

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

POPULAÇÃO DE PLANTAS E USO DE PIRACLOSTROBINA NA
CULTURA DO MILHO: ALTERAÇÕES AGRONÔMICAS E
FISIOLÓGICAS

ELIZEU LUIZ BRACHTVOGEL

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Campus de
Botucatu, para obtenção do título de
Doutor em Agronomia (Agricultura).

BOTUCATU – SP

Junho – 2010

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU**

**POPULAÇÃO DE PLANTAS E USO DE PIRACLOSTROBINA NA
CULTURA DO MILHO: ALTERAÇÕES AGRONÔMICAS E
FISIOLÓGICAS**

ELIZEU LUIZ BRACHTVOGEL
Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. SILVIO JOSÉ BICUDO

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Campus de
Botucatu, para obtenção do título de
Doutor em Agronomia (Agricultura).

BOTUCATU – SP

Junho – 2010

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO
DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO UNESP -FCA -
FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Brachtvogel, Elizeu Luiz, 1984-
B796p População de plantas e uso de piraclostrobina na cultura
do milho: alterações agronômicas e fisiológicas / Elizeu
Luiz Brachtvogel. - Botucatu : [s.n.], 2010.
xv, 133 f.: il., grafs., tabs.

Tese(Doutorado)- Universidade Estadual Paulista, Facul-
dade de Ciências Agronômicas de Botucatu, 2010.

Orientador: Silvio José Bicudo

Inclui bibliografia.

1. Zea mays. 2. Milho - Efeito fisiológico. 3. Rendimen-
to de grão. 4. Densidade populacional. 5. Fitotecnia.

I. Bicudo, Silvio Jose. II. Universidade Estadual Paulista
"Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade
de Ciências Agronômicas de Botucatu. III. Título.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU**

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO: POPULAÇÃO DE PLANTAS E USO DE PIRACLOSTROBINA NA
CULTURA DO MILHO: ALTERAÇÕES AGRONÔMICAS E
FISIOLÓGICAS**

ALUNO: ELIZEU LUIZ BRACHTVOGEL

ORIENTADOR: PROF. DR. SILVIO JOSÉ BICUDO

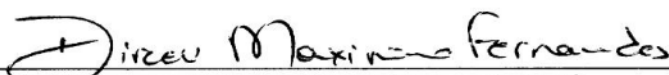
Aprovado pela Comissão Examinadora



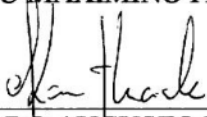
PROF. DR. SILVIO JOSÉ BICUDO



PROF. DR. CLAUDIO CAVARIANI



PROF. DR. DIRCEU MAXIMINO FERNANDES



PROF. DR. RICARDO AUGUSTO DIAS KANTHACK



PROF. DR. JOÃO ANTONIO DA COSTA ANDRADE

Data da Realização: 18 de junho de 2010.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela dádiva da vida e pela realização de mais um sonho.

Aos meus pais, Irineu e Margarida, pelo exemplo, amor e apoio incondicional em todos os momentos da minha vida, e em mais essa etapa. Sou eternamente grato a vocês!

À Faculdade de Ciências Agrônômicas - UNESP, Botucatu - SP, pela oportunidade oferecida para realização deste curso de pós-graduação.

Ao CNPQ, pela concessão de bolsa de estudos no período de curso.

Ao Prof. Dr. Silvio J. Bicudo, pela atenção, orientação, incentivo, confiança e amizade.

Aos membros da banca examinadora, pelas sugestões apresentadas.

Aos professores da FCA, pelo aprendizado e oportunidade.

Ao Prof. Dr. Fernando Broetto (IB/UNESP-Campus de Botucatu), pela atenção, compreensão e disponibilização de laboratório e material para realização da análise enzimática.

Aos funcionários da FCA, em especial aos do Departamento de Produção Vegetal - DPV e da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Produção - FEPP Lageado, pela colaboração na execução deste trabalho.

Ao funcionário do CERAT/UNESP, Luiz Henrique Urbano, pela orientação e apoio para realização das análises de açúcares.

Aos colegas Francisco Rafael, Simério, Magno, Felipe, Eduardo, Edemar e Luchele pela colaboração na execução deste trabalho.

À todos que contribuíram de uma forma ou de outra para realização deste trabalho.

SUMÁRIO

1 RESUMO	1
2 SUMMARY	3
3 INTRODUÇÃO	5
4 REVISÃO DE LITERATURA.....	8
4.1 – Aspectos gerais	8
4.2 – População de plantas	11
4.3 – Efeitos secundários ou “fisiológicos” do uso de fungicidas.....	21
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	25
5.1 – Descrição do local do experimento.....	25
5.2 – Tratamentos e delineamento experimental.....	26
5.3 – Preparo da área.....	27
5.4 – Tratos culturais	28
5.5 – Caracterização do clima e dados climatológicos	28
5.6 – Avaliações	29
5.6.1 - Diagnose foliar	29
5.6.2 - Características morfológicas	30
5.6.2.1 - Altura das plantas	30
5.6.2.2 - Altura de inserção de espiga.....	30
5.6.2.3 - Relação entre altura da espiga e altura da planta.....	30
5.6.2.4 - Diâmetro do colmo	30
5.6.2.5 - Gramatura foliar (GRA).....	30
5.6.2.6 - Índice de área foliar (IAF).....	31
5.6.2.7 - Índices de persistência e de senescência foliares	31
5.6.2.8 - Massa de matéria seca por planta e por área	31
5.6.2.9 - Porcentagem de plantas acamadas e/ou quebradas.....	32
5.6.3 - Características de espiga e componentes de produção	32
5.6.3.1 - Comprimento de espiga	32
5.6.3.2 - Número de fileiras de grãos por espiga.....	32
5.6.3.3 - Diâmetro da espiga	32
5.6.3.4 - Diâmetro do sabugo	32
5.6.3.5 - Comprimento do grão	32
5.6.3.6 - Massa de mil grãos	33
5.6.3.7 - Massa de grãos por espiga.....	33
5.6.3.8 - Número de grãos por espiga.....	33
5.6.3.9 - Número de espigas por hectare.....	33
5.6.3.10 - Número de grãos por hectare.....	33
5.6.3.11 - População final	33
5.6.3.12 - Índice de espiga	34
5.6.3.13 - Índice de colheita	34
5.6.3.14 - Produtividade.....	34
5.6.4 - Acúmulo de nutrientes	34
5.6.4.1 - Acúmulo de nutrientes no período de enchimento de grãos (ANE).....	35

5.6.4.2 - Relação entre quantidade do nutriente acumulado após o florescimento e a quantidade previamente absorvida (RAF)	35
5.6.4.3 - Eficiência de uso (EU)	35
5.6.4.4 - Eficiência de absorção (EA)	35
5.6.4.5 - Porcentagem do acumulado total ocorrida após o florescimento (AAF)	35
5.6.4.6 - Porcentagem do acumulado total relativa aos grãos (RG)	36
5.6.4.7 - Porcentagem do acumulado após o florescimento relativa aos grãos (ARG)	36
5.6.4.8 - Exportação de nutrientes pelos grãos (E)	36
5.6.4.9 - Porcentagem do nutriente exportado pelos grãos (PE)	36
5.6.5 - Acúmulo de açúcares solúveis em colmos e folhas	37
5.6.6 - Atividade da enzima nitrato redutase	38
5.7 – Análise dos dados	39
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
6.1 – Diagnose foliar	40
6.2 – Características morfológicas	42
6.2.1 - Altura de plantas	44
6.2.2 - Altura de inserção de espiga	45
6.2.3 - Relação entre altura de inserção de espiga e altura de planta	46
6.2.4 - Diâmetro de colmo	47
6.2.5 - Gramatura da folha no florescimento e maturidade fisiológica	48
6.2.5 - Índices de área, persistência e senescência foliares	50
6.2.6 - Massas de matéria seca por planta e por área	54
6.2.7 - Índice de Colheita	57
6.3 – Características de espiga e componentes de produção	58
6.3.1 - Comprimento de espiga	59
6.3.2 - Diâmetro de espiga e do sabugo	60
6.3.3 - Comprimento do grão	62
6.3.4 - Número de fileiras de grãos	62
6.3.5 - Massa de grãos por espiga	63
6.3.6 - Número de grãos por espiga	64
6.3.7 - População final e porcentagem de plantas acamadas e/ou quebradas	65
6.3.8 - Número de espigas por hectare	67
6.3.9 - Índice de espiga	68
6.3.10 - Número de grãos por hectare	69
6.3.11 - Massa de mil grãos	70
6.3.12 - Produtividade	71
6.4 – Relações de fonte e dreno com a produtividade	73
6.4.1 - Comportamento dos elementos de fonte para as diferentes populações	73
6.4.2 - Comportamento dos elementos de dreno para as diferentes populações	75
6.4.3 - Correlações entre elementos de fonte, dreno e produtividade	76
6.5 – Acúmulo de nutrientes	78
6.5.1 - Acúmulo de nutrientes na parte aérea das plantas de milho, acúmulo de nutrientes no período de enchimento de grãos (ANE) e relação entre quantidade do nutriente acumulado após o florescimento e a quantidade previamente absorvida (RAF)	78
6.5.2 - Exportação pelos grãos (E), Eficiência de uso do adubo (EU), Eficiência de absorção (EA), Porcentagem do nutriente exportado (PE), Porcentagem do acumulado	

total ocorrido após o florescimento (AAF), Porcentagem do acumulado após o florescimento relativo aos grãos (ARG), Porcentagem do total acumulado relativo aos Grãos (RG).....	102
6.6 – Acúmulo de açúcares solúveis em colmos e folhas	108
6.7 – Atividade da enzima nitrato redutase	112
6.8 – Considerações finais	114
7 CONCLUSÕES	116
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	117

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Produção por unidade de planta (g planta^{-1}) e por unidade de área (kg ha^{-1}) em função da população de plantas (plantas ha^{-1}) (DOURADO NETO et al., 2001).....	15
Figura 2 – Dados climatológicos do período de novembro de 2008 a maio de 2009. Botucatu (SP), 2010.....	29
Figura 3 – Altura de planta em populações de plantas de milho híbrido DOW 2B587 tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).	44
Figura 4 – Altura de inserção de espiga em populações de plantas de milho híbrido DOW 2B587 tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).	45
Figura 5 – Relação altura de inserção de espiga / altura de planta em populações de plantas de milho híbrido DOW 2B587 tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).	47
Figura 6 – Diâmetro do colmo em populações de plantas de milho híbrido DOW 2B587 tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).	48
Figura 7 – Gramatura foliar no florescimento em populações de plantas de milho híbrido DOW 2B587 tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).....	49
Figura 8 – Gramatura foliar na maturidade fisiológica em populações de plantas de milho híbrido DOW 2B587 tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).	49
Figura 9 – Índice de área foliar no florescimento em populações de plantas de milho híbrido DOW 2B587 tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).....	51
Figura 10 – Índice de área foliar na maturidade fisiológica em populações de plantas de milho híbrido DOW 2B587 tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).	51
Figura 11 – Índice de persistência foliar em populações de plantas de milho híbrido DOW 2B587 tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).	52
Figura 12 – Índice de senescência foliar em populações de plantas de milho híbrido DOW 2B587 tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).	53
Figura 13 – Produção de massa de matéria seca por planta no florescimento em populações de plantas de milho híbrido DOW 2B587 tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).	55
Figura 14 – Produção de massa de matéria seca por planta na maturidade fisiológica em populações de plantas de milho híbrido DOW 2B587 tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).	55

Figura 15 – Produção de massa de matéria seca por área no florescimento em populações de plantas de milho híbrido DOW 2B587 tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).	56
Figura 16 – Produção de massa de matéria seca por área na maturidade fisiológica em populações de plantas de milho híbrido DOW 2B587 tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).	56
Figura 17 – Índice de colheita em populações de plantas de milho híbrido DOW 2B587 tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).	57
Figura 18 – Comprimento de espiga em populações de plantas de milho híbrido DOW 2B587 tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).	60
Figura 19 – Diâmetro de espiga em populações de plantas de milho híbrido DOW 2B587 tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).	61
Figura 20 – Diâmetro do sabugo em populações de plantas de milho híbrido DOW 2B587 tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).	61
Figura 21 – Comprimento do grão em populações de plantas de milho híbrido DOW 2B587 tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).	62
Figura 22 – Número de fileiras de grãos em populações de plantas de milho híbrido DOW 2B587 tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).	63
Figura 23 – Massa de grãos por espiga em populações de plantas de milho híbrido DOW 2B587 tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).	64
Figura 24 – Número de grãos por espiga em populações de plantas de milho híbrido DOW 2B587 tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).	65
Figura 25 – População final de plantas na maturidade fisiológica em função da população inicialmente pretendida por ocasião da semeadura, em milho híbrido DOW 2B587 tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).	66
Figura 26 – Porcentagem de plantas acamadas e/ou quebradas em populações de plantas de milho híbrido DOW 2B587 tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP). Dados transformados por $(x + 1)^{1/2}$	67
Figura 27 – Número de espigas por hectare em populações de plantas de milho híbrido DOW 2B587 tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).	68
Figura 28 – Índice de espiga em populações de plantas de milho híbrido DOW 2B587 tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).	69

Figura 29 – Número de grãos por hectare em populações de plantas de milho híbrido DOW 2B587 tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).	70
Figura 30 – Massa de mil grãos em populações de plantas de milho híbrido DOW 2B587 tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).	71
Figura 31 – Produtividade de grãos em populações de plantas de milho híbrido DOW 2B587 tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).	72
Figura 32 – Comportamento dos índice de persistência IAF(m/f) e de senescência foliar [IAF(f-m)/f] em populações de plantas de milho híbrido DOW 2B587 tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).	74
Figura 33 – Comportamento do número de grãos por hectare e massa de mil grãos em populações de plantas de milho híbrido DOW 2B587 tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).	75
Figura 34 – Acúmulo de macronutrientes P, Ca e Mg no florescimento (F; ♦) e na maturidade fisiológica (M; □); e média destes estádios para N, K e S (♦) (g pl ⁻¹) em colmos de milho híbrido DOW 2B587 submetido a diferentes populações de plantas tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).	84
Figura 35 – Acúmulo de macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S no florescimento (F; ♦) e na maturidade fisiológica (M; □) (g pl ⁻¹) em folhas de milho híbrido DOW 2B587 submetido a diferentes populações de plantas tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).	85
Figura 36 – Acúmulo de macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S no florescimento (F; ♦) e na maturidade fisiológica (M; □) (g pl ⁻¹) em espigas de milho híbrido DOW 2B587 submetido a diferentes populações de plantas tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).	86
Figura 37 – Acúmulo de macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S na maturidade fisiológica (♦) (g pl ⁻¹) em grãos de milho híbrido DOW 2B587 submetido a diferentes populações de plantas tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).	87
Figura 38 – Acúmulo de macronutrientes N, P, Ca e S no florescimento (F; ♦) e na maturidade fisiológica (M; □); e média destes estádios para K e Mg (♦) (g pl ⁻¹) na parte aérea de plantas de milho híbrido DOW 2B587 submetido a diferentes populações de plantas tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).	88
Figura 39 – Acúmulo do micronutriente Cu no florescimento (F; ♦) e na maturidade fisiológica (M; □); e média destes estádios para Fe, Mn, Zn e B (♦) (mg pl ⁻¹) em colmos de milho híbrido DOW 2B587 submetido a diferentes populações de plantas tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).	89
Figura 40 – Acúmulo do micronutriente Mn no florescimento (F; ♦) e na maturidade fisiológica (M; □); e média destes estádios para Fe, Zn, Cu e B (♦) (mg pl ⁻¹) em folhas de milho híbrido DOW 2B587 submetido a diferentes populações de plantas tratadas com	

fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).....	90
Figura 41 – Acúmulo dos micronutrientes Fe e Mn no florescimento (F; ♦) e na maturidade fisiológica (M; □); e média destes estádios para Zn, Cu e B (♦) (mg pl ⁻¹) em espigas de milho híbrido DOW 2B587 submetido a diferentes populações de plantas tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).....	91
Figura 42 – Acúmulo de micronutrientes Fe, Mn, Cu, Zn e B na maturidade fisiológica (♦) (mg pl ⁻¹) em grãos de milho híbrido DOW 2B587 submetido a diferentes populações de plantas tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).	92
Figura 43 – Acúmulo dos micronutrientes Zn e B no florescimento (F; ♦) e na maturidade fisiológica (M; □); e média destes estádios para Fe, Mn e Cu (♦) (mg pl ⁻¹) na parte aérea de plantas de milho híbrido DOW 2B587 submetido a diferentes populações de plantas tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).	93
Figura 44 – Acúmulo de macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) (mg pl ⁻¹) no período de enchimento de grãos em colmos, folhas, espigas, grãos e total em plantas de milho híbrido DOW 2B587 submetido a diferentes populações de plantas tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).	98
Figura 45 – Acúmulo de micronutrientes ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), cobre (Cu) e Boro (B) (mg pl ⁻¹) no período de enchimento de grãos em colmos, folhas, espigas, grãos e total em plantas de milho híbrido DOW 2B587 submetido a diferentes populações de plantas tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).	99
Figura 46 – Relação entre quantidade do nutriente acumulado após o florescimento e a quantidade previamente absorvida de macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) (%) a partir de colmos, folhas, espigas, grãos e total em plantas de milho híbrido DOW 2B587 submetido a diferentes populações de plantas tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).....	100
Figura 47 – Relação entre quantidade do nutriente acumulado após o florescimento e a quantidade previamente absorvida de micronutrientes ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), cobre (Cu) e Boro (B) (%) a partir de colmos, folhas, espigas, grãos e total em plantas de milho híbrido DOW 2B587 submetido a diferentes populações de plantas tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).	101
Figura 48 – Exportação pelos grãos (E) (kg ha ⁻¹), porcentagem do acumulado total ocorrido após o florescimento (AAF), porcentagem do acumulado após o florescimento relativo aos grãos (ARG) de macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) e de micronutrientes ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), cobre (Cu) e Boro (B) em plantas de milho híbrido DOW 2B587 submetido a diferentes populações de plantas tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).	106

- Figura 49 – Porcentagem do acumulado total relativo aos grãos (RG) de macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) e de micronutrientes ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), cobre (Cu) e Boro (B) em plantas de milho híbrido DOW 2B587 submetido a diferentes populações de plantas tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP)..... 107
- Figura 50 – Eficiência de uso do adubo (EU), eficiência de absorção do adubo (EA; %) e porcentagem de exportação do adubo aplicado (PA) de macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) em plantas de milho híbrido DOW 2B587 submetido a diferentes populações de plantas tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP). 107
- Figura 51 – Acúmulo de açúcares solúveis sacarose, glicose e frutose no florescimento (F; ♦) e na maturidade fisiológica (M; □) (% MS⁻¹) em colmos e folhas de milho híbrido DOW 2B587 submetido a diferentes populações de plantas tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP). 110
- Figura 52 – Acúmulo de açúcares solúveis sacarose, glicose e frutose no florescimento (F) e na maturidade fisiológica (M) (% MS⁻¹) e a média destes estádios em colmos e folhas de milho híbrido DOW 2B587 submetido a diferentes populações de plantas tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP)..... 111
- Figura 53 – Distribuição dos valores e respectivas médias de efeito da densidade populacional e época de coleta na atividade da enzima nitrato redutase em folhas de milho híbrido DOW 2B587, submetido a diferentes populações de plantas tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP). 113

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultado da análise química de solo da área utilizada no experimento	25
Tabela 2 – Descrição dos tratamentos utilizados no experimento, com as populações e respectivas áreas destinadas a cada planta, e os tratamentos com fungicidas empregados. Botucatu (SP), 2010.....	26
Tabela 3 – Detalhamento dos tratamentos com fungicidas utilizados no experimento, com os ingredientes ativos, doses, épocas de aplicação e especificações. Botucatu (SP), 2010.	27
Tabela 4 – Resumo da análise de variância com valores de F calculado para as causas de variação e sua interação, efeitos de regressão e médias de populações e fungicidas para os teores de macronutrientes (g kg^{-1}) no florescimento em folhas diagnose de milho híbrido DOW 2B587 cultivado na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).....	41
Tabela 5 – Resumo da análise de variância com valores de F calculado para as causas de variação e sua interação, efeitos de regressão e médias de populações e fungicidas para os teores de micronutrientes (mg kg^{-1}) no florescimento em folhas diagnose de milho híbrido DOW 2B587 cultivado na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).....	42
Tabela 6 – Resumo da análise de variância com valores de F calculado para as causas de variação e sua interação, efeitos de regressão para populações e médias de fungicidas para altura de planta (A) (cm), altura de inserção de espiga (AIE) (cm), relação altura de inserção de espiga/altura de planta (AIE/A), diâmetro do colmo (DC) (mm), gramatura foliar no florescimento (GRAf) e na maturidade fisiológica (GRAM) (mg cm^{-2}); e índice de área foliar no florescimento (IAFf) e na maturidade fisiológica (IAFm) em plantas de milho híbrido DOW 2B587 cultivado na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).....	43
Tabela 7 – Resumo da análise de variância com valores de F calculado para as causas de variação e sua interação, efeitos de regressão para populações e médias de fungicidas para índices de persistência [IAF(m/f)] e senescência foliar [IAF(f-m)/f]; massa de matéria seca por planta (g), no florescimento [MS/PL(f)] e maturidade fisiológica [MS/PL(m)]; massa de matéria seca por área (kg ha^{-1}) no florescimento [MST(f)] e na maturidade fisiológica [MST(m)] e índice de colheita em plantas de milho híbrido DOW 2B587 cultivado na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).....	43
Tabela 8 – Resumo da análise de variância com valores de F calculado para as causas de variação e sua interação, efeitos de regressão para populações e médias de fungicidas para comprimento de espiga (CE) (cm), diâmetro de espiga (DE) (mm), diâmetro do sabugo (DS) (mm), comprimento do grão (CG) (mm), número de fileiras de grãos (NF) massa de grãos por espiga (MGE) e número de grãos por espiga (NGE) em plantas de milho híbrido DOW 2B587 cultivado na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).....	58
Tabela 9 – Resumo da análise de variância com valores de F calculado para as causas de variação e sua interação, efeitos de regressão para populações e médias de fungicidas para população final (PF), porcentagem de plantas acamadas (% PA), número de grãos por hectare (NGH) (em milhares), número de espigas por hectare (NEH), índice de espiga (IE), massa de mil grãos (1000 G) (g) e produtividade (P) (kg ha^{-1}) em plantas de milho híbrido DOW 2B587 cultivado na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).....	59
Tabela 10 – Matriz de correlação pelo coeficiente de Pearson entre os caracteres de fonte índice de persistência [IAF(m/f)] e de senescência foliar [IAF(f-m)/f], de dreno número de	

grãos por hectare (NGH) e massa de mil grãos (1000G) e produtividade em plantas de milho híbrido DOW 2B587 cultivado na safra 2007/2008 em Botucatu (SP).....	77
Tabela 11 – Resumo da análise de variância com valores de F calculado para as causas de variação população (P) e fungicidas (F) (parcelas) e épocas de amostragem (E) (subparcelas) e suas interações; coeficientes de variação de variação (%) de parcelas (C.V.P.) e de subparcelas (C.V.S.), e médias gerais do acúmulo de macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) (g pl^{-1}) em colmos, folhas, espigas, grãos e total em plantas de milho híbrido DOW 2B587 cultivado na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).	80
Tabela 12 – Resumo da análise de variância com valores de F calculado para as causas de variação população (P) e fungicidas (F) (parcelas) e épocas de amostragem (E) (subparcelas) e suas interações; coeficientes de variação de variação (%) de parcelas (C.V.P.) e de subparcelas (C.V.S.), e médias gerais do acúmulo de macronutrientes cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) (g pl^{-1}) em colmos, folhas, espigas, grãos e total em plantas de milho híbrido DOW 2B587 cultivado na safra 2008/2009 em Botucatu (SP). .	81
Tabela 13 – Resumo da análise de variância com valores de F calculado para as causas de variação população (P) e fungicidas (F) (parcelas) e épocas de amostragem (E) (subparcelas) e suas interações; coeficientes de variação de variação (%) de parcelas (C.V.P.) e de subparcelas (C.V.S.), e médias gerais do acúmulo de micronutrientes ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) (mg pl^{-1}) em colmos, folhas, espigas, grãos e total em plantas de milho híbrido DOW 2B587 cultivado na safra 2008/2009 em Botucatu (SP). .	82
Tabela 14 – Resumo da análise de variância com valores de F calculado para as causas de variação população (P) e fungicidas (F) (parcelas) e épocas de amostragem (E) (subparcelas) e suas interações; coeficientes de variação de variação (%) de parcelas (C.V.P.) e de subparcelas (C.V.S.), e médias gerais do acúmulo de micronutrientes cobre (Cu) e boro (B) (mg pl^{-1}) em colmos, folhas, espigas, grãos e total em plantas de milho híbrido DOW 2B587 cultivado na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).....	83
Tabela 15 – Resumo da análise de variância com valores de F calculado para as causas de variação população (P) e fungicidas (F) e sua interação; coeficiente de variação de variação (C.V.) (%), e médias gerais do acúmulo de macronutrientes nitrogênio (N) fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) (mg pl^{-1}) no período de enchimento de grãos em colmos, folhas, espigas, grãos e total em plantas de milho híbrido DOW 2B587 cultivado na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).....	94
Tabela 16 – Resumo da análise de variância com valores de F calculado para as causas de variação população (P) e fungicidas (F) e sua interação; coeficiente de variação de variação (C.V.) (%), e médias gerais do acúmulo de micronutrientes ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), cobre (Cu) e Boro (B) (mg pl^{-1}) no período de enchimento de grãos em colmos, folhas, espigas, grãos e total em plantas de milho híbrido DOW 2B587 cultivado na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).	95
Tabela 17 – Resumo da análise de variância com valores de F calculado para as causas de variação população (P) e fungicidas (F) e sua interação; coeficiente de variação de variação (C.V.) (%), e médias gerais da relação entre quantidade do nutriente acumulado após o florescimento e a quantidade previamente absorvida de macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) (%) em colmos, folhas, espigas e total em plantas de milho híbrido DOW 2B587 cultivado na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).	96

Tabela 18 – Resumo da análise de variância com valores de F calculado para as causas de variação população (P) e fungicidas (F) e sua interação; coeficiente de variação de variação (C.V.) (%), e médias gerais da relação entre quantidade do nutriente acumulado após o florescimento e a quantidade previamente absorvida de micronutrientes ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), cobre (Cu) e Boro (B) (%) em colmos, folhas, espigas e total em plantas de milho híbrido DOW 2B587 cultivado na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).	97
Tabela 19 – Resumo da análise de variância com valores de F calculado para as causas de variação população (P) e fungicidas (F) e sua interação; coeficiente de variação de variação (C.V.) (%), e médias gerais de exportação pelos grãos (E), eficiência de uso do adubo (EU), eficiência de absorção (EA), porcentagem do nutriente exportado (PE), porcentagem do acumulado total ocorrido após o florescimento (AAF), porcentagem do acumulado após o florescimento relativo aos grãos (ARG), porcentagem do total acumulado relativo aos grãos (RG) de macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) em plantas de milho híbrido DOW 2B587 cultivado na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).	104
Tabela 20 – Resumo da análise de variância com valores de F calculado para as causas de variação população (P) e fungicidas (F) e sua interação; coeficiente de variação de variação (C.V.) (%), e médias gerais de exportação pelos grãos (E), porcentagem do acumulado total ocorrido após o florescimento (AAF), porcentagem do acumulado após o florescimento relativo aos grãos (ARG), porcentagem do total acumulado relativo aos grãos (RG) de micronutrientes ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), cobre (Cu) e Boro (B) em plantas de milho híbrido DOW 2B587 cultivado na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).	105
Tabela 21 – Resumo da análise de variância com valores de F calculado para as causas de variação população (P) e fungicidas (F) (parcelas) e épocas de amostragem (E) (subparcelas) e suas interações; coeficientes de variação (%) de parcelas (C.V.P.) e de subparcelas (C.V.S.), e médias gerais do acúmulo de açúcares na matéria seca em colmos e folhas de milho híbrido DOW 2B587 cultivado na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).	109
Tabela 22 – Resumo da análise de variância com valores de F calculado para as causas de variação população (P) e fungicidas (F) (parcelas) e épocas de amostragem (E) (subparcelas) e suas interações; coeficientes de variação (%) de parcelas (C.V.P.) e de subparcelas (C.V.S.), e média geral de coletas e de populações da atividade da enzima nitrato redutase em folhas de milho híbrido DOW 2B587 cultivado na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).	112

LISTA DE ABREVIATURAS

A	Altura das plantas
AAF	Porcentagem do acumulado total ocorrido após o florescimento
AIE	Altura de inserção de espiga
AIE/A	Relação entre altura da espiga e altura da planta
ANE	Acúmulo de nutrientes no período de enchimento de grãos
ARG	Porcentagem do acumulado após o florescimento relativo aos grãos
CE	Comprimento de espiga
CG	Comprimento do grão
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
D	Diâmetro do colmo
DE	Diâmetro da espiga
DS	Diâmetro do sabugo
E	Exportação do nutriente pelos grãos
EA	Eficiência de Absorção
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EU	Eficiência de Uso
GRAf	Gramatura foliar no florescimento
GRAM	Gramatura foliar na maturidade fisiológica
IAF(m/f)	Índice de persistência foliar
IAF(f-m)/f	Índice de senescência foliar
IAFf	Índice de área foliar no florescimento
IAFm	Índice de área foliar na maturidade fisiológica
IC	Índice de colheita
IE	Índice de espiga
MGE	Massa de grãos por espiga
MS/PL(f)	Massa de matéria seca por planta no florescimento
MS/PL(m)	Massa de matéria seca por planta na maturidade fisiológica
MST f	Massa de matéria seca por área no florescimento
MST m	Massa de matéria seca por área na maturidade fisiológica
NEH	Número de espigas por hectare
NF	Número médio de fileiras de grãos por espiga
NGE	Número de grãos por espiga
NGH	Número de grãos por hectare
P	Produtividade
PE	Porcentagem do nutriente exportado pelos grãos
PF	População final
RAE	Razão entre quantidade do nutriente acumulado no período de enchimento de
RG	Porcentagem do acumulado total relativo aos grãos
SEAB	Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Paraná
% PA	Porcentagem de plantas acamadas e/ou quebradas
1000 G	Massa de mil grãos

1 RESUMO

Para a maximização do rendimento de grãos em milho é necessária a otimização dos recursos do ambiente. Dentre os fatores que interferem na resposta ao ambiente está o arranjo de plantas, cuja área ocupada pela planta de milho ou densidade populacional desempenha papel principal. Aliado a isto, a tecnificação da cultura observada recentemente está promovendo cada vez mais o uso de fungicidas na cultura, e com a observação em outras culturas de que alguns destes tem efeitos secundários ou “fisiológicos” nas plantas, abre-se caminho para que sejam feitas pesquisas nesse sentido na cultura do milho. Desta forma, a hipótese desse trabalho é de que o uso destes produtos com efeitos secundários na fisiologia das plantas possam diminuir os efeitos negativos da competição intraespecífica por fatores do meio principalmente em altas densidades, com melhorias em parâmetros de metabolismo, morfologia e conseqüente aumento da produtividade. Portanto, o objetivo deste trabalho foi comparar a aplicação de um fungicida do grupo químico das estrobirulinas, um do grupo químico dos triazóis e uma testemunha sem aplicação em

populações de 40000, 60000, 80000 e 100000 plantas ha⁻¹. O ensaio foi conduzido em área de Nitossolo Vermelho distroférico, de textura argilosa situada na Fazenda Experimental Lageado, da Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP/Campus de Botucatu, na safra 2008/2009. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial 4 X 3 (quatro repetições), em parcelas de 5 linhas espaçadas a 0,80 m x 18 m de comprimento. Foram avaliadas características morfológicas/agronômicas altura das plantas, altura de inserção de espiga, relação entre altura da espiga e altura da planta e diâmetro do colmo em pleno florescimento; índice de área foliar no florescimento e na maturidade fisiológica, índice de persistência e senescência foliar, produção de massa de matéria seca por planta e por área no florescimento e na maturidade fisiológica, índice de colheita, comprimento de espiga, diâmetros de espiga e do sabugo, comprimento do grão, número de fileiras, massa de mil grãos, massa de grãos por espiga, índice de espiga, estimativa do número de espigas e grãos por hectare, população de plantas ao final do ciclo, porcentagem de plantas acamadas e quebradas, rendimento de grãos por área, bem como correlações entre elementos de fonte e dreno com a produtividade. Foram avaliadas também as características fisiológicas/bioquímicas acúmulo de nutrientes na parte aérea das plantas, acúmulo de açúcares solúveis em colmos e folhas e atividade da enzima nitrato redutase. Todas as variáveis avaliadas foram influenciadas pelas populações testadas e não pela aplicação/uso de fungicidas. Pode-se concluir que, nas condições que o ensaio foi instalado e conduzido, a fisiologia, morfologia, desenvolvimento e a produtividade de plantas de milho são influenciados pelas densidades populacionais, sem efeitos secundários ou “fisiológicos” da aplicação de fungicida do grupo químico das estrobirulinas.

Palavras-chave: *Zea mays*, Efeito fisiológico, Acúmulo de nutrientes e de açúcares solúveis, Atividade da enzima nitrato redutase, Rendimento de grão.

PLANT POPULATION AND PIRACLOSTROBIN USE: AGRONOMIC AND PHYSIOLOGICAL CHANGES IN MAIZE CROP. Botucatu, 2010. 134 fl. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: ELIZEU LUIZ BRACHTVOGEL

Adviser: SILVIO JOSÉ BICUDO

2 SUMMARY

The correct exploration of environmental resources is necessary to maximize maize grain yield. Among the factors that interfere in response to the environment is the plant arrangement, which the plant density has larger effect. Together, the crescent use, in maize, of fungicides with a “physiological effect” observed in other crops requires new studies with this point of view. Thus, the hypothesis of this work was that these fungicides can decrease the intra-specific competition mainly at high densities, aiming improvement of physiological and morphological aspects as well maize grain yield. The objective of this essay was to compare the use of a triazol, a strubirulin and no fungicide in populations of 40000, 60000, 80000 and 100000 plants ha⁻¹. The experiment was carried out in Lageado Experimental Farm, UNESP-Botucatu-SP-Brazil, in 2008/2009 growing season. The experimental design was a randomized block in four replications, in 4 x 18 m plots. It was evaluated plant and ear height, the relationship between ear and plant height and stem diameter at the flowering; leaf area index at the flowering and physiological maturity, leaf persistence and leaf senescence index, dry matter production per plant and per area at physiological maturity, harvest index, ear length, ear and cob diameter, grain length, number of grain rows, weight of 1,000 grains, grain weight per ear, ear index, ear and grain number per area, final plant population, percentage of stalk lodged plants, grain yield, as well the

correlations between source and sink characteristics with yield. The physiological/bioquimic aspects nutrient and soluble sugars accumulation in plants, and nitrate reductase enzyme activity were evaluated too. All characteristics evaluated were not affected by fungicides used but only by plant densities. It is possible to conclude that in similar conditions of this work, the physiologic and morphologic factors as well development and crop grain yield were affected only by plant densities, without “physiological effect” observed by strubirulin fungicide use.

Keywords: *Zea mays*, Physiological effect, Nutrient and soluble sugars accumulation, Nitrate reductase activity, Grain yield.

3 INTRODUÇÃO

A produtividade de uma cultura depende, além dos fatores genéticos, das condições de solo e de clima, particularmente da radiação solar. Para obtenção de altos rendimentos de grãos, a interceptação da radiação solar deve ser maximizada. A interceptação da radiação fotossinteticamente ativa pelo dossel exerce grande influência sobre o rendimento de grãos da cultura do milho quando os outros fatores ambientais são favoráveis. Uma das formas de aumento da interceptação de radiação solar e, conseqüentemente, do rendimento de grãos é através do adequado do arranjo de plantas. A associação entre aperfeiçoamento do arranjo de plantas e aumento da produtividade de grãos de milho tem sido reportada na literatura.

O arranjo de plantas pode ser manipulado através de alterações na densidade de plantas e no espaçamento entre linhas, que conferem os diferentes arranjos na lavoura. A recomendação de novos híbridos e os incrementos na utilização de fertilizantes e de novos herbicidas para controle de plantas daninhas, entre outros fatores, têm propiciado a elevação das densidades de semeadura. Esse fato é possibilitado pela menor estatura,

dimensões foliares e área foliar por planta apresentados por híbridos mais precoces e, portanto, melhor penetração de luz dentro do dossel da planta.

Neste contexto, fica claro que a correta escolha da densidade populacional pode se tornar decisivo, pois a escolha inadequada pode inibir a plena expressão do potencial produtivo dos cultivares ditos de arquitetura moderna. Estes cultivares foram disponibilizados no mercado a partir da década de 1970, quando os melhoristas passaram a se preocupar com plantas de arquitetura diferente, baseados na hipótese de que o porte mais baixo e folhas mais eretas permitiriam um plantio mais denso, com maior capacidade fotossintética e assim maior rendimento (SANGOI, 2001).

Assim, para a maximização do rendimento de grãos destes híbridos, normalmente requer-se maior densidade de plantas, por ser necessário mais indivíduos por área para gerar índice de área foliar capaz de potencializar a interceptação da radiação solar, que é um dos principais fatores determinantes da produtividade. Isso comprova que as alterações no arranjo de plantas em milho surgiram frente a uma necessidade imposta pelas modificações de ordem genética, fisiológica, bioquímica e anatômica incorporadas pelos programas de melhoramento nas últimas décadas. Portanto, a escolha da densidade de plantas adequada é uma prática de manejo importante para otimizar o rendimento de grãos de milho.

Aliado a este fator, a utilização de incremento na população de plantas associado à redução de espaçamento aumenta a incidência de doenças foliares, de colmo e de espiga na cultura do milho. Com densidades elevadas, há menor circulação de ar no interior do dossel, o que favorece a formação de orvalho nas folhas, estimulando a germinação de esporos de fungos que ocasionam doenças foliares, principalmente daqueles que são exigentes em período de molhamento.

Dessa forma, o impacto das doenças na cultura do milho vem crescendo a cada ano, especialmente pelo fato do aumento de áreas irrigadas e daquelas sob cultivo de “safrinha”, que tem levado a maior sobrevivência dos patógenos no campo. Diante disso o controle químico das doenças fúngicas vem ganhando espaço no manejo atual da cultura do milho. Além disso, com a descoberta de novas moléculas fungicidas principalmente as do grupo químico das estrobirulinas, tem sido verificado aumento da produtividade para algumas culturas não somente pelo controle das doenças incidentes, mas também por efeitos secundários na fisiologia das plantas cultivadas ou “efeito fisiológico”, ao qual tem sido

atribuído o aumento da fotossíntese líquida e da atividade da enzima nitrato redutase, combinado com a diminuição da produção do etileno verificados com a aplicação destes produtos.

No entanto, ainda não se tem dados específicos sobre esses efeitos dos fungicidas do grupo químico das estrobirulinas na cultura do milho. Esses dados podem informar a contribuição da estrobilurina no incremento da atividade fisiológica da planta, principalmente nos estádios em que a cultura mais necessita de energia, como é o caso do período compreendido compreende o florescimento e enchimento de grãos, e principalmente em condições de aumento da competição intraespecífica (estresse). Conseqüência do uso cada vez mais freqüente de maiores densidades populacionais na cultura do milho, a competição intraespecífica proporciona diminuição da atividade fisiológica da planta como um todo pelo aumento do sombreamento, acelerando a senescência foliar e reduzindo o acúmulo de fitomassa por planta.

Tendo em vista os aspectos mencionados acima, este trabalho foi realizado tendo como hipótese que o uso destes produtos com efeitos secundários na fisiologia das plantas ou “efeitos fisiológicos” podem diminuir os efeitos negativos da competição intraespecífica por fatores do meio, principalmente em altas densidades populacionais, com melhorias em características de metabolismo, morfologia e conseqüente aumento da produtividade. Portanto, o objetivo deste trabalho foi verificar a influência de fungicidas em características morfológicas, agronômicas e fisiológicas de um híbrido de milho cultivado em diferentes densidades populacionais.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 – Aspectos gerais

O milho ocupa atualmente, dentre as culturas produtoras de grãos, a segunda maior área cultivada do país, estando presente em todo território nacional. É cultivado em 3,6 milhões de propriedades agrícolas e em todos os estados da federação, com grande diversidade nas condições de cultivo, havendo desde a agricultura tipicamente de subsistência até lavouras que utilizam o mais alto nível tecnológico, alcançando altas produtividades (EMBRAPA, 2007). Destaca-se como um dos produtos agrícolas de maior volume produzidos no Brasil, respondendo pelo segundo maior valor de produção (SOUZA; BRAGA, 2004), sendo superado apenas pela soja, também, em volume de produção e área cultivada, sendo que na safra 2008/09 foram cultivados cerca de 14171,8 mil hectares, com produção estimada em torno de 51003,8 mil toneladas e produtividade média em torno de 3599 kg ha⁻¹ (CONAB, 2010).

Mesmo sendo o terceiro país em volume de produção, o Brasil não se destaca quanto à produtividade. Na safra 2008/09, a cultura do milho no Brasil teve uma

produtividade média em torno de 3599 kg ha⁻¹ (CONAB, 2010), abaixo da produtividade de algumas regiões, como por exemplo o Paraná, que obteve uma produtividade média de 5.431 kg ha⁻¹ na mesma safra (SEAB, 2010). Verifica-se então que é possível obter altas produtividades no Brasil, mas que depende do nível tecnológico adotado. Carvalho (2007) cita que algumas lavouras brasileiras chegam a ultrapassar a produtividade média obtida pelos Estados Unidos na safra 2005, de 9.947 kg ha⁻¹.

A produtividade de uma cultura depende, além dos fatores genéticos, das condições de solo e de clima, particularmente da radiação solar (ARGENTA et al., 2001a). Para obtenção de altos rendimentos de grãos, a interceptação da radiação solar deve ser maximizada (MELGES et al., 1989), e conseqüentemente, a fotossíntese (ARGENTA et al., 2001a).

A interceptação da radiação fotossinteticamente ativa pelo dossel exerce grande influência sobre o rendimento de grãos da cultura do milho quando outros fatores ambientais são favoráveis (OTTMAN; WELCH, 1989). Uma das formas de aumento da interceptação de radiação solar e, conseqüentemente, do rendimento de grãos é através do adequado do arranjo de plantas. A associação entre aperfeiçoamento do arranjo de plantas e aumento da produtividade de grãos de milho tem sido reportada na literatura (CARDWELL, 1982; SANGOI, 2001).

Comparativamente a culturas como arroz, trigo e soja, o milho apresenta crescimento com baixa plasticidade. Isso decorre, principalmente, da ausência de perfilhamento e ramificações laterais na planta. Assim, as plantas de milho apresentam pequena adaptação morfológica frente às mudanças na população e arranjo espacial das plantas (BALBINOT JÚNIOR; FLECK, 2005). Portanto, a escolha adequada do arranjo de plantas pode favorecer a interceptação da radiação solar recebida pela cultura (ARGENTA et al., 2001b; OTTMAN; WELCH, 1989; LOOMIS; AMTHOR, 1999) que está intimamente relacionada à produtividade de grãos, desde que outros fatores como água e nutrientes estejam disponíveis sem limitações (TOLLENAAR; BRUULSEMA, 1988; OTTMAN; WELCH, 1989; MUCHOW et al., 1990).

O arranjo de plantas pode ser manipulado através de alterações na densidade de plantas e no espaçamento entre linhas, que conferem os diferentes arranjos na lavoura (ARGENTA et al., 2001a). Teoricamente, o melhor arranjo é aquele que proporciona

distribuição mais uniforme de plantas por área, possibilitando melhor utilização de luz, água e nutrientes (LAÜER, 1994). A recomendação de híbridos e os incrementos na utilização de fertilizantes e de novos herbicidas para controle de plantas daninhas, entre outros fatores, têm propiciado a elevação das densidades de semeadura (RUSSELL, 1991). Duvick e Cassman (1999) atribuíram o grande avanço em produtividade nas lavouras dos EUA à utilização de híbridos modernos que alavancaram a produtividade, segundo os autores, por possibilitar o uso de maiores quantidades de fertilizantes, controle mais eficiente de plantas daninhas e principalmente aumento da população de plantas. Isto é possível pelas menores estatura das plantas, dimensões foliares e área foliar por planta, apresentados por híbridos mais precoces e, portanto, melhor penetração de luz dentro do dossel da planta.

Assim, para a maximização do rendimento de grãos destes híbridos, normalmente requer-se maior densidade de plantas, por ser necessário mais indivíduos por área para gerar índice de área foliar capaz de potencializar a interceptação da radiação solar (ARGENTA et al, 2001a; SANGOI, 2001; OTTMAN; WELCH, 1989; LOOMIS; AMTHOR, 1999), que é um dos principais fatores determinantes da produtividade (LOOMIS; AMTHOR, 1999), e está intimamente relacionada à produtividade de grãos, desde que outros fatores como água e nutrientes estejam disponíveis sem limitações (TOLLENAAR; BRUULSEMA, 1988; OTTMAN; WELCH, 1989; MUCHOW et al., 1990). Isso comprova que as alterações no arranjo de plantas em milho surgiram frente a uma necessidade imposta pelas modificações de ordem genética, fisiológica, bioquímica e anatômica incorporadas pelos programas de melhoramento nas últimas décadas, (TOLLENAAR et al., 1997; TOLLENAAR; WU, 1999).

Contudo, sob altas densidades populacionais, a competição intraespecífica pelos recursos do meio na cultura do milho é muito forte e as alterações morfofisiológicas promovidas na espécie nos últimos anos, como redução do porte, diminuição do ângulo de inserção das folhas, redução do ciclo de vida e aumento da velocidade de perda de água pelas espigas na senescência da planta, sugerem a revisão de procedimentos para o estabelecimento e condução da cultura. O espaçamento, a densidade de plantas e, até mesmo, aspectos ligados à nutrição ou à fertilização do solo, devem ser revistos, visando dar condições para otimização do rendimento (CÂNDIDO, 2005).

Aliado a este fator, o incremento na população de plantas associado à redução de espaçamento aumenta a incidência de doenças foliares, de colmo e de espiga na

cultura do milho (CASA; REIS, 2003). Com densidades elevadas, há menor circulação de ar no interior do dossel, que favorece a formação de orvalho nas folhas, estimulando a germinação de esporos de fungos que ocasionam doenças foliares, principalmente daqueles que são exigentes em período de molhamento (SANGOI et al., 2003). Altas populações impõem restrições à atividade fotossintética das folhas e a limitação imposta induz o colmo a redirecionar fotoassimilados em maior quantidade ao enchimento de grãos, fragilizando-o e facilitando a ocorrência de podridões (SANGOI et al., 2001). Diversos patógenos responsáveis por podridões de colmo podem migrar para a espiga, favorecendo a ocorrência de grãos ardidos (RIBEIRO et al., 2005).

Dessa forma, o impacto das doenças na cultura do milho vem crescendo a cada ano, especialmente pelo fato do aumento de áreas irrigadas e daquelas sob cultivo de “safrinha”, que tem levado a maior sobrevivência dos patógenos no campo. Diante disso o controle químico principalmente das doenças fúngicas vem ganhando espaço no manejo atual da cultura do milho. Além disso, com a descoberta de novas moléculas fungicidas principalmente as do grupo químico das estrobirulinas, tem sido verificado aumento da produtividade para algumas culturas não somente pelo controle das doenças incidentes, mas também por efeitos secundários na fisiologia das plantas cultivadas ou “efeito fisiológico”, ao qual tem sido atribuído o aumento da fotossíntese líquida e da atividade da enzima nitrato redutase, combinado com a diminuição da produção do etileno verificados com a aplicação destes produtos (FAGAN, 2007; VENANCIO et al., 2003; KÖHLE et al., 2002; GLAAB; KAISER, 1999).

4.2 – População de plantas

Entre as formas existentes de manejo do arranjo espacial, a densidade de plantas é a que tem maior interferência na produção de milho, já que pequenas alterações na população implicam em modificações relativamente grandes no rendimento de grãos. Esta resposta está associada ao fato de que a espécie *Zea mays* (L.) não possui um mecanismo de compensação de espaços tão eficiente quanto de outras espécies da família Poaceae, pois possui limitada capacidade de expansão foliar, de prolificidade e de emitir perfilhos (ANDRADE et al. 1999).

Segundo Fornasieri Filho (1992), a partir de 1970, os melhoristas passaram a se preocupar com estudos sobre a arquitetura da planta, baseadas na premissa de que as plantas de menor porte, com folhas eretófilas permitiriam uma maior densidade populacional, possibilitando maior capacidade fotossintética por área e maior produtividade. Assim, grande ênfase tem sido dada pelos programas de melhoramento de milho ao desenvolvimento de híbridos com baixa exigência calórica para florescer, caracterizados pelo porte baixo, menor número de folhas e pela presença de folhas eretas (ALMEIDA et al., 2000).

Segundo Almeida et al. (1998), ideotipo de cultivar moderno é o de plantas com maior número de folhas acima da espiga, com lâminas estreitas e eretas e com folhas pendentes na região mediana, para aumentar a eficiência na captação da energia solar. Em geral, as folhas acima da espiga são responsáveis por 50-80% da matéria seca acumulada nos grãos. Genericamente, os cultivares de ciclo mais curto exigem maior densidade de semeadura em relação a cultivares de ciclo mais longo para expressarem seu máximo rendimento. A razão desta diferença é que cultivares de ciclo mais curto geralmente apresentam plantas de menores alturas e com menor massa. Estas características morfológicas determinam menor sombreamento dentro da cultura, possibilitando com isto um menor espaçamento entre plantas, para melhor aproveitamento de luz. Mesmo entre os grupos de cultivares superprecoce, precoce ou de ciclo normal, há diferença quanto à densidade ótima de plantio (ALMEIDA et al., 2000; SANGOI et al., 2003; SANGOI et al., 2002d).

O aumento da população de plantas pode contribuir para a correta exploração do ambiente e do genótipo, com conseqüências no aumento do rendimento de grãos do milho. A população ótima para um determinado híbrido ou variedade seria aquela a qual obtém-se a maior produtividade. Para cada cultivar, região, época de semeadura e fertilidade do solo, tem-se a população ótima, portanto, todos esses fatores devem ser trabalhados em conjunto (NOVAIS, 1970).

Pereira (1991) cita que a população ótima depende do cultivar, da fertilidade de solo, disponibilidade hídrica e época de semeadura. Assim, a produtividade tende a aumentar com a elevação da população, até atingir um certo número de plantas por área que é considerada a população ótima, e após esse ponto, a produtividade decresce. Em populações menores, ocorre uma certa compensação através do aumento no número de espigas

devido a prolificidade do material, e/ou variação no tamanho da espiga, o que pode minimizar a diferença da produtividade. Para Viana et al. (1983), a população ótima é aquela em que o número de plantas é capaz de explorar de maneira mais eficiente e completa uma determinada área do solo.

Dessa forma, o aumento da densidade populacional procura saturar o campo com plantas em disposição que intercepte o máximo de radiação solar, fixando sua energia quimicamente pela fotossíntese e promovendo maior translocação de fotoassimilados para os grãos. Assim, o número ideal de plantas por hectare é variável em virtude de que a planta de milho altera o rendimento de grãos de acordo com o grau de competição intraespecífica proporcionado pelas diferentes densidades de plantas (SILVA et al., 1999). Acima da densidade ideal, a atividade fotossintética da cultura e a eficiência de conversão dos fotoassimilados à produção de grãos pode ser reduzida em função do excesso de sombreamento, favorecendo a esterilidade feminina, aumentando o intervalo entre os florescimentos masculino e feminino e reduzindo o número de grãos por espiga (SANGOI et al. 2003). Nesse sentido, o rendimento de grãos por unidade de área aumenta com a elevação na densidade de plantas até que o incremento no rendimento devido ao aumento de plantas seja inferior ao declínio do rendimento médio por planta, ponto em que se define a densidade ótima (SANGOI, 2001; SANGOI et al., 2003).

Portanto, a densidade ótima é variável para cada situação conforme já mencionado, e os fatores que exercem maiores influências são a escolha do cultivar, as condições edafoclimáticas do local de cultivo e de manejo da lavoura. Pode ser definida como o número de plantas capaz de explorar de maneira mais eficiente os recursos ambientais de uma determinada área, para se obter o maior rendimento possível (ENDRES; TEIXEIRA, 1997). Em baixas densidades, a produção individual por planta é máxima, mas o rendimento por área é pequeno. A espiga é grande e o colmo é forte. Aumentando-se a densidade, a produção individual tende a declinar, mas o rendimento por área aumenta, até alcançar um máximo, quando ambos, produção individual e produção por área declinam (FORNASIERI FILHO, 1992).

Para Sangoi et al. (2001), a população ideal para maximizar a produtividade de grãos de milho varia de 30000 a 90000 plantas ha⁻¹, dependendo da disponibilidade hídrica, fertilidade do solo, ciclo do genótipo, época de semeadura e

espaçamento entre linhas de semeadura. Quando o número de indivíduos por área é superior à população ótima, há uma série de conseqüências negativas para a formação da espiga, que podem levar à esterilidade.

Dourado Neto et al. (2001) propuseram uma representação gráfica para o comportamento da produção de grãos por planta e por área com o aumento da densidade populacional em milho. Segundo os autores, a produção de grãos por unidade de área aumenta linearmente com o aumento da população de plantas (fase A) até um determinado ponto denominado “ponto crítico”, conforme demonstrado na Figura 1. Em populações abaixo desse ponto crítico, a produção de grãos por unidade de planta permanece constante, pois não ocorre competição intraespecífica por água, luz e nutrientes. Acima do ponto crítico começa ocorrer competição intraespecífica e a produção por planta decresce e a produção por área aumenta de forma quadrática (fase B) até chegar a um outro ponto, que é denominado ponto de máxima produção por área. A população correspondente a esse ponto é a ideal para a combinação genótipo-ambiente. Em populações além desse ponto de máxima, a perda de produção individual é superior ao ganho com aumento de plantas por área, proporcionando dessa forma, queda da produtividade por hectare (fase C).

A definição da melhor densidade de plantas para a obtenção de maiores produtividades de grãos também pode variar juntamente com as oscilações das condições climáticas do ano agrícola, podendo em alguns anos, não serem detectadas diferenças na produtividade de grãos em função da variação da densidade de 55 a 99 mil plantas ha^{-1} e em outros anos, constatar incremento na produção com o aumento na densidade de plantas, conforme relatado por Resende et al (2003).

Outros estudos têm mostrado respostas quadráticas com aumento da população de plantas com o máximo em torno de 70000 plantas ha^{-1} (NAFZIGER, 1994; THOMISON; JORDAN, 1995; COX, 1996). Entretanto, é importante ressaltar que maiores populações podem ser utilizadas em situações com melhores condições para o cultivo, com maiores investimentos em insumos e tecnologia para produção, sem restrições de água e nutrientes (KARLEN; CAMP, 1985; PEIXOTO et al., 1997; SILVA et al., 1999; FLESCHE; VIEIRA, 2004).

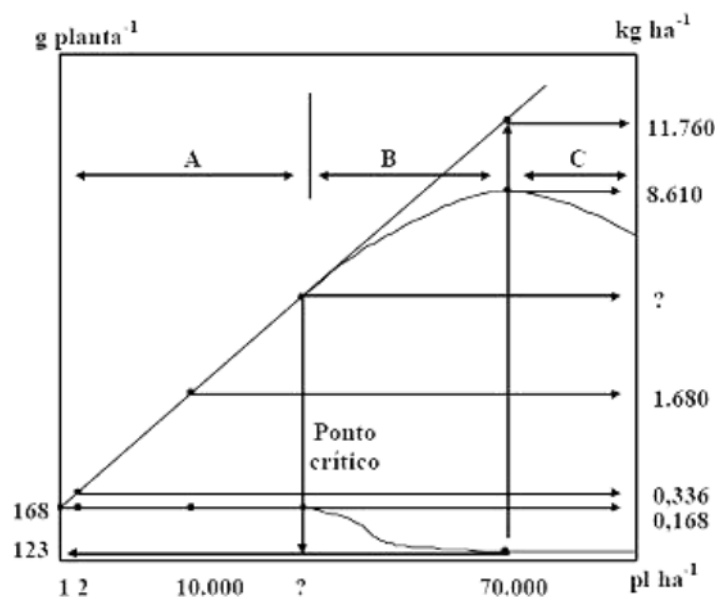


Figura 1 – Produção por unidade de planta (g planta^{-1}) e por unidade de área (kg ha^{-1}) em função da população de plantas (plantas ha^{-1}) (DOURADO NETO et al., 2001).

Aumentos na tolerância de diversos híbridos contemporâneos ao adensamento, em relação aos genótipos utilizados no passado, têm sido reportados na literatura, em diferentes regiões produtoras de milho (DUVICK; CASSMAN, 1999; SANGOI et al., 2002b). Grande parte deste avanço foi obtido utilizando-se como critério de seleção o rendimento de grãos das futuras cultivares em populações superiores às normalmente recomendadas (ARGENTA et al., 2003; BOLANOS E EDMÉADES, 1996). Deste modo, a melhor exploração do potencial produtivo do material através do aumento da densidade populacional pode ser enfatizada pelo lançamento de cultivares de menor porte, folhas menores e eretas.

Este tipo de arquitetura de plantas faz com que a cultura tenha potencialmente melhores condições de apresentar um índice de produção satisfatório, mesmo em condições de elevada densidade populacional (ALMEIDA et al., 2000). Esta arquitetura de plantas, que caracteriza a maioria dos híbridos superprecoces, pode contribuir para aumentar sua eficiência de uso da radiação solar quando semeados em altas densidades pois a presença de menor número de folhas, de folhas mais eretas e de menor área foliar reduz o nível de

interferência de uma planta sobre a outra, proporcionando benefícios ao rendimento com a utilização de maior número de indivíduos por área (TOLLENAAR et al., 1997). Isso se deve ao fato de, geralmente, apresentarem menor área foliar por planta e melhor penetração de luz dentro do dossel da cultura (SANGOI, 2001), que proporciona aumento da eficiência fotossintética conforme demonstrado no trabalho de Long et al. (2006).

Esse processo ocorre porque a precocidade está positivamente correlacionada com redução na estatura de planta e na área foliar. Dessa forma, fica comprovado que há necessidade de maior número de indivíduos por área quando se utilizam cultivares precoces para gerar um índice de área foliar capaz de potencializar a interceptação da radiação solar (SANGOI, 2001). Este comportamento também é observado em genótipos compactos, como observado no trabalho de Milani et al. (1999), em que foram avaliadas 300 progênies de meios irmãos com arquitetura “braquítica” em três densidades de semeadura. Este genótipo se mostrou adaptado às condições de adensamento, demonstrado pelo aumento de rendimento com a elevação do número de plantas por área.

Esta necessidade de aumento da densidade de plantas para a maximização da produtividade em híbridos de milho mais novos também foi observada por Sangoi et al. (2002d). Neste trabalho, os autores relataram que as populações ótimas para maximizar a produtividade de grãos foram 71000, 79000 e 85000 plantas ha^{-1} para os híbridos AG 12, AG 303 e DKB 929, disponibilizados comercialmente nas décadas de 70, 80 e 90, respectivamente. O nível máximo de produtividade do híbrido mais antigo e do mais recente foi semelhante, em torno de 9500 kg ha^{-1} . Essa necessidade de maiores populações para maximizar a produtividade também é reportada por Tollenaar e Aguilera (1992).

Com relação à época de semeadura, experimentos realizados na safrinha em 1993 por Duarte et al. (1994) na região do Médio Vale do Paranapanema, no estado de São Paulo, não indicaram interação entre cultivares e população de plantas, com os melhores rendimentos foram obtidos entre 33333 e 50000 plantas ha^{-1} . Praticamente não houve efeito do aumento da densidade de plantas sobre o rendimento de grãos, e a média de rendimento esteve próxima a 2000 kg/ha em dois experimentos. No entanto, Shioga et al. (1999) em trabalho desenvolvido no Paraná, verificaram que apenas nos locais onde os rendimentos médios do milho safrinha foram próximos aos do milho cultivado em época normal, em torno de 6000 kg ha^{-1} , que os rendimentos do milho safrinha continuaram

aumentando em populações superiores a 44444 plantas ha^{-1} . No Rio Grande do Sul o aumento da densidade de plantas foi vantajoso somente na semeadura de outubro, obtendo-se maiores rendimentos de grãos na densidade de 70000 plantas ha^{-1} nos experimentos de Silva et al. (1999), instalados nos meses de agosto, outubro e dezembro, nas densidades de 50000, 70000, 90000 e 110000 plantas ha^{-1} . Os autores observaram que os quatro híbridos estudados responderam de forma quadrática ao aumento da densidade de plantas, aumentando o rendimento de grãos com a elevação da densidade de 50000 para 70000 plantas ha^{-1} e diminuindo nas densidades 90000 e 110000 plantas ha^{-1} .

Segundo Paterniani (1978), a utilização de um menor número de plantas por hectare leva à tendência de produção de espigas maiores e, um índice de espigas mais elevado, sendo que o número e tamanho das espigas tende a diminuir em plantios mais densos. De acordo com Merotto Júnior et al. (1997), o uso de altas populações de plantas demonstra-se viável para aumentar o rendimento de grãos. Isto é proporcionado pelo aumento do número de espigas por área, que compensou a redução da massa dos grãos e do número de espigas por planta. Comparando diferentes populações de quatro híbridos precoces, Reddy et al. (1987) obtiveram maiores produtividades de grãos com 76000 plantas ha^{-1} . Aumentos na população de 59200 a 88800 plantas ha^{-1} proporcionaram decréscimos no tamanho de espiga, no número de grãos por espiga e no peso de 100 grãos.

Ao avaliar o efeito da densidade de semeadura sobre a produção de sementes, Brasil et al. (1996) concluíram que os componentes de produtividade número de plantas acamadas e quebradas e percentual de refugo na classificação por peneiras aumentaram significativamente com o aumento do estande, mas não influenciaram na altura de planta, altura de inserção da espiga e número de fileiras de grãos. Argenta et al. (2001b), que também encontraram redução nos componentes da produção com aumento da população de plantas de 50000 plantas ha^{-1} para 65000 plantas ha^{-1} , comentaram que tais perdas foram compensadas por um maior número de plantas por área, pois a produtividade de grãos não foi afetada.

Apesar de ocorrerem ganhos de produtividade com o aumento da população de plantas, normalmente os componentes da produção massa de mil grãos, número de grãos por espiga e número de espigas por planta são afetados negativamente (PALHARES,

2003; SILVA et al., 1999; PENARIOL et al., 2003), independente do ciclo do híbrido (FLESCH; VIEIRA, 2004).

A prolificidade ou índice de espiga (número médio de espigas por planta) é outro caráter influenciado pela população de plantas. Segundo Arriel (1991) esse é um tema controvertido, pois na menor densidade, devido a uma competição menos intensa, as plantas expressam o caráter com maior intensidade. Contudo, esses materiais em densidades maiores geralmente não mantêm a expressão do caráter (SILVA et al., 1999; ARGENTA et al., 2001b; FLESCH; VIEIRA, 2004; PENARIOL et al., 2003) o que é indesejável. Assim alguns autores preferem avaliar a prolificidade em altas densidades, pois os materiais que forem prolíficos nessa condição quase certamente o serão quando submetidos a populações menores. Dozza (1997), avaliando a expressão dos caracteres prolificidade e produção de grãos em diferentes populações, concluiu que maiores densidades de semeaduras proporcionam maiores produtividades e menores densidades levam à expressão de prolificidade das plantas.

Pereira (1991), ao verificar o comportamento de três cultivares de milho nas densidades de 20000, 40000 e 60000 plantas ha^{-1} , observou que a produtividade aumentou linearmente com a elevação do número de plantas por área. No entanto, ocorreu uma certa compensação pela maior prolificidade das menores populações, o que contribuiu para que a diferença na produtividade não fosse tão acentuada. Segundo Coors e Mardones (1989), ao se relacionar a expressão do caráter prolificidade com a população de plantas, observa-se que o tamanho das espigas decrescem, significativamente, com a utilização de menores espaçamentos. Os autores justificam tal fato pela maior competição por água, luz e nutrientes nas semeaduras mais adensadas.

Flesch e Vieira (2004) relataram que aumentos da população de 50000 plantas ha^{-1} até 90000 plantas ha^{-1} , proporcionaram redução nos componentes da produção, mas a produtividade de grãos foi compensada por aumentar o número de espigas na área. Esse aumento de produtividade é esperado, pois a produtividade de grãos é determinada basicamente pelo número de grãos por área e, em menor escala, pela massa individual dos grãos (RICHARDS, 2000). Por outro lado, em lavouras com baixas populações de plantas, o limite genérico no número e tamanho de espiga pode reduzir a produtividade de grãos suficientes ao potencial do ambiente (STAGGENBORG et al., 1999).

A população de plantas também afeta outros caracteres da planta de milho, com diversas alterações fisiológicas e morfológicas e respostas diferentes para cada cultivar. As espigas ficam menores, aumenta o número de plantas sem espiga, dentro de certos limites as plantas tendem a apresentar maior altura e maior uniformidade, os colmos ficam mais finos (PENARIOL et al, 2003; PALHARES, 2003; SANGOI et al., 2002b), que juntamente com a maior estatura de plantas e a maior distância entre o ponto de inserção da espiga no colmo, causada pela alta densidade (BRACHTVOGEL, 2008; ARGENTA et al., 2001b), contribuem para o aumento do acamamento (BRACHTVOGEL, 2008; ARGENTA et al., 2001a; FORNASIERI FILHO, 1992). Isto ocorre porque o incremento na densidade de plantas reduz a disponibilidade de fotoassimilados para o enchimento dos grãos e manutenção das demais estruturas do vegetal (SANGOI et al., 2000b). Após a floração, o fluxo de fotossintetizados da planta é direcionado prioritariamente aos grãos. Quando o aparato fotossintético não produz carboidratos em quantidade suficiente para a manutenção de todos os drenos, a maior demanda exercida pelos grãos por estes produtos leva os tecidos da raiz e da base do colmo a senescerem precocemente, fragilizando estas regiões. Materiais de pequeno porte podem ser cultivados em maiores densidades em função do baixo índice de quebramento e acamamento do colmo (MUNDSTOCK, 1978). Também outros pesquisadores como Nielsen (1988) e Milani et al. (1999) constataram que estes índices são muito influenciados pela densidade de semeadura. Neste último trabalho, foi verificado que o aumento da densidade provocou um considerável incremento no índice de acamamento.

Com o aumento da população de plantas, reduz-se a área foliar das plantas de milho, independente do híbrido utilizado (SANGOI et al, 2002b; PALHARES, 2003), que pode implicar em redução da fotossíntese, resultando em menor disponibilidade de fotoassimilados para o enchimento de grãos e manutenção das demais estruturas do vegetal (SANGOI et al., 2000a). Apesar disso, nas maiores populações há um maior número de plantas por área que compensam a perda individual, aumentando o índice de área foliar (IAF) com aumento da população de plantas (MADDONNI et al., 2001; SILVA et al., 1999). Este fato é importante, pois o IAF está diretamente relacionado com a produtividade de grãos (BENINCASA; LEITE, 2002), sendo apontado como o ótimo ao redor de 5 (VIEIRA JÚNIOR, 1999). Sangoi et al. (2001) concordam com a importância do IAF na interceptação

da radiação, mas salientam que a maior atenção deve ser dada à eficiência da utilização dessa radiação solar interceptada.

Dentro deste contexto, a disponibilidade de água é outro importante fator que afeta a escolha da densidade ótima de plantas (LOOMIS; CONNORS, 1992). A época mais crítica da planta de milho à deficiência hídrica situa-se no período entre duas a três semanas compreendidas ao redor do espigamento. Quando há alta probabilidade de falta de água nesta fase, deve-se diminuir a densidade para que o solo possa suprir as plantas com suas reservas hídricas (MUNDSTOCK, 1977). Alguns trabalhos mostram que densidades mais elevadas só devem ser recomendadas sob condições de alta precipitação pluvial ou sob irrigação e com alto nível de manejo (SILVA et al., 1999), pois com maior densidade aumenta-se o índice de área foliar e, conseqüentemente, o consumo de água. Recomenda-se a utilização de populações menores, em locais sujeitos ao déficit hídrico, em relação às regiões onde normalmente ocorre precipitação satisfatória para a cultura do milho (VIANA et al., 1987). Em situações como no milho safrinha, em que a disponibilidade hídrica é menor e os problemas com acamamento e quebramento são maiores, a densidade de semeadura deve ser menor do que na época normal (DUARTE; CRUZ, 2001). Essa é uma afirmativa com base em cultivares existentes, o que não impede que o melhoramento do milho para safrinha encontre cultivares adaptados ao aumento de densidade populacional.

A necessidade nutricional das plantas é outro aspecto a ser considerado na escolha de densidade de plantas, pois a cultura do milho é muito exigente em fertilidade do solo. O milho responde progressivamente ao aumento da adubação, desde que os demais fatores estejam em níveis ótimos, sendo que o nitrogênio é o nutriente ao qual apresenta maior resposta de aumento de rendimento de grãos. Trabalhos com genótipos, densidades de planta e níveis de fertilidade do solo evidenciam que à medida que se eleva a densidade de plantas, são necessárias maiores doses de nutrientes. Por outro lado, com baixa disponibilidade de nutrientes, na qual se espera menor rendimento de grãos, a densidade ótima recomendada deve ser reduzida (MUNDSTOCK, 1977).

4.3 – Efeitos secundários ou “fisiológicos” do uso de fungicidas

As práticas agrícolas, do ponto de vista fisiológico, visam maximizar a eficiência fotossintética das culturas e direcionamento dos fotoassimilados para a formação de grãos e outros elementos de produção, ao invés do gasto não produtivo de energia.

As infecções causadas por fungos debilitam a eficiência das culturas, reduzindo a área de tecido disponível para atividade fotossintética e inibindo a translocação de assimilados, das áreas de fonte para os drenos (grãos, frutos). As doenças também desviam os fotoassimilados para um consumo improdutivo, seja ele para o crescimento e metabolismo fúngico, reações de defesa da planta e respiração dos tecidos lesionados, a qual pode ser consideravelmente maior do que tecidos saudáveis. O ataque de fitopatógenos apresenta, deste modo, impacto forte em muitos dos processos fisiológicos das plantas, os quais são importantes para produção e qualidade, sendo que o tratamento com fungicidas eficientes previne estes distúrbios funcionais nas plantas. Nesse sentido, a contribuição mais importante para a agricultura da piraclostrobina, molécula do grupo químico das estrobirulinas, é derivada do amplo espectro de ação fungicida (AMMERMAN et al., 2000 apud VENANCIO et al., 2003). Contudo, pelo fato da planta absorver uma certa quantidade do fungicida aplicado, mudanças no metabolismo e crescimento da planta podem ocorrer, sem qualquer relação com a defesa da planta contra o ataque de fungos. Em experimentos de campo com cereais tratados com piraclostrobina, tem sido observado incrementos de produtividade significativamente maiores do que aqueles devido somente ao efeito fungicida (KÖHLE et al., 2002). Assim, o fungicida apresenta efeito adicional na fisiologia da cultura, o que leva a uma influência positiva na formação da produção. Estes efeitos de fungicidas do grupo químico das estrobirulinas foram inicialmente descritos para a molécula Kresoxim-methyl e algumas das complexas relações dinâmicas no processo de formação da produção foram amplamente discutidos (GROSSMANN; RETZLAFF, 1997).

As estrobilurinas representam uma classe relativamente nova de compostos naturais produzidos por fungos da ordem Basidiomycetes pertencente à espécie *Strobilurus tenacellus* (PARREIRA et al., 2009). A piraclostrobina é um fungicida do grupo químico das estrobirulinas e age inibindo a respiração mitocondrial pelo bloqueio da transferência de elétrons do complexo III (complexo bc₁) da cadeia transportadora de elétrons

na mitocôndria (AMMERMAN et al. apud VENANCIO et al., 2003). Como a respiração mitocondrial oferece energia necessária para o desenvolvimento do fungo causador da doença através da ligação do NADH acoplado ao transporte de prótons e a síntese de ATP, a estrobilurina reduz a produção de energia e conseqüentemente o crescimento do fungo (FAGAN, 2007). Considerando que o complexo bc1 existe em todos os organismos eucariotos, pelo menos uma inibição parcial do transporte de elétrons é esperada nas células vegetais que absorveram o fungicida. Como detectado para outras moléculas do grupo e compostos relacionados, a seletividade de inibidores respiratórios do grupo das estrobirulinas depende menos da diferença de sensibilidade dos complexos mitocondriais de diferentes fontes, principalmente em termos de biodisponibilidade ou abundância no alvo, o qual é modificado pela absorção, partição e degradação metabólica em processos dinâmicos. Portanto, no caso do grupo químico das estrobirulinas, os compostos variam em suas propriedades de acordo com suas propriedades biotecnológicas (KÖHLE et al., 1994 apud VENANCIO et al., 2003).

Uma influência transitória na mitocôndria da planta não resulta necessariamente em fitotoxicidade porque a toxicidade no organismo é determinada pela importância da respiração mitocondrial para o suprimento de energia, a qual varia com as condições ambientais e o estágio de desenvolvimento do organismo. Por exemplo, as estrobirulinas causam um nível de dano celular maior mensurado pela exudação de eletrólitos, quando discos foliares são incubados por algumas horas no escuro, comparados à incubação com presença de luz. Sem tratamento, os discos foliares controle não mostraram diferenças significativas de exudação, nas mesmas condições (KÖHLE et al., 2002).

Embora os efeitos das estrobirulinas nas plantas tenham sido estudados há alguns anos, não foram encontradas evidências de qualquer interação direta da piraclostrobina com outras enzimas ou sistemas receptores além dos quais envolvem a respiração mitocondrial (KÖHLE et al., 2002), mas sim efeitos indiretos.

O incremento na produção de biomassa e produtividade, obtido pela aplicação da piraclostrobina, até mesmo em plantas não afetadas por fungos, é de especial interesse para a agricultura. Ao contrário dos resultados encontrados para Kresoxim-methyl, as plantas tratadas com piraclostrobina tiveram pequena alteração no ponto de compensação de CO₂. Como um incremento de biomassa também requer maior assimilação de nitrogênio, a

atividade da enzima nitrato redutase, que cataliza o primeiro passo na assimilação do nitrato, é considerada como a causa para o efeito na produção causado pela piraclostrobina (KÖHLE et al., 2002).

Em um sistema modelo simples, com discos foliares de espinafre em soluções contendo estrobilurina, foi verificado que houve efeito significativo do Kresoxim-methyl na ativação da enzima nitrato redutase em um período curto de tempo, e uma completa inibição da inativação normalmente observada durante a noite (GLAAB; KAISER, 1999). A redução do nitrato para nitrito é tida como a etapa limitante ou “gargalo” na assimilação de nitrogênio. Köhle et al. (2002) reportaram incremento da atividade da enzima nitrato redutase durante a noite em plantas tratadas com piraclostrobina, cujo efeito persistiu por três noites após uma única aplicação do produto.

A estrobilurina Kresoxim-methyl promove a inibição da biossíntese do etileno através da redução da atividade da 1-aminociclopropano- 1- ácido carboxílico (ACC)-sintase em tecidos novos de trigo. Isso foi relacionado com o retardamento da senescência foliar e, conseqüentemente, prolongamento da atividade fotossintética nos tecidos verdes e melhor resposta a estresses (GROSSMANN; RETZLAFF, 1997; GROSSMANN et al., 1999).

Em culturas como a do trigo, o aumento da produção de etileno promove a senescência foliar e desencadeia o amadurecimento precoce dos grãos, pela redução da produção de fotoassimilados e do período de enchimento de grãos. A enzima chave para a biosíntese do etileno é a ACC-sintase, a qual converte S-adenosil-metionina a 1-aminociclopropano- 1- ácido carboxílico (ACC) (ABELES et al., 1992 apud VENANCIO et al., 2003). Em um trabalho conduzido sob condições de estresse e senescência em trigo, Köhle et al. (2002) confirmaram o efeito da piraclostrobina na diminuição da atividade da ACC-sintase e síntese de etileno, reduzindo significativamente a produção do mesmo.

A maior parte das informações sobre o efeito fisiológico das estrobilurinas em plantas se refere à cultura do trigo (*Triticum aestivum* L). Nesta cultura foi observado aumento do potencial antioxidante (YUE-XUAN; TIEDEMANN, 2001), diminuição na síntese de etileno (GROSSMAN; RETZLAFF, 1997) atraso na senescência foliar com incremento no período de atividade fotossintética (DIMMOCK; GOODING, 2002; YUE-XUAN; TIEDEMANN, 2001), aumento da atividade da enzima nitrato redutase (GLAAB; KAISER, 1999), incremento na taxa fotossintética e diminuição da taxa respiratória

(RETZLAFF, 1995 apud FAGAN, 2007). Seu efeito é também correlacionado com maior tolerância da planta a estresses abióticos devido a sua ação no metabolismo do ácido abscísico e de enzimas antioxidantes (GROSSMANN et al., 1999), que juntamente com os demais benefícios enumerados, podem favorecer o processo de acúmulo de fitomassa e produção de grãos.

No entanto, ainda não se tem dados específicos sobre esses efeitos dos fungicidas do grupo químico das estrobirulinas na cultura do milho. Existe carência de informações sobre a ação do produto no metabolismo da planta e aspectos morfológicos, como por exemplo, na atividade da enzima nitrato redutase e senescência foliar. Esses dados podem informar a contribuição da estrobilurina no incremento da atividade fisiológica da planta, principalmente nos estádios em que a cultura mais necessita de energia, como é o caso do período entre o florescimento e enchimento de grãos, e principalmente em condições de aumento da competição intraespecífica (estresse). Conseqüência do uso cada vez mais freqüente de maiores densidades populacionais na cultura do milho, a competição intraespecífica proporciona diminuição da atividade fisiológica da planta como um todo pelo aumento do sombreamento, acelerando a senescência foliar e reduzindo o acúmulo de fitomassa por planta.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 – Descrição do local do experimento

O experimento foi conduzido na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Produção Lageado da Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA/UNESP), Campus de Botucatu, localizada nas coordenadas geográficas 22° 49' S e 48°25'W, altitude de 770 m. O solo da área experimental foi classificado como Nitossolo Vermelho distroférico, estruturado, de textura argilosa por Carvalho et al. (1983) (EMBRAPA, 1999).

Anteriormente à instalação do experimento, realizou-se coleta de amostra de solo para análise química conforme metodologia descrita por Raij et al. (1996), cujos resultados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Resultado da análise química de solo da área utilizada no experimento

Profundidade (cm)	pH CaCl ₂	M.O. g dm ⁻³	P _{resina} mg dm ⁻³	Al ³⁺	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
				mmol _c dm ⁻³							
0 - 20	5,4	30	22	0	38	4,9	49	22	75	113	66

5.2 – Tratamentos e delineamento experimental

Os tratamentos consistiram de quatro populações de plantas de milho e dois prontos fungicida, um do grupo químico dos triazóis e outro das estrobirulinas, além de uma testemunha sem aplicação, combinados em esquema fatorial totalizando 12 tratamentos, conforme demonstrado na Tabela 2. As populações de plantas utilizadas foram de 40000, 60000, 80000 e 100000 plantas ha^{-1} , e os fungicidas utilizados foram um produto formulado a base de tebuconazol (triazol) e outro a base de piraclostrobina (estrobirulina) aplicados por meio de pulverizador de barra tratorizado especialmente adaptado para as condições do ensaio, nas doses e épocas indicadas na Tabela 3.

Tabela 2 – Descrição dos tratamentos utilizados no experimento, com as populações e respectivas áreas destinadas a cada planta, e os tratamentos com fungicidas empregados. Botucatu (SP), 2010.

Plantas ha^{-1} (m^2 planta $^{-1}$)	Fungicida (Aplicações x Dose em g i. a. ha^{-1})
40000 (0,250)	Testemunha sem aplicação
	Tebuconazol (2 x 150 g i. a. ha^{-1})
	Piraclostrobina (2 x 150 g i. a. ha^{-1})
60000 (0,166)	Testemunha sem aplicação
	Tebuconazol (2 x 150 g i. a. ha^{-1})
	Piraclostrobina (2 x 150 g i. a. ha^{-1})
80000 (0,125)	Testemunha sem aplicação
	Tebuconazol (2 x 150 g i. a. ha^{-1})
	Piraclostrobina (2 x 150 g i. a. ha^{-1})
100000 (0,100)	Testemunha sem aplicação
	Tebuconazol (2 x 150 g i. a. ha^{-1})
	Piraclostrobina (2 x 150 g i. a. ha^{-1})

Foi assumido que a molécula fungicida tebuconazol do grupo químico triazol não apresenta efeitos secundários ou “fisiológicos”, utilizando-se desta como uma testemunha relativa, conforme sugerido por Fagan (2007). Assim, foi possível quantificar isoladamente o efeito de possíveis infecções por doenças fúngicas, pela diferença do tratamento com tebuconazol e a testemunha absoluta sem aplicação; e os efeitos secundários ou “fisiológicos” nas plantas, por diferença do tratamento com piraclostrobina (ação fungicida

acrescido de efeitos secundários ou “fisiológicos”) e o tratamento com tebuconazol (ação fungicida somente).

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, com quatro repetições, e os tratamentos aplicados em parcelas de 5 linhas espaçadas a 0,80 m x 18 m de comprimento. Foi utilizado o híbrido simples de milho DOW 2B587, cujas características são ciclo precoce, porte baixo, arquitetura de folhas normal e grãos de coloração amarelo alaranjado com textura semidentada, com resistência moderada às doenças fúngicas ferrugem comum (*Puccinia sorghi*), mancha de phaeosphaeria (*Phaeosphaeria maydis*), cercosporiose (*Cercospora zea maydis*) e mancha de bipolaris (*Bipolaris maydis*), e susceptibilidade moderada a helmintosporiose (*Exserohilum turcicum*) e ferrugem polissora (*Puccinia polysora*).

Tabela 3 – Detalhamento dos tratamentos com fungicidas utilizados no experimento, com os ingredientes ativos, doses, épocas de aplicação e especificações. Botucatu (SP), 2010.

Tratamento	Épocas de aplicação		Especificações e dosagem por aplicação (g i. a. ha ⁻¹)
	1º aplicação (Estádio V15)	2º aplicação (Estádio R2)	
Testemunha	-	-	Testemunha absoluta sem aplicação.
Tebuconazol	Triazol (Tebuconazol)	Triazol (Tebuconazol)	Testemunha relativa. Tratamento visando quantificar danos ocasionados por eventuais doenças. (150 g i. a. ha ⁻¹ em calda de 200 L ha ⁻¹)
Piraclostrobina	Estrobirulina (Piraclostrobina)	Estrobirulina (Piraclostrobina)	Tratamento visando verificar ganhos ocasionados por efeitos secundários na fisiologia da planta. (150 g i. a. ha ⁻¹ em calda de 200 L ha ⁻¹)

5.3 – Preparo da área

A área utilizada foi previamente ocupada pela cultura da soja e posteriormente, antes da instalação do ensaio, com a cultura da aveia preta, ambas em plantio direto. Um mês antes da semeadura, foi realizada a dessecação da área com herbicida glifosato

na dosagem de 1440 g i.a. ha⁻¹. Os tratamentos foram implantados com auxílio de uma semeadora-adubadora para sulcagem e distribuição do fertilizante (350 kg ha⁻¹ da fórmula NPK 08-28-16) (RAIJ et al., 1996). A distribuição e cobertura das sementes foram feitas manualmente em 19/12/2008. A emergência das plântulas ocorreu no dia 26/12/2008.

5.4 – Tratos culturais

O controle de plantas invasoras foi realizado através de aplicação de herbicida em pós-emergência com o ingrediente ativo nicosulfuron, na dose de 16g i.a. ha⁻¹, mais 1250 g i.a. ha⁻¹ de atrazine, doze dias após a emergência das plântulas. Para controle da lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*), foi utilizado um produto formulado à base do ingrediente ativo Spinosad, na dose de 25g ha⁻¹. Em ambas as aplicações foi empregado pulverizador de barra tratorizado com volume de calda de 200 l ha⁻¹.

As adubações nitrogenada e potássica em cobertura foram realizadas segundo os critérios preestabelecidos por Raij et al. (1996) em 23/01/2009, quando as plantas apresentavam 6 folhas totalmente desdobradas, tendo como fontes o sulfato de amônio e o cloreto de potássio nas doses de 100 kg N ha⁻¹ e 60 kg K₂O ha⁻¹, respectivamente.

A colheita para estimativa da produtividade de grãos foi realizada com auxílio de uma colhedora de parcelas em 11/04/2009 em 5 metros de comprimento da área útil da parcela, observando-se o descarte da área útil destinada a coletas de material para demais análises.

5.5 – Caracterização do clima e dados climatológicos

O clima da região é, segundo a caracterização de Köppen, do tipo Cwa, tropical úmido, com inverno seco (junho a agosto) e verão chuvoso (dezembro a fevereiro). A Figura 2 contém os dados climatológicos relativos ao período experimental de novembro de 2008 a maio de 2009, coletados no posto meteorológico pertencente ao Departamento de Recursos Naturais/Ciências Ambientais da FCA/UNESP, Campus de Botucatu, SP.

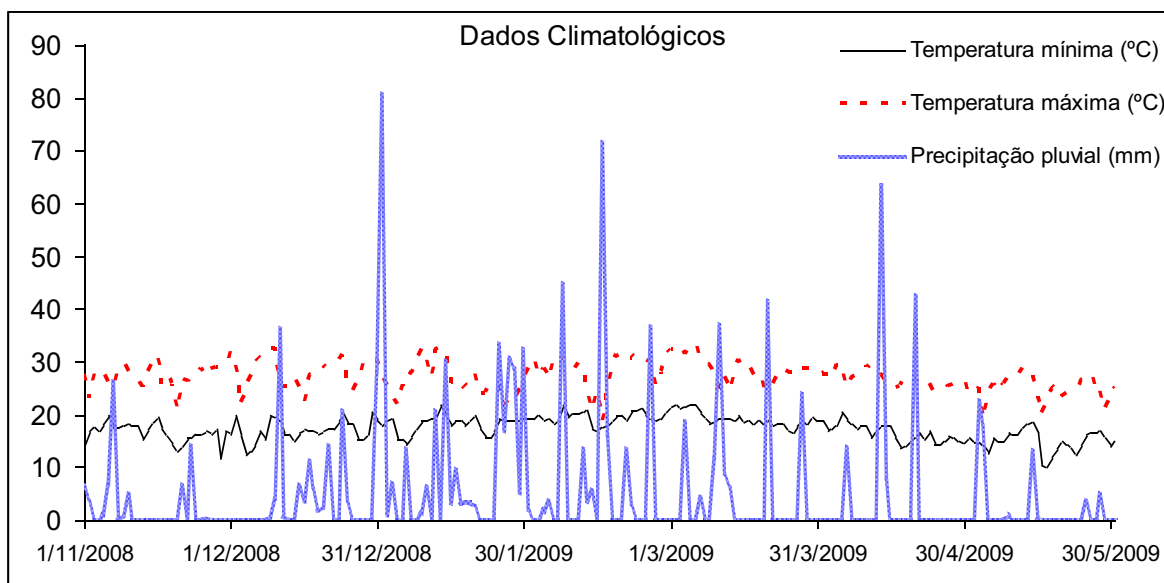


Figura 2 – Dados climatológicos do período de novembro de 2008 a maio de 2009. Botucatu (SP), 2010.

5.6 – Avaliações

5.6.1 - Diagnose foliar

A fim de avaliar o estado nutricional das plantas, foram coletadas folhas para diagnose de 10 plantas por parcela, segundo procedimentos descritos por Malavolta et al. (1997), que em seguida, foram secas em estufa de circulação forçada de ar à 60° C até massa constante, e processadas em moinho. O material seco e moído foi analisado no Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Recursos Naturais/Ciência do Solo, da FCA/UNESP, para determinação dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn.

5.6.2 - Características morfológicas

5.6.2.1 - Altura das plantas

A altura de plantas (A) correspondeu à distância média, em centímetros, entre a superfície do solo e a folha bandeira, tomada aleatoriamente de 10 plantas da área útil de cada parcela, no florescimento.

5.6.2.2 - Altura de inserção de espiga

A altura de inserção de espiga (AIE) correspondeu distância média, em centímetros, entre a superfície do solo e a base da inflorescência feminina superior, tomada nas mesmas plantas a que se refere o item 5.6.2.1.

5.6.2.3 - Relação entre altura da espiga e altura da planta

A relação entre altura da espiga e altura da planta (AIE/A) foi obtida pela razão entre altura de inserção de espiga e altura da planta, tomada a partir das mesmas plantas a que se referem os itens 5.6. 2.1 e 5.6. 2.2, e efetuando-se a média.

5.6.2.4 - Diâmetro do colmo

O diâmetro do colmo (D) correspondeu ao diâmetro médio, em milímetros, do primeiro entrenó acima do colo da planta, tomado nas mesmas plantas a que se refere o item 5.6. 2.1.

5.6.2.5 - Gramatura foliar (GRA)

A gramatura foliar, também chamada de massa específica da folha ou relação massa/área foliar, foi determinada por amostragem de 20 discos foliares de área conhecida na porção central do limbo foliar, de folhas escolhidas aleatoriamente em quatro plantas por parcela, com posterior secagem em estufa de circulação de ar a 60 °C até massa constante, medida em balança analítica com precisão de 0,0001 g. A determinação foi

realizada no florescimento (GRAf) e na maturidade fisiológica (GRAM), e expressa em g cm^{-2} de folha.

5.6.2.6 - Índice de área foliar (IAF)

Para determinação do índice de área foliar, a massa de matéria seca de folhas com menos de 50% de sua área visivelmente senescidas foram determinadas no florescimento e na maturidade fisiológica pela secagem em estufa de circulação forçada de ar a 60°C até massa constante, dividindo-se pela gramatura (item 5.6.2.5), obtendo-se a área foliar por planta. O índice de área foliar foi determinado indiretamente pela área foliar média de quatro plantas provenientes da área útil da parcela dividindo-se pela área destinada à planta em cada tratamento, nos estádios fenológicos florescimento (IAFf) e na maturidade fisiológica (IAFm).

5.6.2.7 - Índices de persistência e de senescência foliares

O índice de persistência foliar foi calculado pela expressão IAFm/IAFf , e o índice de senescência foliar pela expressão $(\text{IAFf} - \text{IAFm})/\text{IAFf}$, ambos IAFf e IAFm descritos no item 5.6.2.6. Ambos os índices de persistência e senescência foliar foram representados por $\text{IAF}(m/f)$ e por $\text{IAF}(m-f)/f$, respectivamente.

5.6.2.8 - Massa de matéria seca por planta e por área

A massa de matéria seca por planta, em gramas, foi obtida pela média da massa de matéria seca de quatro plantas provenientes da área útil da parcela, no florescimento [MS/PL(f)] e na maturidade fisiológica [MS/PL(m)], com secagem em estufa de circulação de ar a 60 °C até massa constante, medida em balança analítica com precisão de 0,01 g. As massas de matéria seca por área no florescimento [MST(f)] e na maturidade fisiológica [MST(m)] foram estimadas indiretamente pela multiplicação da massa de matéria seca por planta nos respectivos estádios fenológicos e a população correspondente ao tratamento, e expressos em kg ha^{-1} .

5.6.2.9 - Porcentagem de plantas acamadas e/ou quebradas

O número de plantas da área útil de cada parcela com ângulo superior à 45° com a vertical e/ou quebras abaixo da inserção da espiga, foi expresso em porcentagem de plantas acamadas e/ou quebradas (% PA).

5.6.3 - Características de espiga e componentes de produção

5.6.3.1 - Comprimento de espiga

O comprimento de espiga (CE) correspondeu ao comprimento médio de 10 espigas provenientes da área útil de cada parcela, tomado em centímetros.

5.6.3.2 - Número de fileiras de grãos por espiga

O número de fileiras de grãos por espiga (NF) foi contado nas mesmas espigas a que se refere o item 5.6.3.1, efetuando-se a média para cada parcela.

5.6.3.3 - Diâmetro da espiga

O diâmetro da espiga (DE) correspondeu ao diâmetro médio, em milímetros, da porção central das espigas a que se refere o item 5.6.3.1.

5.6.3.4 - Diâmetro do sabugo

O diâmetro do sabugo (DE) correspondeu ao diâmetro médio, em milímetros, da porção central dos sabugos das espigas a que se refere o item 5.6.3.1.

5.6.3.5 - Comprimento do grão

O comprimento do grão (CG) foi estimado indiretamente pela diferença entre diâmetro da espiga (item 5.6.3.3) e diâmetro do sabugo (item 5.6.3.4) e o resultado dividido por dois.

5.6.3.6 - Massa de mil grãos

A massa de mil grãos (1000 G) foi determinada segundo metodologia descrita por BRASIL (1992), com teor de água dos grãos corrigido para 13%.

5.6.3.7 - Massa de grãos por espiga

A massa de grãos por espiga (MGE) foi obtida a partir da pesagem dos grãos das espigas a que se refere o item 5.6.3.1, com teor de água dos grãos corrigido para 13%, medida em balança analítica com precisão de 0,01 g, e efetuando-se a média.

5.6.3.8 - Número de grãos por espiga

O número de grãos por espiga (NGE) foi estimado indiretamente pela razão da massa de grãos por espiga (item 5.6.3.7) e a massa de mil grãos (item 5.6.3.6).

5.6.3.9 - Número de espigas por hectare

O número de espigas por hectare (NEH) foi estimado indiretamente multiplicando-se a população final (item 5.6.3.11) e o índice de espiga (item 5.6.3.12).

5.6.3.10 - Número de grãos por hectare

O número de grãos por hectare (NGH) foi estimado indiretamente multiplicando-se o número de grãos por espiga (item 5.6.3.8) pelo número de espigas por hectare (item 5.6.3.9).

5.6.3.11 - População final

A população final (PF) foi obtida pela contagem das plantas na área útil da parcela, considerando-se inclusive as plantas acamadas e/ou quebradas, transformando-se a população obtida para a correspondente por hectare.

5.6.3.12 - Índice de espiga

O índice de espiga (IE) foi determinado pela razão entre número de espigas produtivas e número de plantas da área útil da parcela.

5.6.3.13 - Índice de colheita

O índice de colheita (IC) foi determinado, na maturidade fisiológica, pela razão entre a média de produção de grãos e a média de produção de massa de matéria seca da parte aérea de quatro plantas provenientes da área útil da parcela, com secagem em estufa de circulação de ar à 60 °C até massa constante, medida em balança analítica com precisão de 0,01 g.

5.6.3.14 - Produtividade

A produtividade de grãos (P) foi obtida a partir da colheita e pesagem de grãos provenientes das espigas da área útil de cada parcela, determinando-se o teor de água pelo método gravimétrico (BRASIL, 1992), para obter-se este componente em kg ha⁻¹, calculado em equivalente a 13% de umidade.

5.6.4 - Acúmulo de nutrientes

O teor dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn, Zn e B na parte aérea das plantas de milho foram mensurados de acordo com metodologia descrita por Malavolta et al. (1997) em colmos, folhas e espigas na fase de florescimento e em colmos, folhas, espigas e grãos na maturidade fisiológica, a partir de uma amostra da totalidade das respectivas partes de quatro plantas da área útil por parcela. O acúmulo destes foi obtido pela multiplicação da massa de matéria seca de cada fração da planta pelo respectivo teor do nutriente, e somados para obtenção do total por planta, expressos em gramas por planta (g pl⁻¹) para macronutrientes e miligramas por planta (mg pl⁻¹) para micronutrientes. De posse destes valores foram efetuados os cálculos para as seguintes variáveis:

5.6.4.1 - Acúmulo de nutrientes no período de enchimento de grãos (ANE)

O acúmulo de nutrientes relativo ao período de enchimento de grãos foi calculado para os nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn, Zn e B, em colmos, folhas, espigas, grãos e o total por planta. Foi obtido a partir da diferença da quantidade do nutriente contida na maturidade fisiológica e a quantidade do nutriente contida no florescimento na respectiva parte da planta, e o resultado expresso em mg pl^{-1} .

5.6.4.2 - Relação entre quantidade do nutriente acumulado após o florescimento e a quantidade previamente absorvida (RAF)

A relação entre quantidade do nutriente acumulado após o florescimento e a quantidade previamente absorvida foi calculada para os nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn, Zn e B, em colmos, folhas, espigas, grãos e o total por planta. Esta relação foi obtida a partir da razão do acúmulo do nutriente no período de enchimento de grãos (item 5.6.4.1) e a quantidade do nutriente contida no florescimento das respectivas partes da planta, com o resultado multiplicado por cem para expressão da mesma em porcentagem.

5.6.4.3 - Eficiência de uso (EU)

A eficiência de uso de nutrientes foi obtida a partir da razão entre a massa de grãos produzidos e a respectiva quantidade do nutriente fornecido, ambos em gramas por planta, calculada para os nutrientes N, P e K.

5.6.4.4 - Eficiência de absorção (EA)

A eficiência de absorção de nutrientes foi obtida a partir da razão entre a quantidade do nutriente fornecido e a quantidade do nutriente absorvido, por planta, calculada para os nutrientes N, P e K.

5.6.4.5 - Porcentagem do acumulado total ocorrida após o florescimento (AAF)

A porcentagem do total do nutriente acumulado que foi absorvido após

o florescimento foi calculada para os nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn, Zn e B, e obtida a partir da razão entre o acúmulo do nutriente total por planta no período de enchimento de grãos (item 5.6.4.1) e a quantidade do nutriente contida na maturidade fisiológica, com o resultado multiplicado por cem para expressão da mesma em porcentagem.

5.6.4.6 - Porcentagem do acumulado total relativa aos grãos (RG)

A porcentagem do total do nutriente acumulado relativa aos grãos foi calculada para os nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn, Zn e B, e obtida a partir da razão entre a quantidade do nutriente contida nos grãos e quantidade total do nutriente contida na planta na maturidade fisiológica, com o resultado multiplicado por cem para expressão da mesma em porcentagem.

5.6.4.7 - Porcentagem do acumulado após o florescimento relativa aos grãos (ARG)

A porcentagem do nutriente acumulado após o florescimento relativa aos grãos foi calculada para os nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn, Zn e B, e obtida a partir da razão entre a quantidade do nutriente contida nos grãos e o acúmulo do nutriente no período de enchimento de grãos (item 5.6.4.1), com o resultado multiplicado por cem para expressão da mesma em porcentagem.

5.6.4.8 - Exportação de nutrientes pelos grãos (E)

A exportação de nutrientes pelos grãos foi obtida a partir das quantidades dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn, Zn e B contidas nos grãos na maturidade fisiológica, expressas em kg ha^{-1} para macronutrientes e g ha^{-1} para micronutrientes.

5.6.4.9 - Porcentagem do nutriente exportado pelos grãos (PE)

A porcentagem do nutriente exportado pelos grãos foi calculada para os nutrientes N, P e K, e obtida a partir da razão entre a quantidade do nutriente contida nos grãos (item 5.6.4.8) e a quantidade fornecida do respectivo nutriente, com o resultado

multiplicado por cem para expressão da mesma em porcentagem.

5.6.5 - Acúmulo de açúcares solúveis em colmos e folhas

A qualificação e quantificação precisa dos açúcares foi realizada por cromatografia em fase líquida HPLC (*High Performance Liquid Chromatography*) conforme descrito por Oliveira e Nishimoto (2004), adaptado conforme a seguir. O cromatógrafo utilizado (VARIAN modelo PRO STAR 410) é equipado com duas bombas binárias e injetor automático (AUTO SAMPLER 410) e detector IR (índice de refração). A coluna utilizada foi a HPX 87P (fase estacionária de chumbo) e a pré-coluna 125-0119 ambas da marca BIORAD, que permite a separação de mono e dissacarídeos (glicose, frutose, sacarose, manose, galactose, entre outros). A vazão da fase móvel foi de 0,6 ml por minuto, a temperatura da coluna de 85°C e o tempo de corrida de 23 minutos por amostra. Na fase móvel utilizou-se água desmineralizada, deionizada e submetida à filtração a vácuo em membrana éster de celulose com 0,22 µm de poro. Os padrões utilizados para comparação foram de glicose, frutose e sacarose produzidas pela Synth, e a porcentagem destes na amostra foi calculada em função da área do pico obtida no sacarídeo da amostra em relação à área do pico obtido no respectivo sacarídeo padrão.

Para determinação dos perfis de açúcares, foram amostradas a totalidade de colmos e folhas de quatro plantas da área útil da parcela no florescimento e na maturidade fisiológica, secos em estufa de circulação forçada de ar a 60°C até massa constante, processados em moinho e armazenadas à temperatura ambiente em local ventilado e livre de umidade, dentro de sacos plásticos hermeticamente fechados. No momento da análise os açúcares presentes nas amostras foram solubilizados pela diluição destas em água deionizada na proporção de massa 1/10, dentro de frascos do tipo Erlemayer, e em seguida aquecida em banho-maria a 35°C por 30 minutos para facilitar a solubilização dos açúcares. O conteúdo dos frascos foi imediatamente centrifugado a 8000 rpm por 10 minutos para separação do material grosseiro e o sobrenadante congelado (-10°C) até o momento do reprocessamento. Com este procedimento, os açúcares das amostras ficaram em concentração equivalente de aproximadamente 1° Brix, faixa ideal para a análise HPLC.

Posteriormente, as amostras foram descongeladas e preparadas, de

modo a retirar as impurezas para a injeção em coluna de HPLC. As amostras foram recentrifugadas em microtubos de 1,5 mL a 12000 rpm por 10 minutos, em seguida filtradas em membrana éster de celulose com 0,22 µm de poro e 13mm de diâmetro, hidrofílica marca MILLI PORE, com auxílio de um roldar e seringa de 1mL, para reter o material sólido e finalmente colocado em frasco do injetor automático (*vial*) para a leitura da porcentagem de açúcares. Os resultados foram expressos em porcentagem de açúcares na matéria seca de colmos e folhas, no florescimento e na maturidade fisiológica.

5.6.6 - Atividade da enzima nitrato redutase

A partir do observado por Köehle et al. (2002), para mensuração da atividade da enzima nitrato redutase foram coletadas as duas folhas mais novas e totalmente expandidas em três plantas por parcela; em 1, 3, 7, 14 e 21 dias após cada aplicação dos tratamentos com fungicidas, correspondendo da 1° à 5° coleta as amostragens da 1° aplicação, e da 6° à 10° coleta as amostragens da segunda aplicação, respectivamente. As folhas foram embaladas em sacos plásticos e envoltas em papel alumínio, acondicionadas em caixa térmica até o laboratório, onde foram congeladas em nitrogênio líquido e armazenadas em freezer de Ultra-Baixa Temperatura (-80°C). Depois, as amostras foram maceradas em nitrogênio líquido, pesadas e armazenadas em microtubos de centrifugação, na quantidade de 200 mg por amostra.

Uma marcha analítica foi adaptada a partir do método *in vivo* proposto por Jaworski (1971) e das conclusões apresentadas por Köehle et al., (2002), por Aryan (1984), por Roth-Bejerano e Lips (1973) e por Mann et al. (1978), conforme segue. As amostras de tecido fresco macerado (200 mg) foram incubadas em tubos de ensaio com 5 mL de solução de incubação composta por tampão fosfato $K_2HPO_4 + KH_2PO_4$ 0,1 M a pH 7,0 contendo 0,5 mM de KNO_3 1% propanol e 0,5 mM de nicotinamida adenina dinucleotídeo na forma reduzida (NADH; Sigma cat. nº N-6005). Os tubos foram cobertos com tampa de silicone e as amostras foram submetidas a vácuo por três ciclos de um minuto com intervalo de 30 segundos, para permitir a infiltração da solução de incubação na amostra. Após, foi realizada a incubação das amostras em banho maria a 32°C por 60 minutos, mantendo as amostras no escuro. Com o término da incubação, pipetou-se uma alíquota de 1 mL da solução

de incubação e adicionou-se 1 mL de solução de sulfanilamida a 1% e 1 mL de solução de n-naftil a 0,02%, ambas diluídas em solução de HCl a 25%. Após a filtragem em papel de filtro qualitativo, procedeu-se a quantificação do produto formado (de cor violeta/púrpura) pela leitura em espectrofotômetro de absorção atômica no comprimento de onda de 540 nm. A atividade da enzima foi expressa em $\mu\text{mol NO}_2 \text{ h}^{-1} \text{ g}^{-1}$ de matéria fresca.

5.7 – Análise dos dados

Para as características avaliadas compreendidas nos itens 5.6.1, 5.6.2 e 5.6.3, bem como os de 5.6.4.1 a 5.6.4.9, os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F considerando-se o esquema de blocos causalizados com tratamentos combinados em fatorial. Para todas as demais características avaliadas, foi realizada análise de variância pelo teste F considerando-se o esquema de blocos causalizados com parcelas subdivididas (no tempo), no qual as subparcelas foram as épocas de amostragem/coletas, conforme Campos (1983). Se significativo, procedeu-se com teste de média para médias de tratamento de fungicidas e épocas de amostragem/coletas em parcelas subdivididas, e para populações análise de regressão, calculada para equações lineares e quadráticas. Foram consideradas apenas as equações significativas a 1 (**) e 5 (*) % de probabilidade pelo teste F; quando ambas apresentaram significância, foi feita a opção por aquela com maior coeficiente de determinação (R^2).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 – Diagnose foliar

Os resultados da análise de variância relacionados aos teores de macronutrientes e micronutrientes são dispostos nas Tabelas 4 e 5, respectivamente, e incluem os valores de F calculados para as causas de variação e sua interação, bem como o desdobramento dos graus de liberdade para as populações e suas médias, e as médias dos tratamentos com fungicida empregados.

Os teores de P e Mg encontrados na folha diagnose no florescimento das plantas foram influenciados, exclusivamente, pelas populações de plantas (Tabela 4), ajustando-se ao modelo linear. A análise de variância para o teor dos demais macronutrientes não encontrou efeito significativo pelo teste F. Desta forma, a tendência dos teores de P e Mg encontrados são de decréscimo com o aumento da população (Tabela 4). Esses resultados podem, possivelmente, estar relacionados ao fato de que com maior produção de massa de matéria seca por área pelo aumento da população, é esperado que ocorra o efeito de diluição dos teores de nutrientes nas plantas, pois a adubação realizada foi semelhante. Contudo, para

os demais nutrientes não houve esta resposta, demonstrando não haver diferenças significativas destes na folha coletada neste estágio da planta.

Tabela 4 – Resumo da análise de variância com valores de F calculado para as causas de variação e sua interação, efeitos de regressão e médias de populações e fungicidas para os teores de macronutrientes (g kg^{-1}) no florescimento em folhas diagnose de milho híbrido DOW 2B587 cultivado na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).

CV	Macronutriente (g kg^{-1})					
	N	P	K	Ca	Mg	S
População (P)	0,77ns ⁽¹⁾	4,53**	0,58ns	2,14ns	6,21**	0,70ns
Modelo	-	L** ⁽²⁾	-	-	L**	-
40000	32,43	3,56	20,33	5,13	1,47	1,77
60000	32,94	3,37	19,54	4,94	1,45	1,76
80000	32,34	3,34	19,82	5,06	1,31	1,82
100000	32,54	3,28	20,41	4,60	1,20	1,74
Fungicida (F)	1,36ns	0,75ns	1,02ns	0,47ns	0,40ns	0,19ns
Testemunha	32,66	3,41	20,54	5,03	1,35	1,78
Tebuconazol	32,80	3,34	19,59	4,84	1,36	1,79
Piraclostrobina	32,23	3,42	19,94	4,93	1,35	1,75
P x F	0,43ns	1,41ns	0,52ns	0,56ns	1,10ns	1,53ns
C.V. (%)	3,16	5,72	9,47	11,27	13,33	8,81
Média	32,56	3,39	20,02	4,92	1,35	1,77

⁽¹⁾ ns: não significativo ($P > 0,05$); *: $P < 0,05$; **: $P < 0,01$. ⁽²⁾ L: equação linear.

A exceção do Mn, os teores de micronutrientes na folha diagnose no florescimento não foram influenciados pelos fatores testados (Tabela 5). Para o Mn, observou-se efeito significativo das populações testadas nos seus teores na folha diagnose, com tendência de obtenção de menores teores com o aumento da população, pois a análise de regressão encontrou ajuste ao modelo de regressão linear (Tabela 5).

Comparando-se os teores médios de nutrientes encontrados na folha diagnose com os valores de referência considerados adequados para a cultura do milho (MARTINEZ et al., 1999), verifica-se que apenas os teores de cálcio, magnésio e zinco encontram-se fora da faixa considerada ideal, os quais variam de 2,5-4,0 g kg^{-1} para cálcio e magnésio, e 20-70 mg kg^{-1} para zinco. Portanto, os valores encontrados estão acima do considerado ideal para cálcio e zinco, e baixo, para o magnésio.

Tabela 5 – Resumo da análise de variância com valores de F calculado para as causas de variação e sua interação, efeitos de regressão e médias de populações e fungicidas para os teores de micronutrientes (mg kg^{-1}) no florescimento em folhas diagnose de milho híbrido DOW 2B587 cultivado na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).

CV	Micronutriente (mg kg^{-1})				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
População (P)	1,08ns ⁽¹⁾	2,26ns	0,62ns	4,04*	2,79ns
Modelo	-	-	-	L** ⁽²⁾	-
40000	19,24	7,73	176,00	52,00	84,25
60000	19,01	6,49	155,92	47,17	74,50
80000	19,01	5,88	164,42	41,08	65,83
100000	21,79	5,54	157,17	44,08	67,08
Fungicida (F)	1,58ns	2,30ns	1,41ns	0,14ns	1,83ns
Testemunha	18,70	5,68	170,06	46,75	67,81
Tebuconazol	21,37	7,33	170,56	46,25	79,44
Piraclostrobina	19,22	6,23	149,50	45,25	67,81
P x F	0,39ns	0,88ns	0,72ns	1,33ns	1,94ns
C.V. (%)	22,78	34,69	24,77	17,41	24,09
Média	19,76	6,41	163,37	46,08	72,91

⁽¹⁾ ns: não significativo ($P > 0,05$), *: $P < 0,05$; **: $P < 0,01$. ⁽²⁾ L: equação linear.

6.2 – Características morfológicas

Os resultados da análise de variância referente as características morfológicas são apresentados nas Tabelas 6 e 7, com os valores de F calculado para as causas de variação, bem como o desdobramento dos graus de liberdade para as populações e as médias dos arranjos populacionais já inclusas. Na Tabela 6, encontra-se o resumo da análise de variância para as características morfológicas altura de planta, altura de inserção de espiga, relação altura de inserção de espiga/altura de planta, diâmetro do colmo, índice de área foliar no florescimento e na maturidade fisiológica e índice de persistência foliar. As características índice de persistência foliar, matéria seca por planta, no florescimento e maturidade fisiológica, massa de matéria seca por área, no florescimento e na maturidade fisiológica, índice de remobilização e índice de colheita, são apresentados na Tabela 7. Houve efeito apenas das populações testadas, sem efeito dos fungicidas testados ou interação entre eles.

Tabela 6 – Resumo da análise de variância com valores de F calculado para as causas de variação e sua interação, efeitos de regressão para populações e médias de fungicidas para altura de planta (A) (cm), altura de inserção de espiga (AIE) (cm), relação altura de inserção de espiga/altura de planta (AIE/A), diâmetro do colmo (DC) (mm), gramatura foliar no florescimento (GRAf) e na maturidade fisiológica (GRAM) ($\text{mg cm}^{-2} \text{ }^{-1}$); e índice de área foliar no florescimento (IAFf) e na maturidade fisiológica (IAFm) em plantas de milho híbrido DOW 2B587 cultivado na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).

CV	Parâmetros							
	A	AIE	AIE/A	DC	GRAf	GRAM	IAFf	IAFm
População (P)	56,09** ⁽¹⁾	33,16**	12,05**	34,69**	879,45**	262,50**	2631,40**	460,98**
Modelo	Q** ⁽²⁾	Q*	L**	L**	Q*	L**	Q**	Q**
Fungicida (F)	1,20ns	0,16ns	1,00ns	2,03ns	1,31ns	0,02ns	0,89ns	0,39ns
Testemunha	2,11	1,12	0,53	25,92	5,16	7,13	5,19	1,37
Tebuconazol	2,11	1,12	0,53	26,67	5,14	7,13	5,23	1,37
Piraclostrobina	2,09	1,13	0,53	25,70	5,13	7,14	5,18	1,37
P x F	0,39ns	0,57ns	0,67ns	0,55ns	1,08ns	0,32ns	0,43ns	0,25ns
C.V. (%)	1,62	4,15	3,45	5,44	1,00	1,84	1,95	1,05
Média	2,10	1,12	0,53	26,10	5,15	7,13	5,20	1,37

⁽¹⁾ ns: não significativo ($P > 0,05$) *: $P < 0,05$; **: $P < 0,01$. ⁽²⁾ L: equação linear, Q: equação quadrática.

Tabela 7 – Resumo da análise de variância com valores de F calculado para as causas de variação e sua interação, efeitos de regressão para populações e médias de fungicidas para índices de persistência [IAF(m/f)] e senescência foliar [IAF(f-m)/f]; massa de matéria seca por planta (g), no florescimento [MS/PL(f)] e maturidade fisiológica [MS/PL(m)]; massa de matéria seca por área (kg ha^{-1}) no florescimento [MST(f)] e na maturidade fisiológica [MST(m)] e índice de colheita em plantas de milho híbrido DOW 2B587 cultivado na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).

CV	Parâmetros						
	IAF(m/f)	IAF(f-m)/f	MS/Pl(f)	MS/Pl(m)	MST(f)	MST(m)	IC
População (P)	4051,90** ⁽¹⁾	4051,90**	1844,90**	3824,80**	758,88**	625,10**	41,39**
Modelo	Q** ⁽²⁾	Q**	L**	L**	Q**	Q**	Q**
Fungicida (F)	0,33ns	0,33ns	0,10ns	0,20ns	0,29ns	0,45ns	1,06ns
Testemunha	0,28	0,71	172,85	333,25	11259,37	21318,94	0,51
Tebuconazol	0,28	0,71	173,08	333,40	11306,51	21276,76	0,51
Piraclostrobina	0,28	0,71	172,52	334,28	11257,34	21210,53	0,51
P x F	0,32ns	0,32ns	0,37ns	0,09ns	0,62ns	0,43ns	0,23ns
C.V. (%)	2,05	0,83	2,00	1,48	1,82	1,53	0,62
Média	0,28	0,71	172,82	333,64	11274,41	21268,74	0,51

⁽¹⁾ ns: não significativo ($P > 0,05$) *: $P < 0,05$; **: $P < 0,01$. ⁽²⁾ L: equação linear, Q: equação quadrática.

6.2.1 - Altura de plantas

Na característica morfológica altura de plantas foi verificado efeito somente de densidades populacionais, com F significativo a 1 % (Tabela 6). Os efeitos de população estão graficamente representados na Figura 3.

O aumento da altura das plantas com a elevação da população detectada no presente estudo também foi observado por Marchão et al. (2005), com ajuste dos dados à regressão de segundo grau para a altura média de plantas de seis híbridos em função da densidade populacional, sob espaçamento reduzido.

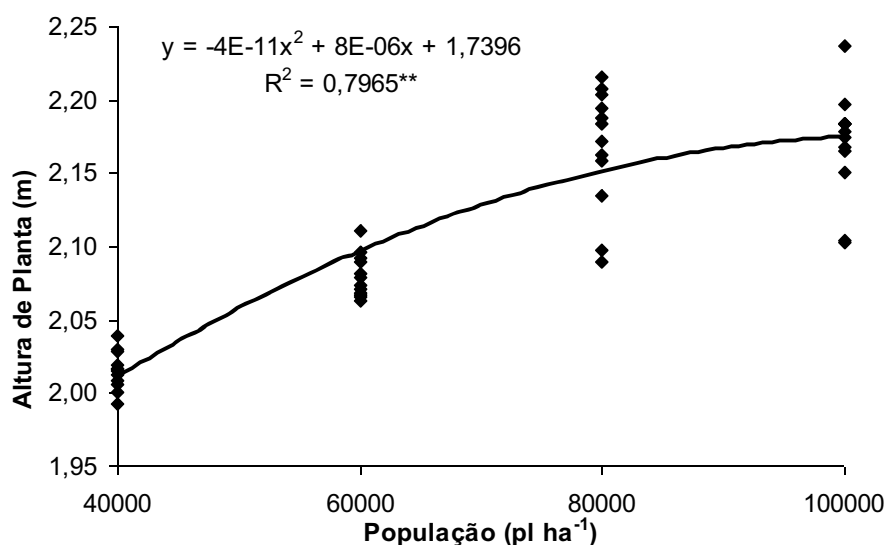


Figura 3 – Altura de planta em populações de plantas de milho híbrido DOW 2B587 tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).

Os dados obtidos neste trabalho também estão de acordo com Sangoi et al. (2000a) e Sangoi (2001), os quais observaram que altura de planta é tanto maior quanto maior for a população de plantas, devido ao efeito da competição intraespecífica por luz, com conseqüente estímulo da dominância apical das plantas. Argenta et al. (2001b), também verificaram um aumento em altura de plantas, conforme foi promovido aumento na população de plantas de 40000 para 100000 plantas ha⁻¹.

Com relação à ausência de significância para os fungicidas testados, os resultados obtidos neste trabalho indicam que os efeitos na morfologia resultam de uma

combinação de fatores e cujo efeito é mensurável quando estes atuam por um período mais prolongado, como por exemplo a população de plantas.

6.2.2 - Altura de inserção de espiga

Conforme os resultados apresentados na Tabela 6 e a exemplo da altura de plantas, somente a população de plantas influenciou a altura de inserção de espigas, obtendo-se assim um padrão de crescimento similar ao obtido para altura de plantas (Figura 4).

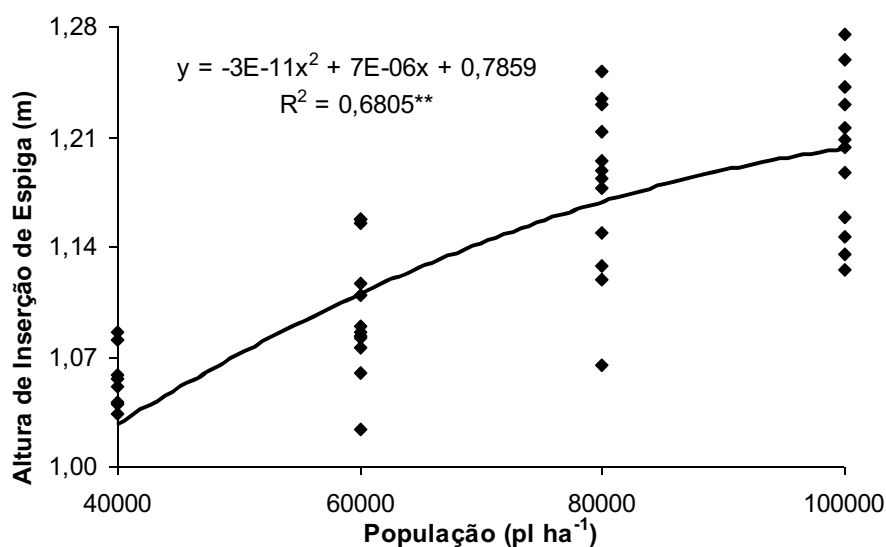


Figura 4 – Altura de inserção de espiga em populações de plantas de milho híbrido DOW 2B587 tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).

Os resultados do presente estudo concordam com os encontrados por Furtado (2005), trabalho no qual o aumento da população de plantas dos cultivares testados provocou a elevação na altura de inserção de espigas, acompanhado por um aumento de altura de plantas. Semelhantemente, Mateus et al. (2004) também observaram que quando se elevou a densidade de semeadura de 40000 para 97700 plantas ha⁻¹, houve um incremento na altura de inserção da espiga e da altura das plantas. Já Alvarez et al. (2006), estudando dois híbridos de milho com diferentes arquiteturas foliares, em dois espaçamentos entre linhas (0,7 e 0,9m) e duas densidades de plantas (55000 e 75000 plantas ha⁻¹), em dois anos agrícolas, também

verificaram que o aumento na densidade de plantas altera a altura de inserção de espiga. A altura de inserção de espiga também foi maior com o aumento da população conforme dados de Brachtvogel (2008).

6.2.3 - Relação entre altura de inserção de espiga e altura de planta

Conforme os resultados apresentados na Tabela 6 e a exemplo da altura de plantas e de inserção de espiga, somente a população de plantas influenciou a relação entre altura de inserção de espiga e de plantas, que propiciou valores maiores à medida que aumentou a população de plantas (Figura 5). O aumento da população de plantas promoveu aumento nessa característica e confirmou o efeito de estiolamento reportado por Ballaré e Cassal (2000), por Rajcan e Swanton (2001) e por Sangoi et al. (2002b).

O porte baixo é adequado para maiores densidades populacionais de plantas, mantendo a uniformidade das espigas. Nas densidades mais altas de semeadura, a relação AIE/A mais alta contribui para o acamamento e quebramento de colmo pois geralmente, nestas situações o diâmetro de colmo é menor. Segundo Sá (1993), o porte das plantas de milho deve ser de médio à baixo, com o objetivo de obter maior eficiência na colheita mecânica e evitar problemas de quebra e acamamento. Segundo Mello et al. (2008), com aumento da densidade populacional, há aumento mais acentuado do comprimento dos internódios na metade do basal do colmo, que coincide com aqueles abaixo da espiga e que explica além da maior altura de plantas e de inserção de espiga, maior relação AIE/A verificadas neste ensaio. Segundo Sangoi et al. (2003), estas características são fundamentais, pois quanto maior é a relação entre altura de inserção da espiga e estatura da planta, mais deslocado estará o centro de gravidade da planta e, portanto, maior possibilidade de quebra de colmos, uma vez que o milho aloca cerca de 50% da fitomassa total para os grãos ao final do ciclo.

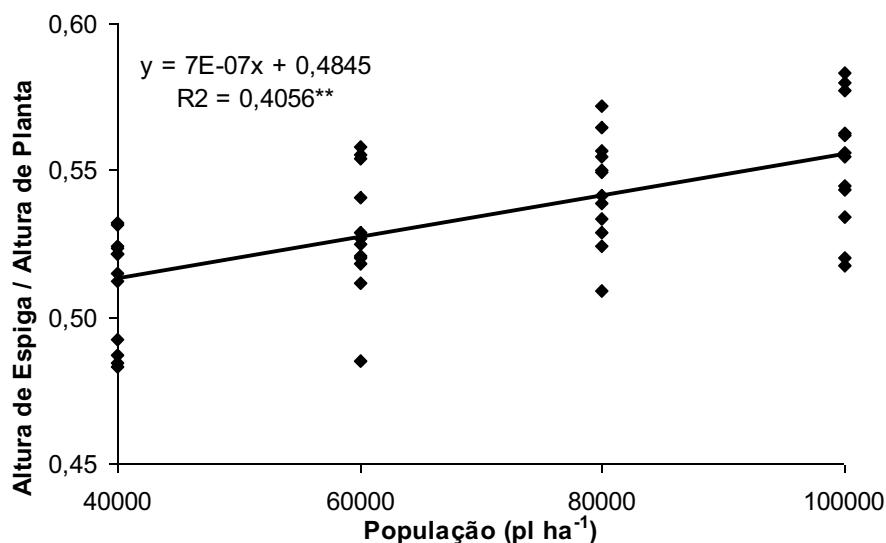


Figura 5 – Relação altura de inserção de espiga / altura de planta em populações de plantas de milho híbrido DOW 2B587 tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).

6.2.4 - Diâmetro de colmo

Com relação ao diâmetro do colmo, houve decréscimo à medida que se aumentou a população de plantas, conforme demonstrado graficamente na Figura 6, e que confirma os resultados de diversos autores (BRACHTVOGEL, 2008; CARVALHO, 2007; PALHARES, 2003; PENARIOL et al., 2003; SANGOI et al., 2002b, 2002c).

Em altas populações, há um crescimento mais rápido das plantas a fim de evitar o sombreamento e aumentar suas chances de crescer acima do dossel, em detrimento do desenvolvimento do diâmetro do colmo e área foliar (TAIZ; ZEIGER, 2004). O estiolamento detectado no presente estudo é confirmado por Ballaré e Cassal (2000) e Rajcan e Swanton (2001), que o atribuem a alterações na quantidade e qualidade da radiação incidente em ambientes de alta competição intraespecífica. Em consequência disso, a suscetibilidade ao acamamento e quebraimento de colmo aumenta consideravelmente, como verificado neste trabalho e discutido posteriormente no item 6.3.7.

Em relação os tratamentos com fungicidas, os resultados obtidos já eram esperados uma vez que a definição do diâmetro do colmo se dá em estádios iniciais da cultura (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000), anteriores à aplicação destes.

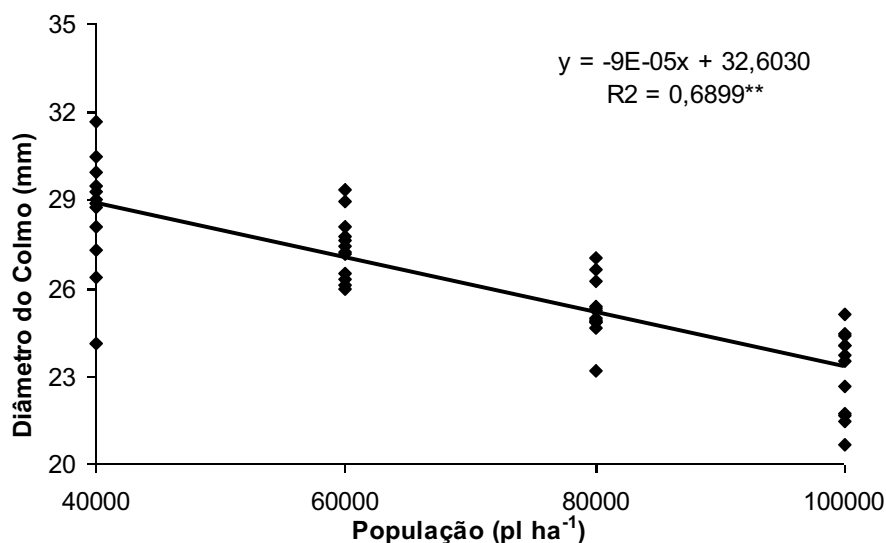


Figura 6 – Diâmetro do colmo em populações de plantas de milho híbrido DOW 2B587 tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).

6.2.5 - Gramatura da folha no florescimento e maturidade fisiológica

Conforme os resultados apresentados na Tabela 6 e a exemplo de outras características morfológicas, houve efeito apenas das densidades populacionais empregadas na gramatura foliar nos estádios de florescimento e maturidade fisiológica. Quanto maior o número de plantas por área, menor a gramatura ou massa específica da folha, graficamente demonstrada nas Figuras 7 e 8 para os estádios de florescimento e maturidade fisiológica, respectivamente. Isso confirma a hipótese de que o adensamento provoca estresse pela maior competição por água, luz e nutrientes, pois a mesma resposta de redução de massa seca por unidade de área foliar também foi encontrada em trabalhos com redução do fornecimento de água e nutrientes (VILELA & BÜLL, 1999) e em condições de sombreamento (LACERDA et al., 2010). Embora a diferença de gramatura entre os estádios fenológicos avaliados não foi testada estatisticamente, quanto se observa os valores obtidos no florescimento (Figura 7) e na maturidade fisiológica (Figura 8), todos os valores obtidos na maturidade são maiores dos encontrados no florescimento, indicando que houve acúmulo de massa seca nas folhas visualmente ativas durante esse período.

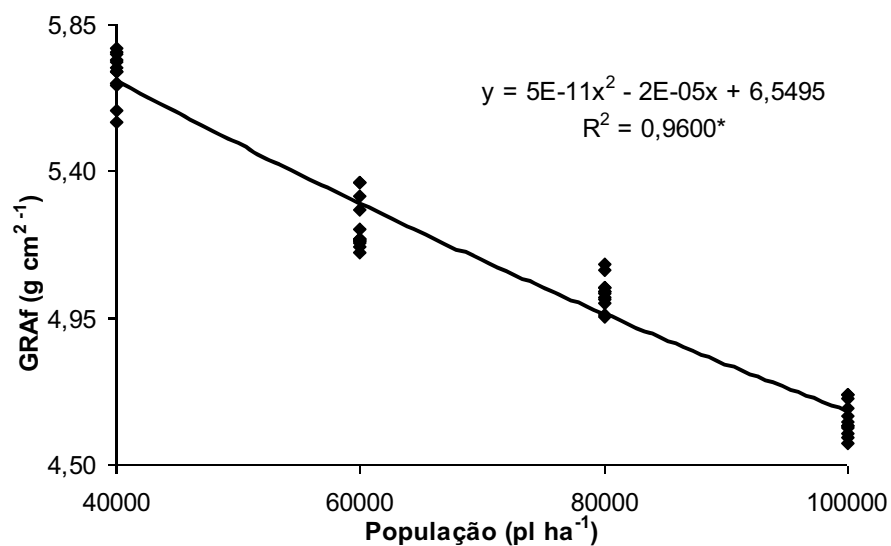


Figura 7 – Gramatura foliar no florescimento em populações de plantas de milho híbrido DOW 2B587 tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).

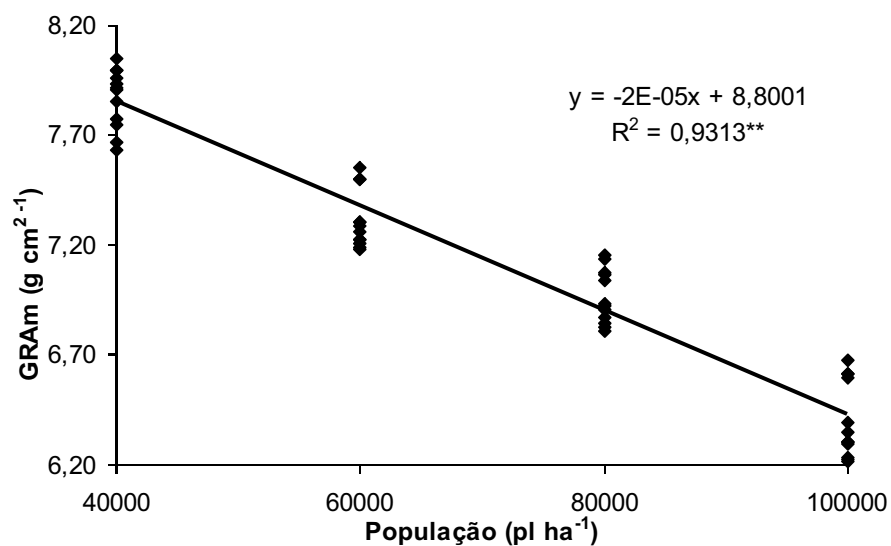


Figura 8 – Gramatura foliar na maturidade fisiológica em populações de plantas de milho híbrido DOW 2B587 tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).

6.2.5 - Índices de área, persistência e senescência foliares

Observa-se efeito estatisticamente significativo apenas de população de plantas nos índices de área foliar no florescimento e na maturidade fisiológica, índice de persistência e de senescência foliar (Tabelas 6 e 7), graficamente representados nos Figuras 9, 10, 11 e 12. Nas referidas características avaliadas não foi constatado efeito dos tratamentos com fungicidas bem como interação dos fatores testados ($P>0,05$).

O melhor aproveitamento da luz possibilita acréscimo na produção de grãos através do aumento da densidade de plantas, otimizando a eficiência da sua interceptação pelo aumento do índice de área foliar (MOLIN, 2000). À medida que se eleva a densidade de plantas, a área foliar por planta diminui (SANGOI et al., 2005b), mas devido ao maior número de plantas por área, o índice de área foliar aumenta (DINIZ, 1996). No presente estudo, incrementos significativos no índice de área foliar avaliado em pleno florescimento foram obtidos com o aumento da população de plantas, consequência do aumento do número de indivíduos por área (Figura 9), concordando com Brachtvogel (2008), Anda e Løke (2005); Sangoi et al. (2005a; 2005b), Maddonni et al. (2001) e Silva et al. (1999).

Esse mesmo aumento de indivíduos proporcionou diminuição da área foliar que permaneceu fotossinteticamente ativa ao final do ciclo, representado graficamente na Figura 10. Dados semelhantes foram reportados por Brachtvogel (2008), por Zanin (2007) e Sangoi (2005a), com redução na área foliar dos genótipos testados aos 56 dias após o florescimento à medida que se elevou a população de plantas.

Com relação à índice de persistência foliar, foi verificada progressiva perda de área fotossinteticamente ativa com o aumento da população após o florescimento no período de enchimento de grãos (Figura 11). Na menor população foi observada a manutenção de metade da área fotossinteticamente ativa e perdas de área foliar maiores com aumento da densidade de plantas, sendo que na maior densidade o índice de área foliar na maturidade fisiológica correspondeu a aproximadamente 20% do obtido no florescimento. Dados semelhantes foram reportados por Brachtvogel (2008), por Zanin (2007) e Sangoi (2005a), com redução na área foliar dos genótipos testados aos 56 dias após o florescimento à medida que se elevou a população de plantas, obtendo-se para o híbrido simples cerca de 25% da área foliar mensurada na floração, enquanto que para o híbrido duplo, apenas cerca de 3,5%.

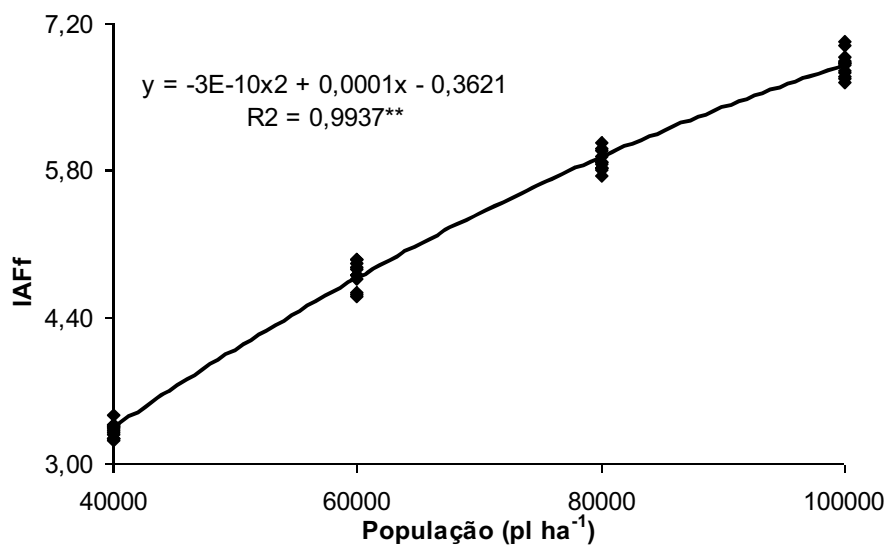


Figura 9 – Índice de área foliar no florescimento em populações de plantas de milho híbrido DOW 2B587 tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).

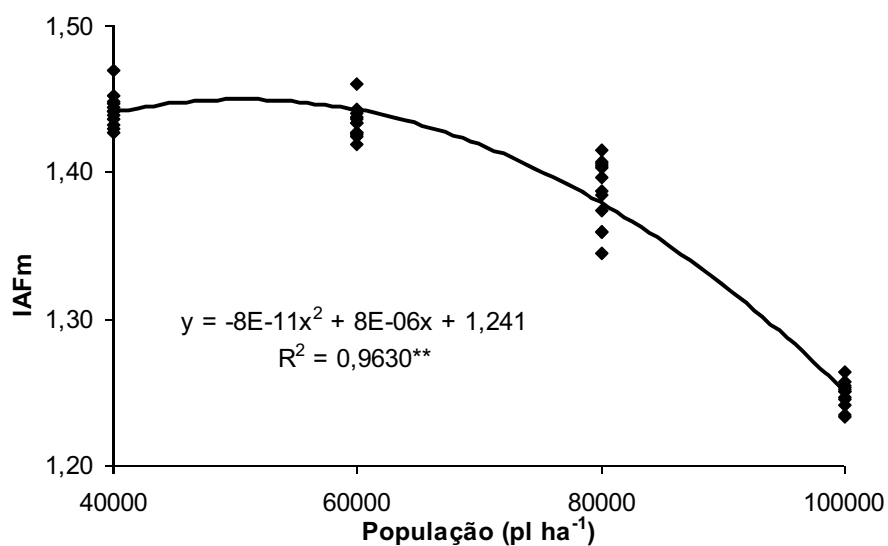


Figura 10 – Índice de área foliar na maturidade fisiológica em populações de plantas de milho híbrido DOW 2B587 tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).

Segundo Sangoi et al. (2002a), diversos fatores podem contribuir para manter altas taxas fotossintéticas por unidade de área foliar nas plantas cultivadas, adiando a senescência. Outro aspecto importante, relatado por Westgate et al. (1997), é que a quantidade de radiação solar interceptada pela superfície fotossinteticamente ativa da cultura atua favoravelmente para aumentar a eficiência de uso da radiação solar, pois aumenta a longevidade do aparelho fotossintético e, ao mesmo tempo, mantém o acúmulo de massa nas folhas por mais tempo. Desta forma, infere-se que na menor densidade de semeadura empregada neste estudo, houve maior atividade da fonte em relação a demanda do dreno, e maior ainda no início do enchimento dos grãos, quando a força de dreno da espiga é pequena (FANCELLI, 2000). A alta relação fonte: dreno permitiu à cultura investir simultaneamente no acúmulo de matéria seca de folhas, colmos e grãos, conforme observou-se em relação ao híbrido testado neste ensaio, o que corrobora com os resultados encontrados por Sangoi et al. (2002a), com o híbrido P32R21 na densidade de 25000 plantas por hectare.

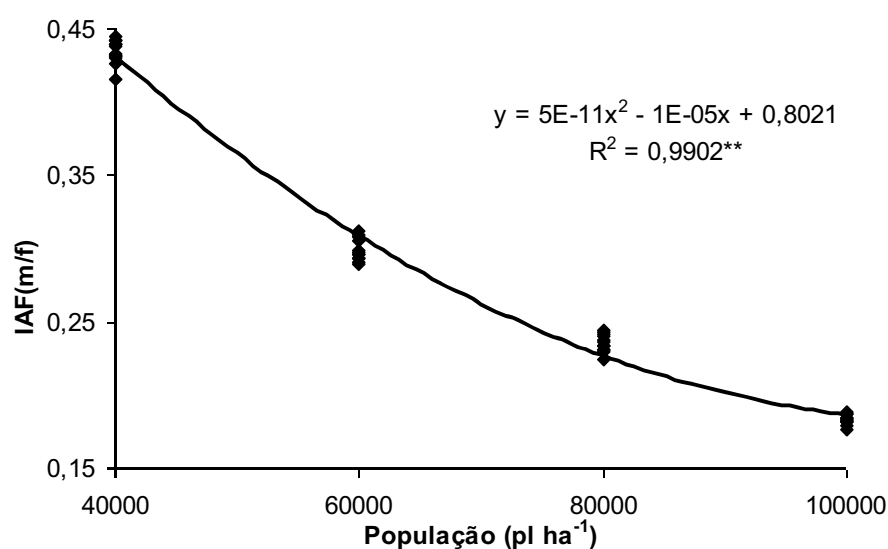


Figura 11 – Índice de persistência foliar em populações de plantas de milho híbrido DOW 2B587 tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).

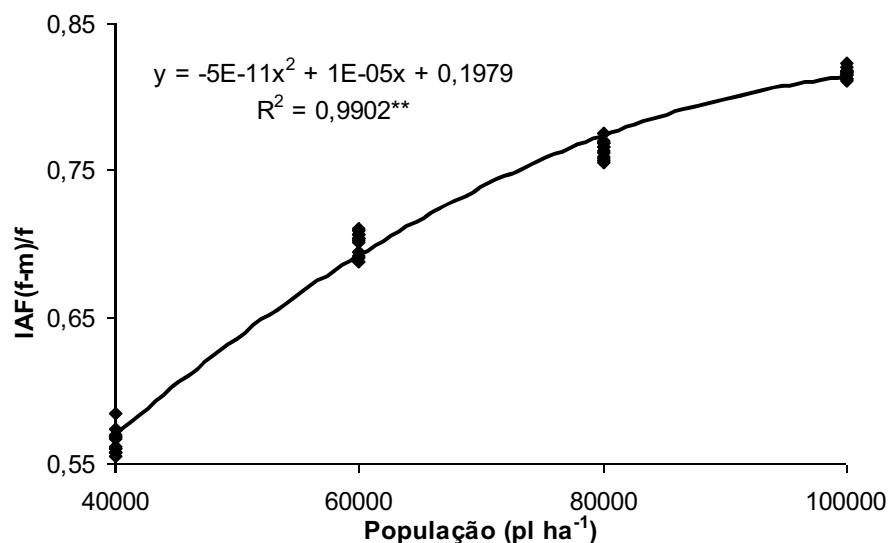


Figura 12 – Índice de senescência foliar em populações de plantas de milho híbrido DOW 2B587 tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).

Ao se observar os dados de índice de senescência foliar, pode-se notar uma progressiva perda de área fotossinteticamente ativa após o florescimento com o aumento da população no período de enchimento de grãos, semelhantemente ao observado para índice de persistência foliar (Figura 12). Na menor população foi observada a manutenção da área fotossinteticamente ativa e progressiva perda de área foliar com aumento da densidade de plantas. Este comportamento pode estar relacionado possivelmente ao aumento da demanda do dreno em relação à fonte. Rajcan e Tollenaar (1999) e Sangoi et al. (2002a) constataram que o aumento relação demanda/fonte pela diminuição da área foliar aumentou a senescência das folhas em relação às plantas mantidas com área foliar intacta. Também Zanin (2007), avaliando a senescência foliar em populações de 25, 50, 75, 100 e 125 mil plantas ha⁻¹ em três tipos de híbridos, reportou incrementos na senescência foliar ao longo do enchimento de grãos com o aumento da população, da mesma forma que Sangoi (2005a).

Com relação ao efeito dos tratamentos com fungicidas, os dados obtidos com a aplicação de fungicidas do grupo químico das estrobirulinas não demonstraram efeito sobre diminuição da senescência foliar devido a redução do consumo de reservas e produção de etileno, como proposto para outras culturas (FAGAN, 2007).

6.2.6 - Massas de matéria seca por planta e por área

Com relação à produção de massas de matéria seca por planta e total por hectare, tanto no florescimento quanto na maturidade fisiológica, verifica-se efeito apenas das populações testadas, sem efeito estatisticamente significativo da aplicação de fungicidas conforme demonstrado na Tabela 7. Para produção de massa de matéria seca por planta no florescimento e na maturidade fisiológica, os dados se ajustaram apenas à regressão linear. No entanto, para produção de massa de matéria seca por área no florescimento e na maturidade fisiológica observou-se ajuste para regressões do tipo linear e de segundo grau, as quais foram utilizadas para explicar o comportamento destas características, tendo em vista o critério adotado para análise dos dados (item 5.7).

Houve decréscimo da massa seca por planta com o aumento da população de plantas tanto no florescimento (Figura 13) quanto na maturidade fisiológica (Figura 14). Palhares (2003) e Sangoi et al. (2005b) também relataram redução da massa de matéria seca da parte aérea por planta com o aumento da população. O fato indica, claramente, o aumento da competição intraespecífica por recursos do meio à medida que se eleva a população de plantas (SANGOI, 2001; CARVALHO, 2007). Contudo, da mesma forma ao observado neste trabalho nas Figuras 15 e 16, estes autores também observaram um aumento da produção de massa seca total por hectare com aumento da população de plantas por área.

Turgut et al. (2005), testando três híbridos (DK-585, ADA 95-10 e C-955), em espaçamento entrelinhas alternado de 0,40 e 0,25 m e um convencional de 0,65 m com quatro densidades de plantas em milho (65000, 85000, 105000 e 125000 plantas ha⁻¹) em algumas características morfológicas, rendimento de forragem e de matéria seca, encontraram incrementos no rendimento de massa seca à medida que se elevou a população de 65000 para 85000 plantas ha⁻¹, decrescendo a partir de então, similarmente ao verificado neste experimento. Também Alvarez et al. (2006) encontraram resultados semelhantes aos obtidos neste estudo. Para os dois híbridos de milho testados, submetidos a dois espaçamentos entre linhas (0,7 e 0,9m) e a duas densidades de plantas (55000 e 75000 plantas ha⁻¹), em dois anos agrícolas, o aumento da densidade de plantas de 55000 plantas ha⁻¹ para 75000 plantas ha⁻¹ proporcionou aumento na produção de massa de matéria seca e na produção de grãos de milho, o que concorda com o presente estudo.

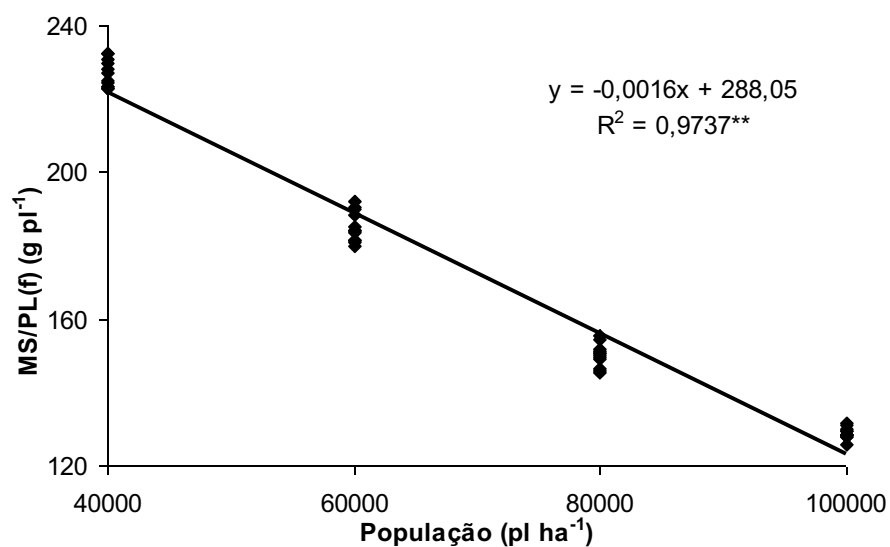


Figura 13 – Produção de massa de matéria seca por planta no florescimento em populações de plantas de milho híbrido DOW 2B587 tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).

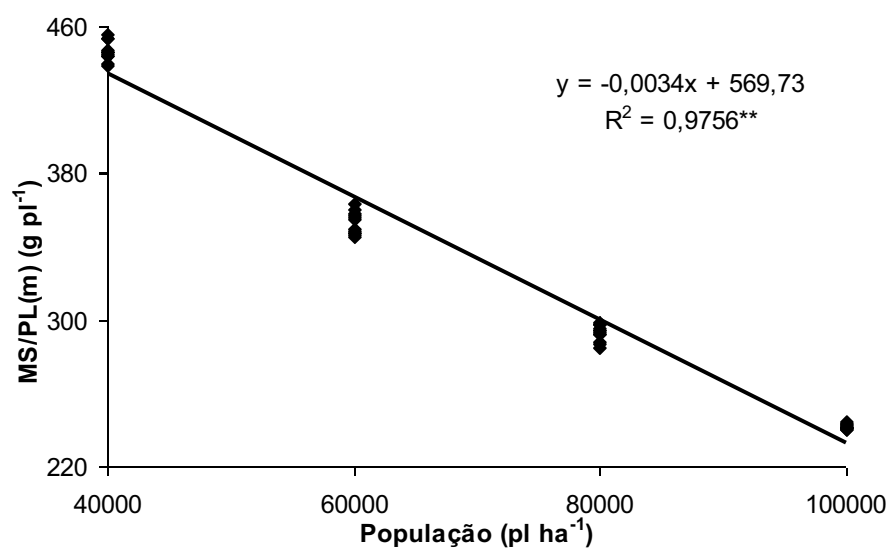


Figura 14 – Produção de massa de matéria seca por planta na maturidade fisiológica em populações de plantas de milho híbrido DOW 2B587 tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).

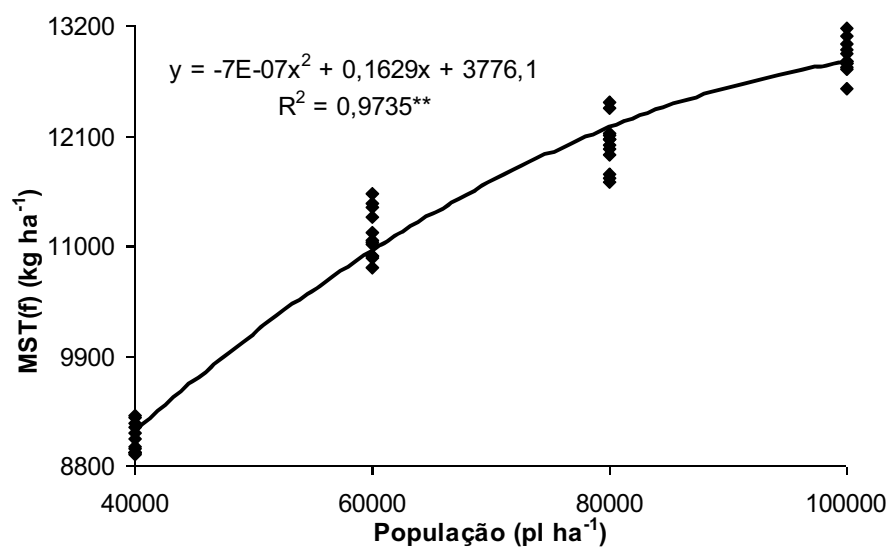


Figura 15 – Produção de massa de matéria seca por área no florescimento em populações de plantas de milho híbrido DOW 2B587 tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).

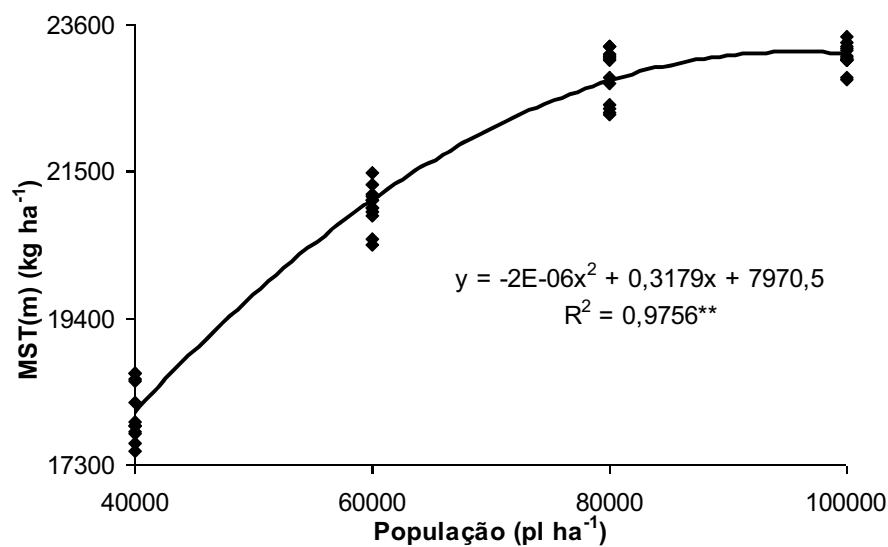


Figura 16 – Produção de massa de matéria seca por área na maturidade fisiológica em populações de plantas de milho híbrido DOW 2B587 tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).

6.2.7 - Índice de Colheita

O índice de colheita foi influenciado pelas densidades populacionais testadas, conforme demonstrado na Tabela 7. Segundo Durães et al. (2002), geralmente quando as densidades de plantas são aumentadas, especialmente acima do nível em que o rendimento de grãos é máximo, o índice de colheita decresce. Os autores constataram índices de colheita de cultivares de milho entre 0,3 a 0,6. O fenômeno é também observado neste trabalho, conforme demonstrado na Figura 17, com redução dos valores acima da densidade populacional de maior produtividade, sendo que a resposta desta característica ao aumento da população de plantas foi similar à verificada para a produtividade de grãos (Figura 31). Maddonni e Otegui (2006) também constataram alteração de índice de colheita em populações de 30 a 150 mil plantas ha⁻¹.

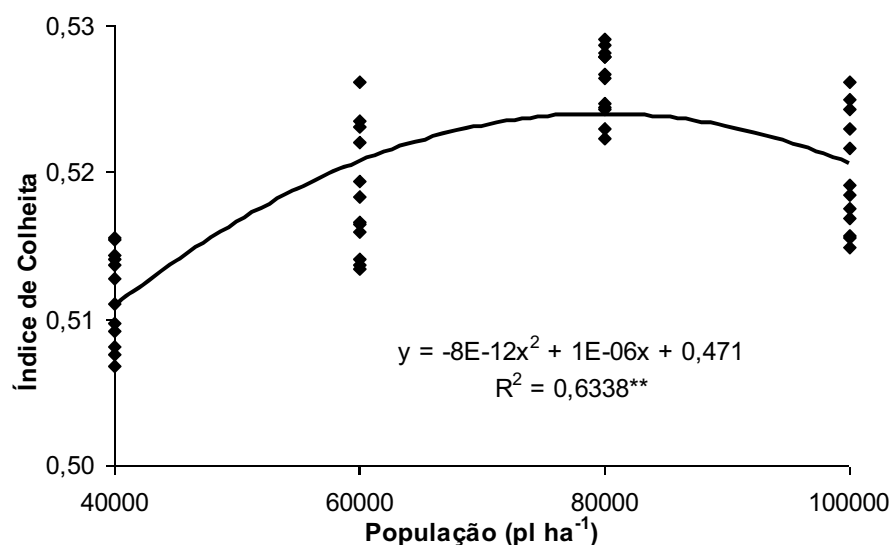


Figura 17 – Índice de colheita em populações de plantas de milho híbrido DOW 2B587 tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).

Resultado semelhante ao reportado neste ensaio foi verificado no trabalho de Demétrio et al. (2008), no qual foram testadas populações de 30, 50, 70 e 90 mil plantas por hectare e o máximo atingido em populações de aproximadamente 60 mil plantas por hectare.

6.3 – Características de espiga e componentes de produção

Os resultados da análise de variância dos caracteres de espiga e componentes de produção encontram-se resumidos nas Tabelas 8 e 9, nas quais são apresentados os valores de F calculado para as causas de variação, bem como o desdobramento dos graus de liberdade para as populações e as médias de fungicidas já inclusas. Na Tabela 8, encontra-se o resumo da análise de variância de comprimento de espiga, diâmetro de espiga e do sabugo, comprimento do grão, número de fileiras de grãos, massa de grãos por espiga e número de grãos por espiga. A Tabela 9 resume a análise de variância de população final, porcentagem de plantas acamadas, número de grãos por hectare, número de espigas por hectare, índice de espiga, massa de mil grãos, e produtividade.

Tabela 8 – Resumo da análise de variância com valores de F calculado para as causas de variação e sua interação, efeitos de regressão para populações e médias de fungicidas para comprimento de espiga (CE) (cm), diâmetro de espiga (DE) (mm), diâmetro do sabugo (DS) (mm), comprimento do grão (CG) (mm), número de fileiras de grãos (NF) massa de grãos por espiga (MGE) e número de grãos por espiga (NGE) em plantas de milho híbrido DOW 2B587 cultivado na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).

CV	Parâmetros						
	CE	DE	DS	CG	NF	MGE	NGE
População (P)	77,62** ⁽¹⁾	43,21**	19,86**	9,50**	5,01**	1189,39**	573,85**
Modelo	L** ⁽²⁾	L**	L**	L**	L**	L**	L**
Fungicida (F)	1,13ns	0,24ns	0,20ns	0,11ns	0,22ns	0,10ns	0,30ns
Testemunha	16,65	51,52	27,53	11,99	15,60	184,05	473,72
Tebuconazol	16,38	51,57	27,49	12,04	15,71	184,21	475,41
Piraclostrobina	16,67	51,68	27,62	12,03	15,65	183,79	473,74
P x F	0,81ns	0,02ns	0,07ns	0,04ns	1,24ns	0,24ns	0,28ns
C.V. (%)	3,68	1,29	2,15	2,35	3,05	1,43	1,50
Média	16,56	51,59	27,54	12,02	15,65	184,02	474,29

⁽¹⁾ ns: não significativo (P>0,05) *: P<0,05; **: P< 0,01. ⁽²⁾ L: equação linear.

Tabela 9 – Resumo da análise de variância com valores de F calculado para as causas de variação e sua interação, efeitos de regressão para populações e médias de fungicidas para população final (PF), porcentagem de plantas acamadas (% PA), número de grãos por hectare (NGH) (em milhares), número de espigas por hectare (NEH), índice de espiga (IE), massa de mil grãos (1000 G) (g) e produtividade (P) (kg ha⁻¹) em plantas de milho híbrido DOW 2B587 cultivado na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).

CV	Parâmetros						
	PF	% PA	NGH	NEH	IE	1000 G	P
População (P)	7814,98** ⁽¹⁾	175,36**	755,77**	903,47**	3196,58**	498,73**	384,60**
Modelo	L** ⁽²⁾	Q**	Q**	Q**	Q**	L**	Q**
Fungicida (F)	1,01ns	0,21ns	0,28ns	2,38ns	2,18ns	0,69ns	0,08ns
Testemunha	68645,83	2,09	28,6x10 ⁶	72851,23	1,11	387,31	10439,44
Tebuconazol	68437,49	2,10	28,6x10 ⁶	72410,58	1,11	386,31	10418,79
Piraclostrobina	68177,08	2,03	28,7x10 ⁶	71653,79	1,10	386,70	10437,09
P x F	0,39ns	0,33ns	0,56ns	0,19ns	0,52ns	0,38ns	0,09ns
C.V. (%)	1,36	16,30	1,96	2,17	1,32	0,63	1,49
Média	68420,13	2,08	28,6x10 ⁶	72305,20	1,11	386,77	10431,77

⁽¹⁾ ns: não significativo (P>0,05) *: P<0,05; **: P< 0,01. ⁽²⁾ L: equação linear, Q: equação quadrática.

6.3.1 - Comprimento de espiga

Para os dados de comprimento de espiga, observa-se pela análise de variância efeito apenas de população de plantas, conforme verifica-se na Tabela 8, cujo efeito é graficamente demonstrado na Figura 18. Nesta, fica evidente a redução no comprimento de espigas em função do aumento da população, caracterizando aumento da competição intraespecífica, constatada por Dozza (1997). Também Mateus et al. (2004) observaram diminuição dos valores de comprimento e diâmetro de espiga com a elevação da população de plantas de 40000 para 97700 plantas ha⁻¹. O presente estudo concorda também com os resultados obtidos por Brachtvogel et al. (2009), Palhares (2003) e também Paulo e Andrade (2003), os quais atribuíram a redução no comprimento de espiga pelo aumento na população de plantas devido ao aumento da competição intraespecífica por água, luminosidade e nutrientes.

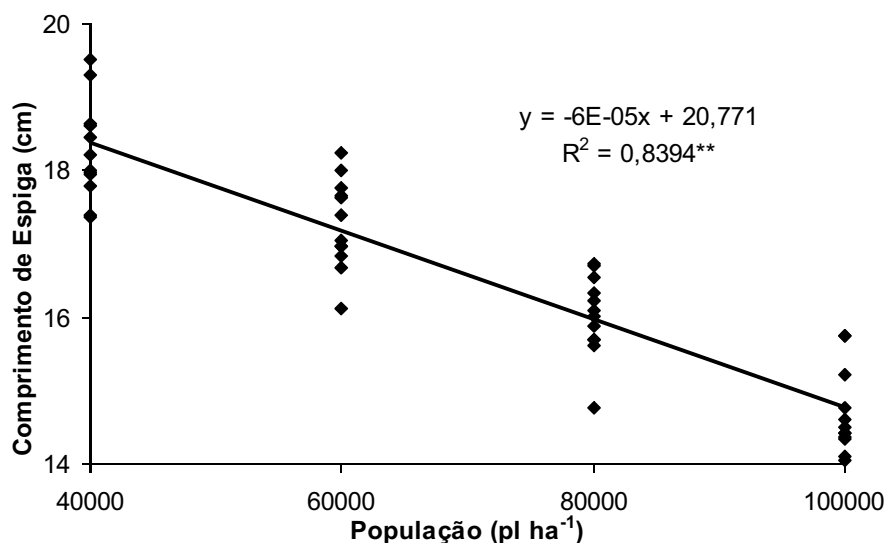


Figura 18 – Comprimento de espiga em populações de plantas de milho híbrido DOW 2B587 tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).

6.3.2 - Diâmetro de espiga e do sabugo

Observa-se na análise de variância para os dados de diâmetro de espiga efeito apenas de população de plantas ($P < 0,01$) (Tabela 8), com ajuste dos valores de forma linear à medida que se aumentou a população de plantas (Figura 19). Com o aumento da população de plantas, o diâmetro da espiga decresceu, o que corrobora com os resultados encontrados por Brachtvogel et al. (2009) e Lenzi (1992).

A exemplo do que ocorreu para o diâmetro da espiga, na análise de variância para os dados de diâmetro do sabugo observa-se que houve efeito apenas das populações de plantas, conforme demonstrado na Tabela 8. Assim, com o aumento da população de plantas o diâmetro do sabugo decresceu de forma linear (Figura 20), o que corrobora com os resultados encontrados por Brachtvogel et al. (2009) e Lenzi (1992).

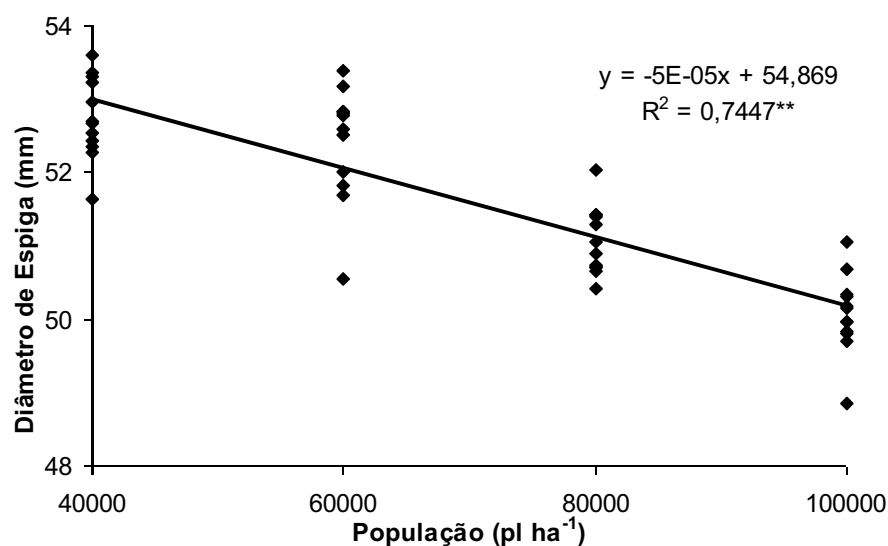


Figura 19 – Diâmetro de espiga em populações de plantas de milho híbrido DOW 2B587 tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).

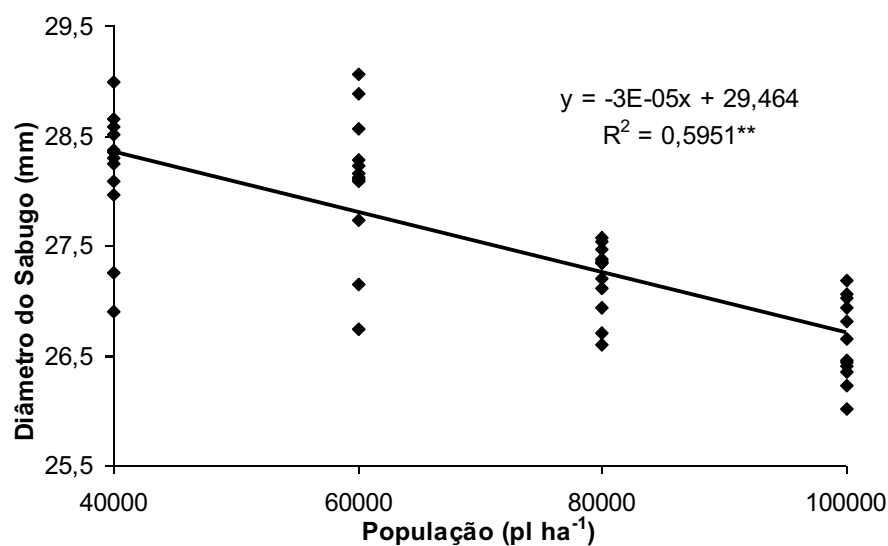


Figura 20 – Diâmetro do sabugo em populações de plantas de milho híbrido DOW 2B587 tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).

6.3.3 - Comprimento do grão

Na análise de variância para os dados de comprimento do grão observa-se que houve efeito apenas das populações de plantas, conforme demonstrado na Tabela 8. A exemplo do que ocorreu com os diâmetros de espiga e de sabugo, o comprimento do grão reduziu linearmente à medida que se elevou a densidade de semeadura (Figura 21). Desta forma, percebe-se que a resposta de crescimento dos grãos em relação ao aumento da população de plantas é semelhante à do sabugo, e também que as mesmas reduzem a massa (Figura 30) e o tamanho do grão. Os dados obtidos estão de acordo com os descritos por Brachtvogel et al. (2009).

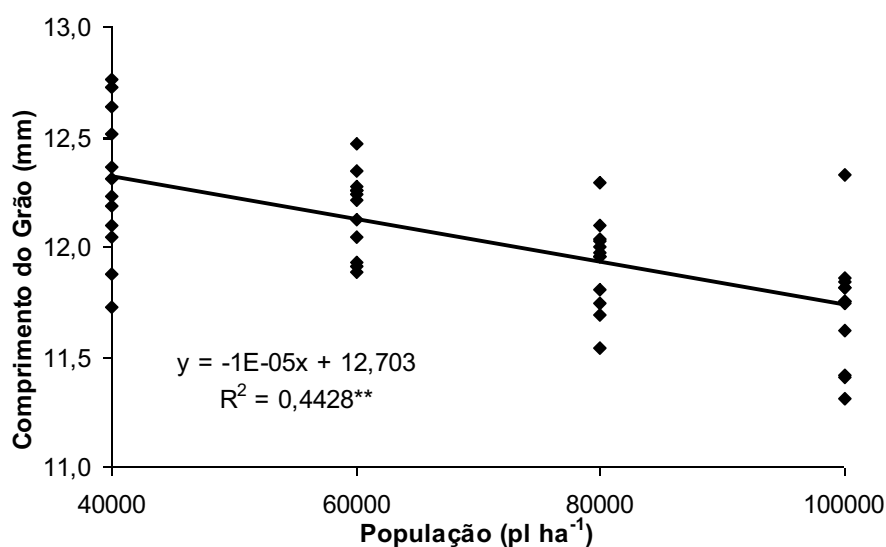


Figura 21 – Comprimento do grão em populações de plantas de milho híbrido DOW 2B587 tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).

6.3.4 - Número de fileiras de grãos

Quanto ao número médio de fileiras de grãos por espiga, nota-se na análise de variância que houve efeito apenas das populações estudadas (Tabela 8), a qual decresceu de forma linear com o aumento da população de plantas conforme pode ser observado na Figura 22. Os dados obtidos corroboram com os descritos por Brachtvogel et al.

(2009), Furtado (2005), Pinotti (2003) e Lenzi (1992). Entretanto, Marchão et al. (2005) obtiveram resultados contrários aos obtidos neste experimento, pois os autores chegaram à conclusão que o número de fileiras de grãos não foi influenciado pelo aumento na densidade de semeadura.

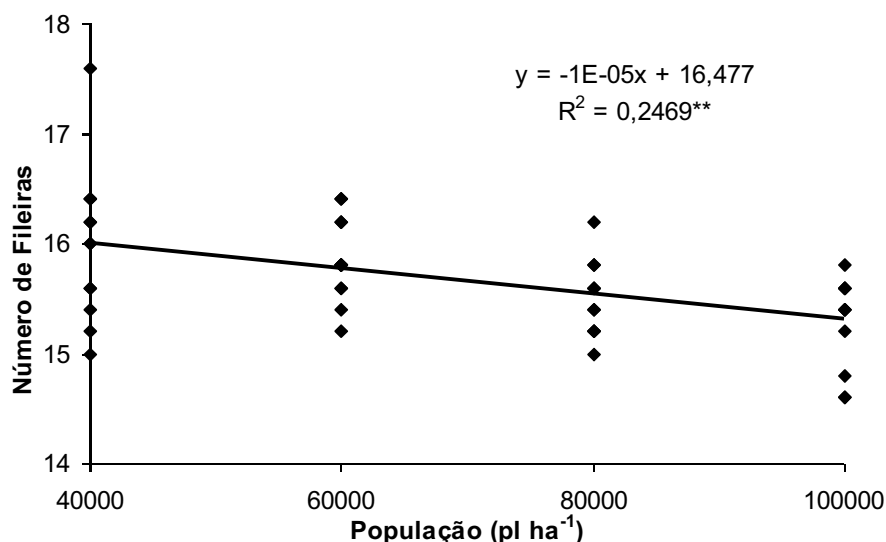


Figura 22 – Número de fileiras de grãos em populações de plantas de milho híbrido DOW 2B587 tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).

6.3.5 - Massa de grãos por espiga

Quanto à massa de grãos por espiga, a análise de variância demonstrou haver efeito apenas das populações estudadas, a qual se ajustou ao modelo de regressão linear (Tabela 8). Com o aumento da densidade de semeadura, houve decréscimo da massa de grãos por espiga (Figura 23), concordando com os dados obtidos por Brachtvogel et al. (2009), e também com os dados observados por Revoredo e Cazetta (2006) e Pinotti (2003), ambos em populações compreendidas entre 30000 e 90000 plantas ha⁻¹.

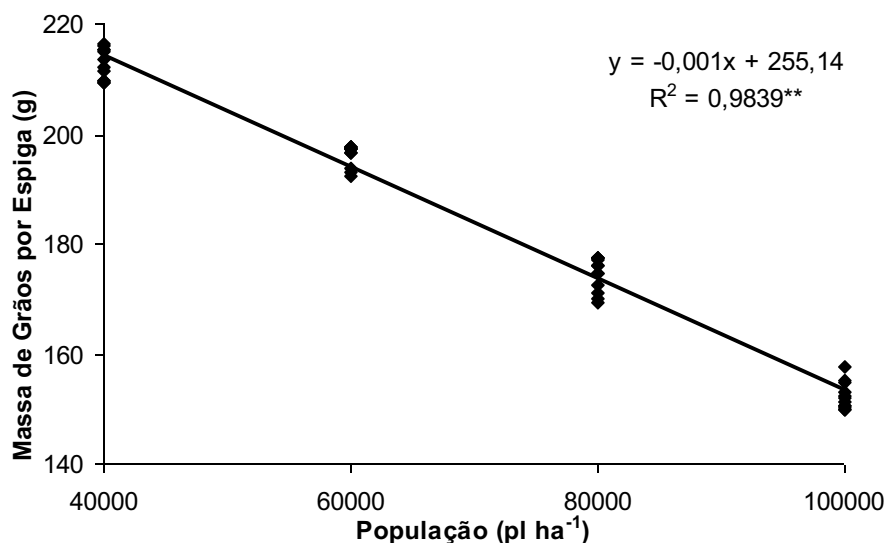


Figura 23 – Massa de grãos por espiga em populações de plantas de milho híbrido DOW 2B587 tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).

6.3.6 - Número de grãos por espiga

O número médio de grãos por espiga, assim como a massa de grãos e demais características da espiga, foi influenciado apenas pelo efeito das populações testadas, conforme se verifica na Tabela 8, cujo efeito é demonstrado graficamente na Figura 24. A diminuição do número de grãos por espiga com o incremento da população de plantas, conforme foi detectado neste estudo, é relatada com certa frequência na literatura (BRACHTVOGEL et al., 2009; REVOREDO; CAZETTA 2006; SANGOI et al., 2005b FLESCHE; VIEIRA, 2004; SCHEEREN et al., 2004; PALHARES, 2003; PENARIOL et al., 2003; PINOTTI, 2003; SILVA et al., 1999), corroborando com os resultados obtidos.

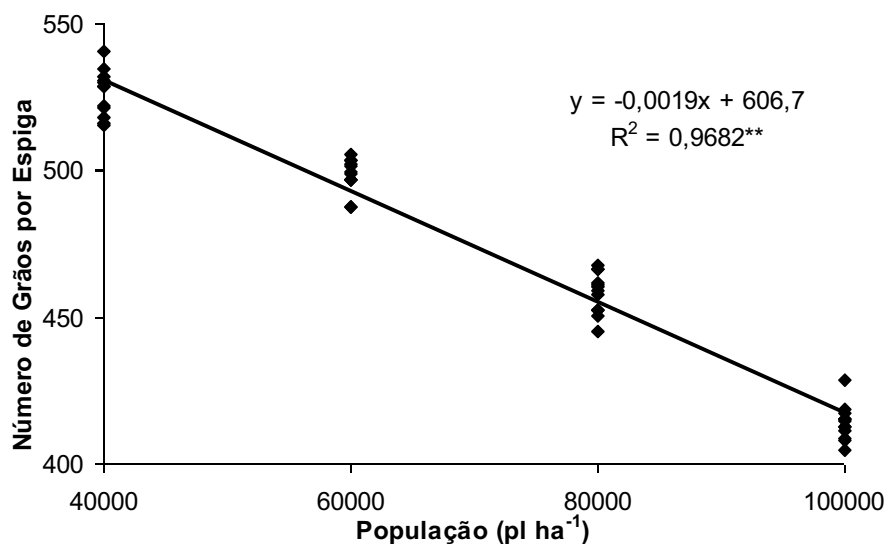


Figura 24 – Número de grãos por espiga em populações de plantas de milho híbrido DOW 2B587 tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).

6.3.7 - População final e porcentagem de plantas acamadas e/ou quebradas

A população de plantas avaliada ao final do ciclo na maturidade fisiológica, incluindo-se as plantas acamadas e/ou quebradas, apesar de um pouco menor que a população prevista, se manteve estável e com baixo coeficiente de variação conforme demonstrado graficamente na Figura 25. Demonstra-se, desta maneira, que a maneira de instalação e condução do ensaio foi adequada, assegurando boas condições de desenvolvimento das plantas e, conseqüentemente, a correta aplicação dos tratamentos.

A porcentagem de plantas acamadas e/ou quebradas foi influenciada pelas populações de plantas testadas (Tabela 9). Verifica-se um incremento acentuado da porcentagem de plantas acamadas e quebradas com o aumento das densidades populacionais, conforme demonstrado graficamente na Figura 26.

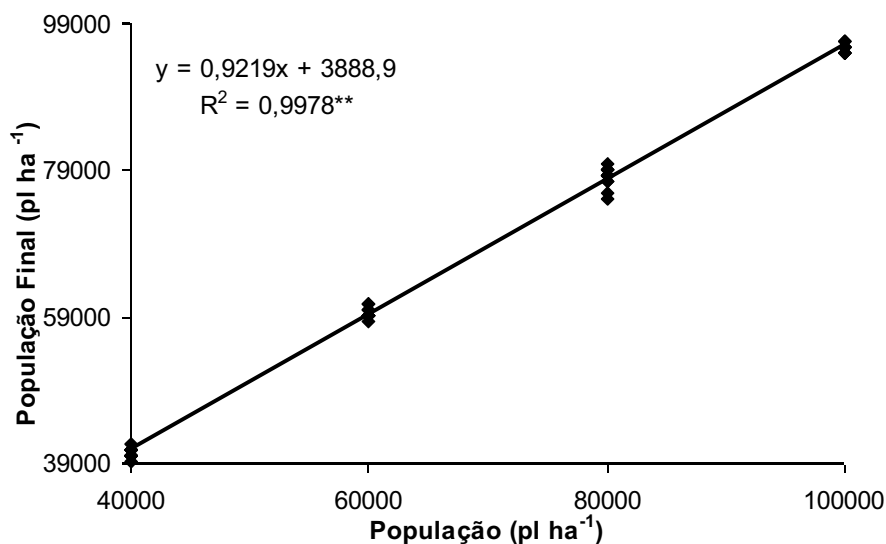


Figura 25 – População final de plantas na maturidade fisiológica em função da população inicialmente pretendida por ocasião da semeadura, em milho híbrido DOW 2B587 tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).

Supõe-se que este comportamento seja associado a uma diminuição do diâmetro do colmo (Figura 6) e um aumento da altura de planta (Figura 3), da altura de inserção de espiga (Figura 4), observados com o aumento da população, e também relacionado ao aumento da relação entre altura de inserção de espiga e altura de planta (Figura 5). Assim, quanto menor o diâmetro do colmo e maior é a relação entre altura de inserção da espiga e estatura da planta, menor é a resistência do colmo e mais deslocado estará o centro de gravidade da planta, favorecendo a quebra de colmos (SANGOI et al., 2002c).

O aumento do acamamento e quebramento de colmo com aumento da população relatado no presente estudo também foi relatado por outros autores (BRACHTVOGEL et al., 2009; FURTADO, 2005; PINOTTI, 2003; SANGOI et al. 2002c; NIELSEN, 1988), contudo, discordando de Carvalho (2007) e Amaral Filho (2002), que não observaram influência das populações de plantas sobre esta variável.

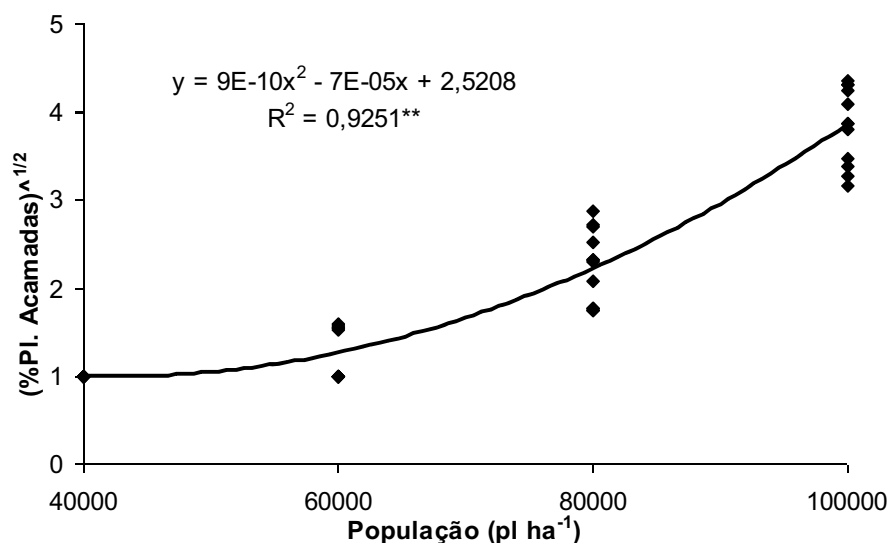


Figura 26 – Porcentagem de plantas acamadas e/ou quebradas em populações de plantas de milho híbrido DOW 2B587 tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP). Dados transformados por $(x + 1)^{1/2}$.

6.3.8 - Número de espigas por hectare

Assim como para o índice de espigas, o número de espigas por hectare foi influenciado apenas pelas populações de plantas testadas, conforme demonstrado na Tabela 9. Apesar do decréscimo do índice de espigas, o número de espigas por hectare aumentou, pois a redução no índice de espiga observada, em torno de 0,5 espiga por planta ou seja menos de 50%, foi menor que o aumento da população promovido, cerca de 150%, conforme também observado por Brachtvogel et al. (2009). Esse efeito é representado graficamente na Figura 27.

Este aspecto relatado corrobora com alguns trabalhos em que, apesar de ocorrerem ganhos de produtividade com o aumento da população de plantas, normalmente os componentes da produção massa de mil grãos, número de grãos por espiga e número de espigas por planta são afetados negativamente (BRACHTVOGEL et al., 2009; PALHARES, 2003; PENARIOL et al., 2003; SILVA et al., 1999), independente do ciclo do híbrido (FLESCH; VIEIRA, 2004), associado possivelmente ao aumento na competição intraespecífica (TOLLENAAR et al., 1992).

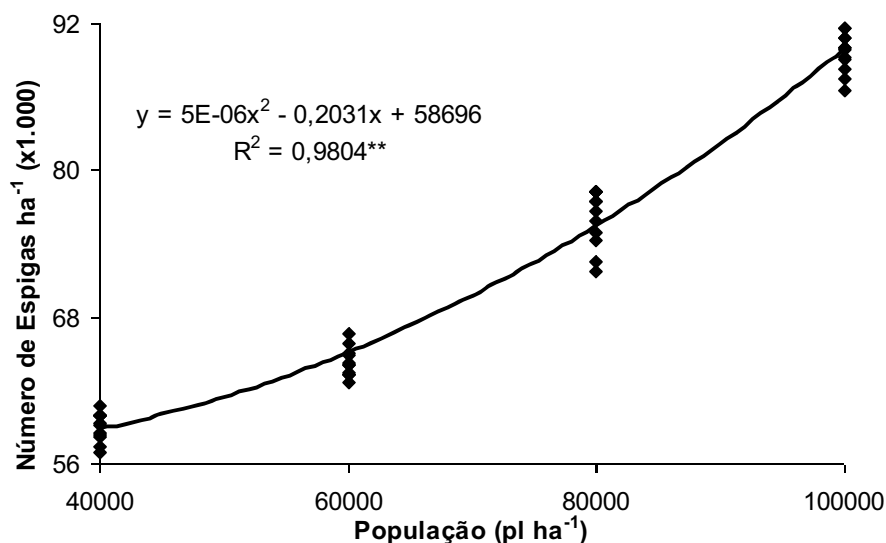


Figura 27 – Número de espigas por hectare em populações de plantas de milho híbrido DOW 2B587 tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).

Outros autores também encontraram redução nesses componentes da produção com aumento da população de plantas de 30000 plantas ha⁻¹ para 105000 plantas ha⁻¹ (BRACHTVOGEL et al., 2009), 50000 plantas ha⁻¹ para 65000 plantas ha⁻¹ (ARGENTA et al., 2001b) e 50000 plantas até 90000 plantas ha⁻¹ (FLESCH; VIEIRA, 2004), relatando que tais perdas foram compensadas por um maior número de plantas, conseqüentemente número de espigas por área. Segundo esses autores, em lavouras com alta população de plantas e sob boas condições de crescimento, as espigas adicionais por hectare resultarão em maior produtividade de grãos, por maximizar o número de grãos por hectare, daí a importância dessa característica. Porém, essa compensação ocorre até um ponto ótimo de população, a partir da qual o maior número de espigas por área não é mais suficiente para compensar a redução do número e massa dos grãos (BRACHTVOGEL et al., 2009; CARVALHO, 2007; DOURADO NETO, et al., 2003).

6.3.9 - Índice de espiga

O índice de espigas foi influenciado somente pelas populações de plantas conforme se observa na Tabela 9, cujo efeito é demonstrado graficamente na Figura

28. O índice de prolificidade é um importante indicativo da capacidade dos híbridos modernos em suportar maiores populações, sem diminuir muito a emissão e manutenção das espigas (ALMEIDA et al., 2000).

Conforme se observa na Figura 28, houve decréscimo do número de espigas por planta à medida que se elevou a população de plantas. Dados semelhantes foram encontrados por Brachtvogel et al. (2009), Flesch e Vieira (2004), Penariol et al. (2003), Argenta et al. (2001b), Silva et al. (1999), Merotto Júnior et al. (1996) e Barbosa (1995), que também obtiveram redução do índice de prolificidade com o aumento da população de plantas.

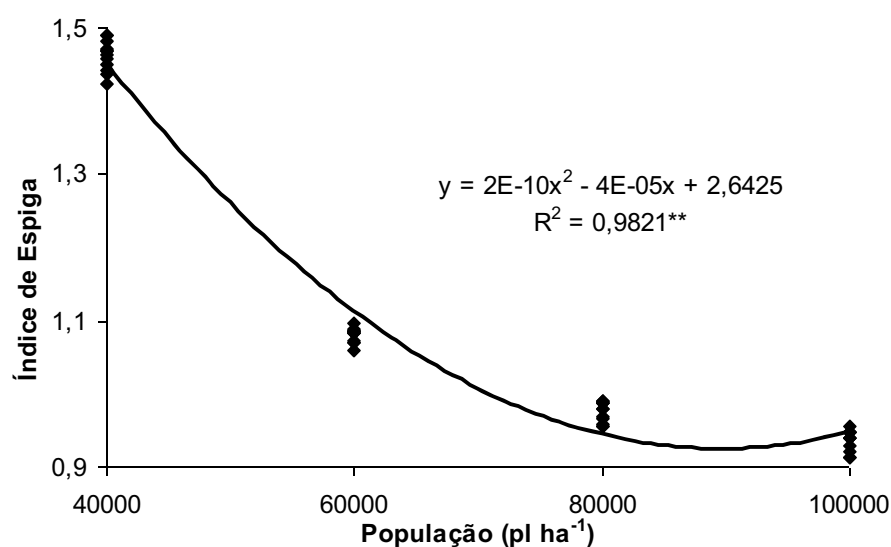


Figura 28 – Índice de espiga em populações de plantas de milho híbrido DOW 2B587 tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).

6.3.10 - Número de grãos por hectare

Para o número de grãos por hectare, houve efeito estatisticamente significativo apenas das populações testadas (Tabela 9), cujo efeito é representado graficamente na Figura 29, concordando com os resultados de Brachtvogel et al. (2009) e Sangoi et al. (2002b) e discorda de Strieder et al. (2007) e Sangoi et al. (2005b), que relataram crescimento linear do número de grãos por área com ao aumento da população de plantas.

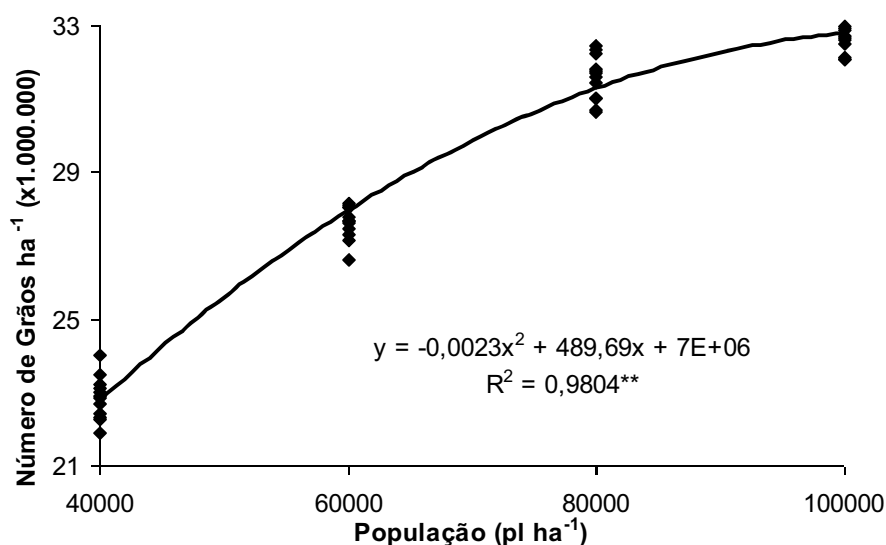


Figura 29 – Número de grãos por hectare em populações de plantas de milho híbrido DOW 2B587 tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).

6.3.11 - Massa de mil grãos

Na análise de variância para os dados de massa de mil grãos, observa-se efeito apenas das populações testadas (Tabela 9). A exemplo do que ocorreu com o comprimento do grão, a massa de mil grãos reduziu-se de maneira linear à medida que se elevou a população de plantas, e cujo efeito é representado graficamente na Figura 30.

Outros autores também encontraram redução da massa de mil grãos com o aumento da população de plantas (BRACHTVOGEL et al., 2009; STRIEDER et al., 2007; CARVALHO, 2007; FURTADO, 2005; FLESCHE; VIEIRA, 2004; PALHARES, 2003; PENARIOL et al., 2003; SILVA et al., 1999; MEROTTO JÚNIOR et al., 1996; LENZI, 1992; REDDY et al. 1987). Essa redução possivelmente está associada ao aumento da competição intraespecífica provocada pelo aumento da população de plantas (SANGOI, 2001; MEROTTO JUNIOR et al., 1999), agravado nas situações de desuniformidade de desenvolvimento das plantas, situação na qual as “plantas dominadas” são mais afetadas pelo aumento da população de plantas, demonstrando que os efeitos da competição intraespecífica acontecem tanto quando as plantas estão em maior população ou quando são dominadas por plantas vizinhas que emergiram mais rapidamente (ZANIN, 2007; MEROTTO JUNIOR et al., 1999).

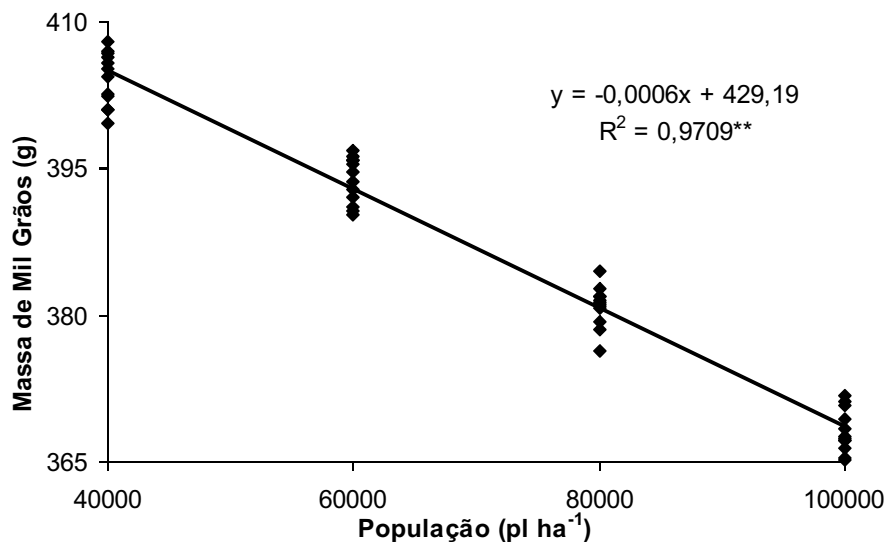


Figura 30 – Massa de mil grãos em populações de plantas de milho híbrido DOW 2B587 tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).

6.3.12 - Produtividade

Para a produtividade de grãos, também obteve-se influência apenas das populações testadas, sem ter sido detectados efeitos significativos dos tratamentos com fungicidas, indicando que além de não ter efeito secundário ou “fisiológico”, também não houve supressão da produtividade por ocorrência de eventuais doenças fúngicas, detectada por diferenças de produtividade estatisticamente significativas da testemunha relativa em relação à testemunha absoluta sem aplicação de fungicidas (Tabela 9). O efeito das densidades populacionais na produtividade do milho é representado graficamente na Figura 31.

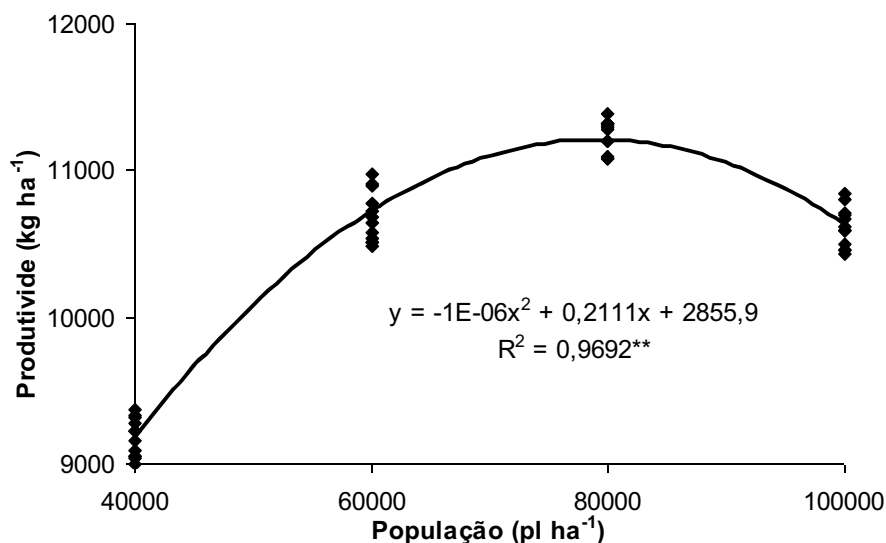


Figura 31 – Produtividade de grãos em populações de plantas de milho híbrido DOW 2B587 tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).

Em relação às diferentes populações de plantas, não foi possível ajuste dos dados de produtividade de grãos ao modelo de regressão linear, mas somente ao modelo de regressão de segundo grau, que resultou em um gráfico em formato de parábola com produção máxima estimada de 11210 kg ha⁻¹ em torno de 79130 plantas ha⁻¹ ou 0,126 m² planta⁻¹, conforme pode ser observado na Figura 31. O dados de produtividade de grãos obtidos concorda com outros estudos, em variados espaçamentos, os quais relatam maiores produtividades em densidades populacionais próximas a este valor (BRACHTVOGEL et al., 2009; FURTADO, 2005; FLESCHE; VIEIRA, 2004; PINOTTI, 2003; COX, 1996; THOMISON; JORDAN, 1995; NAFZIGER, 1994). Flesch & Vieira (2004), trabalhando com dois híbridos de ciclo precoce e normal, quatro espaçamentos entre fileiras e quatro densidades populacionais de 30000, 50000, 70000 e 90000 plantas ha⁻¹, verificaram que houve incrementos na produtividade de grãos a partir de 30000 plantas até 70000 plantas, ha⁻¹ e diminuindo a 90000 plantas, ha⁻¹.

6.4 – Relações de fonte e dreno com a produtividade

6.4.1 - Comportamento dos elementos de fonte para as diferentes populações

Segundo Noodén et al. (1997), a senescência foliar é acentuada por limitações ambientais (hídrica ou nutricional), de manejo da lavoura (distribuição espacial desfavorável entre plantas) e por fatores endógenos à planta, como a regulação hormonal. O alto índice de senescência foliar obtida nas maiores populações do presente trabalho, indicam que algumas destas limitações podem ter se acentuado com o aumento de população, induzindo o processo de senescência foliar. Assim, as interações entre os índices de senescência e persistência foliar atingem um equilíbrio ou complementariedade em uma população em torno de 60000 plantas ha^{-1} , ou seja, um ponto a partir do qual se observa o “ponto crítico” que é mencionado por Dourado Neto et al. (2001), conforme demonstrado graficamente na Figura 32. Os autores definem que abaixo desse ponto crítico, a produção de grãos por unidade de planta permanece constante, mas acima do ponto crítico começa ocorrer competição intraespecífica, a produção por planta decresce e a produção por área aumenta de forma quadrática até chegar ao ponto de máxima produtividade por área, neste estudo estimada em 11210 kg ha^{-1} em torno de 79130 plantas ha^{-1} ; e em populações além desse ponto de máxima a perda de produção individual é superior ao ganho com aumento de plantas por área, proporcionando queda da produtividade por área.

No presente estudo foi detectado o equilíbrio destes índices em populações muito parecidas com as encontradas em Brachtvogel (2008), quando foram avaliadas populações de 30000 a 105000 plantas ha^{-1} . Contudo, o autor encontrou coincidência da faixa na qual foi observado o equilíbrio dos índices de persistência e senescência foliares com a faixa de maior produtividade por área, cuja tendência não foi confirmada no presente estudo.

Dados obtidos por outros autores (VALENTINUZ; TOLLENAAR, 2004; BORRÁS et al., 2003; EIK; HANWAY, 1965) demonstram que a senescência foliar é um evento fisiológico que ocorre simultaneamente ao desenvolvimento da planta. Embora não avaliada no presente estudo, Valentinuz e Tollenaar (2004) verificaram que a evolução da senescência foliar é mais intensa no período reprodutivo em relação ao vegetativo. Utilizando

híbridos de diferentes décadas de lançamento no mercado, os autores verificaram que do florescimento à metade do período de enchimento dos grãos o índice de senescência foliar é baixo, enquanto que da metade do enchimento à maturação fisiológica do grão, o índice de senescência aumenta. Esse comportamento é atribuído ao maior acúmulo de reservas nos grãos na segunda fase, quando há intensa translocação de fotoassimilados das diferentes partes da planta aos grãos, ao contrário da primeira fase, quando ocorre a definição do número de grãos fixados e a formação de suas estruturas teciduais.

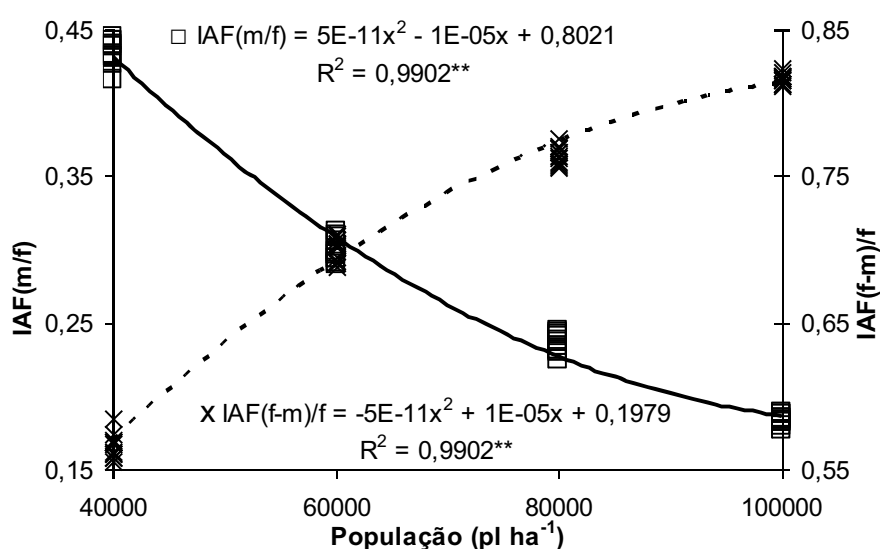


Figura 32 – Comportamento dos índice de persistência IAF(m/f) e de senescência foliar [IAF(f-m)/f] em populações de plantas de milho híbrido DOW 2B587 tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).

Resultados previamente encontrados por outros autores para diferentes espécies produtoras de grãos, apontam aumento da senescência foliar também sob déficit de nitrogênio (EIK; HANWAY, 1965; PEARSON; JACOBS, 1987) de fósforo (COLOMB et al., 2000) e hídrico (MUCHOW; CARBERY, 1989; SADRAS et al., 1991), alta densidade populacional (EIK; HANWAY, 1965) ou incremento na temperatura do ar (SLAFER; MIRALLES, 1992). A competição intraespecífica promovida pelo aumento da população conferiu um aumento do estresse, intensificando de forma gradual a senescência foliar. Rajcan e Tollenar (1999) também confirmam este comportamento, concluindo que uma relação fonte:

dreno mais alta é que confere o caráter “staygreen”, com aumento da longevidade foliar. No Brasil, Brachtvogel (2008), Zanin (2007) e Sangoi (2005a) também verificaram a diminuição da área fotossinteticamente ativa ao final do ciclo com o aumento da população de plantas, confirmando a tendência observada neste trabalho.

6.4.2 - Comportamento dos elementos de dreno para as diferentes populações

Da mesma forma que se observa para os elementos de fonte, o comportamento dos elementos de dreno parece atingir um equilíbrio, pelo fato da massa de mil grãos decrescer com o aumento da população de plantas e o número de grãos por área crescer no mesmo sentido. Entretanto, ao contrário dos elementos de fonte, não é possível precisar a que população se dá o equilíbrio entre estes, pois na Figura 33 o número de grãos por hectare e massa de mil grãos estão representados em escalas diferentes. No entanto, a distribuição dos valores de ambos os componentes de dreno sugere que há um comportamento semelhante ao obtido com os elementos de fonte, quando se compara as Figuras 32 e 33. Brachtvogel (2008), em uma abordagem semelhante, obteve resposta de ambos os elementos de dreno análoga a obtida neste ensaio.

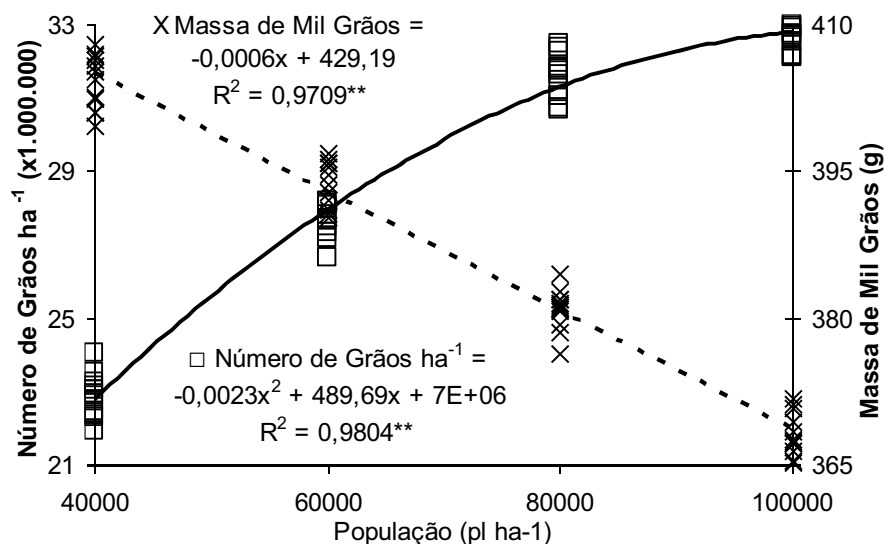


Figura 33 – Comportamento do número de grãos por hectare e massa de mil grãos em populações de plantas de milho híbrido DOW 2B587 tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).

O estudo destes elementos de dreno define que o número de grãos produzidos por área é o componente do rendimento que mais interfere no rendimento do milho (VEGA et al., 2001). Nesse contexto, Sangoi et al. (2002b) e Sangoi et al. (2005b) constataram que a característica mais significativa para a maior produtividade dos genótipos de milho moderno, em comparação aos mais antigos em altas densidades, foi o maior número de grãos produzidos por área. Esta característica é afetada pelo número de plantas por área, número de espigas por planta e pelo número de grãos por espiga (ANDRADE et al., 2002). O número de grãos que atingem a maturação fisiológica é modificado pela capacidade da planta de produzir e distribuir fotoassimilados para atender às diferentes demandas entre duas e três semanas depois do espigamento (ANDRADE et al., 2002). Além disso, a produção de grãos por área de genótipos de milho sob condições de estresse está relacionada à taxa de crescimento da cultura, à partição da massa seca total produzida às espigas e ao número de grãos produzidos por unidade de biomassa alocada à inflorescência feminina (OTEGUI; ANDRADE, 2000).

Assim, a compreensão dos fatores determinantes do rendimento possibilita a sua maximização e, conseqüentemente, otimizar a produtividade de cultivares de milho em ambientes de grande competição intraespecífica (ZANIN, 2007), como o observado no presente trabalho.

6.4.3 - Correlações entre elementos de fonte, dreno e produtividade

Conforme pode ser observado na Tabela 10, todos os caracteres de fonte e dreno se correlacionaram diretamente com a produtividade de grãos, porém foi o número de grãos por hectare que apresentou a correlação mais alta. Todos os caracteres de fonte e dreno foram altamente correlacionados, ora positivamente, ora negativamente. Este fato é observado em virtude da possibilidade destas variáveis serem ajustados à regressões polinomiais de primeiro e segundo grau, com exceção da massa de mil grãos.

Tabela 10 – Matriz de correlação pelo coeficiente de Pearson entre os caracteres de fonte índice de persistência [IAF(m/f)] e de senescência foliar [IAF(f-m)/f], de dreno número de grãos por hectare (NGH) e massa de mil grãos (1000G) e produtividade em plantas de milho híbrido DOW 2B587 cultivado na safra 2007/2008 em Botucatu (SP).

	IAF(m/f)	IAF(f-m)/f	NGH	1000 G
IAF(f-m)/f	-1,000** ⁽¹⁾	-		
NGH	-0,982**	0,982**	-	
1000 G	0,946**	-0,946**	-0,949**	-
Produtividade	-0,829**	0,829**	0,841**	-0,666**

⁽¹⁾ **: P<0,01.

Pelo fato da produtividade correlacionar-se significativamente com todas as variáveis de fonte e dreno mas com maior coeficiente de correlação encontrado para o número de grãos por área, infere-se que a mesma é uma característica complexa, que depende de vários fatores integrados, mas que o número de grãos produzidos por área ao final do ciclo é o componente do rendimento que mais interfere no rendimento de grãos em milho (VEGA et al., 2001), e que conseqüentemente está intimamente associada ao mesmo (SANGOI et al., 2005b; ANDRADE et al., 2002; SANGOI et al., 2002b). O número de grãos produzidos por área ao final do ciclo é considerado como a característica determinante para o maior rendimento de genótipos de milho moderno em comparação aos mais antigos em altas densidades populacionais (SANGOI et al., 2002b); e é afetado pelo número de plantas por área, número de espigas por planta e pelo número de grãos por espiga (ANDRADE et al., 2002).

Com a análise destes fatores por meio de correlações, fica estatisticamente evidenciado o que na prática pode ser observado quando se compara visualmente as Figuras 31, 32 e 33, nas quais percebe-se que o gráfico da equação de regressão mais parecido com a da produtividade é o número de grãos por área, muito similar também ao índice de senescência foliar. Outro aspecto importante verificado foi que quanto maior a persistência foliar, maior a massa final dos grãos. Isso sugere que a resposta de ambos os elementos de dreno está correlacionada com os elementos de fonte e vice-versa (BRACHTVOGEL, 2008; LEE; TOLLENAR, 2007).

6.5 – Acúmulo de nutrientes

6.5.1 - Acúmulo de nutrientes na parte aérea das plantas de milho, acúmulo de nutrientes no período de enchimento de grãos (ANE) e relação entre quantidade do nutriente acumulado após o florescimento e a quantidade previamente absorvida (RAF)

O resumo da análise de variância para o acúmulo de nutrientes na parte aérea das plantas de milho, discriminada em colmos, folhas, espigas, grãos e total é apresentado nas Tabelas 11 a 14; para ANE em de colmos, folhas, espigas, grãos e o total acumulado nas Tabelas 15 e 16, e para RAF em colmos, folhas, espigas, e do total acumulado nas Tabelas 17 e 18.

O acúmulo de nutrientes foi menor com o aumento da população, reforçando a hipótese de que a disponibilidade de nutrientes por planta decresce com aumento da população pelo aumento da competição intraespecífica (REVOREDO, 2008; SANGOI et al., 2001), conforme demonstrado nas Figuras 34 a 43. Houve acúmulo de N, P, S, Zn e B do florescimento para a maturidade fisiológica, com pequena perda de Ca neste subperíodo (Figuras 38 e 43). Chama-se a atenção para, por exemplo, a perda de Ca e P no colmo, N, P, K, Ca e S na folha, N, P, K, Ca, Mg, S, Fe e Mn na espiga e acúmulo de Mg e Cu no colmo, Mg e Mn na folha durante o superíodo florescimento à maturidade fisiológica (Figuras 44 e 45). É possível que a diminuição de massa seca de algumas partes da planta no subperíodo entre o florescimento e a maturidade fisiológica tenha colaborado para a perda de nutrientes pouco móveis como por exemplo o Ca, bem como colaborado juntamente com a remobilização de nutrientes para o decréscimo da quantidade de nutrientes móveis principalmente nas folhas.

O acúmulo de Ca em cada fração da planta foi reduzido significativamente com o aumento da densidade populacional ($P < 0,01$) conforme demonstrado nas Figuras 34, 35, 36 e 38. Entretanto, verifica-se também uma diminuição nos teores de Ca na espigas e colmos no período compreendido entre o florescimento e a maturidade fisiológica. Quanto aos valores negativos contidos nas Figuras 44 e 46, não significam remobilização, pois este nutriente é muito pouco móvel no floema (EPSTEIN, 1975), e sim em parte pela perda de estruturas florais e conseqüentemente massa seca nestas frações, aliada à significativa redução da absorção deste elemento após o pendoamento (HIROCE et al., 1989).

Resultados semelhantes foram observados no trabalho de Vasconcelos et al. (1998), no qual a quantidade de Ca nas espigas e nos pendões decresceu entre a fase de grão farináceo (129 DAE) e formação da camada preta (168 DAE), o que os autores atribuíram influência das brácteas, pólen e tubos polínicos, já que o Ca é indispensável e requerido em altas quantidades para a germinação do grão de pólen e para crescimento do tubo polínico (MALAVOLTA, 1980), estando obrigatoriamente envolvido no processo. Também foi verificado no mesmo trabalho perda de Ca e P nos colmos similar aos resultados encontrados no presente estudo, no qual os autores observaram redução de $2,5 \text{ kg ha}^{-1}$ para $0,16 \text{ kg ha}^{-1}$ de P, de $1,66 \text{ kg ha}^{-1}$ para $0,83 \text{ kg ha}^{-1}$ de Ca para nos pendões em média das três variedades estudadas entre o florescimento e a maturidade fisiológica com perda de mais de 60% de sua massa seca, concordando com a perda de P e Ca no colmo verificada neste ensaio no mesmo período, pois no presente estudo os pendões foram computados juntamente com os colmos para esta análise.

Também contribuiu neste processo a forma de amostragem das espigas e grãos. Como são de pouca massa seca, muito pequenos e frágeis, de difícil separação do sabugo na transição do estágio VT para R1, os grãos foram computados com a espiga na época do florescimento. Como provavelmente contém alto teor de nutrientes nesse estágio fenológico, isso favoreceu o diagnóstico de perda de nutrientes nas espigas após o florescimento observado nas Figuras 36 e 41, bem como os valores negativos de ANE e RAF em espigas, demonstrados graficamente nas Figuras 44 a 47.

Na folha, as maiores reduções da quantidade de nutrientes acumulada do florescimento à maturidade fisiológica ocorreram para N e P, ambos elementos móveis na planta (EPSTEIN, 1975). A senescência foliar, e a concomitante degradação de macromoléculas, permite o reaproveitamento de nutrientes móveis como N e P (AERTS, 1996), que corrobora com os resultados obtidos. Esse efeito é demonstrado graficamente na Figura 44, na qual pode-se observar que a quantidade de N, P, K e S acumulada nos grãos é maior que a acumulada no período, indicando que houve remobilização de outras partes da planta para os grãos.

Tabela 11 – Resumo da análise de variância com valores de F calculado para as causas de variação população (P) e fungicidas (F) (parcelas) e épocas de amostragem (E) (subparcelas) e suas interações; coeficientes de variação de variação (%) de parcelas (C.V.P.) e de subparcelas (C.V.S.), e médias gerais do acúmulo de macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) (g pl^{-1}) em colmos, folhas, espigas, grãos e total em plantas de milho híbrido DOW 2B587 cultivado na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).

Nutriente	Análise de variância	Fração da planta				
		Colmo	Folha	Espiga	Grão	Total
N	F P	372,92** ⁽¹⁾	670,09**	856,23**	237,23**	955,38**
	F	0,90ns	1,25ns	0,44ns	0,02ns	0,25ns
	P*F	0,73ns	0,58ns	0,61ns	1,57ns	1,33ns
	E	398,77**	19250,08**	1106,92**	-	2250,53**
	P*E	0,52ns	93,11**	66,41**	-	75,39**
	F*E	0,10ns	1,96ns	0,29ns	-	0,16ns
	P*F*E	0,83ns	0,32ns	1,35ns	-	0,72ns
	C.V. P. (%)	5,92	4,12	5,59	5,96	4,05
	C.V. S. (%)	5,51	3,93	5,73	-	4,33
	Média	0,49	0,76	0,40	2,30	2,81
P	F P	86,67**	132,64**	158,85**	75,29**	209,61**
	F	0,18ns	0,73ns	0,87ns	0,40ns	0,25ns
	P*F	0,60ns	0,82ns	0,91ns	0,51ns	0,38ns
	E	366,72**	3864,22**	288,01**	-	409,77**
	P*E	7,33**	29,13**	30,05**	-	13,75**
	F*E	1,00ns	0,02ns	0,36ns	-	0,21ns
	P*F*E	0,61ns	0,48ns	0,22ns	-	0,21ns
	C.V. P. (%)	17,17	10,41	15,17	13,31	10,84
	C.V. S. (%)	18,09	9,99	21,00	-	16,01
	Média	0,05	0,07	0,04	0,42	0,39
K	F P	15,33**	117,22**	56,62**	61,11**	69,85**
	F	0,08ns	0,48ns	0,08ns	1,01ns	0,02ns
	P*F	0,79ns	0,82ns	0,56ns	1,08ns	0,90ns
	E	2,02ns	129,98**	430,81**	-	5,95*
	P*E	0,98ns	4,70**	9,01**	-	1,03ns
	F*E	0,00ns	1,79ns	0,08ns	-	0,04ns
	P*F*E	0,59ns	1,05ns	0,39ns	-	0,30ns
	C.V. P. (%)	17,53	8,34	17,23	12,26	11,58
	C.V. S. (%)	17,04	7,63	26,22	-	14,04
	Média	1,58	0,68	0,86	1,26	3,76

⁽¹⁾ ns: não significativo (P>0,05) *: P<0,05; **: P< 0,01.

Tabela 12 – Resumo da análise de variância com valores de F calculado para as causas de variação população (P) e fungicidas (F) (parcelas) e épocas de amostragem (E) (subparcelas) e suas interações; coeficientes de variação de variação (%) de parcelas (C.V.P.) e de subparcelas (C.V.S.), e médias gerais do acúmulo de macronutrientes cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) (g pl⁻¹) em colmos, folhas, espigas, grãos e total em plantas de milho híbrido DOW 2B587 cultivado na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).

Nutriente	Análise de variância	Fração da planta				
		Colmo	Folha	Espiga	Grão	Total
Ca	F P	68,90** ⁽¹⁾	162,34**	147,58**	4,48**	231,41**
	F	1,09ns	0,30ns	0,12ns	2,36ns	0,77ns
	P*F	0,09ns	0,60ns	0,73ns	0,74ns	0,18ns
	E	167,13**	38,81ns	793,34**	-	58,93**
	P*E	3,08*	3,96*	39,37**	-	4,58**
	F*E	0,24ns	1,28ns	0,16ns	-	0,29ns
	P*F*E	0,30ns	0,79ns	0,19ns	-	0,22ns
	C.V. P. (%)	15,27	9,33	14,86	20,62	8,48
	C.V. S. (%)	25,91	8,01	24,30	-	15,94
	Média	0,17	0,21	0,12	0,16	0,60
Mg	F P	33,04**	79,42**	44,45**	18,46**	68,95**
	F	1,25ns	1,40ns	0,48ns	0,34ns	1,30ns
	P*F	0,55ns	0,49ns	0,16ns	0,37ns	0,44ns
	E	28,50**	310,00**	248,79**	-	41,45**
	P*E	3,23*	15,62**	7,53**	-	2,79ns
	F*E	0,62ns	2,71ns	0,10ns	-	0,04ns
	P*F*E	0,32ns	0,58ns	0,05ns	-	0,19ns
	C.V. P. (%)	21,34	14,52	25,39	24,55	16,29
	C.V. S. (%)	25,43	15,01	39,94	-	19,17
	Média	0,11	0,06	0,05	0,06	0,27
S	F P	86,80**	314,59**	162,61**	142,25**	331,71**
	F	0,09ns	3,20ns	1,27ns	0,86ns	1,03ns
	P*F	0,32ns	0,54ns	0,50ns	1,35ns	0,80ns
	E	33,74**	12,13**	256,63**	-	3600,65**
	P*E	0,47ns	7,73**	19,16**	-	76,71**
	F*E	1,42ns	3,12ns	1,63ns	-	0,23ns
	P*F*E	1,97ns	0,51ns	0,88ns	-	0,94ns
	C.V. P. (%)	12,73	6,85	13,56	8,15	7,41
	C.V. S. (%)	9,54	9,01	13,89	-	6,46
	Média	0,06	0,06	0,04	0,28	0,32

⁽¹⁾ ns: não significativo (P>0,05) *: P<0,05; **: P< 0,01.

Tabela 13 – Resumo da análise de variância com valores de F calculado para as causas de variação população (P) e fungicidas (F) (parcelas) e épocas de amostragem (E) (subparcelas) e suas interações; coeficientes de variação de variação (%) de parcelas (C.V.P.) e de subparcelas (C.V.S.), e médias gerais do acúmulo de micronutrientes ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) (mg pl⁻¹) em colmos, folhas, espigas, grãos e total em plantas de milho híbrido DOW 2B587 cultivado na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).

Nutriente	Análise de variância		Fração da planta				
			Colmo	Folha	Espiga	Grão	Total
Fe	F P		14,10** ⁽¹⁾	11,79**	25,47**	0,49ns	21,86**
		F	0,76ns	0,44ns	0,70ns	0,22ns	0,02ns
		P*F	0,38ns	0,27ns	0,88ns	0,33ns	0,55ns
		E	1,95ns	102,97**	287,19**	-	66,18**
		P*E	0,80ns	0,84ns	11,74**	-	0,05ns
		F*E	2,47ns	1,20ns	0,44ns	-	2,50ns
		P*F*E	0,66ns	0,57ns	0,44ns	-	0,38ns
	C.V. P. (%)		36,91	25,32	37,41	36,99	23,16
	C.V. S. (%)		30,20	24,30	37,71	-	18,78
	Média		9,90	14,50	5,04	9,01	33,96
Mn	F P		45,67**	33,62**	98,94**	17,74**	89,05**
		F	1,23ns	0,57ns	0,67ns	0,83ns	0,93ns
		P*F	0,11ns	0,60ns	0,68ns	0,89ns	0,15ns
		E	2,76ns	692,28**	1227,56**	-	48,13**
		P*E	1,08ns	13,01**	47,00**	-	1,86ns
		F*E	0,04ns	0,04ns	0,87ns	-	0,08ns
		P*F*E	0,30ns	0,32ns	0,61ns	-	0,57ns
	C.V. P. (%)		19,66	22,45	18,93	34,22	15,94
	C.V. S. (%)		24,63	19,89	20,24	-	14,53
	Média		6,03	3,68	2,95	2,72	14,03
Zn	F P		50,42**	84,22**	80,96**	79,67**	154,44**
		F	0,86ns	1,71ns	0,17ns	0,08ns	0,41ns
		P*F	0,90ns	0,65ns	0,32ns	0,28ns	0,28ns
		E	22,61ns	0,16ns	2,30ns	-	674,58**
		P*E	0,51ns	0,37ns	0,35ns	-	10,96**
		F*E	0,27ns	2,23ns	2,59ns	-	0,66ns
		P*F*E	0,30ns	1,59ns	1,95ns	-	0,54ns
	C.V. P. (%)		22,35	15,46	26,03	10,65	12,92
	C.V. S. (%)		30,59	11,17	21,34	-	16,74
	Média		2,67	1,38	2,10	8,17	10,24

⁽¹⁾ ns: não significativo (P>0,05) *: P<0,05; **: P< 0,01.

Tabela 14 – Resumo da análise de variância com valores de F calculado para as causas de variação população (P) e fungicidas (F) (parcelas) e épocas de amostragem (E) (subparcelas) e suas interações; coeficientes de variação de variação (%) de parcelas (C.V.P.) e de subparcelas (C.V.S.), e médias gerais do acúmulo de micronutrientes cobre (Cu) e boro (B) (mg pl^{-1}) em colmos, folhas, espigas, grãos e total em plantas de milho híbrido DOW 2B587 cultivado na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).

Nutriente	Análise de variância		Fração da planta				
			Colmo	Folha	Espiga	Grão	Total
Cu	F P		143,17** ⁽¹⁾	4,18*	152,65**	2,49ns	16,10**
		F	0,95ns	0,34ns	0,03ns	0,34ns	0,33ns
		P*F	0,25ns	0,38ns	0,14ns	0,70ns	0,87ns
		E	24,47**	39,34**	73,72**	-	314,57**
		P*E	4,34**	1,69ns	2,69ns	-	2,45ns
		F*E	0,17ns	0,25ns	0,17ns	-	0,15ns
		P*F*E	0,10ns	0,58ns	0,04ns	-	0,74ns
	C.V. P. (%)		9,09	54,25	12,85	39,46	23,36
	C.V. S. (%)		13,57	49,99	19,49	-	25,67
	Média		0,45	0,35	0,31	1,62	1,94
B	F P		4,65**	29,61**	3,88*	17,19**	23,78**
		F	0,14ns	0,62ns	0,26ns	0,10ns	0,19ns
		P*F	1,33ns	1,56ns	0,45ns	0,69ns	0,72ns
		E	1,24ns	41,26**	66,13**	-	126,32**
		P*E	0,51ns	1,59ns	1,35ns	-	3,12*
		F*E	0,52ns	1,62ns	0,10ns	-	0,24ns
		P*F*E	0,63ns	0,35ns	0,48ns	-	0,23ns
	C.V. P. (%)		38,66	16,37	60,53	22,15	20,86
	C.V. S. (%)		46,74	17,71	60,26	-	21,84
	Média		0,91	0,85	0,49	2,31	3,42

⁽¹⁾ ns: não significativo ($P > 0,05$); *: $P < 0,05$; **: $P < 0,01$.

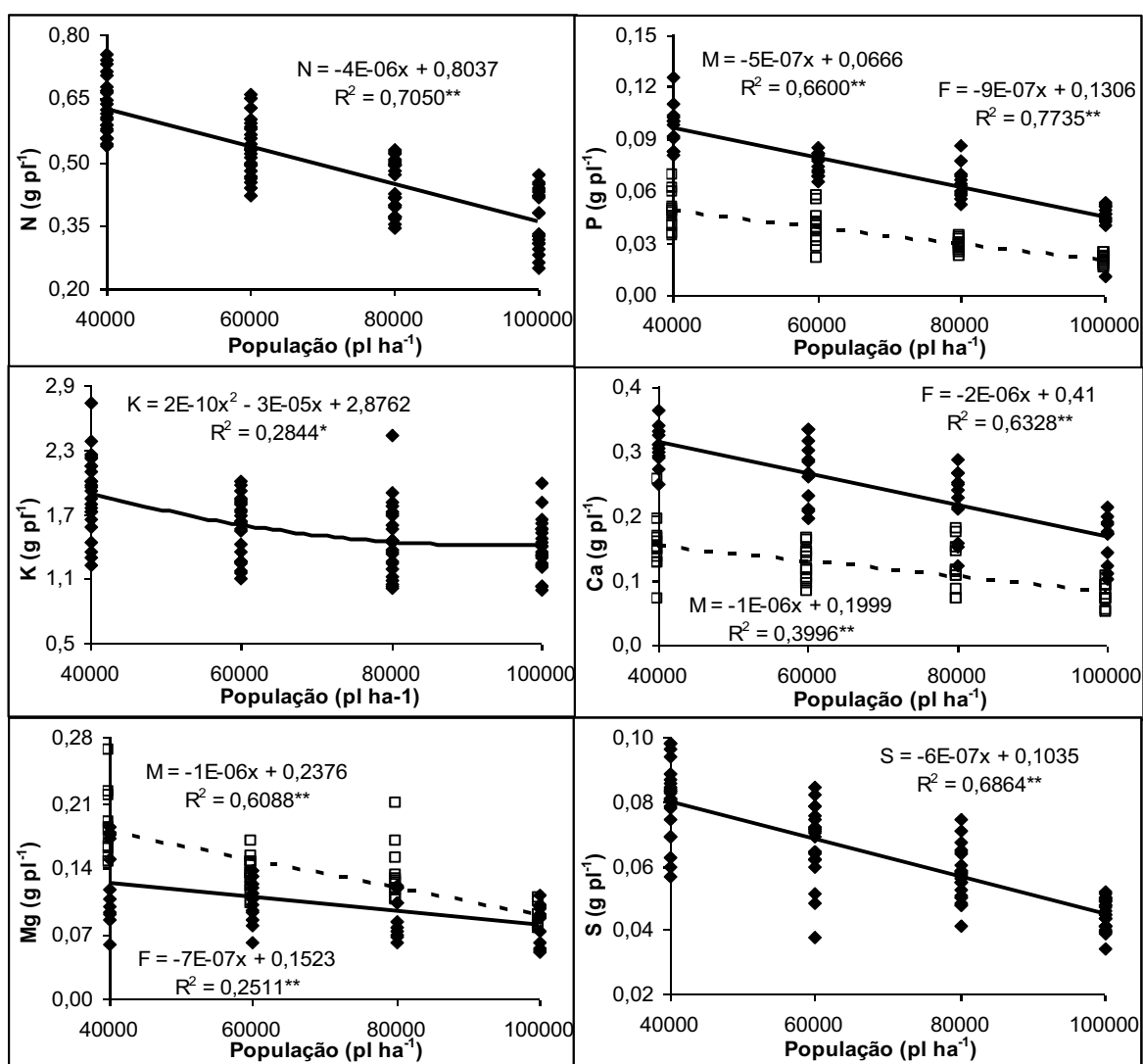


Figura 34 – Acúmulo de macronutrientes P, Ca e Mg no florescimento (F; ♦) e na maturidade fisiológica (M; □); e média destes estádios para N, K e S (♦) (g pl⁻¹) em colmos de milho híbrido DOW 2B587 submetido a diferentes populações de plantas tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).

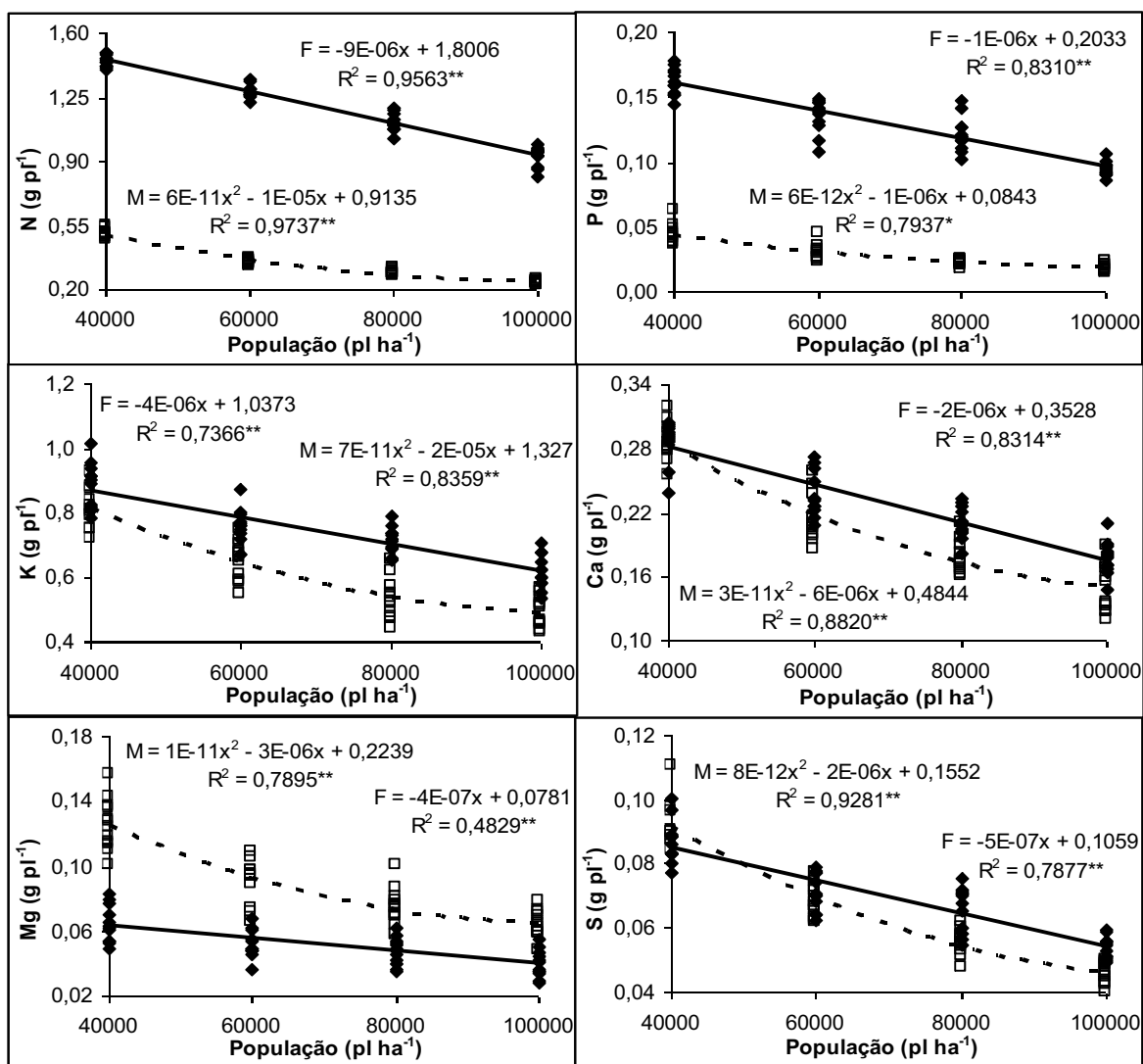


Figura 35 – Acúmulo de macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S no florescimento (F; ♦) e na maturidade fisiológica (M; □) (g pl⁻¹) em folhas de milho híbrido DOW 2B587 submetido a diferentes populações de plantas tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).

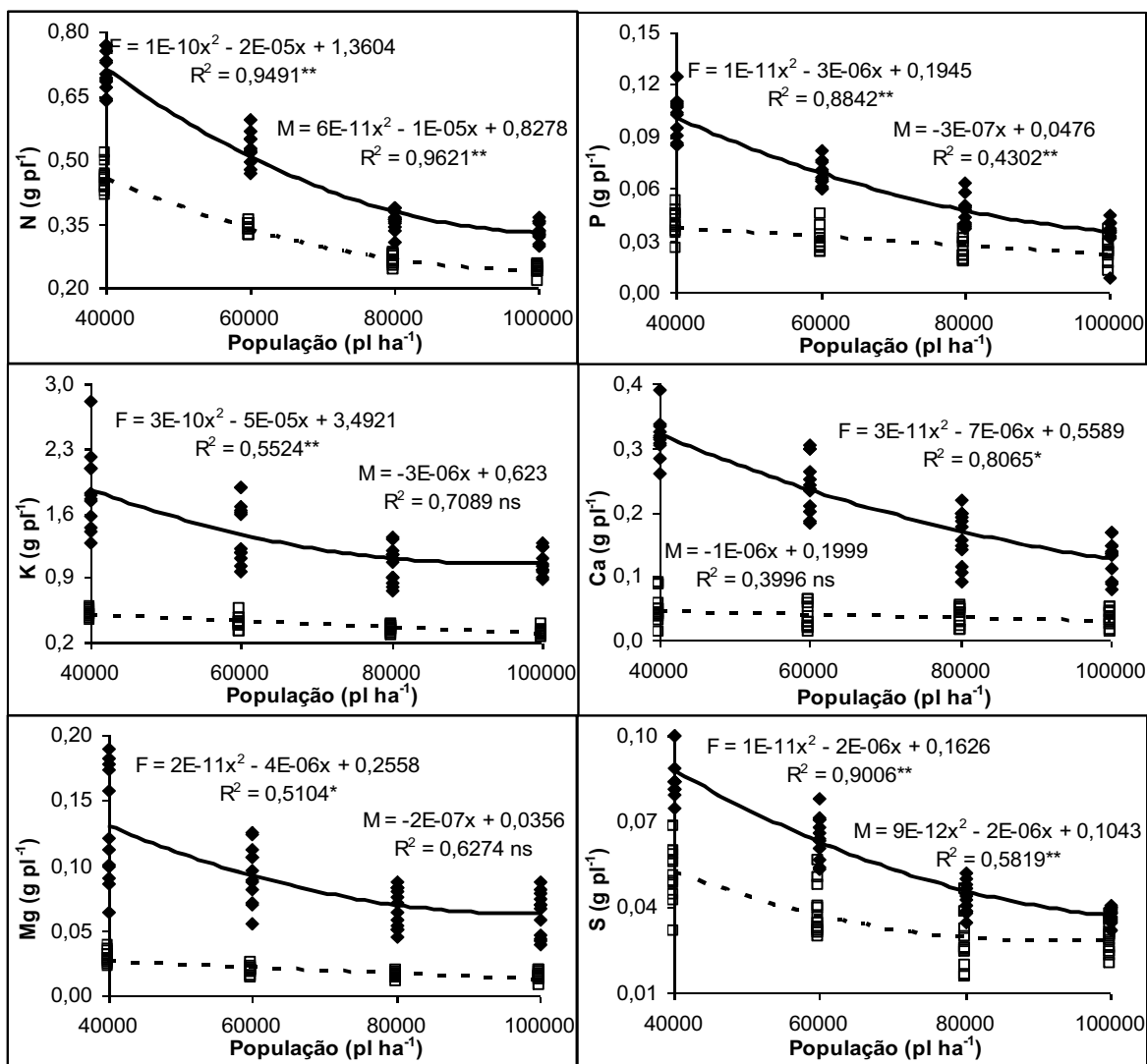


Figura 36 – Acúmulo de macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S no florescimento (F; ♦) e na maturidade fisiológica (M; □) (g pl⁻¹) em espigas de milho híbrido DOW 2B587 submetido a diferentes populações de plantas tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).

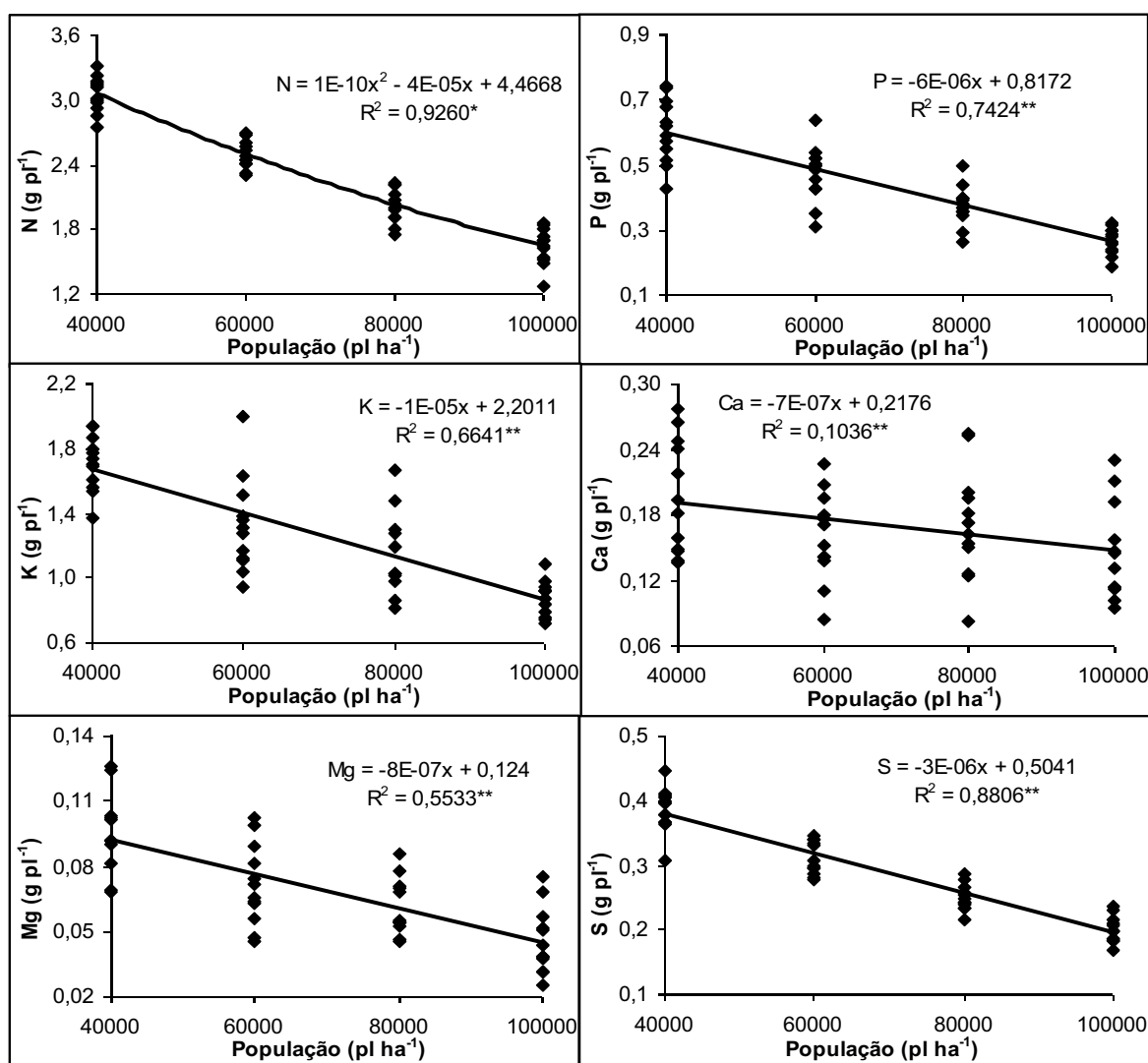


Figura 37 – Acúmulo de macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S na maturidade fisiológica (♦) (g pl⁻¹) em grãos de milho híbrido DOW 2B587 submetido a diferentes populações de plantas tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).

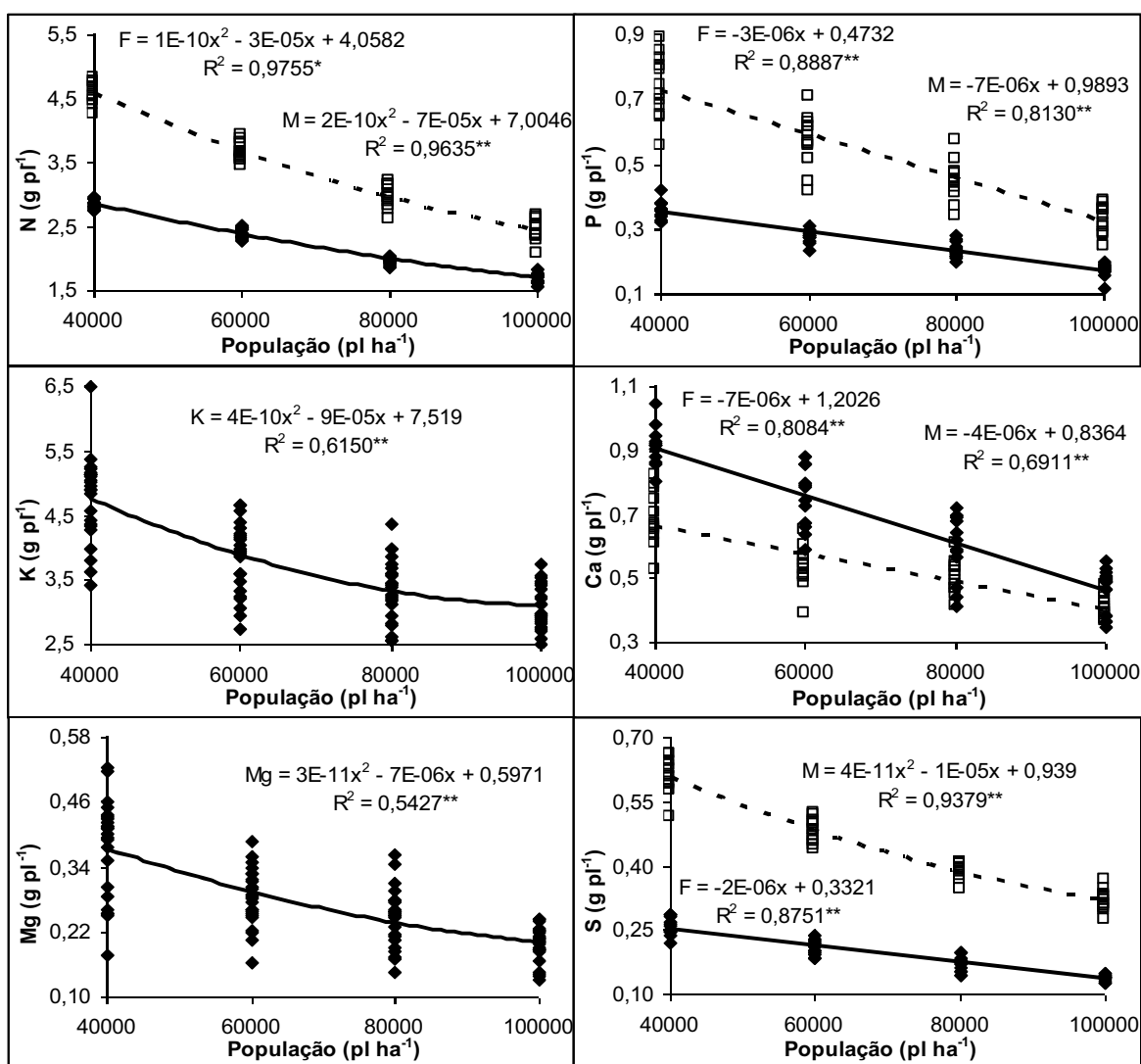


Figura 38 – Acúmulo de macronutrientes N, P, Ca e S no florescimento (F; ♦) e na maturidade fisiológica (M; □); e média destes estádios para K e Mg (♦) (g pl⁻¹) na parte aérea de plantas de milho híbrido DOW 2B587 submetido a diferentes populações de plantas tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).

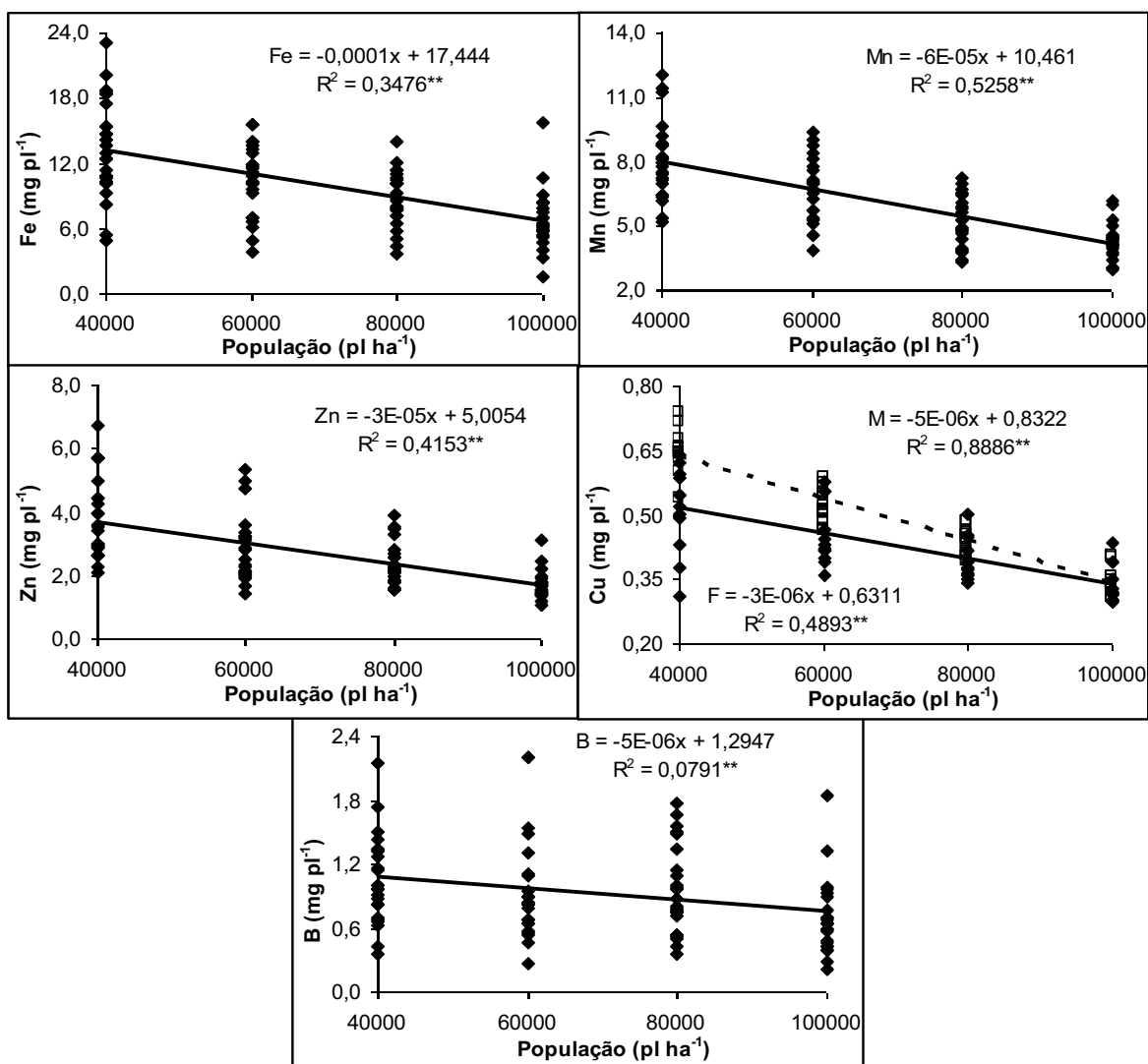


Figura 39 – Acúmulo do micronutriente Cu no florescimento (F; ♦) e na maturidade fisiológica (M; □); e média destes estádios para Fe, Mn, Zn e B (♦) (mg pl⁻¹) em colmos de milho híbrido DOW 2B587 submetido a diferentes populações de plantas tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).

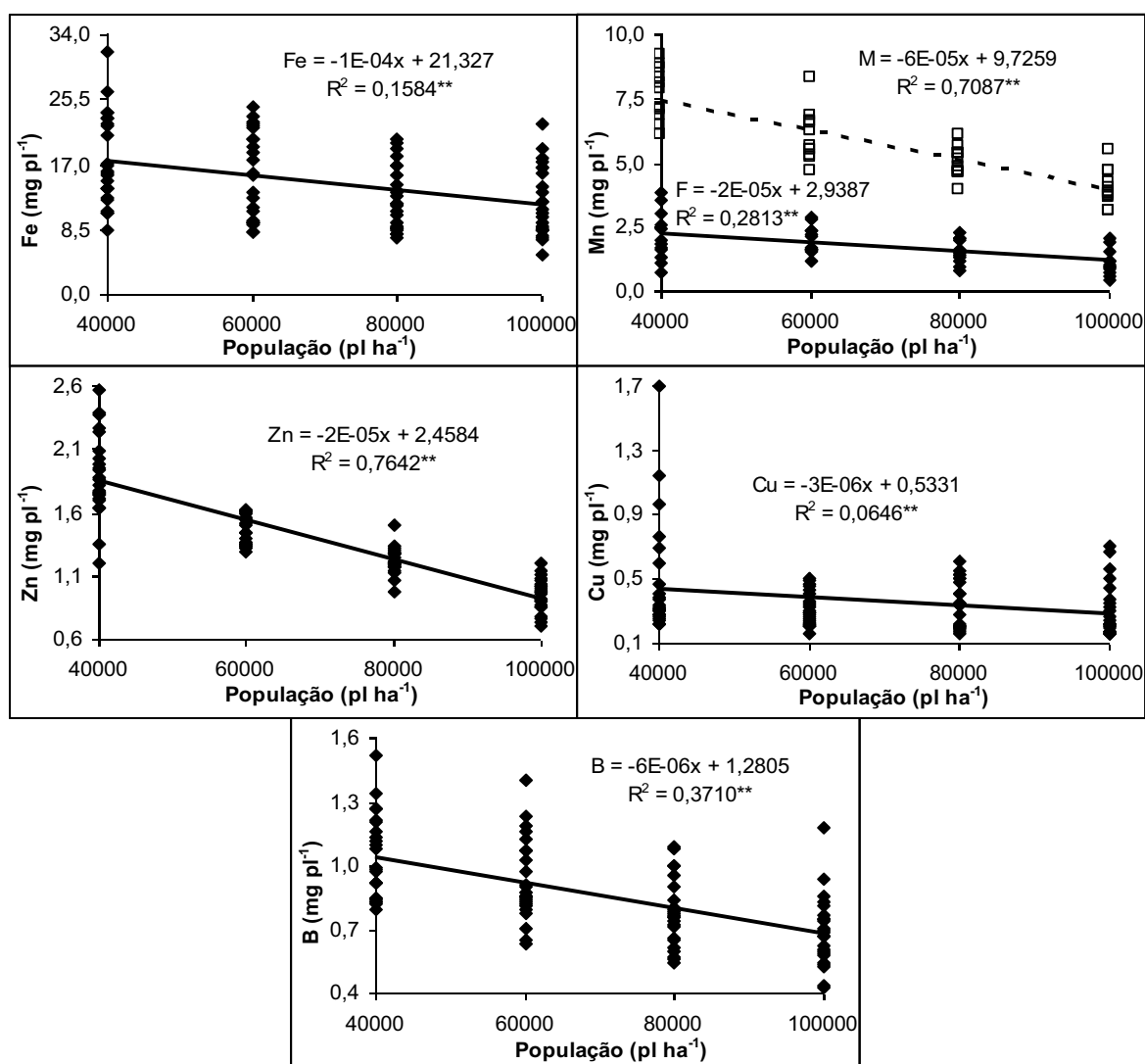


Figura 40 – Acúmulo do micronutriente Mn no florescimento (F; ♦) e na maturidade fisiológica (M; □); e média destes estádios para Fe, Zn, Cu e B (♦) (mg pl⁻¹) em folhas de milho híbrido DOW 2B587 submetido a diferentes populações de plantas tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).

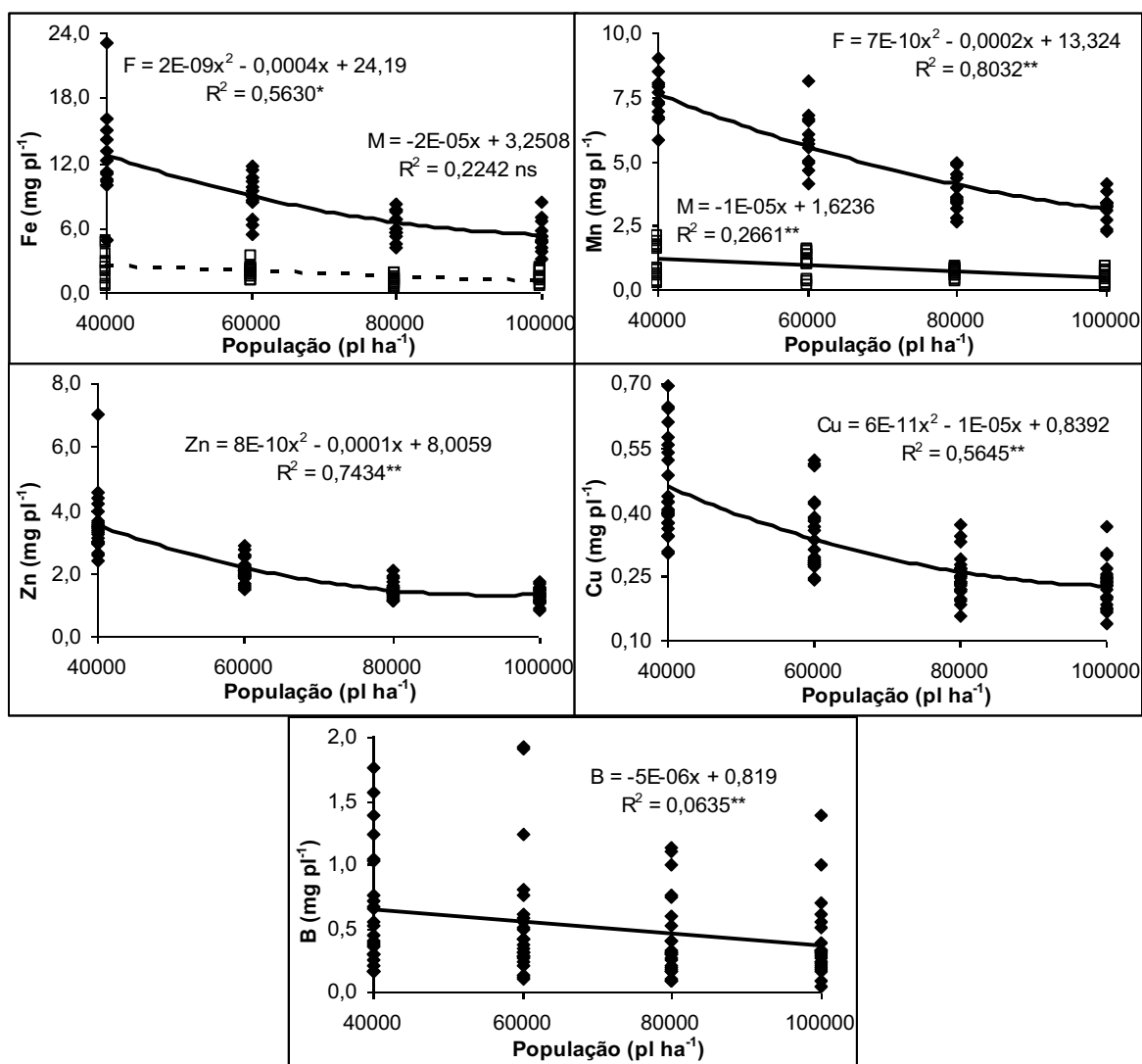


Figura 41 – Acúmulo dos micronutrientes Fe e Mn no florescimento (F; ♦) e na maturidade fisiológica (M; □); e média destes estádios para Zn, Cu e B (♦) (mg pl⁻¹) em espigas de milho híbrido DOW 2B587 submetido a diferentes populações de plantas tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).

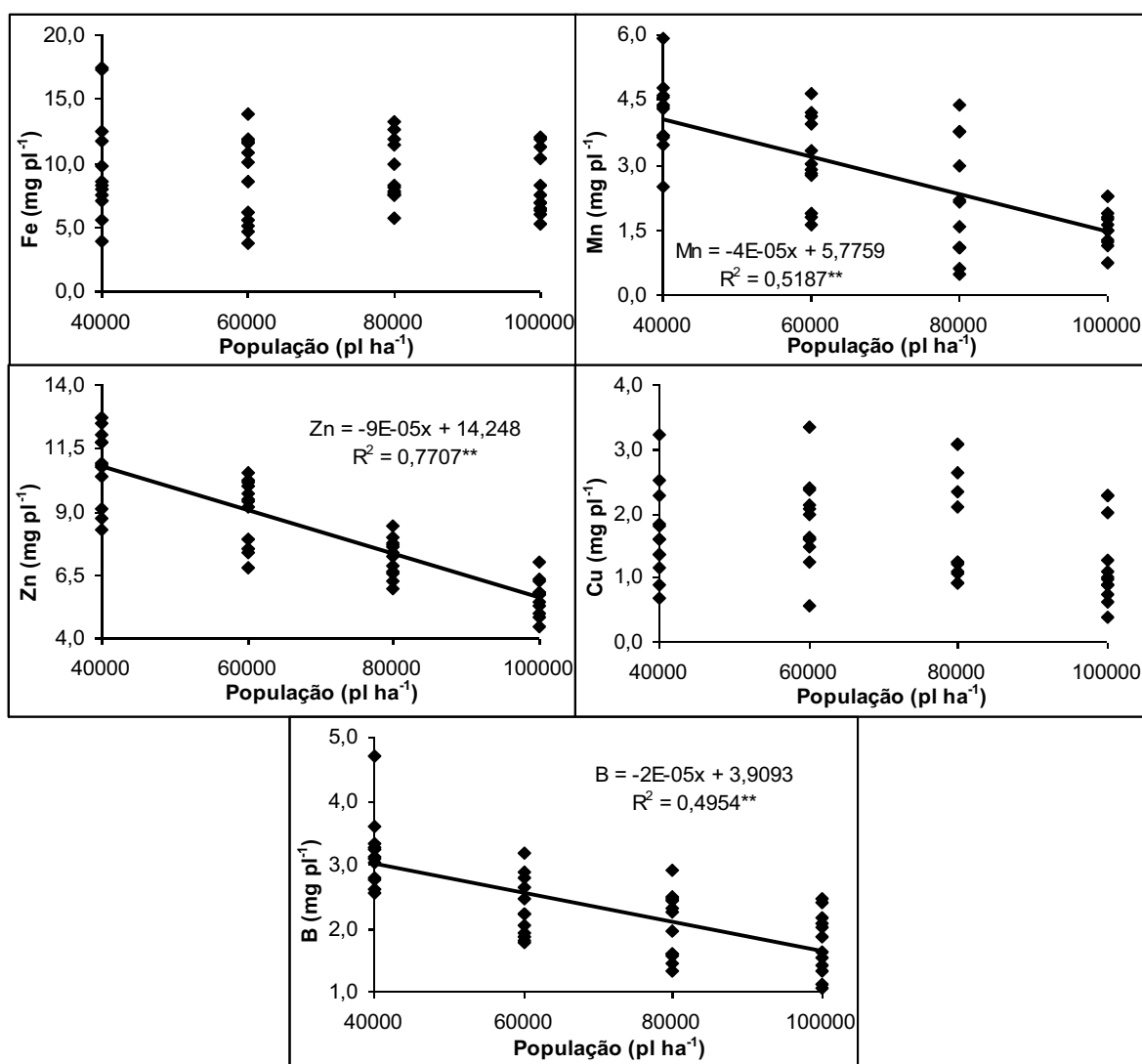


Figura 42 – Acúmulo de micronutrientes Fe, Mn, Cu, Zn e B na maturidade fisiológica (♦) (mg pl⁻¹) em grãos de milho híbrido DOW 2B587 submetido a diferentes populações de plantas tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).

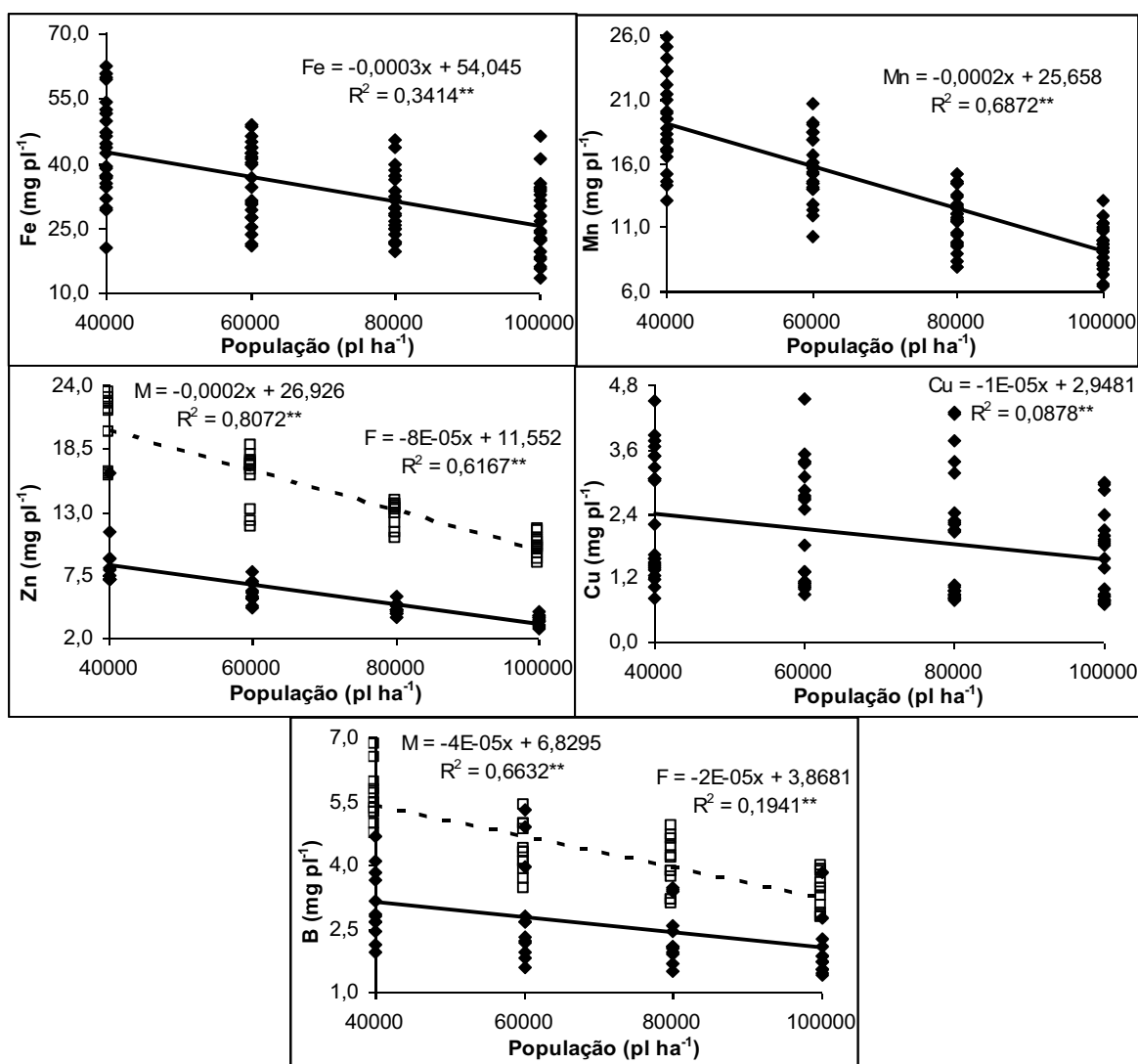


Figura 43 – Acúmulo dos micronutrientes Zn e B no florescimento (F; ♦) e na maturidade fisiológica (M; □); e média destes estádios para Fe, Mn e Cu (♦) (mg pl⁻¹) na parte aérea de plantas de milho híbrido DOW 2B587 submetido a diferentes populações de plantas tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).

Tabela 15 – Resumo da análise de variância com valores de F calculado para as causas de variação população (P) e fungicidas (F) e sua interação; coeficiente de variação de variação (C.V.) (%), e médias gerais do acúmulo de macronutrientes nitrogênio (N) fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) (mg pl⁻¹) no período de enchimento de grãos em colmos, folhas, espigas, grãos e total em plantas de milho híbrido DOW 2B587 cultivado na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).

Nutriente	Análise de variância		Fração da planta				
			Colmo	Folha	Espiga	Grão	Total
N	F	P	0,72ns ⁽¹⁾	138,48**	114,55**	237,22**	96,78**
		F	0,14ns	2,92ns	0,51ns	0,02ns	0,21ns
		P*F	1,15ns	0,48ns	2,33ns	1,57ns	0,92ns
	C.V. (%)		29,57	4,09	15,86	5,96	12,89
	Média		-110,56	853,64	-156,72	2302,10	1181,16
P	F	P	9,34**	33,58**	54,93**	75,29**	22,43**
		F	1,28ns	0,02ns	0,66ns	0,40ns	0,34ns
		P*F	0,78ns	0,56ns	0,40ns	0,51ns	0,34ns
	C.V. (%)		32,03	10,37	30,20	13,31	26,79
	Média		-37,04	-99,71	-33,54	429,64	259,34
K	F	P	2,56ns	5,54**	15,99**	61,11**	1,92ns
		F	0,32ns	2,11ns	0,14ns	1,01ns	0,08ns
		P*F	0,63ns	1,24ns	0,69ns	1,08ns	0,57ns
	C.V. (%)		52,53	55,94	25,06	12,26	208,14
	Média		55,20	-121,34	-958,17	1263,96	262,86
Ca	F	P	7,87**	4,19*	90,41**	4,48**	10,43**
		F	0,63ns	1,36ns	0,36ns	2,36ns	0,66ns
		P*F	0,78ns	0,83ns	0,45ns	0,74ns	0,50ns
	C.V. (%)		33,54	108,05	16,23	20,62	59,79
	Média		-122,93	-22,12	-175,02	168,58	-151,49
Mg	F	P	6,40**	17,03**	15,23**	18,45**	5,96**
		F	1,23ns	2,95ns	0,20ns	0,34ns	0,09ns
		P*F	0,65ns	0,63ns	0,10ns	0,37ns	0,41ns
	C.V. (%)		52,18	37,70	30,89	24,56	73,67
	Média		32,53	37,73	-69,25	68,34	69,36
S	F	P	0,53ns	9,11**	20,94**	142,20**	87,73**
		F	1,62ns	3,92*	1,77ns	0,86ns	0,26ns
		P*F	2,24ns	0,60ns	0,97ns	1,35ns	1,07ns
	C.V. (%)		52,01	183,32	41,37	8,15	10,80
	Média		-7,07	-4,31	-21,53	286,82	253,90

⁽¹⁾ ns: não significativo (P>0,05) *: P<0,05; **: P< 0,01.

Tabela 16 – Resumo da análise de variância com valores de F calculado para as causas de variação população (P) e fungicidas (F) e sua interação; coeficiente de variação de variação (C.V.) (%), e médias gerais do acúmulo de micronutrientes ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), cobre (Cu) e Boro (B) (mg pl⁻¹) no período de enchimento de grãos em colmos, folhas, espigas, grãos e total em plantas de milho híbrido DOW 2B587 cultivado na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).

Nutriente	Análise de variância		Fração da planta				
			Colmo	Folha	Espiga	Grão	Total
Fe	F	P	0,84ns ⁽¹⁾	0,79ns	12,76**	0,49ns	0,04ns
		F	2,60ns	1,13ns	0,48ns	0,22ns	2,30ns
		P*F	0,69ns	0,53ns	0,48ns	0,33ns	0,35ns
		C.V. (%)	48,31	70,44	39,21	36,99	88,82
		Média	0,85	7,30	-6,57	9,01	10,59
Mn	F	P	4,54**	19,25**	51,51**	17,74**	5,01**
		F	0,18ns	0,06ns	0,96ns	0,83ns	0,22ns
		P*F	1,28ns	0,47ns	0,67ns	0,89ns	1,53ns
		C.V. (%)	204,14	21,65	18,89	34,22	60,98
		Média	0,50	3,93	-4,27	2,72	2,88
Zn	F	P	0,96ns	0,42ns	0,36ns	79,67**	16,42**
		F	0,51ns	2,48ns	2,69ns	0,08ns	0,99ns
		P*F	0,57ns	1,77ns	2,06ns	0,28ns	0,80ns
		C.V. (%)	106,59	1610,19	447,42	10,65	21,80
		Média	0,79	-0,01	0,139	8,17	9,09
Cu	F	P	8,49**	1,92ns	5,79**	2,49ns	3,46*
		F	0,33ns	0,28ns	0,37ns	0,34ns	0,21ns
		P*F	0,19ns	0,66ns	0,09ns	0,70ns	1,04ns
		C.V. (%)	100,15	103,67	55,06	39,46	32,90
		Média	0,06	0,22	0,10	1,62	1,81
B	F	P	0,70ns	2,39ns	2,15ns	17,19**	4,92**
		F	0,71ns	2,43ns	0,16ns	0,10ns	0,38ns
		P*F	0,85ns	0,53ns	0,76ns	0,69ns	0,36ns
		C.V. (%)	53,47	88,06	67,58	22,15	49,11
		Média	0,09	-0,19	-0,49	2,31	1,71

⁽¹⁾ ns: não significativo (P>0,05) *: P<0,05; **: P< 0,01.

Tabela 17 – Resumo da análise de variância com valores de F calculado para as causas de variação população (P) e fungicidas (F) e sua interação; coeficiente de variação de variação (C.V.) (%), e médias gerais da relação entre quantidade do nutriente acumulado após o florescimento e a quantidade previamente absorvida de macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) (%) em colmos, folhas, espigas e total em plantas de milho híbrido DOW 2B587 cultivado na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).

Nutriente	Análise de variância		Fração da planta			
			Colmo	Folha	Espiga	Total
N	F	P	12,97** ⁽¹⁾	160,21**	13,16**	9,82**
		F	0,16ns	2,45ns	0,47ns	0,49ns
		P*F	1,02ns	0,26ns	1,51ns	0,84ns
	C.V. (%)		26,39	1,62	14,69	15,65
	Média		-20,80	-71,94	-31,18	52,01
P	F	P	0,53ns	14,84**	3,52*	0,44ns
		F	1,20ns	1,13ns	1,21ns	0,86ns
		P*F	0,90ns	0,98ns	1,02ns	0,57ns
	C.V. (%)		38,07	4,33	86,58	34,26
	Média		-50,30	78,04	-44,27	99,82
K	F	P	1,89ns	10,08**	1,11ns	1,56ns
		F	0,21ns	2,12ns	0,43ns	0,28ns
		P*F	0,45ns	1,60ns	0,72ns	0,42ns
	C.V. (%)		33,90	50,02	9,05	171,12
	Média		5,67	-16,60	-70,15	9,39
Ca	F	P	1,21ns	6,71**	15,56**	4,99**
		F	1,35ns	1,39ns	1,95ns	1,10ns
		P*F	0,70ns	0,72ns	0,67ns	0,56ns
	C.V. (%)		30,28	96,22	5,38	69,95
	Média		-48,05	-10,38	-80,74	-18,76
Mg	F	P	3,92*	2,86ns	0,56ns	2,74ns
		F	0,45ns	3,15ns	0,42ns	0,11ns
		P*F	0,15ns	0,68ns	0,72ns	0,17ns
	C.V. (%)		93,56	48,81	10,26	76,13
	Média		40,84	76,72	-76,45	33,50
S	F	P	0,29ns	10,38**	3,69*	0,24ns
		F	1,74ns	3,13ns	1,36ns	1,32ns
		P*F	2,05ns	0,40ns	0,56ns	1,22ns
	C.V. (%)		112,94	162,67	43,15	15,99
	Média		-10,43	-6,83	-34,75	131,63

⁽¹⁾ ns: não significativo (P>0,05) *: P<0,05; **: P< 0,01.

Tabela 18 – Resumo da análise de variância com valores de F calculado para as causas de variação população (P) e fungicidas (F) e sua interação; coeficiente de variação de variação (C.V.) (%), e médias gerais da relação entre quantidade do nutriente acumulado após o florescimento e a quantidade previamente absorvida de micronutrientes ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), cobre (Cu) e Boro (B) (%) em colmos, folhas, espigas e total em plantas de milho híbrido DOW 2B587 cultivado na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).

Nutriente	Análise de variância		Fração da planta			
			Colmo	Folha	Espiga	Total
Fe	F	P	0,63ns ⁽¹⁾	0,44ns	2,33ns	0,58ns
		F	2,10ns	2,45ns	0,91ns	2,38ns
		P*F	0,65ns	0,59ns	0,81ns	0,26ns
		C.V. (%)	395,06	76,95	10,70	93,83
		Média	14,43	74,10	-78,13	42,77
Mn	F	P	2,03ns	1,66ns	0,24ns	1,33ns
		F	0,17ns	0,17ns	0,36ns	0,25ns
		P*F	1,19ns	0,53ns	0,21ns	1,83ns
		C.V. (%)	154,37	52,29	7,12	50,95
		Média	11,42	276,86	-84,11	25,64
Zn	F	P	0,78ns	0,27ns	2,49ns	1,54ns
		F	0,64ns	2,87ns	2,00ns	1,11ns
		P*F	0,53ns	1,72ns	1,92ns	0,75ns
		C.V. (%)	81,30	1417,11	158,45	25,97
		Média	39,45	0,98	13,46	171,38
Cu	F	P	5,61ns	1,30ns	0,55ns	1,92ns
		F	0,14ns	0,32ns	0,84ns	0,15ns
		P*F	0,12ns	0,70ns	0,19ns	0,82ns
		C.V. (%)	106,03	83,42	48,69	35,04
		Média	16,09	95,90	-26,70	179,86
B	F	P	0,12ns	1,67ns	1,75ns	0,36ns
		F	1,73ns	0,56ns	1,37ns	1,11ns
		P*F	0,64ns	0,53ns	0,15ns	0,44ns
		C.V. (%)	174,11	122,00	46,70	59,33
		Média	43,23	-16,97	-57,84	81,21

⁽¹⁾ ns: não significativo (P>0,05) *: P<0,05; **: P< 0,01.

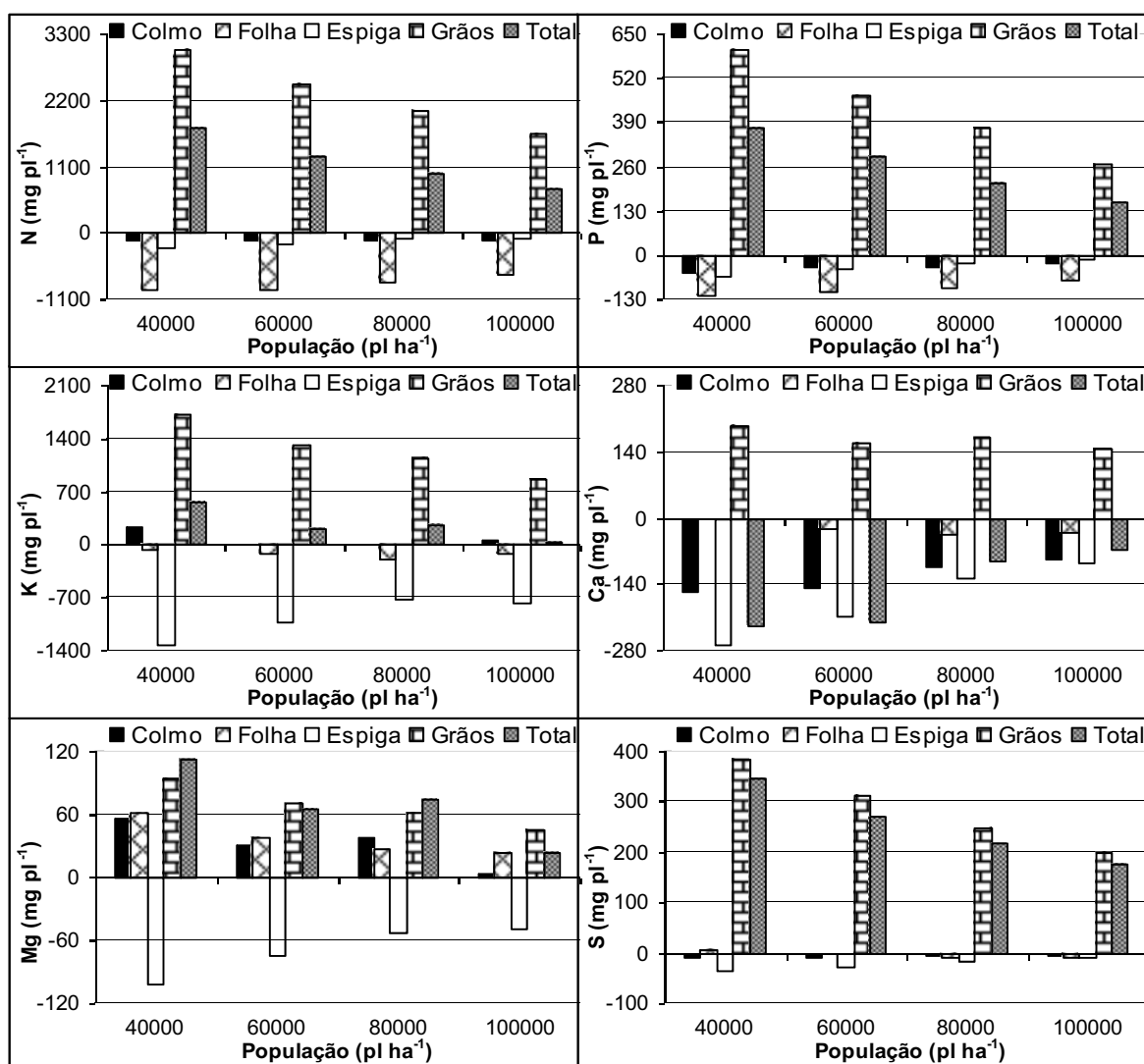


Figura 44 – Acúmulo de macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) (mg pl⁻¹) no período de enchimento de grãos em colmos, folhas, espigas, grãos e total em plantas de milho híbrido DOW 2B587 submetido a diferentes populações de plantas tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).

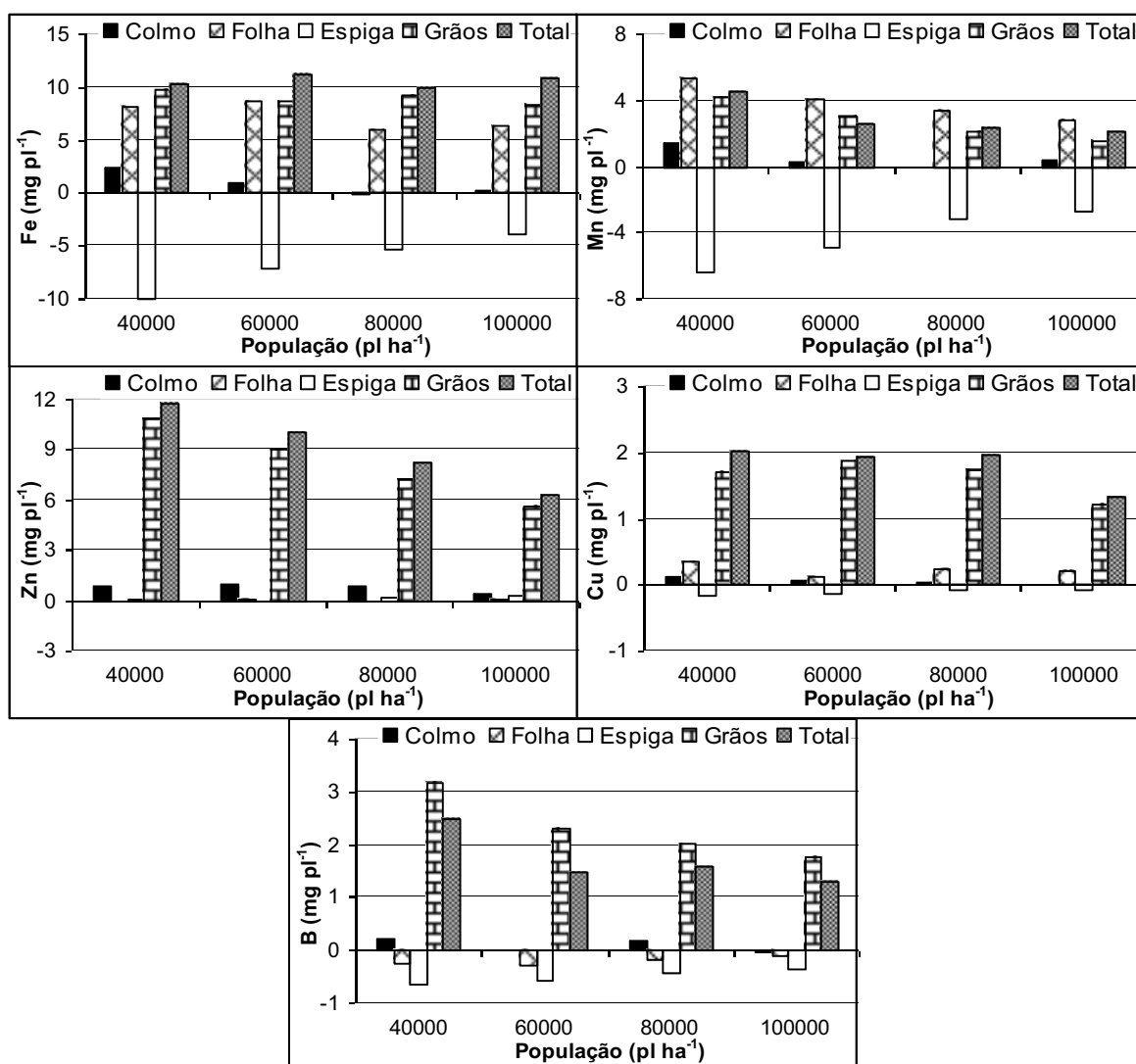


Figura 45 – Acúmulo de micronutrientes ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), cobre (Cu) e Boro (B) (mg pl⁻¹) no período de enchimento de grãos em colmos, folhas, espigas, grãos e total em plantas de milho híbrido DOW 2B587 submetido a diferentes populações de plantas tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).

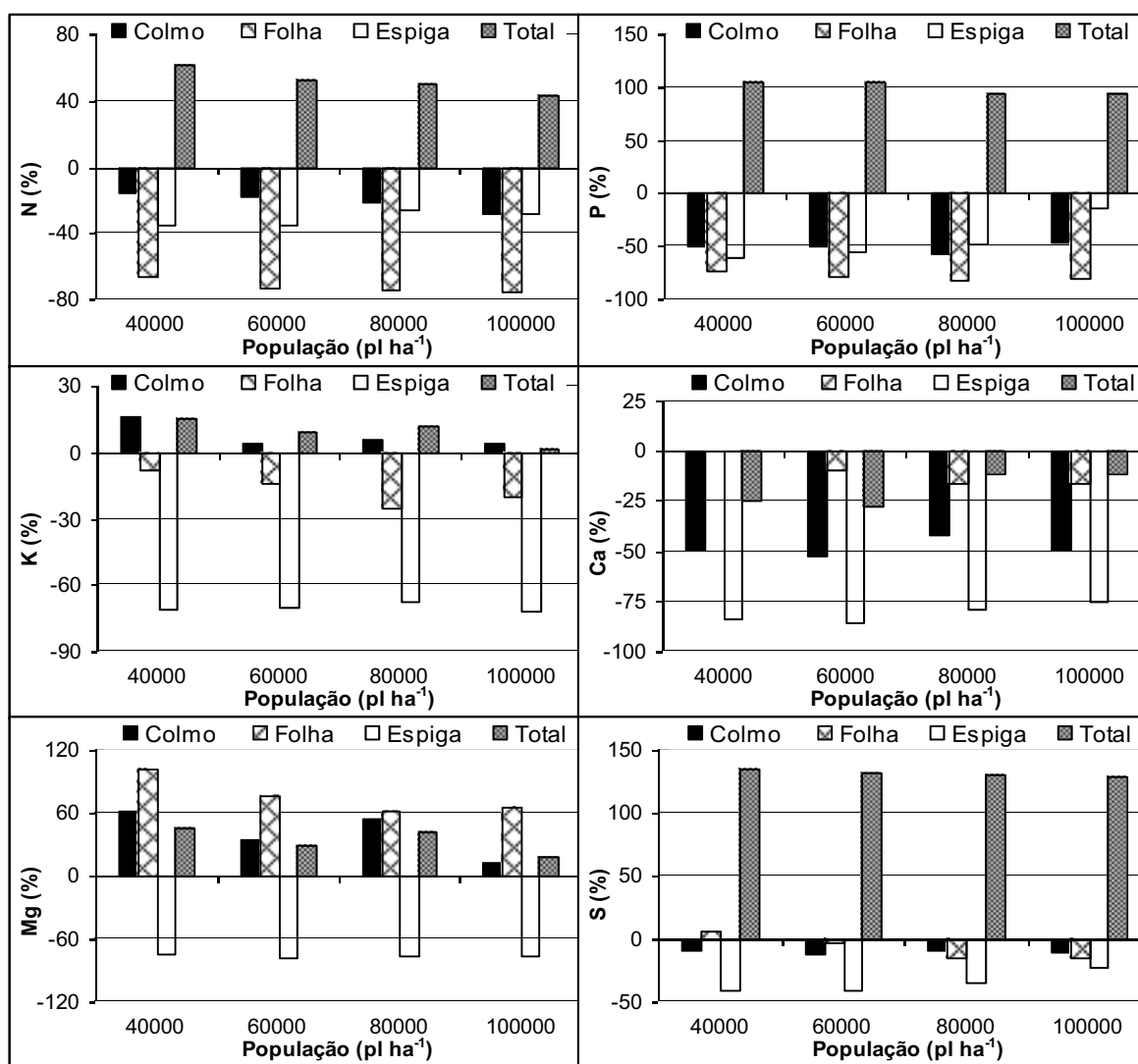


Figura 46 – Relação entre quantidade do nutriente acumulado após o florescimento e a quantidade previamente absorvida de macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) (%) a partir de colmos, folhas, espigas, grãos e total em plantas de milho híbrido DOW 2B587 submetido a diferentes populações de plantas tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).

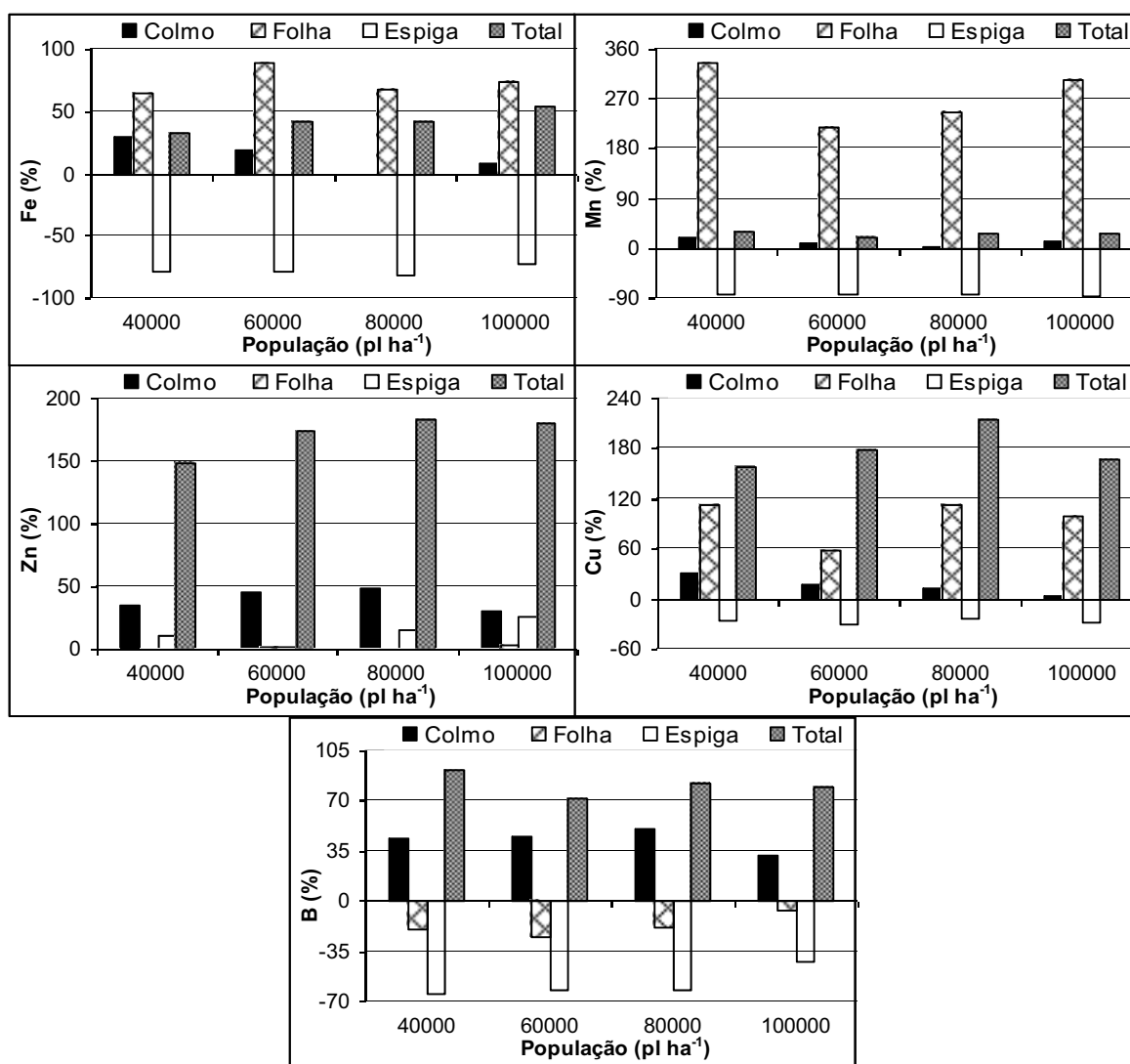


Figura 47 – Relação entre quantidade do nutriente acumulado após o florescimento e a quantidade previamente absorvida de micronutrientes ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), cobre (Cu) e Boro (B) (%) a partir de colmos, folhas, espigas, grãos e total em plantas de milho híbrido DOW 2B587 submetido a diferentes populações de plantas tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).

6.5.2 - Exportação pelos grãos (E), Eficiência de uso do adubo (EU), Eficiência de absorção (EA), Porcentagem do nutriente exportado (PE), Porcentagem do acumulado total ocorrido após o florescimento (AAF), Porcentagem do acumulado após o florescimento relativo aos grãos (ARG), Porcentagem do total acumulado relativo aos Grãos (RG)

O resumo da análise de variância com valores de F calculado para E, EU, EA, PE, AAF, ARG, RG dos macronutrientes é apresentado na Tabela 19 e de E, AAF, ARG, RG de micronutrientes na Tabela 20.

Apesar de ocorrer maior concentração de nutrientes nos grãos nas populações mais baixas (Figuras 37 e 42), a exportação de nutrientes pelos grãos (Figura 48) teve um comportamento semelhante ao da produtividade (Figura 31) em relação ao aumento da população de plantas, aspectos também verificados por Revoredo (2008). Isto demonstra que a produtividade de grãos é o fator mais importante na determinação da exportação de nutrientes e não somente a concentração destes. O efeito foi significativo para todos os nutrientes estudados menos para Mg, Mn e B, provavelmente devido a erros. Comportamento análogo foi verificado com os índices eficiência do uso do adubo e porcentagem de exportação do adubo aplicado, obviamente pelo mesmo efeito. Já a eficiência de absorção do adubo aplicado (Figura 50) cresceu com o aumento da população de plantas, que acompanha a tendência verificada para a produção de matéria seca por área (Figura 16), como já era esperado.

Pouco foi possível separar os efeitos dos fatores testados em relação à porcentagem do acumulado total ocorrido após o florescimento (AAF), porcentagem do acumulado após o florescimento relativo aos grãos (ARG), porcentagem do total e acumulado relativo aos grãos (RG) (Tabelas 19 e 20), devido aos cálculos considerarem uma extrapolação dos dados, a qual aumenta o coeficiente de variação e dispersa os valores, dificultando a separação dos efeitos dos fatores testados por análise de variância (Tabelas 19 e 20).

Ao analisar os dados da porcentagem do acumulado total ocorrido após o florescimento (AAF) nas Tabelas 19 e 20, verifica-se que em média, metade do P, S, Cu e

Zn acumulado total foi devido à absorção ocorrida após o florescimento, enquanto que para o N esse valor foi em torno de um terço do total. Para Mg e K, o acúmulo nesse período correspondeu a apenas 20 e 5% do total, respectivamente. Contudo, nos dados médios da porcentagem do acumulado ocorrido após o florescimento relativo aos grãos (ARG) observa-se que para o crescimento dos grãos, metade do N vem da absorção no período e metade vem de outras fontes, evidentemente da remobilização a partir de outras partes da planta; tendência seguida pelo P. Observa-se também uma relação significativa entre a quantidade de S absorvida no período e a quantidade acumulada nos grãos, praticamente equivalentes (Tabelas 19 e Figura 48). Essa resposta sugere exigência ao longo de todo o ciclo como o que ocorre com N e P, mas com menor remobilização atribuída provavelmente pela menor exigência da planta em quantidade quando comparada a N e P, e também devido à adubação de cobertura realizada ter oferecido S no sistema em quantidades muito superiores às requeridas. Para os demais nutrientes os coeficientes de variação de ARG foram muito altos impossibilitando conclusões mais precisas.

Destaca-se que os maiores valores de porcentagem do total do nutriente acumulado relativo aos grãos (RG) foram obtidos para o P, que apresentou valores médios de cerca de 80%, seguido do N e S cujos valores observados foram de dois terços do total aproximadamente. Foram obtidos também valores médios de cerca de 50% do total acumulado no período relativo aos grãos para Cu, Zn e B, um terço do total para K e Ca e de 20% aproximadamente para Mg, Fe e Mn (Tabelas 19 e 20). Esses dados corroboram com os apresentados por Revoredo (2008) e por Coelho e França (1995), que apresentam o P como sendo o nutriente com maior exportação em termos percentuais do total acumulado, sendo quase todo translocado para os grãos (80 a 90%), seguido do N (75%) e S (60%) exportação de cerca de 20 a 30% do K total acumulado.

Tabela 19 – Resumo da análise de variância com valores de F calculado para as causas de variação população (P) e fungicidas (F) e sua interação; coeficiente de variação de variação (C.V.) (%), e médias gerais de exportação pelos grãos (E), eficiência de uso do adubo (EU), eficiência de absorção (EA), porcentagem do nutriente exportado (PE), porcentagem do acumulado total ocorrido após o florescimento (AAF), porcentagem do acumulado após o florescimento relativo aos grãos (ARG), porcentagem do total acumulado relativo aos grãos (RG) de macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) em plantas de milho híbrido DOW 2B587 cultivado na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).

Nutriente	Análise de variância		Componente						
			E	EU	EA	PE	AAF	ARG	RG
N	F	P	16,82** ⁽¹⁾	384,60**	67,35**	16,82**	8,56**	7,98**	2,73ns
		F	0,08ns	0,08ns	0,05ns	0,08ns	0,47ns	0,51ns	0,27ns
		P*F	1,31ns	0,09ns	1,18ns	1,31ns	0,74ns	0,49ns	1,74ns
	C.V. (%)		6,83	1,49	5,08	6,83	11,71	15,20	2,31
	Média		138,54	81,49	1,72	108,23	33,87	204,84	67,66
P	F	P	7,76**	384,60**	7,03**	7,76**	0,68ns	0,87ns	2,35ns
		F	0,81ns	0,08ns	0,61ns	0,81ns	0,63ns	0,62ns	0,66ns
		P*F	0,90ns	0,09ns	0,66ns	0,90ns	0,37ns	0,39ns	0,86ns
	C.V. (%)		11,80	1,49	10,86	11,80	18,54	22,98	2,63
	Média		25,43	106,44	0,33	25,95	48,13	179,07	81,95
K	F	P	5,08**	384,60**	35,05**	5,08**	1,211ns	1,23ns	7,16**
		F	0,75ns	0,08ns	0,11ns	0,75ns	0,05ns	0,67ns	0,39ns
		P*F	0,78ns	0,09ns	0,53ns	0,78ns	0,36ns	1,43ns	1,01ns
	C.V. (%)		12,84	1,49	10,74	12,84	259,79	681,69	10,07
	Média		75,86	86,21	2,12	62,69	5,46	46,18	32,21
Ca	F	P	13,06**	-	-	-	4,69**	2,35ns	5,14ns
		F	2,87ns	-	-	-	0,77ns	0,98ns	1,78ns
		P*F	1,02ns	-	-	-	0,46ns	0,75ns	0,60ns
	C.V. (%)		20,77	-	-	-	68,45	242,59	16,18
	Média		10,53	-	-	-	-29,76	-100,47	31,95
Mg	F	P	0,89ns	-	-	-	2,24ns	2,60ns	0,08ns
		F	0,35ns	-	-	-	0,07ns	0,21ns	0,33ns
		P*F	0,41ns	-	-	-	0,37ns	0,66ns	0,33ns
	C.V. (%)		26,70	-	-	-	73,08	144,71	21,79
	Média		4,07	-	-	-	20,23	122,41	21,92
S	F	P	10,73**	-	-	-	0,43ns	0,77ns	1,30ns
		F	0,35ns	-	-	-	1,49ns	2,99ns	1,01ns
		P*F	0,90ns	-	-	-	1,19ns	1,13ns	0,91ns
	C.V. (%)		7,90	-	-	-	6,92	7,11	3,74
	Média		17,19	-	-	-	56,44	113,82	63,97

⁽¹⁾ ns: não significativo (P>0,05); *: P<0,05; **: P<0,01.

Tabela 20 – Resumo da análise de variância com valores de F calculado para as causas de variação população (P) e fungicidas (F) e sua interação; coeficiente de variação de variação(C.V.) (%), e médias gerais de exportação pelos grãos (E), porcentagem do acumulado total ocorrido após o florescimento (AAF), porcentagem do acumulado após o florescimento relativo aos grãos (ARG), porcentagem do total acumulado relativo aos grãos (RG) de micronutrientes ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), cobre (Cu) e Boro (B) em plantas de milho híbrido DOW 2B587 cultivado na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).

Nutriente	Análise de variância		Componente			
			E	AAF	ARG	RG
Fe	F	P	6,58** ⁽¹⁾	0,71ns	1,37ns	3,78*
		F	0,17ns	2,67ns	1,67ns	0,82ns
		P*F	0,55ns	0,47ns	0,74ns	0,21ns
		C.V. (%)	34,47	81,31	140,60	29,53
		Média	570,21	25,10	71,91	23,44
Mn	F	P	1,25ns	0,82ns	0,76ns	1,44ns
		F	0,60ns	0,22ns	0,60ns	0,80ns
		P*F	0,62ns	2,37ns	0,88ns	0,83ns
		C.V. (%)	39,41	50,83	241,55	34,18
		Média	158,80	17,63	76,36	17,23
Zn	F	P	9,80**	2,15ns	0,97ns	3,73*
		F	0,08ns	0,94ns	1,04ns	0,19ns
		P*F	0,32ns	1,12ns	1,26ns	1,20ns
		C.V. (%)	9,98	13,17	31,01	5,80
		Média	490,63	61,70	93,96	55,67
Cu	F	P	3,52*	1,28ns	2,29ns	1,65ns
		F	0,27ns	0,10ns	0,34ns	0,09ns
		P*F	0,52ns	1,02ns	0,28ns	0,46ns
		C.V. (%)	44,88	14,93	15,97	23,78
		Média	101,40	61,67	88,93	54,89
B	F	P	1,04ns	0,68ns	0,58ns	1,49ns
		F	0,11ns	0,27ns	0,30ns	0,52ns
		P*F	0,63ns	0,58ns	1,46ns	1,58ns
		C.V. (%)	24,14	47,28	293,96	13,05
		Média	139,80	38,86	80,08	53,47

⁽¹⁾ ns: não significativo (P>0,05) *: P<0,05; **: P< 0,01.

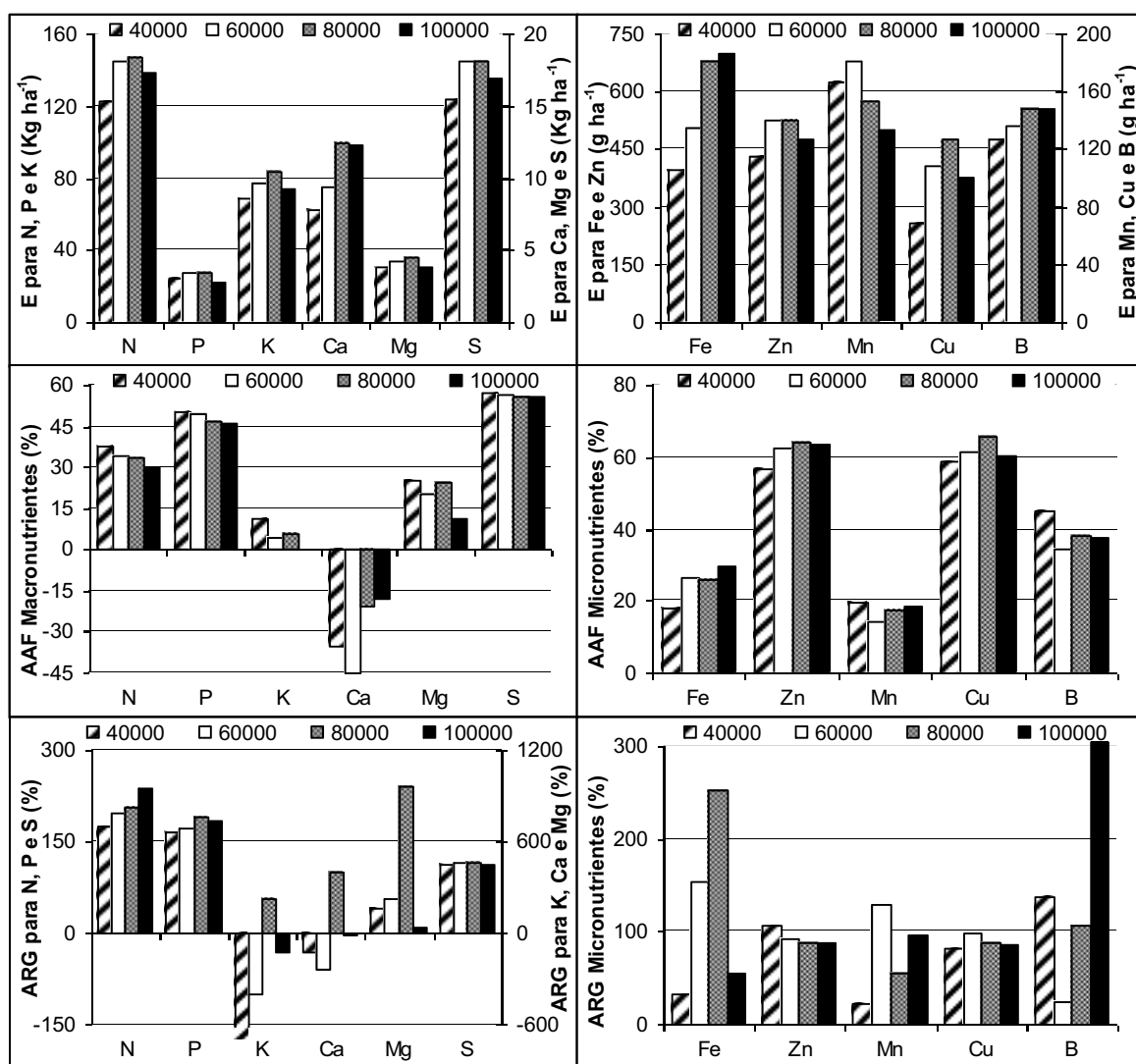


Figura 48 – Exportação pelos grãos (E) (kg ha⁻¹), porcentagem do acumulado total ocorrido após o florescimento (AAF), porcentagem do acumulado após o florescimento relativo aos grãos (ARG) de macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) e de micronutrientes ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), cobre (Cu) e Boro (B) em plantas de milho híbrido DOW 2B587 submetido a diferentes populações de plantas tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).

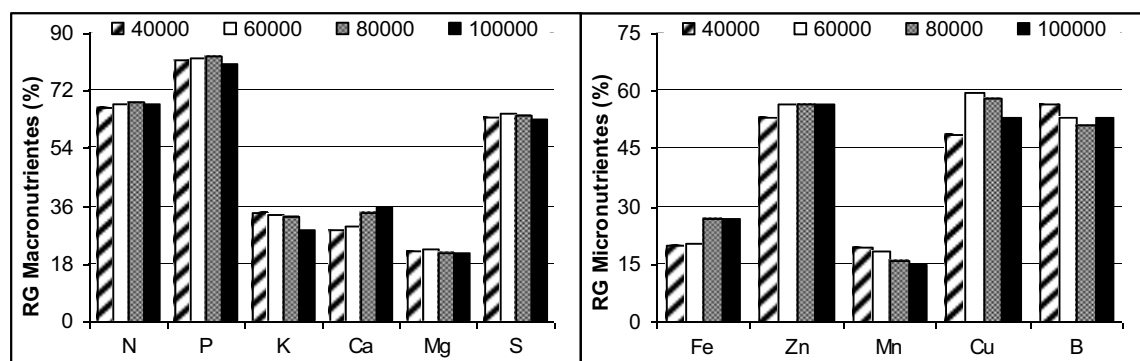


Figura 49 – Porcentagem do acumulado total relativo aos grãos (RG) de macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) e de micronutrientes ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), cobre (Cu) e Boro (B) em plantas de milho híbrido DOW 2B587 submetido a diferentes populações de plantas tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).

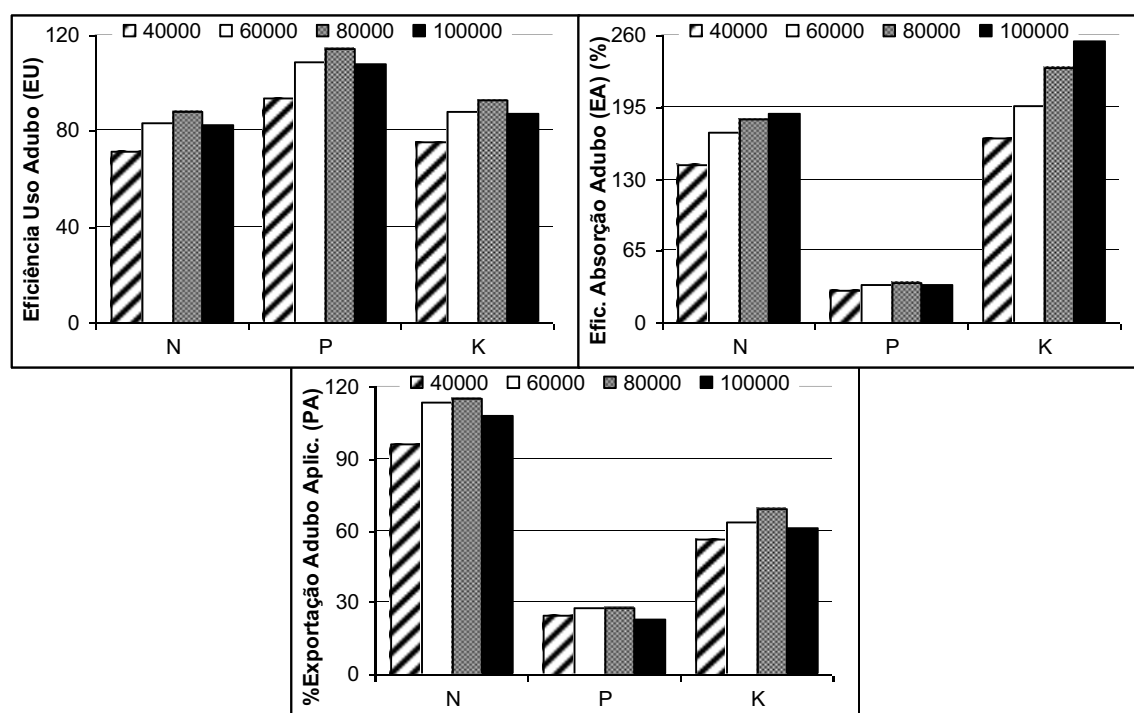


Figura 50 – Eficiência de uso do adubo (EU), eficiência de absorção do adubo (EA; %) e porcentagem de exportação do adubo aplicado (PA) de macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) em plantas de milho híbrido DOW 2B587 submetido a diferentes populações de plantas tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).

6.6 – Acúmulo de açúcares solúveis em colmos e folhas

O resumo da análise de variância com valores de F calculado para população (P) e fungicidas (F) (parcelas) e épocas de amostragem (E) (subparcelas) e suas interações; coeficientes de variação de variação (%) de parcelas (C.V.P.) e de subparcelas (C.V.S.), e médias gerais do acúmulo de açúcares sacarose, glicose, frutose (% na massa seca) em colmos e folhas é apresentado na Tabela 21. A distribuição dos valores com as equações de regressão e respectivas médias de efeito da densidade populacional e época de coleta estão representadas graficamente nas Figuras 51 e 52.

Houve efeito da população de plantas sobre a concentração de açúcares solúveis sacarose em colmos e folhas, glicose e frutose na folha. Observou-se também o efeito da época de amostragem nas concentrações de três açúcares mensurados em ambos colmos e folhas, bem como na interação das populações e épocas de amostragem, cujo desdobramento é apresentado na Figura 51.

Independentemente da população, os teores de sacarose no florescimento não diferiram entre si nos colmos e folhas, embora a concentração média encontrada nas folhas foram menores que nos colmos. Houve aumento da concentração deste açúcar na maturidade fisiológica em colmos e folhas, e quanto menor a população, maior o acúmulo (Figuras 51 e 52).

Com aumento da população de plantas, foram observados o decréscimo nos teores de glicose e frutose nos colmos no florescimento, enquanto que nas folhas o mesmo foi observado na maturidade fisiológica (Figuras 51 e 52). A população de plantas não exerceu efeito sobre os teores de glicose e frutose nas folhas no florescimento e nos colmos na maturidade fisiológica.

Observa-se que há pequeno acúmulo de açúcares redutores na folhas de milho com o avanço do ciclo, concordando com os resultados de Revoredo (2008); Silva (2005) e Westgate & Boyer (1985). Este fato indica que a atividade fotossintética na fonte (folhas), principalmente das plantas menos adensadas, superou a capacidade do dreno (grão) em processar esse fotoassimilado, aumentando assim a quantidade de sacarose nos colmos (Figuras 51 e 52), o que concorda com Revoredo (2008). Este autor ainda afirma que a atividade da sacarose sintase verificada nos colmos tendeu a diminuir do estágio VT para o

R4, de maneira semelhante ao acúmulo dos açúcares redutores. Chama-se a atenção também para o fato de que estes resultados, aliados à observação de que a sacarose estava muito mais acumulada no colmo do que nas demais partes da planta, sugerem que a atividade da sacarose sintase no colmo pode ser estimulada pela presença de açúcares redutores, que é o substrato para síntese da sacarose.

Matter (2002), estudando o efeito de diferentes proporções de folhas e grãos (fonte e dreno respectivamente) no metabolismo glicídico de milho, também encontrou redução da concentração de açúcares redutores e o acúmulo de sacarose nos colmos, ao mesmo tempo que detectou acúmulo de sacarose e açúcares redutores nas folhas no decorrer dos primeiros trinta dias após o florescimento, em proporções semelhantes às observadas neste trabalho. O autor destaca ainda, que com o aumento da relação fonte/dreno houve acúmulo destes açúcares na folha. Da mesma maneira, no presente ensaio provavelmente o aumento da competição intraespecífica pode ter contribuído para o menor acúmulo de carboidratos na folha, pois com o aumento da população de plantas há o aumento do sombreamento da cultura, e conseqüentemente menores taxas fotossintéticas por planta (SANGOI, 2001).

Tabela 21 – Resumo da análise de variância com valores de F calculado para as causas de variação população (P) e fungicidas (F) (parcelas) e épocas de amostragem (E) (subparcelas) e suas interações; coeficientes de variação (%) de parcelas (C.V.P.) e de subparcelas (C.V.S.), e médias gerais do acúmulo de açúcares na matéria seca em colmos e folhas de milho híbrido DOW 2B587 cultivado na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).

C.V.		Colmo			Folha		
		Sacarose	Glicose	Frutose	Sacarose	Glicose	Frutose
F	P	5,25**	1,59ns	1,59ns	24,82**	24,44**	36,29**
	F	1,44ns	1,71ns	1,71ns	2,24ns	0,62ns	0,51ns
	P*F	1,47ns	0,19ns	0,19ns	0,83ns	0,81ns	1,13ns
	E	286,62**	27,21**	27,21**	629,98**	14,52**	5,46*
	P*E	4,18*	3,53*	3,53*	15,75**	16,97**	30,11**
	F*E	1,57ns	1,50ns	1,50ns	0,50ns	0,11ns	0,01ns
	P*F*E	0,91ns	0,48ns	0,48ns	0,87ns	0,81ns	1,50ns
C.V. P. (%)		32,72	25,82	15,40	24,44	20,61	20,78
C.V. S. (%)		37,52	22,51	15,74	29,44	22,72	21,74
Média		3,43	4,08	3,92	0,04	1,95	2,20

⁽¹⁾ ns: não significativo (P>0,05); *: P<0,05; **: P<0,01.

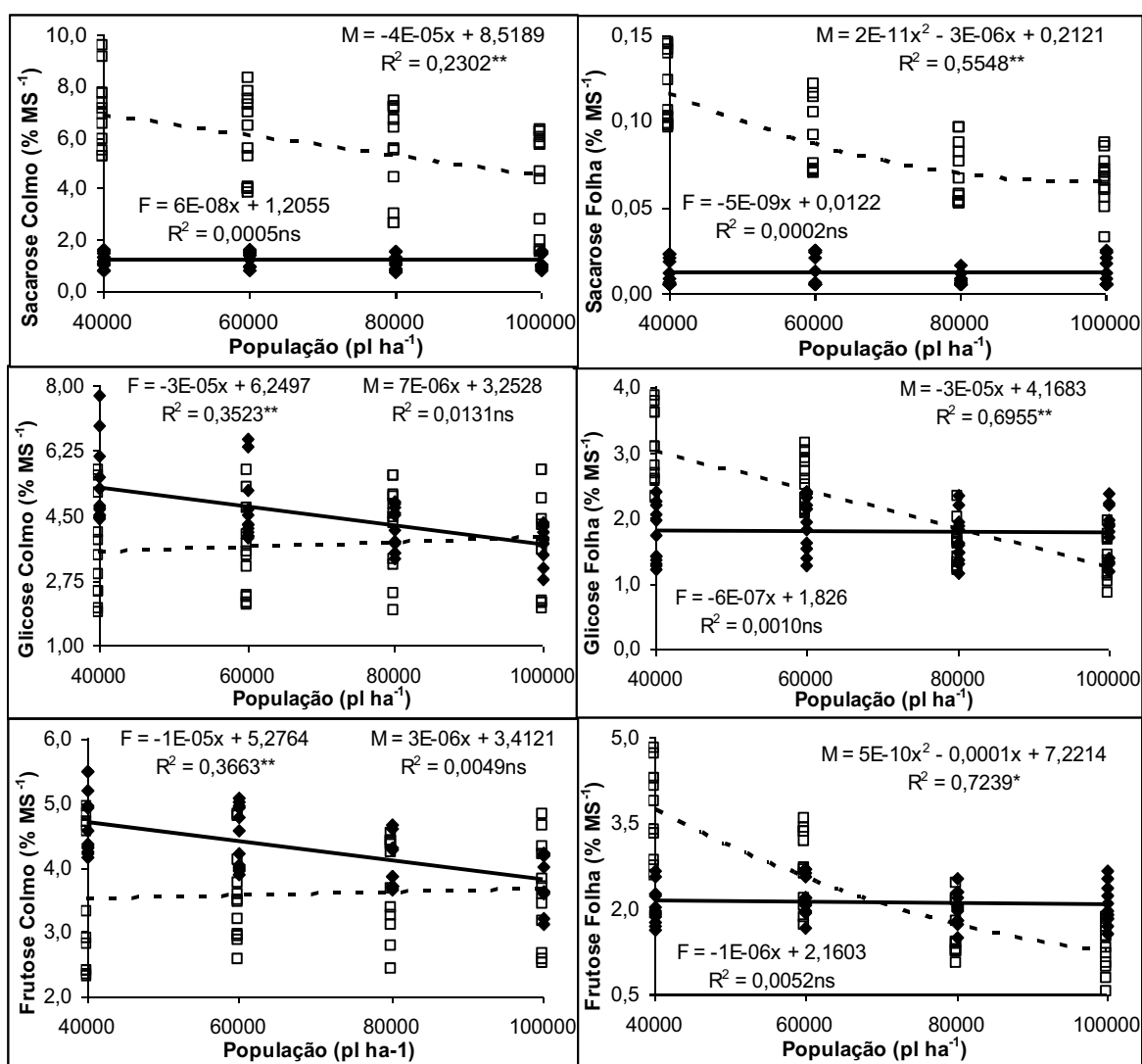


Figura 51 – Acúmulo de açúcares solúveis sacarose, glicose e frutose no florescimento (F; ♦) e na maturidade fisiológica (M; □) (% MS⁻¹) em colmos e folhas de milho híbrido DOW 2B587 submetido a diferentes populações de plantas tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).

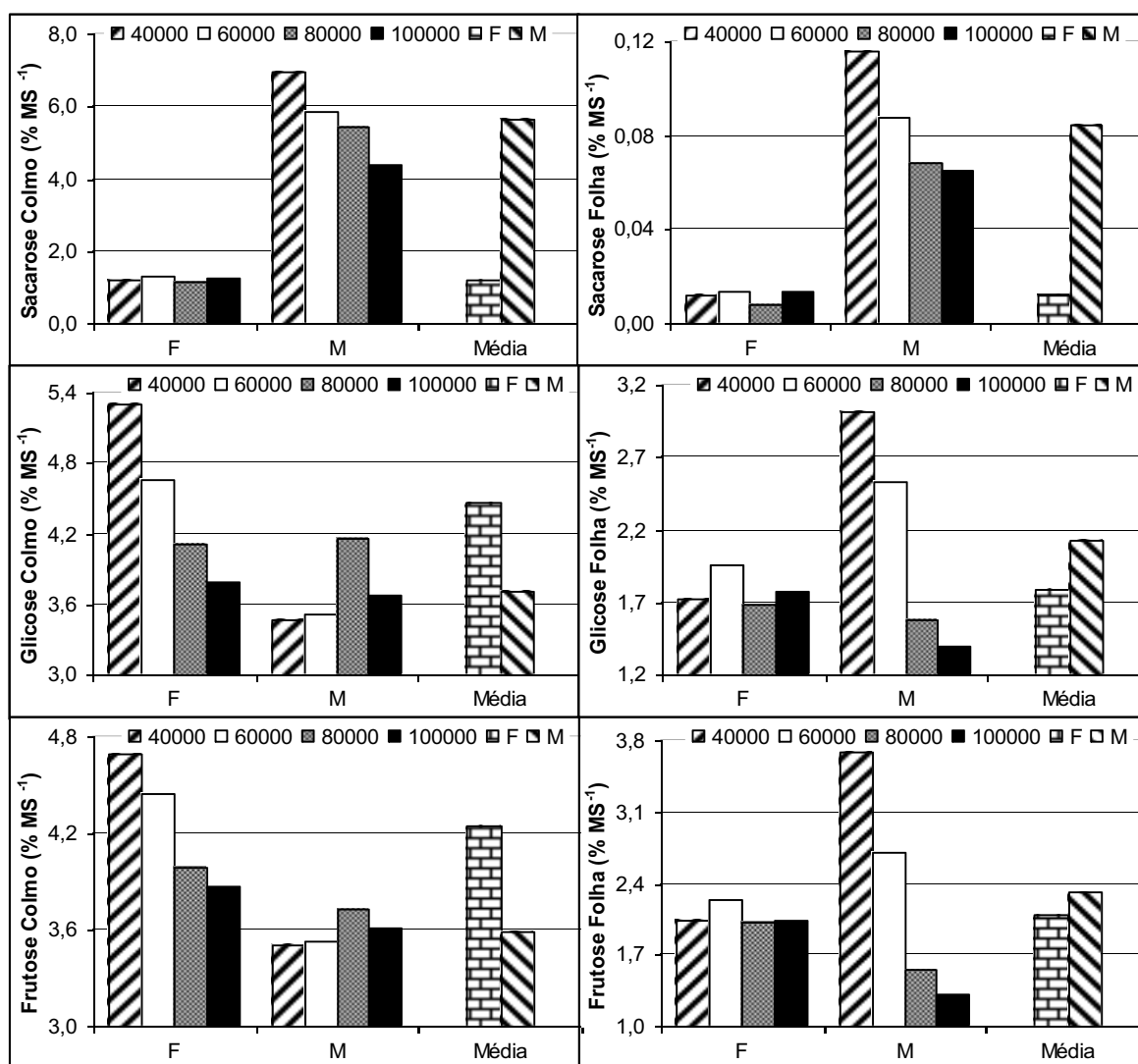


Figura 52 – Acúmulo de açúcares solúveis sacarose, glicose e frutose no florescimento (F) e na maturidade fisiológica (M) (% MS⁻¹) e a média destes estádios em colmos e folhas de milho híbrido DOW 2B587 submetido a diferentes populações de plantas tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).

6.7 – Atividade da enzima nitrato redutase

O resumo da análise de variância com valores de F calculado para as causas de variação população (P) e fungicidas (F) (parcelas) e épocas de amostragem (E) (subparcelas) e suas interações; coeficientes de variação (%) de parcelas (C.V.P.) e de subparcelas (C.V.S.); médias geral, de coletas e de populações da atividade da enzima nitrato redutase nas folhas de milho é apresentado na Tabela 22. A distribuição dos valores e respectivas médias de efeito da densidade populacional e época de coleta estão representadas graficamente na Figura 53.

Tabela 22 – Resumo da análise de variância com valores de F calculado para as causas de variação população (P) e fungicidas (F) (parcelas) e épocas de amostragem (E) (subparcelas) e suas interações; coeficientes de variação (%) de parcelas (C.V.P.) e de subparcelas (C.V.S.), e média geral de coletas e de populações da atividade da enzima nitrato redutase em folhas de milho híbrido DOW 2B587 cultivado na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).

Análise de variância			$\mu\text{mol NO}_2 \text{ g Matéria Fresca h}^{-1}$			
			Coleta	Média	População	Média
F	P	164,81**	1	8,53 a	40000	6,64
	F	2,00ns	2	8,02 b	60000	5,74
	P*F	1,00ns	3	7,30 c	80000	5,18
	E	577,62**	4	6,87 d	100000	4,59
	P*E	1,96ns	5	6,58 d	-	-
	F*E	1,62ns	6	4,77 e	-	-
	P*F*E	0,53ns	7	5,02 e	-	-
C.V. P. (%)			8	4,01 f	-	-
C.V. S. (%)			9	2,35 g	-	-
Média			10	1,92 h	-	-

⁽¹⁾ ns: não significativo ($P > 0,05$); *: $P < 0,05$; **: $P < 0,01$. ⁽²⁾ Médias seguidas da mesma letra não diferem pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

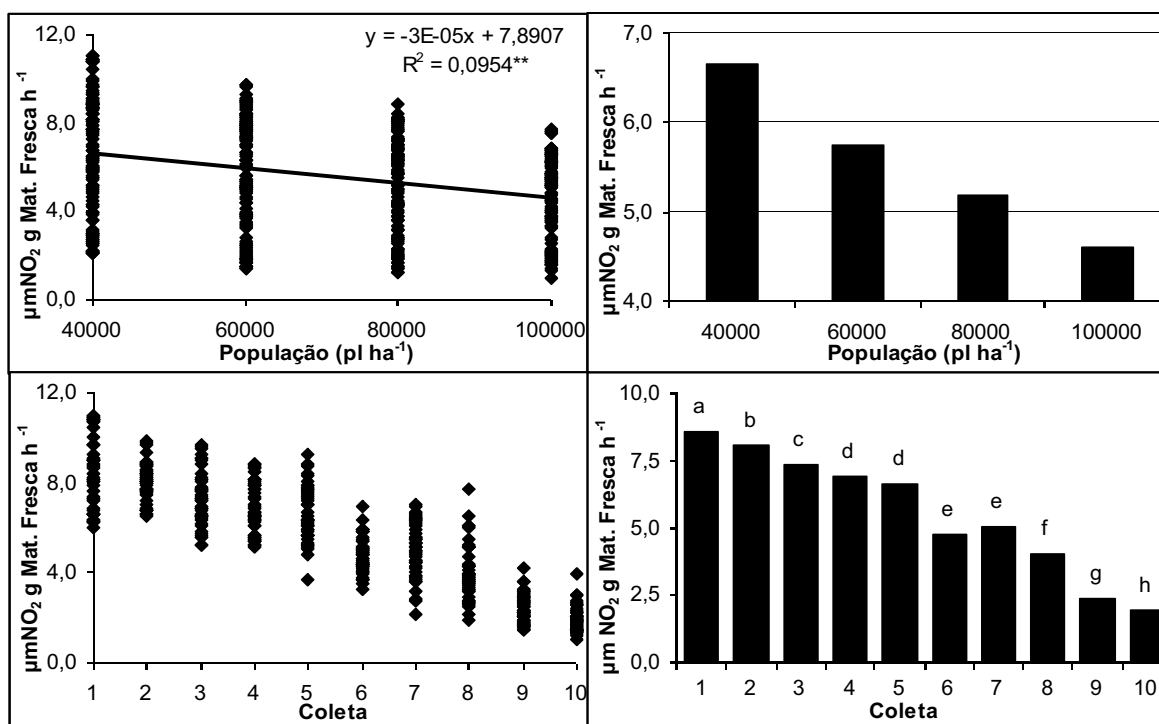


Figura 53 – Distribuição dos valores e respectivas médias de efeito da densidade populacional e época de coleta na atividade da enzima nitrato redutase em folhas de milho híbrido DOW 2B587, submetido a diferentes populações de plantas tratadas com fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e sem tratamento, cultivadas na safra 2008/2009 em Botucatu (SP).

Para a atividade da enzima nitrato redutase houve efeito apenas de populações e das datas de coleta, sendo que os tratamentos com fungicidas e/ou suas interações não surtiram efeito. A atividade da enzima nitrato redutase nas folhas decresceu com o aumento da população de plantas e com o avanço do ciclo da cultura (Figura 53), que coincide com a diminuição do teor de nitrogênio nas folhas, tanto pelo aumento da densidade de plantas quanto a idade das plantas (Figura 35), fenômeno esperado uma vez que a enzima é passível de indução pelo substrato (CRAWFORD, 1995). No presente estudo, não houve efeito da aplicação de fungicida do grupo químico das estrobirulinas na atividade da enzima nitrato redutase, contrariando o observado para outras culturas cujos autores relatam aumento da atividade (FAGAN, 2007; GLAAB; KAISER, 1999).

6.8 – Considerações finais

A aplicação de fungicida do grupo químico das estrobirulinas não influenciou nenhum parâmetro avaliado, demonstrando que não houve efeito benéfico à fisiologia da planta com o emprego destas moléculas, nem mesmo sob condições de estresse de competição intraespecífica causado pelo aumento da densidade populacional. O aumento da população de plantas aumentou a altura de planta, altura de inserção de espiga, relação entre altura de inserção de espiga e altura de planta, índice de área foliar no florescimento, índice de senescência foliar, massa de matéria seca por área no florescimento e na maturidade fisiológica, porcentagem de plantas acamadas e/ou quebradas, número de espigas e grãos por hectare; e decréscimo dos diâmetros de colmo, espiga e sabugo, índice de área foliar na maturidade fisiológica, índice de persistência foliar, massa de matéria seca por planta e por área no florescimento e na maturidade fisiológica, massa e número de grãos por espiga, comprimento do grão e da espiga, número de fileiras de grãos, índice de espiga e massa de mil grãos. A produtividade de grãos, representada graficamente por equação de regressão de segundo grau com produção máxima estimada de 11210 kg ha^{-1} na população de $79130 \text{ plantas ha}^{-1}$ ou $0,126 \text{ m}^2 \text{ planta}^{-1}$, se correlacionou mais com o número de grãos por hectare. Com aumento da densidade populacional, houve diminuição do acúmulo de nutrientes na parte aérea da planta de milho, diminuição do acúmulo de carboidratos solúveis em colmos e folhas, e diminuição da atividade da enzima nitrato redutase nas folhas, demonstrando que a competição intraespecífica atua também sobre estes fatores, modificando além de características agronômicas da cultura, o metabolismo e a morfologia da planta.

Cabe ressaltar que o presente trabalho foi realizado com apenas um híbrido, em condições favoráveis ao desenvolvimento da cultura, e não foram detectados efeitos negativos na produtividade pela ocorrência de doenças fúngicas. Desta maneira, sugere-se novos estudos com o objetivo de quantificar a respostas do uso destes produtos fungicidas em outros híbridos de milho, bem como em outras situações de estresses além da competição intraespecífica, como por exemplo em épocas mais favoráveis à ocorrência de doenças, estresses nutricionais, entre outros. Estudos considerando a viabilidade do manejo de

doenças fúngicas do ponto de vista econômico e validade da aplicação de fungicidas nestas situações também são sugeridos.

Destaca-se ainda a contribuição prática deste trabalho no que se refere à metodologia para determinação da atividade da enzima nitrato redutase. A adaptação da metodologia utilizada possibilitou a combinação de armazenagem das amostras em baixa temperatura com a determinação da atividade da enzima pelas metodologias *in vivo*. Este aspecto metodológico pode viabilizar a amostragem e determinação da atividade da enzima em algumas situações como por exemplo em experimentos de campo com elevado número de parcelas, cujo tempo necessário para coleta, transporte e processamento das amostras é por vezes elevado, que pode levar à sua descaracterização. Desta forma, tem-se maior facilidade nas determinações da atividade da enzima nitrato redutase também pelo fato das metodologias *in vivo* serem de execução mais simples quando comparadas aos métodos *in vitro*, os quais possibilitam o armazenamento das amostras. No entanto, sugere-se novos estudos para aprimoramento da metodologia, bem como a busca de correlações entre os métodos já existentes.

7 CONCLUSÕES

Pode-se concluir que, nas condições que o ensaio foi instalado e conduzido, a fisiologia, morfologia, o desenvolvimento e a produtividade de plantas de milho são influenciados pelas densidades populacionais, sem efeitos secundários ou “fisiológicos” da aplicação de fungicida do grupo químico das estrobirulinas.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AERTS, R. Nutrient resorption from senescing leaves of perennials: are there general patterns? **Journal of Ecology**, Londres, v. 84, n. 4, p. 597-608, 1996.

ALMEIDA, M. L.; MUNDSTOCK, C. M.; SANGOI, L. Conceito de ideotipo e o seu uso no aumento do rendimento potencial de cereais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 28, n. 2, p. 325-332, 1998.

ALMEIDA, M. L.; SANGOI, L.; ENDER, M. Incremento na densidade de plantas: uma alternativa para aumentar o rendimento de grãos de milho em regiões de curta estação estival de crescimento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 1, p. 23-29, 2000.

ALVAREZ, C. G. D.; PINHO, R. G. V.; BORGES, I. D. Avaliação de características agronômicas e de produção de forragem e grãos de milho em diferentes densidades de semeadura e espaçamentos entre linhas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 3, p. 402-408, 2006.

AMARAL FILHO, J. P. R. do. **Influência do espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho**. 2002. 70 f. Dissertação (Mestrado em

Agronomia/Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2002.

ANDA, A.; LØKE, Z. Radiation balance components of maize hybrids grown at various plant densities. **Journal of Agronomy and Crop Science**, Berlin, v. 191, n. 3, p. 202-209, 2005.

ANDRADE, F. H. et al. Kernel number determination in maize. **Crop Science**, Madison, v. 39, n. 2, p. 453-459, 1999.

ANDRADE, F. H. et al. Kernel number prediction in maize under nitrogen or water stress. **Crop Science**, Madison, v. 42, n. 6, p. 1173-1179, 2002.

ARGENTA, G. et al. Resposta de híbridos simples à redução do espaçamento entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 1, p. 71-78, 2001a.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. da; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 6, p. 1075-1084, 2001b.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; SANGOI, L. Estratégias de melhoramento das empresas para otimizar a resposta a densidade de plantas. In: REUNIÃO TÉCNICA CATARINENSE DE MILHO E FEIJÃO, 4., 2003, Lages. **Resumos expandidos...** Lages: CAV-UDESC, 2003. p. 30-34.

ARRIEL, E. F. **Avaliação de famílias de meios-irmãos da população de milho CMS-39 em duas densidades de semeadura**. 1991. 121 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1991.

ARYAN, A. P. **Regulation of nitrate reductase activity in higher plants**. 1984. 164 p. Tese (PhD) - University of Adelaide, Adelaide, 1984. Disponível em: <<http://digital.library.adelaide.edu.au/dspace/bitstream/2440/19560/1/09pha796.pdf>>. Acesso em: 18 maio 2010.

BALBINOT JÚNIOR, A. A.; FLECK, N. G. Competitividade de dois genótipos de milho (*Zea mays*) com plantas daninhas sob diferentes espaçamentos entre fileiras. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, p. 415-421, 2005.

BALLARÉ, C. L.; CASAL, J. J. Light signals perceived by crop and weed plants. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 67, n. 2, p. 149-160, 2000.

BARBOSA, J. A. **Influência de espaçamento e arquitetura foliar no rendimento de grãos e outras características agronômicas do milho. (Zea mays L.)**. 1995, 48 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1995.

BENINCASA, M. M. P.; LEITE, I. C. **Fisiologia vegetal**. Jaboticabal: Funep, 2002. 168 p.

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, p. 233-252, 1996.

BORRÁS, L.; MADONNI, G. A.; OTEGUI, M. Leaf senescence in maize hybrids: plant population, row spacing and kernel set effects. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 82, p. 13-26, 2003.

BRACHTVOGEL, E. L. **Densidades e arranjos populacionais de milho e componentes agronômicos**. 2008. 96 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

BRACHTVOGEL, E. L. et al. Densidades populacionais de milho em arranjos espaciais convencional e eqüidistante entre plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 8, p. 2334-2339, 2009.

BRASIL, E. M.; et al. Efeito da densidade de plantio em características ligadas à produção de sementes na cultura do milho (*Zea mays* L.). In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORG0, 21., 1996, Londrina. **Resumos...** Londrina: [s.n.], 1996. p. 200.

BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. Secretária Nacional de Defesa Agropecuária. Departamento de Defesa Vegetal. Coordenação de Laboratório Vegetal. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF, 1992. 365 p.

CAMPOS, H. **Estatística aplicada à experimentação com cana-de-açúcar**. Piracicaba: FEALQ, 1983. 292 p.

CÂNDIDO, L. S. **Potencial do composto flintisa anão de milho para melhoramento em condições de espaçamento reduzido e na safrinha**. 2005. 92 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2005.

CARDWELL, V. B. Fifty years of Minnesota corn production: sources of yield increase. **Agronomy Journal**, Madison, v. 74, p. 984-990, 1982.

CARVALHO, I. Q. **Espaçamento entre fileira e população de plantas em milho**. 2007. 118 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2007.

CARVALHO, W. A.; ESPÍNDOLA, C. R.; PACCOLA, A. A. **Levantamento de solos da Fazenda Lageado - Estação Experimental "Presidente Médici"**. Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, 1983. 95 p. (Boletim Técnico, n. 1).

CASA, R. T., REIS, E. M. Doenças na cultura do milho In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. (Eds.). **Milho: estratégias de manejo para alta produtividade**. Piracicaba: ESALQ/USP/LPV, 2003. p. 1-18.

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. Seja o doutor do seu milho: nutrição e adubação. **Arquivo do Agrônomo**, Piracicaba, n. 2, p. 1-9, set. 1995. Encarte.

COLOMB, B. KINIRY, J. R.; DEBAEKE, P. H. Effect of soil phosphorus on leaf development and senescence dynamics of field-grown maize. **Agronomy Journal**, Madison, v. 92, p. 428-435, 2000.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos: oitavo levantamento, maio 2010**. Brasília, DF, 2010. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/8graos_6.5.10.pdf>. Acesso em: 17 maio 2010.

COORS, J.; MARDONES, M. C. Twelve cycles of mass selection for prolificity in maize. I. Direct and correlated responses. **Crop Science**, Madison, v. 29, n. 2, p. 262-266. 1989.

COX, W. J. Whole-plant physiological and yield responses of maize to plant density. **Agronomy Journal**, Madison, v. 88, p. 489-496, 1996.

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

DEMÉTRIO, C. S. et al. Desempenho de híbridos de milho submetidos a diferentes espaçamentos e densidades populacionais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 43, n. 12, p. 1691-1697, 2008.

DIMMOCK, J. P. R. E.; GOODING, M. J. The effects of fungicides on rate and duration of grain filling in winter wheat in relation to maintenance of flag leaf green area. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, n. 138, p. 1-16, 2002.

DINIZ, W. R. **Efeitos de cultivares, espaçamentos e níveis de potássio, no rendimento de massas e qualidade da silagem de milho (*Zea mays* L.)**. 1996. 50 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 1996.

DOURADO NETO, D. et al. Efeito da população de plantas e do espaçamento sobre a produtividade de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 2, n. 3, p. 63-77, 2003.

DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A. L.; LOPES, P. P. Milho: população e distribuição de plantas. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. (Orgs.). **Milho: tecnologia e produtividade**. Piracicaba: ESALQ, 2001. p. 120-125.

DOZZA, M. **Influência da densidade de semeadura na seleção e expressão dos caracteres prolificidade e produção de grãos na população de milho (*Zea Mays* L.) CMS-39**. 1997. 67 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1977.

DUARTE, A. P. et al. Avaliação de cultivares e densidade populacional em milho “safrinha” no Vale do Paranapanema. In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO “SAFRINHA”, 2., 1994, Assis. **Resumos...** Campinas: AC/CDV, 1994. p. 49-58.

DUARTE, A. P.; CRUZ, J. C. Manejo do solo e semeadura do milho safrinha. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 6., 2001, Londrina. **Anais...** Londrina: IAPAR, 2001. p. 45-71.

DURÃES, F. O. M.; MAGALHÃES, P. C. ; OLIVEIRA, A. C. Índice de colheita genético e as possibilidades da genética fisiológica para melhoramento do rendimento de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 1, p. 33-40, 2002.

DUVICK, D. N.; CASSMAN, K. G. Post-green revolution trends in yield potential of temperate maize in the North-Central United States. **Crop Science**, Madison, v. 39, n. 6, p. 1622-1630, 1999.

EIK, K.; HANWAY, J. J. Some factors affecting development and longevity of leaves of corn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 57, p. 7-12, 1965.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Cultivo do milho**. 3. ed. Sete Lagoas: EMBRAPA, CNPMS, 2007. (Sistemas de produção, 2). Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho/index.htm>>. Acesso em: 17 maio 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF, 1999. 412 p.

ENDRES, V. C.; TEIXEIRA, M. R. O. População de plantas e arranjo entre fileiras. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Milho: informações técnicas**. Dourados: EMBRAPA, CPAO, 1997. p. 108-110. (Circular técnica, 5).

EPSTEIN, E. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Tradução e notas de Eurípedes Malavolta. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1975. 341 p.

FAGAN, E.B. **A cultura da soja: modelo de crescimento e aplicação da estrobilurina piraclostrobina**. 2007. 83 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

FANCELLI, A. L. Fisiologia da produção e aspectos básicos de manejo para alto rendimento. In: SANDINI, I.; FANCELLI, A. L. (Eds.). **Milho: estratégias de manejo para a região Sul**. Guarapuava: Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária, 2000. p. 103-116.

FANCELLI, A.; DOURADO-NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360 p.

FLESCH, R. D.; VIEIRA, L. C. Espaços e densidades de milho com diferentes ciclos no oeste de Santa Catarina, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 1, p. 25-31, 2004.

FORNASIERI FILHO, D. **A cultura do milho**. Jaboticabal: FUNEP. 1992. 273 p.

FURTADO, M. B. F. **Sistemas de preparo do solo e populações de plantas em espaçamentos reduzido: comportamento de cultivares de milho (*Zea mays* L.)**. 2005. 87 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

GLAAB, J.; KAISER, W. M. Increased nitrate reductase activity in leaf tissues after application of the fungicide Kresoxim-methyl. **Planta**, Berlin, v. 207, p. 442-448, 1999.

GROSSMANN, K.; KWIATKOWSKI, J.; CASPAR, G. Regulation of phytohormone levels, leaf senescence and transpiration by the strobilurin Kresoxim-methyl in wheat (*Triticum aestivum* L.). **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 154, p. 805-808, 1999.

GROSSMANN, K.; RETZLAFF, G. Bioregulatory effects of the fungicidal strobilurin kresoxim methyl in wheat (*Triticum aestivum* L.). **Pesticide Science**, Oxford, v. 50, p. 11-20, 1997.

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

JAWORSKI, E. G. Nitrate reductase assay in intact plant tissues. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, Londres, v. 43, n. 6, p. 1274-1279, 1971.

KARLEN, D. L.; CAMP, C. R. Row spacing, plant population, and water management effects on corn in the Atlantic coastal plain. **Agronomy Journal**, Madison, v. 77, n. 3, p. 393-398, 1985.

KÖHLE, H. et al. Physiological effects of the strobilurin fungicide F 500 on plants. In: DEHNE, H. W. et al. (Eds.). **Modern fungicides and antifungal compounds III**. Bonn: AgroConcept GmbH, 2002. p. 61-74.

LACERDA, C. F. et al. Análise de crescimento de milho e feijão sob diferentes condições de sombreamento. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 5, n. 1, p. 18-24, 2010.

LAÜER, J. Should I be planting corn at a 30-inch row spacing. **Wisconsin Crop Manager**, Madison, v. 1, n. 6, p. 6-8, 1994.

LEE, E. A.; TOLLENAAR, M. Physiological basis of successful breeding strategies for maize grain yield. **Crop Science**, Madison, v. 47, p. 202-215, 2007.

LENZI, E. A. **População e distribuição espacial de plantas em cultura de milho (*Zea mays* L.)**. 1992. 106 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1992.

LONG, S. P. et al. Can improvement in photosynthesis increase crop yields? **Plant Cell And Environment**, Oxford, v. 29, p. 315-330. 2006.

LOOMIS, R. S.; AMTHOR, J. S. Yield potential, plant assimilatory capacity, and metabolic efficiencies. **Crop Science**, Madison, v. 39, p. 1584-1596, 1999.

LOOMIS, R. S.; CONNORS, D. J. **Crop ecology**: productivity and management in agricultural systems. Cambridge: Cambridge University, 1992. 550 p.

MADDONNI, G. A.; OTEGUI, M. E. Intra-specific competition in maize: contribution of extreme plant hierarchies to grain yield, grain yield components and kernel composition. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 97, p. 155-166, 2006.

MADDONNI, G. A.; OTEGUI, M. E.; CIRILO, A. G. Plant population density, row spacing and hybrid effect on maize canopy architecture and light attenuation. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 71, p. 183-193, 2001.

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

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional de plantas**: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: Potafós, 1997. 319 p.

- MANN, A.F.; HUCKLESBY, D.P.; HEWITT, E.J. Sources of reducing power for nitrate reduction in spinach leaves. **Planta**, Berlin, v. 140, n. 3, p. 261-263, 1978.
- MARCHÃO, R. L. et al. Densidade de plantas e características agronômicas de híbridos de milho sob espaçamento reduzido entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 35, n. 2, p. 93-101, 2005.
- MARTINEZ, H. E. P.; CARVALHO, J. G.; SOUZA, R. B. Diagnose foliar. In: COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5. aproximação**. Viçosa, 1999. p. 143-170.
- MATEUS, G. P. et al. Produção de forragem de milho consorciado com *Brachiaria brizantha* em sistema de plantio direto. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 25., 2004, Cuiabá. **Resumos...** Cuiabá: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2004. 1 CD-ROM.
- MATTER, U. F. **Influência da fonte e do dreno de fotoassimilados no metabolismo glicídico de plantas de milho**. 2002. 47 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2002.
- MELGES, E.; LOPES, N. F.; OLIVA, M. A. Crescimento, produção de matéria seca e produtividade da soja submetida a quatro níveis de radiação solar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 9, p. 1073-1080, 1989.
- MELO, L.A.C. et al. Influência do arranjo e área ocupada pela planta de milho na elongação diferencial dos internódios do colmo. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 27., 2008, Londrina. **Resumos...** Londrina: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2008. 1 CD-ROM.
- MEROTTO JUNIOR, A. et al. A desuniformidade de emergência reduz o rendimento de grãos de milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 29, n. 4, p. 595-601, 1999.
- MEROTTO JUNIOR, A. et al. Aumento do rendimento de grãos de milho proporcionado pelo aumento da população de plantas. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 21., 1996, Londrina. **Resumos...** Londrina: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 1996. p. 193.

MEROTTO JUNIOR, A.; ALMEIDA, M. L.; FUCHS, O. Aumento do rendimento de grãos de milho através do aumento da população de plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 27, n. 4, p. 549-554, 1997.

MILANI, M.; OSUNA, J. T. A.; CHURATA, B. G. M.; Estimativas de parâmetros genéticos em famílias de meios-irmãos do composto Arquitetura de milho (*Zea mays L.*) em três densidades de semeadura. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 46, n. 264, p. 199-207, 1999.

MOLIN, R. **Espaçamento entre linhas de semeadura na cultura de milho**. Castro: Fundação ABC para Assistência e Divulgação Técnica Agropecuária, 2000. p. 1-2.

MUCHOW, R. C.; CARBERRY, P. S. Environmental control of phenology and leaf growth in a tropically adapted maize. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 20, p. 221-236, 1989.

MUCHOW, R. C.; SINCLAIR, T. R.; BENNET, J. N. Temperature and solar radiation effects on potential maize yield across locations. **Agronomy Journal**, Madison, v. 82, n. 2, p. 338-343, 1990.

MUNDSTOCK, C. M. **Densidade de semeadura no milho para o Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: UFRGS; ASCAR, 1977. 35 p.

MUNDSTOCK, C. M. Efeitos de espaçamentos entre linhas e de populações de plantas de milho (*Zea mays L.*) de tipo precoce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 13, n. 1, p. 13-17, 1978.

NAFZIGER, E. D. Corn planting date and plant population. **Journal of Production Agriculture**, Madison, v. 7, p. 59-62, 1994.

NIELSEN, R. L. Influence of hybrids and plant density on grain yield and stalk breakage in corn grown in 15-inch row spacing. **Journal of Production Agriculture**, Madison, v. 1, p. 190-195, 1988.

NOODÉN, L. D.; GUIAMÉT, J. J.; JOHN, I. Senescence mechanism. **Plant Physiology**, Rockville, v. 101, p. 746-753, 1997.

NOVAIS, R. F. **Comportamento de 2 milhos híbridos duplos (*Zea mays* L.) AG 206 e H 6000 em três populações de planta e três níveis de nitrogênio.** 1970. 64 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1970.

OLIVEIRA, M. A.; NISHIMOTO, E. K. Avaliação do desenvolvimento de plantas de yacon (*Polymnia sonchifolia*) e caracterização dos carboidratos de reservas em HPLC. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 7, n. 2, p. 215-220, 2004.

OTEGUI, M.; ANDRADE, F. H. New relationships between light interception, ear growth, and kernel set in maize. In: WESTGATE, M. E.; BOOTE, K. J. **Physiology and modeling kernel set in maize**. Madison: CSSA, 2000. chap. 5, p. 89-102.

OTTMAN, M. J.; WELCH, L. F. Planting patterns and radiation interception, plant nutrient concentration, and yield in corn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 81, n. 2, p. 167-174, 1989.

PALHARES, M. **Distribuição e população de plantas e produtividade de grãos de milho.** 2003. 90 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

PARREIRA, D. F.; NEVES, W. S.; ZAMBOLIM, L. Resistência de fungos a fungicidas inibidores de quinona. **Revista Trópica: ciências agrárias e biológicas**, Chapadinha, v. 3, n. 2, p. 24-34, 2009.

PATERNIANI, E. **Melhoramento e produção de milho no Brasil.** Piracicaba: Marprint, 1978. 650 p.

PAULO, E. M.; ANDRADE, J. A. da C. Comportamento de um milho híbrido hiperprecoces em dois espaçamentos e diferentes populações de plantas. **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v. 12, n. 1, p. 77-88, 2003.

PEARSON, C. J.; JACOBS, B. C. Yield components and nitrogen partitioning of maize in response to nitrogen before and after anthesis. **Australian Journal of Agriculture Research**, Collingwood, v. 38, p. 1001-1009, 1987.

PEIXOTO, C. M.; SILVA, P. R. F.; REZER, F. Produtividade de híbridos de milho em função da densidade de plantas, em dois níveis de manejo da água e da adubação. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 3, n. 1, p. 63-71, 1997.

PENARIOL, F. G. et al. Comportamento de cultivares de milho semeadas em diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 2, n. 2, p. 52-60, 2003.

PEREIRA, R. S. B. Caracteres correlacionados com a produção e suas alterações no melhoramento genético do milho (*Zea mays* L.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 26, n. 5, p. 745-751, 1991.

PINOTTI, E. B. **Características de três cultivares de milho (*Zea mays* L.) sob quatro populações de plantas em espaçamento reduzido**. 2003. 65 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

RAIJ, B. van et al. (Ed.). Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. **Boletim Técnico do Instituto Agrônômico de Campinas**, Campinas, n. 100, 1996. 2. ed. 285 p.

RAJCAN, L.; SWANTON, C. J. Understanding maize-weed competition: resource competition light quality and the whole plant. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 71, n. 1, p. 139-150, 2001.

RAJCAN, L.; TOLLENAAR, M. Source: sink ratio and leaf senescence in maize. I. dry matter accumulation and partitioning during grain filling. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 60, p. 245-253, 1999.

REDDY, B. B. et al. Effect of plant population the performance of maize hybrids at different fertility levels in a semi-arid environment. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, New Delhi, v. 57, n. 10, p. 75-79, 1987.

REVOREDO, M. D. **Aspectos metabólicos e nutricionais da planta e produtividade de milho em diferentes densidades populacionais**. 2008. 88 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2008.

REVOREDO, M. D.; CAZETTA, J. O. Efeito de diferentes densidades populacionais sobre os componentes produtivos da cultura do milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E

SORGO, 26., 2006. Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: CNPMS, 2006. v. 1, p. 1-5.

RESENDE, S. G.; VON PINHO, R. G., VASCONCELOS, R. C. Influência do espaçamento entre linhas e da densidade de plantio no desempenho de cultivares de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete lagoas, v. 2, n. 3, p. 34-42, 2003.

RIBEIRO, N. A. et al. Incidência de podridões do colmo, grãos ardidos e produtividade de grãos de genótipos de milho em diferentes sistemas de manejo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, p. 1003-1009, 2005.

RICHARDS, R A. Selectable traits to increase crop photosynthesis and yield of grain crops. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 51, p. 447-458, 2000.

ROTH-BEJERANO, N.; LIPS, S. H. Induction of nitrate reductase in leaves of barley in the dark. **New Phytologist**, Amsterdam, v. 72, n. 2, p. 253-257, 1973.

RUSSELL, W. A. Genetic improvement of maize yields. **Advances in Agronomy**, Madison, v. 46, p. 245-298, 1991.

SÁ, J. C. M. Sistema de produção de milho visando alta produtividade na região dos campos gerais no centro-sul do Paraná. In: BÜLL, L. T; CANTARELLA, H. (Orgs.). **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFÓS, 1993. p. 249-279.

SADRAS, V. O.; WHITFIELD, D. M.; CONNOR, D. J. Regulation of evapotranspiration and its partitioning between transpiration and soil evaporation by sunflower crops: a comparison between hybrids of different stature. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 28, p. 17-37, 1991.

SANGOI, L. Understanding plant density effects on maize growth and development: an important issue to maximize grain yield. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n. 1, p.159-168, 2001.

SANGOI, L. et al. Bases morfofisiológicas para a maior tolerância dos híbridos modernos de milhos a altas densidades populacionais: senescência foliar. In: REUNIÃO TÉCNICA CATARINENSE DE MILHO E FEIJÃO, 5., 2005, Chapecó. **Resumos...** Chapecó: Newsprint, 2005a. p. 143-147.

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, 2005b.

SANGOI, L. et al. Bases morfo-fisiológicas para aumentar a tolerância de cultivares de milho a altas densidades de plantas. In: REUNIÃO TÉCNICA CATARINENSE DE MILHO E FEIJÃO, 4., 2003, Lages, SC. **Resumos expandidos...** Lages: CAV-UDESC, 2003. p. 19-24.

SANGOI, L. et al. Acúmulo de matéria seca em híbridos de milho sob diferentes relações entre fonte e dreno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 3, p. 259-267, 2002a.

SANGOI, L. et al. Response of Brazilian maize hybrids from different eras to changes in plant density. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 79, n. 1, p. 39-51, 2002b.

SANGOI, L. et al. Sustentabilidade do colmo em híbridos de milho de diferentes épocas de cultivo em função da densidade de plantas. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 1, n. 2, p. 1, 2002c.

SANGOI, L.; GRACIETTI, M. A.; BIANCHET, P. Híbridos contemporâneos são mais exigentes em população de plantas para maximizarem o rendimento de grãos. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24., 2002, Florianópolis. **Anais eletrônicos...** Florianópolis: ABMS, 2002d. 1 CD-ROM.

SANGOI, L. et al. Influence of row spacing reduction on maize grain yield in regions with a short summer. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 6, p. 861-869, 2001.

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, 2000a.

SANGOI, L.; ENDER, M.; GUIDOLIN, H. F. Incremento da densidade de plantas, uma alternativa para aumentar o rendimento de grãos de milho em regiões de curta estação de crescimento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, p. 23-29, 2000b.

SCHEEREN, B. R. et al. Efeitos de diferentes arranjos populacionais sobre um híbrido

simples de milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 25., 2004, Cuiabá **Resumos...** Cuiabá: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2004. 1 CD-ROM.

SECRETARIA DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO DO PARANÁ.

Comparativo da área e da produção de produtos selecionados, no Paraná - safras 2008/09 a 2009/10. Disponível em: <<http://www.seab.pr.gov.br/arquivos/File/deral/pss.xls>>. Acesso em: 17 maio 2010.

SHIOGA, P. S.; OLIVEIRA, E. L.; GERAGE, A. C. Efeitos de densidade populacional e doses de nitrogênio sobre o rendimento de dois híbridos de milho em épocas não convencionais. In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DE MILHO “SAFRINHA”, 5., 1999, Barretos. **Anais...** Campinas: IAC, 1999. p. 123-126.

SILVA, C. J. **Influência de estresses abióticos na fase reprodutiva do milho.** 2005. 60 f. Tese (Doutorado em Agronomia/ Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2005.

SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G.; REZERA, F. Resposta de híbridos de milho irrigado à densidade de plantas em três épocas de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 4, p. 585-592, 1999.

SLAFFER, G. A.; MIRALLES, D. J. Green area duration during grain filling period of an argentine wheat cultivar as influenced by sowing date, temperature and sink strength. **Journal of Agronomy and Crop Science**, Berlin, v. 168, p. 191 - 200, 1992.

SOUZA, M. P.; BRAGA, J. M. Aspectos econômicos da produção e comercialização do milho no Brasil. In: GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V. (Eds.). **Tecnologias de produção do milho.** Viçosa: UFV, 2004. cap. 1, p. 13-55.

STAGGENBORG, S. A. et al. Selecting optimum planting dates and plant populations for dryland corn in Kansas. **Journal of Production Agriculture**, Madison, v. 12, n. 1, p. 85-90, 1999.

STRIEDER, M. L. et al. A resposta do milho irrigado ao espaçamento entrelinhas depende do híbrido e da densidade de plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 3, p. 634-642, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

THOMISON, P. R.; JORDAN, D. M. Plant population effects on corn hybrids differing in ear growth habit and prolificacy. **Journal of Production Agriculture**, Madison, v. 8, p. 394- 400, 1995.

TOLLENAAR, M. Is low plant density a stress in maize? **Maydica**, Bergamo, v. 37, p. 305 - 311, 1992.

TOLLENAAR, M.; AGUILERA, A. Radiation use efficiency of an old and new maize hybrid. **Agronomy Journal**, Madison, v. 84, n. 3, p. 536-541, 1992.

TOLLENAAR, M.; AGUILERA, A.; NISSENKA, S. P. Grain yield reduce more by weed interference in an old than in a new maize hybrid. **Agronomy Journal**, Madison, v. 89, p. 239-246, 1997.

TOLLENAAR, M.; BRUULSEMA, T. W. Efficiency of maize dry matter production during periods of complete leaf area expansion. **Agronomy Journal**, Madison, v. 80, n. 4, 1988.

TOLLENAAR, M.; WU, J. Yield improvement in temperate maize is attributable to greater stress tolerance. **Crop Science**, Madison, v. 39, p. 1597-1604, 1999.

TURGUT, I. et al. Alternate row spacing and plant density effects on forage and dry matter yield of corn hybrids (*Zea mays* L.). **Journal of Agronomy and Crop Science**. Berlin, v. 191, p. 146 - 151, 2005.

VALENTINUZ, O. R.; TOLLENAAR, M. Vertical profile of leaf senescence during the grain-filling period in older and newer maize hybrids. **Crop Science**, Madison, v. 44, p. 827-834, 2004.

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. 1835-1845, 1998.

VEGA, C. R. C.; ANDRADE, F. H.; SADRAS, V. O. Reproductive partitioning and seed set efficiency in soybean, sunflower and maize. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 72, p. 165-173, 2001.

VENANCIO, W. S. et al. Physiological effects of strobilurin fungicides on plants. **Publicatio UEPG**, Ponta Grossa, v. 9, n. 3, p. 59-68, 2003.

VIANA, A. C. et al. Práticas culturais. In: EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL. **Cultura do milho**. Brasília, DF, 1983. p. 87-99.

VIANA, A. C. et al. Semeadura do milho. In: EMBRAPA. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE MILHO E SORGO. **Recomendações técnicas para o cultivo do milho**. 3. ed. Sete Lagoas: EMBRAPA, CNPMS, 1987. 100 p. (Circular técnica, 4).

VIEIRA JÚNIOR, P. A. Milho. In: CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A. (Eds.). **Ecofisiologia dos cultivos anuais**. São Paulo: Nobel, 1999. p. 41-72.

VILELA, E. F.; BÜLL, L. T. Avaliação do crescimento de plantas de milho em função de doses de potássio e estresse hídrico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p. 281-289, 1999.

WESTGATE, M. E. et al. Rapid canopy closure for maize production in the northern US corn belt: Radiation-use efficiency and grain yield. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 49, n. 2, p. 249-258, 1997.

WESTGATE, M. E.; BOYER, J. S. Carbohydrate reserves and reproductive development at low leaf water potentials in maize. **Crop Science**, Madison, v. 25, p. 762-769, 1985.

YUE-XUAN, W.; TIEDEMANN, A. V. Physiological effects of azoxystrobin and epoxiconazole on senescence and the oxidative status of wheat. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, San Diego, v. 71, p. 1-10, 2001.

ZANIN, C. G. **Senescência foliar lenta e desenvolvimento uniforme como características favoráveis a adaptação de cultivares de milho ao incremento na população de plantas**. 2007. 93 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2007.