,50 n.s.	29,28 n.s.	0,04 n.s.
D * E * H * A	8	0,005 n.s.	0,01 n.s.	0,39 n.s.	0,48 n.s.	1,73 n.s.	0,52 n.s.	0,64 n.s.	12,26 n.s.	0,63 n.s.
Bloco / Ano	9	0,206 *	2,50 *	70,84 *	0,59 n.s.	15,62 *	3,58 *	1,51 n.s.	122,28 *	36,44 *
Resíduo	171	0,017	0,13	9,65	0,67	2,66	1,55	1,26	22,91	1,90
Média Geral		1,893	3,30	37,55	15,77	39,29	12,04	9,48	35,03	11,59
CV (%)		6,910	10,77	8,27	5,19	4,15	10,33	11,86	13,67	11,90