

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

**CARACTERÍSTICAS MORFOFISIOLÓGICAS DE PLANTAS E
PRODUTIVIDADE DO MILHO**

SIHÉLIO JÚLIO SILVA CRUZ

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

BOTUCATU-SP
Setembro - 2013

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

**CARACTERÍSTICAS MORFOFISIOLÓGICAS DE PLANTAS E
PRODUTIVIDADE DO MILHO**

SIHÉLIO JÚLIO SILVA CRUZ

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
Setembro – 2013

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

C957c Cruz, Sihélio Júlio Silva Cruz, 1976-
Características morfofisiológicas de plantas e produtividade do milho / Sihélio Júlio Silva Cruz. - Botucatu : [s.n.], 2013
xiii, 60 f. : ils. color., grafs., tabs.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2013
Orientador: Silvio José Bicudo
Inclui bibliografia

1. Milho - Morfologia. 2. Milho - Rendimento. 3. Fenologia vegetal. 4. Produtividade agrícola. I. Bicudo, Silvio José. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CAMPUS DE BÓTUCATU

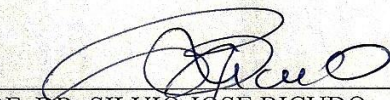
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "CARACTERÍSTICAS MORFOFISIOLÓGICAS DE PLANTAS E
PRODUTIVIDADE DO MILHO "

ALUNO: SIHÉLIO JÚLIO SILVA CRUZ

ORIENTADOR: PROF. DR. SILVIO JOSÉ BICUDO

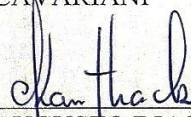
Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. SILVIO JOSÉ BICUDO



PROF. DR. CLAUDIO CAVARIANI



PROF. DR. RICARDO AUGUSTO DIAS KANTHACK



PROF. DR. FRANCISCO RAFAEL DA SILVA PEREIRA



PROF. DR. MAURICIO DUTRA ZANOTTO

Data da Realização: 06 de setembro de 2013.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Severino e Maria Soledade;

A minha esposa Silvia,

DEDICO.

Ao Prof. Dr. Silvio José Bicudo;

OFEREÇO.

AGRADECIMENTOS

À Deus.

Ao Prof. Dr. Silvio José Bicudo, meu amigo e orientador, pela orientação, incentivo, dedicação e principalmente amizade.

À FCA - UNESP - Campus de Botucatu, por me receber como aluno.

À Coordenação e colegiado do curso de Pós-Graduação em Agronomia (Agricultura).

A CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

Aos professores Carlos Alexandre Costa Crusciol, Cláudio Cavariani, Dagoberto Martins, Dirceu Maximino, Gisela Ferreira, João Domingos Rodrigues, Leonardo Theodoro Bull, Magali Leonel, Maurício Zanotto, Roberto Lyra Villas Boas, Rogério Peres Soratto, pela atenção, ensinamentos e simpatia.

Aos funcionários das Fazendas de Ensino, Pesquisa e Extensão, em especial a Mário, Luciano, Flávio, Cido Abelha e Carlos.

Aos funcionários do Centro de Raízes e Amidos Tropicais, Luiz, Juliana, Alessandra e Nice.

Aos funcionários do Depto. de Produção e Melhoramento Vegetal e funcionários de apoio ao campo e em especial a Célio, Cirino, Lana, Rubens, Vera, Valéria, pela amizade e atenção.

A seção de Pós-Graduação e aos funcionários da biblioteca “Paulo Carvalho de Matos”, especialmente: Ana Lúcia, Airton, Célia, Denise, Joel, Maria Inês, Mirian e Nilson.

A todos os colegas do curso de pós-graduação, estagiários e especialmente a Breno, Carlos Jorge, Cícero Teixeira, Débora, Felipe Curcelli, Josué Ferreira, Leonardo Fonseca, Priscila Figueiredo, Pedro Bento, Murillo, Rodrigo Repke, Thais e Wilson Dourado.

Aos meus irmãos, Sihara, Sidério e Simério pelo grande apoio.

Aos meus cunhados, Carla e Jaconias, pelo grande apoio.

A Silvia, minha grande companheira.

Aos meus pais, meu grande exemplo de vida.

A todos àqueles que de alguma maneira contribuíram para a realização deste trabalho.

MUITO OBRIGADO!

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE TABELAS.....	x
1. RESUMO.....	01
2. SUMMARY.....	03
3. INTRODUÇÃO.....	05
4. REVISÃO DE LITERATURA.....	07
4.1. A cultura do milho.....	07
4.2. Estádios fenológicos da planta de milho.....	09
4.3. Análise de crescimento de plantas.....	13
4.4. Índice de colheita.....	16
4.5. Produção de grão.....	17
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	18
5.1. Primeiro ensaio (ano agrícola 2010/2011).....	18
5.1.1. Delineamento experimental.....	18
5.1.2. Dados Climatológicos do ano agrícola 2010/2011.....	21
5.1.3. Solos da área experimental.....	21
5.1.4. Preparo do solo da área experimental.....	22
5.1.5. Adubação de semeadura.....	22
5.1.6. Semeadura.....	22
5.1.7. Adubação de cobertura.....	23
5.1.8. Controle de plantas daninhas.....	23
5.1.9. Avaliações nas plantas.....	23
5.1.9.1. Altura média das plantas.....	23
5.1.9.2. Diâmetro médio do colmo.....	23
5.1.9.3. Número médio de folhas fotossinteticamente ativas.....	24
5.1.9.4. Índice de área foliar.....	24
5.1.9.5. Massa seca média de toda planta.....	24
5.1.10. Avaliações nas espigas.....	24
5.1.10.1. Comprimento médio da espiga.....	25

5.1.10.2. Diâmetro médio de sabugo.....	25
5.1.10.3. Diâmetro médio da espiga.....	25
5.1.10.4. Comprimento médio do grão.....	25
5.1.10.5. Número médio de fileiras de grãos.....	25
5.1.10.6. Massa média de mil grãos.....	25
5.1.10.7. Índice de colheita.....	26
5.1.10.8. Produtividade média de grãos.....	26
5.1.10.9. Taxa de crescimento absoluto.....	26
5.1.10. Análise estatística.....	26
5.2. Segundo ensaio (ano agrícola 2011/2012).....	28
5.2.1. Delineamento experimental.....	28
5.2.2. Dados climatológicos do ano agrícola 2011/2012.....	28
5.2.3. Caracterização química do solo da área experimental.....	29
5.2.4. Adubação de semeadura.....	29
5.2.5. Semeadura.....	30
5.2.6. Adubação de cobertura.....	30
5.2.7. Controle de plantas daninhas.....	30
5.2.8. Avaliações nas plantas.....	30
5.2.7. Análise estatística.....	30
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
6.1. Produtividade média de grãos de 26 cultivares de milho estudadas no ano agrícola 2010/2011.....	32
6.2. Cultivares de milho escolhidos para compor as classes produtivas.....	33
6.3. Produtividade média de grãos de nove cultivares de milho avaliados nos anos agrícolas: 2010/2011 e 2011/2012.....	34
6.4. Características de crescimento da planta e componentes de espiga, anos agrícolas: 2010/2011 e 2011/2012.....	35
6.4.1. Índice de área foliar.....	35
6.4.2. Número médio de folhas fotossinteticamente ativas.....	38
6.4.3. Altura média de plantas.....	40
6.4.4. Diâmetro médio de colmo.....	41
6.4.5. Produção média de massa seca total pela parte aérea da planta.....	44
6.4.6. Taxa média de crescimento absoluto.....	46

6.4.7. Características da espiga.....	48
6.5. Considerações Finais.....	51
7. CONCLUSÕES.....	52
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Lista das vinte e seis cultivares de milho transgênico e suas características agronômicas. Primeiro ensaio conduzido no ano agrícola 2010/2011, município de Botucatu, SP.	Pág. 19
Tabela 2. Análise química do solo da área experimental, nas camadas de 0 - 20 e 20 - 40 cm de profundidade, amostrado antes da instalação do experimento. Ano agrícola 2010/2011.....	22
Tabela 3. Organização dos dados para realização das análises estatísticas das características morfológicas de crescimento da planta e componentes da espiga.....	27
Tabela 4. Análise química do solo da área experimental, nas camadas de 0-20 e 20-40 cm de profundidade, amostrado antes da instalação do experimento. Ano agrícola 2011/2012.....	29
Tabela 5. Produtividade média de grãos com 13% de umidade de 26 cultivares de milho. Ensaio conduzido no ano agrícola 2010/2011, no campo experimental da Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP, município de Botucatu, SP.....	33
Tabela 6. Cultivares de milho selecionados por classes produtivas. Ano agrícola 2010/2011.....	33
Tabela 7. Produtividade média de grãos com 13% de umidade de nove cultivares de milho estudados no município de Botucatu – SP, nos anos agrícolas 2010/2011 e 2011/2012.....	34
Tabela 8. Índice de área foliar nos estádios fenológicos: quatro (V4) e oito folhas (V8) totalmente expandidas, florescimento, grãos leitosos (GL), grãos farináceos duros (GF) e maturação fisiológica dos grãos (MF). Cultivares de milho cultivados nos anos agrícolas 2010/2011 (1) e 2011/2012 (2).....	37
Tabela 9. Coeficientes de correlação de <i>Pearson</i> do índice de área foliar com NFG – número médio de fileiras de grãos; CE – comprimento médio de espiga; DS – diâmetro médio de sabugo; DE – diâmetro médio de espiga; CG - comprimento médio do grão; MMG – massa média de mil grãos; IC – Índice de colheita e PG – produtividade média de grãos, nos	

estádios fenológicos: quatro (V4) e oito folhas (V8) totalmente expandidas, florescimento, grãos leitosos (GL), grãos farináceos duros (GF) e maturação fisiológica dos grãos (MF). Cultivares de milho cultivados nos anos agrícolas 2010/2011 (1) e 2011/2012 (2).....	Pág. 37
Tabela 10. Número médio de folhas fotossinteticamente ativas por planta nos estádios fenológicos: florescimento, grãos leitosos (GL), grãos farináceos duros (GF) e maturação fisiológica dos grãos (MF). Cultivares de milho cultivados nos anos agrícolas 2010/2011 (1) e 2011/2012 (2).....	38
Tabela 11. Coeficientes de correlação de <i>Pearson</i> do número de folhas fotossinteticamente ativas por planta com NFG – número médio de fileiras de grãos; CE – comprimento médio de espiga; DS – diâmetro médio de sabugo; DE – diâmetro médio de espiga; CG – comprimento médio do grão; MMG – massa média de mil grãos; IC – Índice de colheita e PG – produtividade média de grãos, nos estádios fenológicos quatro (V4) e oito (V8) totalmente expandidas e florescimento. Cultivares de milho cultivados nos anos agrícolas 2010/2011 (1) e 2011/2012 (2).....	39
Tabela 12. Altura média de planta (cm) nos estádios fenológicos: quatro (V4) e oito (V8) folhas totalmente expandidas e florescimento. Cultivares de milho cultivados nos anos agrícolas 2010/2011 (1) e 2011/2012 (2).....	40
Tabela 13. Coeficientes de correlação de <i>Pearson</i> da altura de planta com NFG – número médio de fileiras de grãos; CE – comprimento médio de espiga; DS – diâmetro médio de sabugo; DE – diâmetro médio de espiga; CG – Comprimento médio do grão; MMG – massa média de mil grãos; IC – Índice de colheita e PG – Produtividade média de grãos, nos estádios fenológicos: quatro (V4) e oito (V8) folhas totalmente expandidas e florescimento. Cultivares de milho cultivados nos anos agrícolas 2010/2011 (1) e 2011/2012 (2).....	41
Tabela 14. Diâmetro médio do colmo (cm) nos estádios fenológicos: quatro (V4) e oito (V8) folhas totalmente expandidas, florescimento, grãos leitosos (GL), grãos farináceos duros (GF) e maturação fisiológica dos grãos (MF). Cultivares de milho cultivados nos anos agrícolas 2010/2011 (1) e 2011/2012 (2).....	43

- Tabela 15.** Coeficientes de correlação de *Pearson* do **diâmetro de colmo** com **NFG** – número médio de fileiras de grãos; **CE** – comprimento médio de espiga; **DS** – diâmetro médio de sabugo; **DE** – diâmetro médio de espiga; **MMG** – massa média de mil grãos; **IC** – Índice de colheita e **PG** – produtividade média de grãos, nos estádios fenológicos: quatro (V4) e oito (V8) folhas totalmente expandidas, florescimento, grãos leitosos (GL), grãos farináceos duros (GF) e maturação fisiológica dos grãos (MF). Cultivares de milho cultivados nos anos agrícolas 2010/2011 (1) e 2011/2012 (2)..... **43**
- Tabela 16.** Média de massa seca total da planta (kg ha^{-1}) nos estádios fenológicos: quatro (V4) e oito (V8) folhas totalmente expandidas, florescimento, grãos leitosos (GL), grãos farináceos duros (GF) e maturação fisiológica dos grãos (MF). Cultivares de milho cultivados nos anos agrícolas 2010/2011 (1) e 2011/2012 (2)..... **45**
- Tabela 17.** Coeficientes de correlação de *Pearson* da **média de massa seca total da planta** com **NFG** – número médio de fileiras de grãos; **CE** – comprimento médio de espiga; **DS** – diâmetro médio de sabugo; **DE** – diâmetro médio de espiga; **CG** – comprimento médio de grão; **MMG** – massa média de mil grãos; **IC** – Índice de colheita e **PG** – produção de grãos, nos estádios fenológicos: quatro (V4) e oito (V8) folhas totalmente expandidas, florescimento, grãos leitosos (GL), grãos farináceos duros (GF) e maturação fisiológica dos grãos (MF). Cultivares de milho cultivados nos anos agrícolas 2010/2011 (1) e 2011/2012 (2)..... **45**
- Tabela 18.** Taxa média de crescimento absoluto – TCA (produção média de matéria seca em gramas por dia em $0,85 \text{ m}^2$) nos estádios fenológicos: quatro (V4) e oito (V8) folhas totalmente expandidas, florescimento, grãos leitosos (GL), grãos farináceos duros (GF) e maturação fisiológica dos grãos (MF). Cultivares de milho cultivados nos anos agrícolas 2010/2011 (1) e 2011/2012 (2)..... **46**
- Tabela 19.** Coeficientes de correlação de *Pearson* da **taxa média de crescimento absoluto** com **NFG** – número médio de fileiras de grãos; **CE** – comprimento médio de espiga; **DS** – diâmetro médio de sabugo; **DE** – diâmetro médio de espiga; **CG** – comprimento de grão; **MMG** – massa média de mil grãos; **IC** – Índice de colheita e **PG** – Produtividade média de grãos, nos estádios fenológicos: oito (V8) folhas totalmente expandidas, florescimento, grãos leitosos (GL),

grãos farináceos duros (GF) e maturação fisiológica dos grãos (MF). Cultivares de milho cultivados nos anos agrícolas 2010/2011 (1) e 2011/2012 (2).....	Pág. 47
--	------------------------------

Tabela 20. IC – Índice de colheita; NFG – número médio de fileiras de grãos; CE – comprimento médio de espiga; DS – diâmetro médio de sabugo; DE – diâmetro médio de espiga; CG – Comprimento médio de grãos e MMG – massa média de mil grãos. Cultivares de milho cultivados nos anos agrícolas 2010/2011 (1) e 2011/2012 (2).....	50
---	-----------

1. RESUMO

Com o objetivo de identificar através da análise de crescimento de plantas, variáveis morfofisiológicas que contribuam para o aumento da produtividade do milho, foram realizados dois ensaios, o primeiro no ano agrícola 2010/2011 e o segundo no ano agrícola 2011/2012, ambos no campo experimental da Faculdade de Ciências Agrônômicas – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Campos Botucatu, SP. No primeiro ensaio, o delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, sendo os tratamentos compostos por 26 híbridos com quatro repetições. As avaliações foram realizadas em seis estádios fenológicos: quatro (V4) e oito (V8) folhas totalmente expandidas; florescimento; grão leitoso (GL); grão farináceo duro (GF) e maturação fisiológica do grão (MF). Foram avaliados: índice de área foliar; número médio de folhas fotossinteticamente ativas; altura média de planta; média de massa seca da parte aérea da planta, comprimentos médios da espiga e do grão; diâmetros médios de colmo, sabugo e espiga; massa média de mil grãos; índice de colheita; produtividade de grãos e taxa de crescimento absoluto - TCA. Os dados de produção de grãos foram submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste “T” a 5% de probabilidade de erro. O teste de média agrupou os cultivares em três classes: baixa, média e alta produtividade. Nas análises das características morfofisiológicas de crescimento e componentes da espiga, foram utilizados apenas os dados dos cultivares selecionados. Para isso, decidiu-se que cada classe produtiva seria um tratamento. Os dados foram submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste “Tukey” ao nível de 5% de probabilidade de erro. Em seguida, foram estimados os coeficientes de correlação de *Pearson* para as

características morfofisiológicas de crescimento com os componentes de espiga e a produtividade de grãos. No segundo ensaio, foi adotando a mesma metodologia utilizada no primeiro ensaio, foram avaliados o crescimento e a produtividade dos cultivares de milho selecionados no primeiro ensaio, objetivando verificar se as variações e correlações existentes entre os características morfofisiológicas e a produtividade se repetiam. Concluiu-se que: Os parâmetros índice de área foliar, altura média de planta e diâmetro médio de colmo, a partir do estágio V8 são indicativos da capacidade produtiva de cultivares de milho. Os parâmetros número médio de folhas fotossinteticamente ativas, média de massa seca da planta e taxa de crescimento absoluto (TCA) são indicativos da capacidade produtiva apenas a partir do estágio florescimento. Existem correlações positivas entre as características morfofisiológica estudadas e o os componentes de espiga, sendo estas correlações determinantes para a produtividade de grãos.

Palavras-chave: *Zea mays* L, Diferenças estruturais e funcionais, Estádios fenológicos; Produção de grãos.

MORPHOPHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF PLANTS AND MAIZE YIELD. Botucatu, 2013. 60f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

Author: SIHÉLIO JÚLIO SILVA CRUZ

Adviser: SILVIO JOSÉ BICUDO

2. SUMMARY

Aiming to identify, through plant growth analysis, morphophysiological variables that contribute to maize yield increase, two experiments were conducted, the first in the growing season 2010/2011 and the second in the growing season 2011/2012, both in the experimental field of Faculdade de Ciências Agrônomicas – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Campos Botucatu, SP. In the first test, a randomized block design was used, with the treatments consisting of 26 hybrids and four replications. The evaluations were performed in six phenological stages: four (V4) and eight (V8) fully expanded leaves, flowering, milky grain (GL); dent (GF) and physiological maturity of the grain (MF). Were evaluated: leaf area index, average number of photosynthetically active leaves, average plant height, average dry mass of the aerial part, average length of ear and grain, average diameters of stem, cob and ear, a thousand grains average mass, harvest index, grain yield and absolute growth rate - TCA. Grain yield data were subjected to variance analysis and the means were compared by "T" test at 5% probability. The mean comparison test grouped the cultivars into three classes: low, medium and high yield. In the growth morphophysiological characteristics analyzes and ear components only data from selected cultivars were used. Thus it was decided that each productive class would be a treatment. Data were submitted to variance analysis and the means were compared by "Tukey" test at 5% error probability. Then the Pearson correlation coefficients for growth morphophysiological characteristics with the ear components and grain yield were estimated. In the second test, adopting the same methodology used in the first one, growth and yield of selected maize cultivars in the first test were evaluated, aiming verify if the variations and correlations between the morphophysiological characteristics and yield repeated themselves. It was concluded that: the parameters leaf area index, average plant height and average stem diameter, from V8 stage onward are indicative of maize cultivars productive capacity. The parameters average number of photosynthetically active leaves,

average plant dry matter and absolute growth rate (AGR) are indicative of productive capacity only from the flowering stage. There are positive correlations between the morphophysiological characteristics studied and ear components, and these correlations are determinant for grain yield.

Keywords: *Zea mays* L, Structural and functional differences, Phenological stages; Grain yield

3. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma planta anual, monocotiledônea, adaptada a vários ambientes. No Brasil, são produzidos cerca de 68 milhões de toneladas de grãos, com produtividades chegando a 15 toneladas por hectare. Sua importância econômica é caracterizada pelas diversas formas de utilização, que vai desde alimentação animal até a indústria de alta tecnologia (ARGENTA; SILVA; SANGOI, 2003; SANGOI et al., 2003; FORSTHOFER et al., 2006, CONAB, 2012).

Após 70 anos de avanços científicos e tecnológicos, o Brasil lidera o investimento em desenvolvimento de cultivares de milho híbrido tropical. Na safra 2010/2011, o mercado de sementes ofertou 400 cultivares, onde, 68% eram convencionais e 38% transgênicos. Para a safra 2012/2013, é esperada uma produção recorde de 74 milhões de toneladas, incluído milho safra e safrinha (DEMÉTRIO et al., 2008; EPAMIG, 2012; EMBRAPA, 2012; IBGE, 2013).

O aumento da produtividade em áreas tradicionalmente produtoras tem sido fruto de investimento em tecnologia aliado ao uso de cultivares com grande potencial e estabilidade produtiva. Mas, o aumento da área plantada nos últimos anos em diferentes regiões com diferentes condições ambientais, é um grande desafio para as instituições de pesquisa, principalmente, no que diz respeito à geração ou identificação de cultivares com potencial produtivo que garanta a sustentabilidade no meio rural.

O potencial produtivo de uma cultivar pode ser definido como o rendimento apresentado por ela quando cultivada em ambiente ao qual está adaptada, sem limitações de nutrientes e sem estresse biótico e/ou abiótico. O rendimento neste caso é

expresso na produção de grãos, que por sua vez, está diretamente ligada a uma série de caracteres que são denominados componentes de produção, como: número de espigas por planta, número de fileiras de grãos na espiga e número de grãos por fileira, peso médio do grão e número de plantas por área (ARGENTA et al., 2003; BENTO, 2006).

Através da análise de crescimento, em diferentes estádios fenológicos, podemos compreender as diferenças estruturais e funcionais de plantas de uma mesma espécie, e os efeitos dessas diferenças na capacidade produtiva destas. Com a vantagem de que a análise de crescimento pode ser realizada sem a necessidade de laboratórios ou equipamentos sofisticados, uma vez que as informações necessárias são a massa da matéria seca da planta, área foliar e cálculos de diferentes parâmetros de crescimento. Estes devem explicar o desenvolvimento e mensurar a contribuição dos processos morfofisiológicos sobre o comportamento vegetal, produzindo parâmetros morfofisiológicos, indicativos para o aumento da produtividade (BRANDELERO, 2001; BENINCASA, 2003; PEIXOTO; PEIXOTO, 2004).

Dessa forma, este estudo teve como objetivo identificar através da análise de crescimento de cultivares de milho, características morfofisiológicas que contribuam para o aumento da produtividade.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1. A cultura do milho

O milho (*Zea mays* L.) pertencente ao gênero *Zea*, espécie *Zea mays* L, família *Poaceae*, é uma planta anual, monocotiledônea. Sua importância econômica é caracterizada pelas diversas formas de sua utilização, que vai desde alimentação animal até a indústria de alta tecnologia. Seu uso na alimentação animal representa a maior parte do consumo, na alimentação humana é caracterizado principalmente por derivados (DEMÉTRIO et al., 2008).

Existem diversas teorias quanto à origem do milho, porém a mais aceita, é que tenha se originado diretamente do teosinto. O genitor do milho seria ou *Zea mays* subsp. *mexicana* ou *Zea mays* subsp. *parviglumis*, ambos conhecidos como teosintos. Estas subespécies apresentam caracteres em comum, como o mesmo número de cromossomos ($2n = 20$), além de serem capazes de cruzar com o milho resultando em descendentes férteis, apesar de já terem sido identificadas algumas barreiras genéticas entre elas (GALINAT, 1977; GOODMAN, 1995; WHITE; DOEBLEY, 1998; PAABO, 1999; PATERNIANI; CAMPOS, 1999; TAKAHASHI et al., 1999; WANG et al., 1999; PIPERNO; FLANNERY, 2001; EVANS; KERMICLE, 2001).

Domesticado a mais ou menos 8.000 anos, o milho não é mais capaz de sobreviver em sua forma selvagem, aos poucos, alelos que controlam a morfologia da planta e qualidade nutricional do grão foram fixados, moldando ou até mesmo construindo uma espécie através da seleção de características desejáveis. Todo esse

processo produziu um grande número de genótipos, com diversas características morfofisiológicas, tornando a espécie adaptada a vários ambientes (BUCKLER; GAUT; MCMULLEN, 2006).

A introdução do milho híbrido na década de 1920 deu um grande impulso á agricultura moderna. Nos Estados Unidos, até a década de 1920, a produtividade de milho girava em torno de 2 toneladas por hectare, verificada nas variedades de polinização aberta amplamente cultivadas na época (DUVICK, 2001).

A partir de 1930, os agricultores passaram a cultivar os híbridos duplos, que foram os primeiros lançados devido ao custo de produção e aquisição ser mais acessível aos agricultores quando comparado aos híbridos simples. Os híbridos duplos passaram de uma produtividade de 2 toneladas por hectares em 1930 a 6 toneladas por hectares em 1960. A partir desta década, os pesquisadores observaram as vantagens do híbrido simples em produtividade e uniformidade, e passaram a lançar estes para o cultivo dos agricultores. A produtividade que já era considerada satisfatória de 6 toneladas alcançou o teto de mais de 15 toneladas por hectare nos dias de hoje (ARGENTA et al., 2003; SANGOI et al., 2003; FORSTHOFER, et al., 2006).

Hoje, o Brasil lidera o investimento em desenvolvimento de cultivares de milho híbrido tropical. Sendo que a atual produção de sementes de híbridos é resultado de aproximadamente 70 anos de avanços científicos e tecnológicos, desde o lançamento do primeiro híbrido comercial no Brasil, em 1939, até os dias de hoje, com o aparecimento dos primeiros híbridos geneticamente modificados. Nos últimos anos, a área cultivada com sementes híbridas de milho no Brasil saltou de 8,2 milhões de hectares para 10,3 milhões, com um incremento médio de 2000 quilos por hectare nos últimos 30 anos (ABRASEM, 2012, MAPA, 2012).

Verifica-se através dos dados de EPAMIG/EMBRAPA (2012) que na safra 2010/2011 o mercado de sementes ofertou 400 cultivares de milho (361 convencionais + 139 transgênicas). Desse total, 49% foram híbridos simples, juntando aos triplos foram cerca de 70%.

No Brasil, dentre os cereais cultivados é o mais expressivo, com cerca de 68 milhões de toneladas de grãos produzidos, em uma área de aproximadamente 13 milhões de hectares, com produtividades chegando a 15 toneladas por hectare (ARGENTA et al., 2003; SANGOI et al., 2003; FORSTHOFER et al., 2006, CONAB, 2012).

De acordo com o primeiro levantamento de 2013, é esperado uma produção recorde de 74,2 milhões de toneladas, sendo que 36,1 milhões de toneladas são de milho 1ª safra e 38,1 milhões de toneladas são de milho 2ª safra, em uma área cultivada total de 15.387.610 hectares. A perspectiva para 2013 é que a 2ª safra de milho seja superior à 1ª com participação de 51,3% contra 48,7% da 1ª safra, seguindo o que foi levantado em 2012, primeiro ano da história que a 2ª safra superou a 1ª (IBGE, 2013).

4.2. Estádios fenológicos da planta de milho

Os estádios fenológicos foram identificados visando facilitar o detalhamento das etapas de desenvolvimento das plantas. São as transformações que ocorrem nos processos de crescimento e de desenvolvimento das plantas, como a germinação, brotação, florescimento, espigamento, maturação e os seus conhecimentos que ajudam a melhorar a descrição do ciclo da cultura. Dentro dos estádios fenológicos pode haver subperíodos, e ao longo destes, as necessidades e as estruturas da planta são praticamente constantes. Alguns subperíodos são facilmente observados, com o aparecimento ou desaparecimento de órgãos, enquanto que outros, por serem microscópicas ou de difícil identificação, são somente perceptíveis através de exames detalhados, como microscopia ou análises químicas (HANWAY, 1963; FANCELLI, 1988; BERGAMASCHI et al., 2006).

O ciclo da planta de milho foi dividido em 11 estádios distintos de desenvolvimento, através da escala fenológica de Hanway. Esta escala foi adaptada a termos técnicos empregados no Brasil, conservando os critérios de observação dos estádios originais. Desse modo, os estádios de crescimento anteriores ao aparecimento das espigas são identificados pelo número de folhas totalmente expandidas. Para os estádios posteriores à emissão da espiga, a identificação é com base no desenvolvimento e consistência dos grãos (HANWAY, 1963; FANCELLI, 1988).

No estágio zero que vai da semente à emergência das plântulas, temperaturas e umidades favoráveis, dão início a uma série de eventos fisiológicos de crescimento. Começando com a germinação. Em condição ideal de umidade de solo (1,01MPa) a germinação pode acontecer em quatro dias com temperaturas entre 10 e 20°C e em dois dias entre 25 e 30°C. No caso da ocorrência de temperaturas inferiores a 10°C ou superiores a 40°C, a germinação pode ser prejudicada ou não acontecer. No início, a

raiz primária se alonga rapidamente, seguida das raízes seminais. Logo após, a plântula emerge em direção oposta à raiz, sustentada pela estrutura responsável por sua condução à superfície do solo, chamada coleóptilo. Nesta fase, a temperatura do solo também influencia o processo de emergência da plântula, que sob baixas temperaturas ($< 14^{\circ}\text{C}$) pode levar até 20 dias (MAGALHÃES; DURÃES, 2002; SANS; SANTANA, 2002; FORSTHOFER et al., 2006).

Uma semana após a emergência, a plântula apresenta-se com duas folhas totalmente expandidas, e aptas a iniciar o processo fotossintético (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000).

Dois semanas após a emergência, a planta apresenta-se com quatro folhas totalmente expandidas, e o sistema radicular já mostra considerável quantidade de pelos absorventes e ramificações diferenciadas. O meristema apical da planta que se encontra ainda abaixo da superfície do solo dá início a diferenciação floral, a qual origina os primórdios da inflorescência masculina e da espiga. Neste estágio, a temperatura do solo e a disponibilidade hídrica exercem grande influência sobre o desenvolvimento da planta. O processo de diferenciação do pendão e da espiga pode variar de 25 a 50 dias com temperaturas do solo em torno 27 e 14°C respectivamente e o déficit hídrico causa a diminuição da área foliar e redução do sistema radicular. (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000; FORSTHOFER et al., 2006)

O primeiro mês após a emergência é caracterizado pelo crescimento do colmo em diâmetro e comprimento, e pela aceleração do processo de formação da inflorescência masculina, além da presença de oito folhas totalmente expandidas (estádio V8). O sistema radicular encontra-se bem distribuído no solo, com acentuada absorção de nutrientes, principalmente potássio e nitrogênio (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000; COELHO, 2005).

Nesta fase, o colmo não atua somente como suporte de folhas e inflorescências, mas também como uma estrutura destinada ao armazenamento de sólidos solúveis que serão utilizados, posteriormente, na formação dos grãos. Assim, a ocorrência de estresse hídrico pode reduzir o comprimento dos entrenós, pela diminuição do alongamento das células em desenvolvimento, reduzindo a capacidade de armazenamento de sólidos solúveis no colmo. Da mesma forma, a baixa incidência de radiação solar causada por períodos excessivamente nublados, pode também contribuir para a redução do acúmulo de açúcares no colmo, em função da redução da taxa fotossintética da planta

(FANCELLI; DOURADO NETO, 2000; FANCELLI, 2003; RODRIGUES; DIDONET, 2003).

Entre a quinta e sexta semana o número de óvulos em cada espiga, assim como o tamanho da espiga é definido. A planta apresenta de 85 a 90% da área foliar (11 a 12 folhas), bem como o início do desenvolvimento das raízes adventícias, no primeiro nó ao nível do solo. A partir daí os entrenós do colmo começam a se alongar rapidamente e a planta cresce a taxas elevadas. Nesta fase, o déficit hídrico ou deficiência de nutrientes pode reduzir drasticamente o número potencial de sementes, bem como o tamanho da espiga (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000; RESENDE; COUTO; ALBUQUERQUE, 2003).

A emissão da inflorescência da planta normalmente acontece entre a oitava e nona semana após a emergência, sempre antecedendo em dois a quatro dias a exposição dos estilos-estigma. Esse fenômeno mostra o comportamento protândrico da planta, o qual favorece o desenvolvimento da estrutura masculina em detrimento da feminina. Nesta fase, a ocorrência de temperaturas elevadas (acima de 35°C), déficit hídrico, baixa luminosidade e deficiências nutricionais podem antecipar a emissão da inflorescência, bem como a formação e maturação do grão de pólen, antes mesmo que a espiga se encontre fisiologicamente apta para desenvolver as suas funções (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000; SANGOI, 2001; RESENDE; COUTO; ALBUQUERQUE, 2003).

Após a exposição dos estilos-estigmas, estes continuam crescendo até que sejam polinizados, dando sequência ao processo de fecundação do óvulo. Os estilos-estigma aparecem por um período aproximado de 3 a 5 dias, sendo receptivos imediatamente após a sua emissão, podendo assim permanecer por até 14 dias, desde que mantida as condições favoráveis (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000; RESENDE; COUTO; ALBUQUERQUE, 2003).

A liberação do grão de pólen pode iniciar ao amanhecer e estende-se até ao meio-dia, e em condições favoráveis o grão pode permanecer viável por um período aproximado de 24 horas. A polinização ocorre através do contato direto entre o grão de pólen os estigmas, dando origem a uma estrutura denominada tubo polínico, que é responsável pelo direcionamento dos gametas masculinos até o ovário, onde ocorre a fecundação do óvulo (RESENDE; COUTO; ALBUQUERQUE, 2003).

A fertilização acontece de 12 a 36 horas após a polinização, período este variável em função de alguns fatores envolvidos no processo, tais como: umidade e temperatura. Temperaturas elevadas, acima de 35°, aliadas à umidade relativa do ar inferior a 60%, poderão comprometer os mecanismos de polinização e fertilização (RESENDE; COUTO; ALBUQUERQUE, 2003).

O processo de acumulação do amido no endosperma dos grãos acontece 15 dias após a polinização. Neste estágio, ocorre o transporte dos fotoassimilados acumulados no colmo e folhas para os grãos em formação. Onde 50% dos carboidratos translocados para o grão são oriundos das folhas localizadas na porção superior da planta. Nesta fase a planta precisa apresentar considerável teor de sólidos solúveis prontamente disponíveis, e o tamanho da área foliar fotossinteticamente ativa torna-se um importante condicionador de produção. Para lavouras destinadas à produção de sementes, este período assume particular importância, pois tem início o desencadeamento dos processos de diferenciação do coleóptilo, da radícula e folhas embrionárias (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000; RESENDE; COUTO; ALBUQUERQUE, 2003).

No estágio seguinte, as sementes continuam se desenvolvendo rapidamente, embora suas estruturas embrionárias encontrem-se totalmente diferenciadas. A deposição do amido é bastante acentuada, caracterizando um período exclusivamente destinado ao ganho de peso por parte do grão. No campo, tal etapa do desenvolvimento é facilmente reconhecida, pois, quando os grãos presentes neste estágio são submetidos à pressão, mostram-se relativamente consistentes (MAGALHÃES et al., 1994).

O estágio seguinte é caracterizado pelo início da formação de dentes ou aparecimento da concavidade na parte superior do grão. Nesta fase, o grão encontra-se em fase de transição, do estado pastoso para farináceo, tornando-se cada vez mais endurecido. O embrião ainda continua se desenvolvendo, sendo que além do acréscimo de volume do endosperma, mediante o aumento do tamanho de suas células, observa-se também a completa diferenciação da radícula e das folhas embrionárias no interior das sementes. Porém, para cultivares portadores de grãos duros, em virtude da não formação do “dente”, torna-se difícil a constatação em nível de campo deste estágio de desenvolvimento, podendo apenas ser relacionado ao aumento gradativo da dureza dos grãos. Este estágio seria o momento ideal para o corte do milho para silagem, pois as plantas apresentam entre 33 e 37% de matéria seca e os grãos encontram-se no estado

farináceo-duro (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000; PEDREIRA; MELLO; OTANI, 2001).

Vinte dias depois, todos os grãos apresentam-se dentados, com uma acelerada perda de umidade em toda a planta. Neste estágio, ocorre uma acentuada queda na taxa de acumulação de matéria seca, e as estruturas das sementes encontram-se plenamente formadas e diferenciadas (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000; CASTRO; KLUGE; SESTARI, 2008).

Na última etapa de desenvolvimento, observa-se a paralisação total de acúmulo de matéria seca nos grãos, coincidindo com o processo de senescência natural das folhas, as quais gradativamente começam a perder a sua coloração verde característica. Este estágio, comumente chamado por ponto de maturação fisiológica, é caracterizado pelo máximo peso da matéria seca dos grãos e máximo vigor das sementes, sendo facilmente reconhecido pela presença da “camada negra”, formada no ponto de inserção do grão com o sabugo. A partir deste momento, rompe-se o elo entre a planta-mãe e o fruto, passando o mesmo a apresentar vida independente, necessitando para tanto, de energia prontamente disponível, resultante da queima de suas reservas, objetivando a manutenção de seus processos vitais. Posteriormente, os grãos iniciam um processo de perda gradativa de água, atingindo em média ao fim de 25 a 35 dias, umidade ao redor de 20%, embora o tempo relativo a esse processo seja diretamente influenciado pelas condições climáticas no período (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000, CASTRO; KLUGE; SESTARI, 2008).

4.3. Análise de crescimento de plantas

A análise de crescimento além de estuda-se o desenvolvimento da planta como um todo conhecendo-se diferenças funcionais e estruturais entre espécies ou genótipos da mesma espécie, de forma a identificar respostas à aplicações de diferentes tratamentos e/ou selecionar genótipos mais eficientes. É uma ferramenta que pode ser usada para a investigação da adaptabilidade de espécies em ecossistemas diversos, efeitos de competição, diferenças genotípicas da capacidade produtiva, influências de práticas agrônômicas sobre o crescimento, dentre outros (BENINCASA, 2003; BRANDELERO, 2001).

Sua principal vantagem está na obtenção de informações em intervalos regulares, sem a necessidade de laboratórios ou equipamentos sofisticados, uma

vez que as informações necessárias para levar avante tais análises, são a massa da matéria seca da planta e a dimensão do aparelho fotossintetizante (área foliar) [PEIXOTO; PEIXOTO, 2004].

As técnicas de análise de crescimento foram desenvolvidas, no início do século XX, pelos pesquisadores britânicos Blackman (1919); Briggs et al. (1920); West; Briggs; Kidd (1920), que além de apresentarem as fórmulas de análise de crescimento, suas derivações e condições necessárias para seu uso correto, discutem alternativas e métodos que envolvem uma descrição matemática do peso da matéria seca e da área foliar em função do tempo, seguida de cálculos de diferentes parâmetros de crescimento.

Na análise de crescimento os principais parâmetros analisados são:

- Índice de área foliar (IAF)

Devido à estreita relação entre a produção de matéria seca vegetal e a interceptação luminosa, julgou-se necessária a eleição de parâmetros que as correlacionassem satisfatoriamente, seja de forma direta ou indireta, com o intuito de permitir a compreensão das relações funcionais existentes entre esses componentes. Foi sob esse contexto que se desenvolveu o conceito de IAF (LUPINACCI, 2002).

O IAF é um índice bastante dinâmico, visto que a área foliar fotossinteticamente ativa que ocupa uma determinada superfície do solo varia quase que instantaneamente ao longo do ciclo da planta, o que torna sua quantificação bastante complexa. Desta forma, os valores de IAF encontrados na literatura referem-se a estimativas pontuais da área foliar de determinada cultura num determinado estágio de desenvolvimento (BENINCASA, 2003).

O IAF é determinado através da área da superfície total das folhas da planta por unidade de superfície de solo. Em geral a variação temporal do IAF aumenta até um máximo, onde permanece por algum tempo, decrescendo em seguida, devido à senescência das folhas velhas (BENINCASA, 2003).

- Matéria seca (MS)

A produção de matéria seca está diretamente relacionada aos processos de fotossíntese e de respiração durante as fases vegetativas e reprodutivas

das culturas. A fotossíntese é o processo pelo qual as plantas transformam a energia solar em energia química, e a sua eficiência é um fator determinante na produtividade agrícola. Já a respiração pode ser dividida, teoricamente, em respiração de crescimento e manutenção. A respiração de crescimento corresponde à quantidade de carboidratos necessária para suprir energia às relações de síntese de nova fitomassa, enquanto a respiração de manutenção corresponde à quantidade de carboidratos necessária para suprir energia aos processos biológicos e bioquímicos da planta sem haver, no entanto, crescimento (TAIZ; ZEIGER, 2009).

A captação de energia luminosa durante o crescimento das plantas e a redução do CO₂ atmosférico, através do processo fotossintético, resulta na formação de compostos orgânicos essenciais ao acúmulo de sua biomassa, bem como à formação de novos tecidos. Portanto, a quantidade de biomassa produzida pelas culturas pode ser definida através de uma estrutura fisiológica simples, baseada na quantidade de radiação solar interceptada e na sua eficiência de conversão em matéria seca (GARCIA et al., 2003).

O milho, por ser uma planta C₄, apresenta características fisiológicas favoráveis no que se refere à conversão de CO₂ em compostos orgânicos, isso ocorre porque no processo fotossintético destas plantas, o CO₂ é continuamente concentrado nas células da bainha vascular das folhas e, em seguida, redistribuído para posterior utilização (CASTRO; KLUGE; SESTARI, 2008).

Para o milho manifestar sua elevada capacidade de produção de matéria seca, é necessário que a planta apresente adequada estrutura de interceptação da radiação disponível, que somente poderá ser obtida quando for evidenciado pelo menos 85-90 % de sua área foliar máxima. Assim, quanto mais rapidamente tal condição for atingida maior será a taxa de crescimento e a garantia de velocidade metabólica satisfatória (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000).

Este processo pode ser descrito com a observação de um crescimento exponencial lento, seguido de uma fase de ganhos lineares e finalmente, uma etapa onde os incrementos de biomassa são decrescentes (GOMIDE; GOMIDE; ALEXANDRINO, 2003). Para estes autores, este modelo de curva decorre do balanço entre disponibilidade e demanda de carbono utilizado pela planta.

- Taxa de crescimento absoluto (TCA)

A TCA pode ser usada para estimar a velocidade média de crescimento ao longo do período de observação, sendo calculada pela diferença na matéria seca produzida em um determinado período. No caso do cálculo da TCA através do peso da matéria seca, a unidade poderá ser g dia^{-1} ou g semana^{-1} . Esta taxa é variável ao longo do ciclo e isto pode ser atribuído à dependência de fatores bióticos e abióticos (BENINCASA, 2003).

A medida da massa da matéria seca das diferentes partes da planta é simples e exige poucos equipamentos (régua graduada em milímetros, tesouras, paquímetro, estufas de aeração forçada, sacos plásticos, sacos de papel, etc.). Isto é, não exige laboratório nem material sofisticado, o que é considerado uma vantagem da análise do crescimento, uma vez que as informações necessárias para se levar avante tais análises, são a massa da matéria seca da planta inteira ou parte dela e a dimensão do aparelho fotossintetizante, área foliar. Estas informações são obtidas em intervalos de tempo regulares, normalmente dias, meses ou estádios fenológicos para plantas de ciclo curto (BRANDELERO, 2001; BENINCASA, 2003).

4.4. Índice de colheita

O índice de colheita, que constitui a fração da matéria seca de grãos produzidos em relação à matéria seca da parte aérea da planta, identifica a habilidade de um híbrido em combinar elevada capacidade de produção total e de destinar a matéria seca acumulada aos grãos (GRUZSKA, 2012).

O valor máximo do índice de colheita para a cultura do milho encontra-se próximo de 0,60 (SHARMA-NATU; GHILDIYAL, 2005). Na avaliação de Echarte e Andrade (2003), híbridos simples de milho apresentaram maior estabilidade do índice de colheita independentemente da quantidade de matéria seca total da parte aérea ou da produtividade de grãos por planta.

Cui et al., (2009) estudando um híbrido de milho durante dois anos, registraram que, no primeiro ano a fitomassa seca da parte aérea foi de $12.800 \text{ kg ha}^{-1}$ correspondendo a produtividade de grãos de 9.338 kg ha^{-1} , enquanto no segundo ano a fitomassa seca da parte aérea foi de 8.800 kg ha^{-1} correspondendo a produtividade de grãos

de 7.698 kg ha⁻¹, obtendo-se para estas produtividades, índices de colheita de 0,42 e 0,46, respectivamente, corroborando com a afirmação feita por Echarte e Andrade (2003) de que híbridos simples apresentaram maior estabilidade do índice de colheita.

Assim, a caracterização do crescimento, em termos de como a matéria seca é particionada, é uma forma de avaliar a eficiência da produtividade de milho sob vários ambientes e sistemas de manejo. No entanto, sendo a produtividade de grãos uma função da capacidade de combinar alta produção de matéria seca e dividi-la entre os componentes da produtividade e outras partes da planta, o índice de colheita não deve ser utilizado isoladamente para caracterizar o potencial produtivo dos híbridos de milho (DURÃES; MAGALHÃES; OLIVEIRA, 2002).

4.5. Produção de grãos

A produção de grãos da cultura do milho está diretamente ligada a uma série de caracteres que são denominados componentes de produção, como: número de espigas por planta, número de fileiras de grãos na espiga e número de grãos por fileira, peso médio do grão e número de plantas por área (BENTO, 2006).

A definição do número de espigas por planta e número de fileiras de grãos por espiga, ocorrem entre o período correspondente à emissão da 9ª e 12ª folha totalmente expandida (próximo ao florescimento), lembrando que, geralmente, tais variáveis são fortemente influenciadas pelo suprimento de carboidratos e nitrogênio no período descrito. Já o número de grãos por espiga depende das condições fisiológicas da planta e do ambiente, durante o período de fecundação e enchimento de grãos (CIRILO; ANDRADE, 1994ab; LAFITTE; EDMEADES, 1995).

O número de grãos por espiga é influenciado por eventos ocorridos entre os estádios fenológicos de quatro a dez folhas totalmente expandidas, além daqueles evidenciados no florescimento (fecundação). O maior número de grãos possíveis é função da população e do número de espigas por planta (prolificidade), sendo, a quantidade de fotoassimilados disponíveis para esses grãos um importante fator para o rendimento (DOURADO NETO et al., 2003).

5. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi dividido em dois ensaios, um no ano agrícola 2010/2011 e o outro no ano agrícola 2011/2012, ambos no campo experimental do Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal da Faculdade de Ciências Agronômicas - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Botucatu, SP. A localização geográfica desta área está definida pelas seguintes coordenadas: latitude 22°51'S, longitude 48°26' WGrw e altitude de 786m. O clima de Botucatu-SP, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cwb, que significa clima mesotérmico com inverno seco.

5.1. Primeiro ensaio (ano agrícola 2010/2011)

Foi avaliado o crescimento e a produtividade de vinte e seis cultivares de milho transgênico.

5.1.1. Delineamento experimental.

O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, sendo os tratamentos compostos por vinte e seis cultivares de milho transgênico com quatro repetições (Tabela 1). A parcela experimental foi composta por 8 linhas de 5,0 m cada, espaçadas em 0,85 m, com espaçamento entre plantas de 0,20 m, constituindo uma densidade de plantio de 58.824 plantas ha⁻¹ (Figura 1).

Tabela 1. Lista das vinte e seis cultivares de milho transgênico e suas características agronômicas. Primeiro ensaio conduzido no ano agrícola 2010/2011, município de Botucatu, SP.

Cultivar	Híbrido	Clico	Densidade de plantas ha ⁻¹	Textura do grão	Resistência a acamamento	Região de adaptação	Empresa
DKB 350 YG	triplo	precose	50 - 60 mil	semi-duro	alta	Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste	Dekal
2b710 HX	simples	precose	55 - 65 mil	semi-duro	alta	Brasil	Dow Agrosiences
30A91 HX	simples	precose	60 - 65 mil	semi-duro	alta	Brasil	Agromen Tecnologia
2B604 HX	simples	precose	60 - 65 mil	semi-duro	alta	Brasil	Dow Agrosiences
30A86 HX	simples	precose	60 - 65 mil	semi-duro	alta	Brasil	Agromen Tecnologia
DKB 390 YG	simples	precose	60 - 65 mil	semi-duro	alta	Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste	Dekal
AS 3421 YG	triplo	precose	50 - 60 mil	semi-duro	alta	Brasil	Agroeste
BG 7049 YG	triplo	precose	50 - 65 mil	semi-duro	alta	Brasil	Du Pont do Brasil
30A95 HX	triplo	precose	50 - 65 mil	semi-duro	alta	Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste	Dow Agrosiences
STATUS TL	simples	precose	60 - 70 mil	duro	alta	Sul, Centro-Oeste e Nordeste	Syngenta Seeds
2B433 HX	triplo	semi-precose	60 - 65 mil	semi-dentado	alta	Brasil	Dow Agrosiences
AG 8061 PRO	simples	precose	60 - 70 mil	semi-dentado	alta	Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste	Sementes Agrocere
2B587 HX	simples	precose	60 - 70 mil	semi-dentado	média	Brasil	Dow Agrosiences
30F35 HX	simples	precose	55 - 72 mil	semi-duro	alta	Brasil	Du Pont do Brasil
2B707 HX	simples	precose	60 - 65 mil	semi-duro	alta	Brasil	Dow Agrosiences
AG 8088 YG	simples	precose	60 - 70 mil	duro	média	Brasil	Sementes Agrocere
AS 1573 YG	simples	precose	60 - 65 mil	duro	alta	Sul e Sudeste	Agroeste
GNZ 9505 YG	simples	precose	60 - 70 mil	dentado	alta	Sudeste e Centro-Oeste	Gêneze Sementes
AS 1555 YG	simples	precose	60 - 70 mil	semi-duro	média	Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste	Agroeste
BX 920 YG	simples	precose	60 - 65 mil	semi-dentado	alta	Sul, Sudeste e Centro-Oeste	Nidera Sementes
CD 386 HX	simples	precose	55 - 65 mil	semi-duro	média	Sul e Centro-Oeste	Coodetec
P 3646 YG	simples	precose	55 - 65 mil	semi-duro	alta	Brasil	Du Pont do Brasil
2A550 HX	simples	precose	60 - 70 mil	semi-duro	alta	Sul	Dow Agrosiences
30A77 HX	simples	precose	50 - 70 mil	semi-duro	média	Brasil	Agromen Tecnologia
AS 1572 YG	simples	precose	55 - 65 mil	semi-dentado	alta	Sul, Sudeste e Centro-Oeste	Agroeste
IMPACTO TL	simples	precose	55 - 60 mil	duro	alta	Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste	Syngenta Seeds

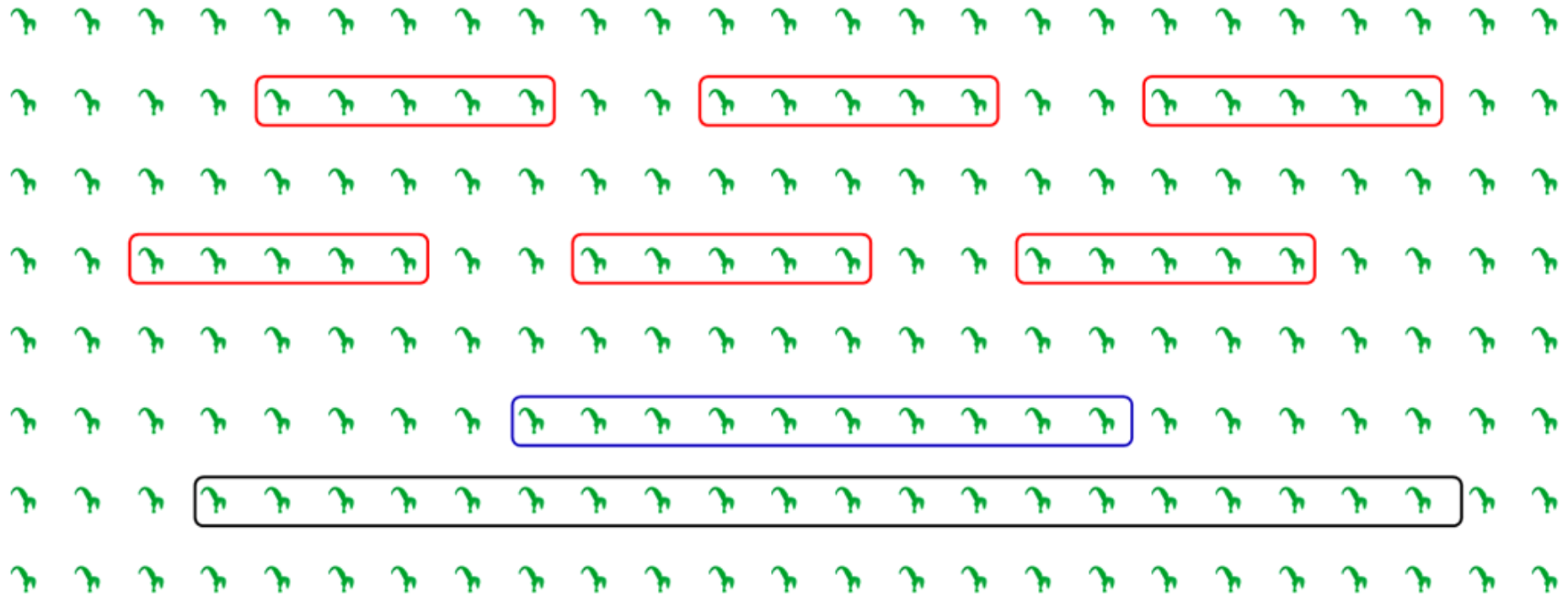


Figura 1. Parcela experimental composta por 8 linhas de 5,0 m cada, espaçadas em 0,85 m, com espaçamento entre plantas de 0,20 m, constituindo uma densidade de plantio de $58.824 \text{ plantas ha}^{-1}$. Plantas coletadas para análise de crescimento (■), plantas coletadas para análise dos componentes da espiga (■), plantas coletadas para determinação da produtividade de grãos (■), plantas usadas como bordadura (□).

5.1.2. Dados climatológicos do ano agrícola 2010/2011.

A figura 2 contém os dados climatológicos referentes ao período experimental 01 de janeiro de 2011 a 01 de maio de 2011, período o qual se deu o desenvolvimento da cultura do milho, coletados no posto meteorológico pertencente ao Departamento de Recursos Naturais da FCA/UNESP, Campus de Botucatu, SP.

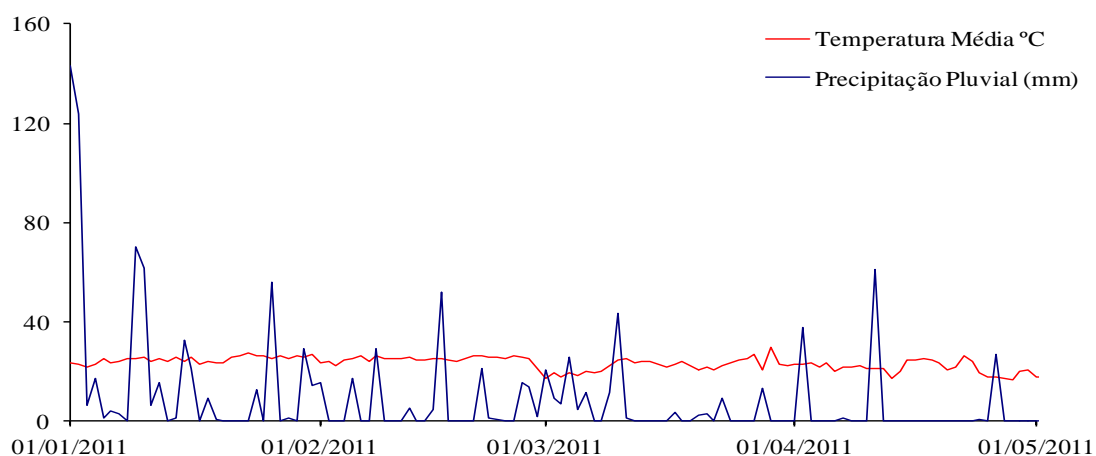


Figura 2. Dados climatológicos no período de 01 janeiro de 2011 a 01 de maio de 2011, município de Botucatu-SP.

5.1.3. Solo da área experimental

O solo foi classificado como Latossolo Vermelho distroférico de textura argilosa (CARVALHO; ESPÍNDOLA; PACCOLA, 1983; EMBRAPA, 1999), com relevo suave ondulado e com boa drenagem. A área possui um histórico de cultivos de milho no verão e aveia no inverno.

Para análise da fertilidade química do solo, foram coletadas amostras em 20 pontos, nas camadas de 0 – 20 e 20 – 40 cm de profundidade para formar uma amostra composta. As amostras foram secas em estufa com ventilação forçada a 60°C por 48 horas, desboroadas e passadas em peneira com 2 mm de malha para serem analisadas de acordo com as metodologias de Embrapa (1997) e Raj et al. (2001), cujos resultados encontram-se na tabela 2.

Tabela 2. Análise química do solo da área experimental, nas camadas de 0 - 20 e 20 - 40 cm de profundidade, amostrado antes da instalação do experimento. Ano agrícola 2010/2011.

Profundidade cm	pH	M.O	P resina	Al ³⁺	H + Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	S
	CaCl ₂	g dm ³	mg dm ³		mg dm ³						mg dm ³	
0 - 20	5,1	43	31	2	31	4,7	46	20	71	101	70	17
20 - 40	5,1	36	16	2	34	2,8	41	19	63	97	65	17

Análises realizadas pelo Laboratório de fertilidade do solo FCA/UNESP – Campus de Botucatu-SP

5.1.4. Preparo do solo da área experimental

Foi realizado através de uma aração e duas gradagens. Os implementos agrícolas utilizados foram: grade aradora com 10 discos de 26 polegadas e grade niveladora com 32 discos de 18 polegadas.

5.1.5. Adubação de semeadura

Consistiu da aplicação de 350 kg ha⁻¹ do fertilizante formulado 8-28-16, sendo as fontes de N, P₂O₅ e K₂O, ureia, superfosfato-tríplo e cloreto de potássio respectivamente. O fertilizante foi distribuído no fundo do sulco de semeadura objetivando a obtenção de produtividades entre 10 a 12 Mg de grãos ha⁻¹ conforme preconiza Raij et al., (1997).

5.1.6. Semeadura

A semeadura foi realizada de forma manual no dia 01 de dezembro de 2010. Foi semeado o dobro da quantidade de sementes, em profundidade média de 4 cm. Cinco dias após a emergência das plântulas foi realizado o desbaste deixando cinco plantas por metro.

5.1.7. Adubação de cobertura

Foram aplicados 90 kg ha⁻¹ de N na forma de uréia quando as plantas encontravam-se no estágio fenológico V4. O adubo foi distribuído e incorporado com máquina adubadora de tração tratorizada a 20 cm da planta de milho nas entrelinhas.

5.1.8. Controle de plantas daninhas

No estágio V4 das plantas de milho, foi realizada a dessecação das plantas daninhas com o herbicida Atrazina 500sc na dosagem de 1500 g de i.a ha⁻¹.

5.1.9. Avaliações das plantas

As avaliações foram realizadas em seis estádios fenológicos: quatro e oito folhas totalmente expandidas; florescimento; grão leitoso; grão farináceo duro e; maturação fisiológica do grão.

O início de cada avaliação ocorreu quando 50% + 1 do total de plantas da parcela apresentava as características fenologias referentes a cada estágio. Para tanto, foram amostradas cinco plantas da área útil da parcela (Figura 1).

5.1.9.1. Altura média das plantas (cm)

Para avaliação da altura média das plantas, foram realizadas medições com régua graduada em centímetros nas cinco plantas amostradas. Foi considerado, o comprimento entre a região da superfície do solo e a inserção da folha +1.

5.1.9.2. Diâmetro médio do colmo (cm)

Para determinação do diâmetro médio dos colmos nas cinco plantas amostradas, foi utilizado paquímetro graduado em centímetros, considerando o segundo entrenó a partir da superfície do solo de cada planta.

5.1.9.3. Número de folhas fotossinteticamente ativas

O número médio de folhas fotossinteticamente ativas, com pelo menos 70% da superfície do limbo foliar verde, foi determinado pela contagem.

5.1.9.4. Índice de área foliar

Para determinação do índice de área foliar, todas as folhas fotossinteticamente ativas das cinco plantas amostradas por coleta, passaram pelo integrador de área foliar, modelo LI 3100 da LI-COR, para determinação da área foliar fotossinteticamente ativa.

Em seguida calculou-se o índice de área foliar através da fórmula matemática:

$$\mathbf{IAF} = \mathbf{AF/S}$$

Onde: **AF** = área foliar fotossinteticamente ativa em cm^2

S = superfície do solo em cm^2

5.1.9.5. Massa seca média das plantas (kg ha^{-1})

Para determinação da massa seca média das plantas, as cinco plantas de milho amostradas foram cortadas rente ao solo. A seguir o material vegetal (caule + folhas fotossinteticamente ativas) foi picado, subamostrado e seco em estufa de ventilação forçada a 65°C até atingir peso constante. A área de cada amostragem foi de $0,85 \text{ m}^2$ (cinco plantas contínuas por linha), deixando-se sempre 40 cm de bordadura interna (duas plantas contínuas por linha), entre uma amostragem e outra, realizada na mesma fileira (Figura 1). No final, a massa seca média das plantas obtidas em $0,85 \text{ m}^2$ foi extrapolada para um hectare (10000 m^2).

5.1.10. Avaliações nas espigas

Aos 140 dias após a emergência (DAE), quando os grãos apresentavam teor de água médio de 23%, todos os tratamentos foram colhidos. Para isso,

foram colhidas amostras de espigas de dez plantas da área útil da parcela (Figura 1), para determinação de:

5.1.10.1. Comprimento médio da espiga (cm)

O comprimento médio da espiga foi determinado através de medidas da base até o ápice da espiga com uma régua graduada em centímetros.

5.1.10.2 Diâmetro médio do sabugo (cm)

O diâmetro do sabugo correspondeu ao diâmetro médio, da porção central dos sabugos. Para esta avaliação utilizou-se paquímetro.

5.1.10.3. Diâmetro médio da espiga (cm)

O diâmetro médio de espiga foi obtido no ponto correspondente ao centro da espiga com o uso de um paquímetro.

5.1.10.4. Comprimento médio do grão (cm)

O comprimento médio dos grãos foi determinado pela diferença entre o diâmetro da espiga e diâmetro do sabugo.

5.1.10.5. Número médio de fileiras de grãos

O número médio de fileiras de grãos por espiga foi determinado pela simples contagem. Consideraram-se as mesmas espigas utilizadas na determinação do comprimento e diâmetros médios de espiga e sabugo.

5.1.10.6. Massa média de mil grãos

Após a debulha das espigas colhidas, determinou-se a massa média de mil grãos, mediante coleta ao acaso e pesagem de oito amostras de 100 grãos por

tratamento (BRASIL, 2009), que tiveram suas massas determinadas considerando-se teor de água de 13%.

5.1.10.7. Índice de colheita (IC)

O índice de colheita (IC) foi calculado através da relação entre a massa de matéria seca dos grãos e a massa de matéria seca total da planta. Cálculo do IC:

$$IC = MSG / MST$$

Onde: MSG é a matéria seca dos grãos;

MST é a matéria seca total da planta.

5.1.10.8. Produtividade média de grãos

A produtividade média de grãos foi obtida a partir da debulha e pesagem dos grãos oriundos de espigas colhidas de vinte plantas na área útil das parcelas (Figura 1), sendo os dados extrapolados para quilos por hectare, considerando-se teor de água nos grãos de 13%, com base nas Regras de Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

5.1.10.9. Taxa média de crescimento absoluto (TCA)

A taxa de crescimento absoluto (TCA) foi calculada pela diferença da massa de, entre uma coleta e outra. Cálculo da TCA:

$$TCA = (W_2 - W_1) / (T_2 - T_1) = g \text{ dia}^{-1}$$

Onde: W = massa de matéria seca total; T = tempo em dias;

1 e 2 = duas coletas sucessivas.

5.1.10. Análise estatística

Os dados de produtividade de grãos foram submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste “T” ao nível de 5% de probabilidade de erro. O teste de média foi utilizado para identificação de intervalos de produtividade

média, e assim formar classes: alta, média e baixa produtividade, que foram compostas pelos cultivares mais produtivos dentro de cada classe.

Posteriormente, para as análises das características de crescimento da planta e componentes da espiga, foram utilizados apenas os dados dos cultivares selecionados para compor as classes, ou seja, os cultivares superiores, cada um com quatro repetições, foram considerados como único material, já que estes possuem produtividades que não diferiram estatisticamente (Tabela 3).

Tabela 3. Organização dos dados para realização das análises estatísticas das características morfológicas de crescimento da planta e componentes da espiga.

	CLASSES				
	ALTA		MÉDIA		BAIXA
Bloco 1	Cultivar 1		Cultivar 1		Cultivar 1
Bloco 2	Cultivar 1		Cultivar 1		Cultivar 1
Bloco 3	Cultivar 1		Cultivar 1		Cultivar 1
Bloco 4	Cultivar 1		Cultivar 1		Cultivar 1
Bloco 5	Cultivar 2		Cultivar 2		Cultivar 2
Bloco 6	Cultivar 2		Cultivar 2		Cultivar 2
Bloco 7	Cultivar 2		Cultivar 2		Cultivar 2
Bloco 8	Cultivar 2		Cultivar 2		Cultivar 2
:	:		:		:
:	:		:		:
:	:		:		:
:	:		:		:
Bloco N	Cultivar N		Cultivar N		Cultivar N
Bloco N	Cultivar N		Cultivar N		Cultivar N
Bloco N	Cultivar N		Cultivar N		Cultivar N
Bloco N	Cultivar N		Cultivar N		Cultivar N

Os dados foram submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste “Tukey” a 5% de probabilidade de erro.

Em seguida, foram estimados os coeficientes de correlação de *Pearson* para as características morfológicas de crescimento da planta com os componentes de espiga e a produtividade de grãos.

5.2. Segundo ensaio (ano agrícola 2011/2012)

Adotando a mesma metodologia utilizada no primeiro ensaio, foram avaliados o crescimento e a produtividade dos cultivares de milho selecionados no primeiro ensaio, objetivando verificar se as variações e correlações existentes entre os componentes morfológicos e a produtividade se repetiam no segundo ensaio.

5.2.1. Delineamento experimental.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, sendo os tratamentos compostos pelos cultivares selecionados com quatro repetições. A parcela experimental foi composta por oito linhas de 5,0 m cada, espaçadas em 0,85 m, com espaçamento entre plantas de 0,20 m, constituindo uma densidade de plantio de 58.824 plantas ha⁻¹.

5.2.2. Dados climatológicos do ano agrícola 2011/2012.

A figura 3 contém os dados climatológicos relativos ao período experimental 01 de dezembro de 2011 a 01 de maio de 2012, período o qual se deu o desenvolvimento da cultura do milho, coletados no posto meteorológico pertencente ao Departamento de Recursos Naturais da FCA/UNESP, Campus de Botucatu, SP.

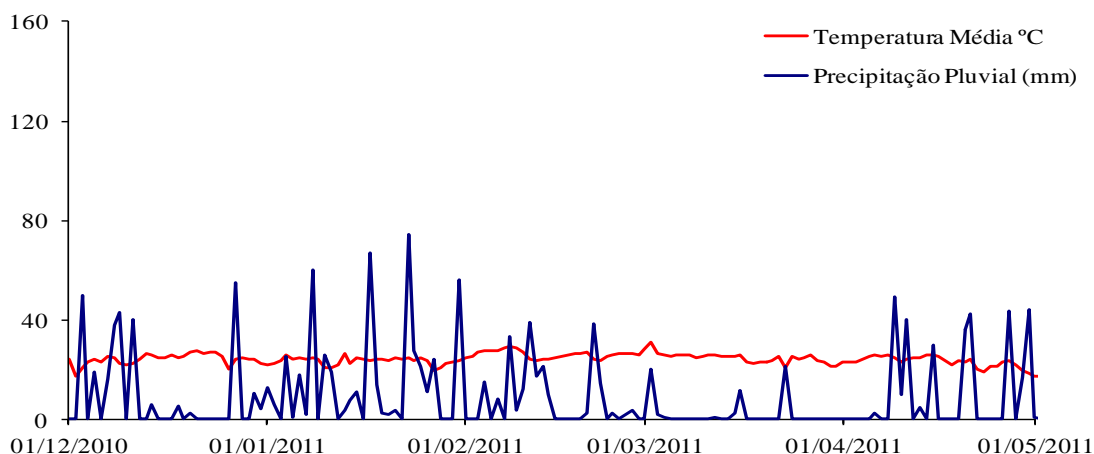


Figura 3. Dados climatológicos no período 01 de dezembro de 2010 a 01 de maio de 2011, Botucatu-SP.

5.2.3. Caracterização química do solo da área experimental

Para análise da fertilidade química do solo, foram coletadas amostras em 20 pontos, nas camadas de 0 – 20 e 20 – 40 cm de profundidade para formar uma amostra composta. As amostras foram secas em estufa com ventilação forçada a 60°C por 48 horas, desboroadas e passadas em peneira com 2 mm de malha para serem analisadas de acordo com as metodologias de Embrapa (1997) e Raij et al. (2001), cujos resultados encontram-se na tabela 5.

Tabela 4. Análise química do solo da área experimental, nas camadas de 0-20 e 20-40 cm de profundidade, amostrado antes da instalação do experimento. Ano agrícola 2011/2012.

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%	S mg dm ³
					-----mmol _c dm ³ -----							
0 - 20	5,1	40	33	0	37	5,0	48	21	74	111	67	17
20 - 40	5,0	41	31	1	40	3,4	43	21	68	107	63	28

Análises realizadas pelo Laboratório de fertilidade do solo FCA/UNESP – Campus de Botucatu-SP

5.2.4. Adubação de semeadura

Consistiu da aplicação de 350 kg ha⁻¹ do fertilizante formulado 8-28-16, sendo as fontes de N, P₂O₅ e K₂O, ureia, superfosfato-tríplo e cloreto de potássio

respectivamente. O fertilizante foi distribuído no fundo do sulco de semeadura objetivando a obtenção de produtividades entre 10 a 12 Mg de grãos ha⁻¹ conforme preconiza Rajj et al., (1997).

5.2.5. Semeadura

A semeadura foi realizada de forma manual no dia 15 de dezembro de 201. Foi semeado o dobro da quantidade de sementes, em profundidade média de 4 cm. Cinco dias após a emergência das plântulas foi realizado o desbaste deixando cinco plantas por metro.

5.2.6. Adubação de cobertura

Foram aplicados 90 kg ha⁻¹ de N na forma de uréia quando as plantas encontravam-se no estágio fenológico V4. O adubo foi distribuído e incorporado com máquina adubadora de tração tratorizada a 20 cm da planta de milho nas entrelinhas.

5.2.7. Controle de plantas daninhas

No estágio V4 das plantas de milho, foi realizada a dessecação das plantas daninhas com o herbicida Atrazina 500sc na dosagem de 1500 g de i.a ha⁻¹.

5.2.8. Avaliações nas plantas

As avaliações das características morfológicas de crescimento da planta, componentes de espiga e a produtividade de grãos, foram as mesmas realizadas no primeiro ensaio. Para isso, adotou-se a mesma metodologia utilizada no primeiro ensaio.

5.2.9. Análise estatística

Os dados de produtividade média de grãos foram submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste “Tukey”.

Para as análises das características de crescimento da planta e componentes da espiga, foi adotada a mesma metodologia utilizada no primeiro ensaio.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Produtividade média de grãos de 26 cultivares de milho estudadas no ano agrícola 2010/2011.

Os cultivares mais produtivos no ano agrícola 2010/2011 foram o 30F35 HX, seguido de 2A550 HX e BG 7049 YG. O segundo grupo mais produtivo dessa safra foi liderado pelos cultivares DKB 390 PRO, STATUS TL e 30A86 HX. O terceiro grupo na escala de produtividade é constituído pelos cultivares que apresentaram as menores produtividades (Tabela 5).

Para região de Botucatu, o registro na literatura de dados referentes a produtividade dos cultivares avaliados é escassa. As únicas referências encontradas foram boletins técnicos produzidos pelo Instituto Agronômico de Campinas – IAC. Na Avaliação Regional de Cultivares de Milho no estado de São Paulo (2010/2011 e 2011/2012), os cultivares de milho 30F35 HX, 2A550 HX e BG 7049 YG estão entre os cinco mais produtivos para região formada pelos municípios de Botucatu, Capão Bonito, Itararé e Tatuí. Essa informação corrobora com os resultados apresentados nesse estudo.

Tabela 5. Produtividade média de grãos com 13% de umidade de 26 cultivares de milho. Ensaio conduzido no ano agrícola 2010/2011, no campo experimental da Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP, município de Botucatu, SP.

Produtividade de grãos de cultivares de milho com 13% de umidade			
Cultivar de milho	kg ha ⁻¹	Cultivar de milho	kg ha ⁻¹
30F35 HX	14068 a	BX 920 YG	11891 b
2A550 HX	13985 a	30A77 Hx	11849 b
BG 7049 YG	13908 a	AS 1572 YG	11824 b
DKB 390 PRO	12167 b	30A91 Hx	11792 b
STATUS TL	12102 b	30A95 Hx	9701 c
30A86 HX	12101 b	IMPACTO TL	9685 c
GNZ 9575 YG	12060 b	2B710 Hx	9625 c
AG 8061 PRO	12059 b	AG 8088 VTPRO	9596 c
2B707 HX	12025 b	AS 1555 YG	9586 c
2B604 HX	12004 b	AS 3421 YG	9571 c
2B433 HX	11953 b	DKB 350 YG	9335 c
3646 HX	11935 b	AS 1573 YG	9165 c
2B587 HX	11914 b	CD386 Hx	9018 c
DMS	1548		1548
CV%	9,7		9,7

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste “T”.

6.2. Cultivares de milho escolhidos para compor as classes produtivas

O teste de média agrupou os cultivares em três classes: baixa, média e alta produtividade (Tabela 4). Posteriormente, dentro de cada classe foram selecionados os três cultivares mais produtivos numericamente (Tabela 6).

Tabela 6. Cultivares de milho selecionados por classes produtivas. Ano agrícola 2010/2011.

Classes produtivas		
Alta	Média	Baixa
30F35 HX	DKB 390 PRO	30A95 HX
2A550 HX	STATUS TL	IMPACTO TL
BG 7049 YG	30A86 HX	2B710 HX

Os nove cultivares selecionados foram cultivados novamente no ano agrícola 2011/2012, objetivando verificar se as variações e correlações existentes entre os componentes morfológicos e a produtividade se repetiam no segundo ensaio.

6.3. Produtividade média de grãos de nove cultivares de milho avaliados nos anos agrícolas: 2010/2011 e 2011/2012.

O arranjo produtivo no ano agrícola 2011/2012 permaneceu igual ao do ano anterior. Novamente os cultivares da classe de alta produtividade apresentaram médias superiores aos demais, e os cultivares da classe de baixa produtividade continuaram sendo os menos produtivos (Tabela 7).

Tabela 7. Produtividade média de grãos com 13% de umidade de nove cultivares de milho estudados no município de Botucatu – SP, nos anos agrícolas 2010/2011 e 2011/2012.

Cultivar de milho	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)	
	Ano agrícola	
	2010/2011	2011/2012
30F35 HX	14068 a	13519 a
2A550 HX	13985 a	12973 a
BG 7049 YG	13907 a	13236 a
DKB 390 PRO	12167 b	11404 b
STATUS TL	12102 b	11533 b
30A86 HX	12058 b	11708 b
30A95 HX	9701 c	9039 c
IMPACTO TL	9685 c	8824 c
2B710 HX	9625 c	9113 c
DMS	1473	1115
CV%	8,5	6,8

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste “Tukey”.

Os resultados de produtividades obtidos nesse estudo, estão relacionados com a adaptabilidade e a estabilidade dos cultivares à região de Botucatu, SP. A adaptabilidade permitiu aos cultivares mais produtivos responder aos fatores limitantes

ao ambiente e usufruir dos fatores favoráveis. Já o desempenho constante, demonstra a estabilidade desses cultivares frente as condições ambientais nos dois anos agrícolas (MARIOTTI et al., 1976; BORÉM; MIRANDA, 2009). Segundo Schmild et al., (2011), a obtenção de altas produtividades não dependem exclusivamente do potencial genético do cultivar, mas da interação genótipo x ambiente.

Mittelmann et al. (2005), avaliando o potencial de vinte e um cultivares comerciais de milho, também verificaram variabilidade produtiva entre os cultivares indicados para região Sul do Brasil. Santi; Muniz; Yamashita, (2006), também registraram diferenças de potenciais produtivos em 50 cultivares de milho no estado do Mato-Grosso. No estado de Minas Gerais, Amui et al. (2012) estudando 42 cultivares de milho, conclui que os cultivares diferem entre si para o caráter produtividade de grãos.

6.4. Características de crescimento da planta e componentes de espiga, anos agrícolas: 2010/2011 e 2011/2012.

Esse tópico trás a apresentação e discussão dos resultados referentes às médias e aos coeficientes de correlação de Pearson para as características morfofisiológicas de crescimento da planta, componente de espiga e produtividade média de grãos das três classes produtivas.

6.4.1. Índice de área foliar - IAF

As plantas da classe alta produtividade apresentaram as maiores médias de IAF em cinco dos seis estádios fenológicos analisados, independentemente do ano agrícola (Tabela 8). A variação dos IAFs no estágio V4 não ocorreu porque o milho neste estágio priorizou o desenvolvimento do sistema radicular, sendo tal estrutura vegetativa o seu principal dreno. Após este estágio, a parte aérea passou a ser o principal dreno, culminando com o lançamento de folhas novas, promovendo assim variação dos IAFs aqui registrados (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000; FANCELLI, 2003; MAGALHÃES, 2003).

A influência do IAF sobre os componentes da espiga evidenciou-se a partir do estágio V8. Plantas com maior IAF apresentaram também em suas espigas, um maior número de fileiras de grãos, com aumento do diâmetro da espiga, comprimento do

grão e maior massa de grãos (Tabela 9). No estádio V8, ocorreu a intensificação do processo de formação da inflorescência masculina. Nos estádios seguintes foram definidos o número de óvulos em cada espiga, assim como o tamanho da espiga (RODRIGUES; DIDONET, 2003; RESENDE; VON PINHO; VASCONCELOS, 2003; COELHO, 2005). Deve-se destacar que 50% dos carboidratos translocados para o grão são oriundos das folhas localizadas na porção superior da planta, que precisa apresentar considerável teor de sólidos solúveis prontamente disponíveis. Desta forma, uma área foliar maior tornou-se um importante condicionador de produção para os cultivares estudados.

As plantas da classe de alta produtividade apresentariam maior taxa de interceptação de radiação solar. Isso aumentaria o potencial de conversão de radiação interceptada em energia para produção de biomassa na planta, com maior eficiência de partição de assimilados à estruturas de interesse econômico, como a espiga (SANGOI et al., 2002; COELHO, 2005; FORSTHOFER et al., 2006). Essa relação pode ser observada também em outros estudos.

Assim, o aumento da produtividade pode ser explicado pelos aumentos nos componentes da espiga. Quanto maior o desenvolvimento destes componentes, maior a sua influência sobre a produtividade (CRUZ et al., 2008). Os componentes de espiga são características que aliados ao genótipo determinam o potencial de produtividade (OHLAND et al., 2005). No entanto, é importante lembrar, que outros fatores como a disponibilidade de nutrientes e as condições climáticas durante os estágios de enchimento dos grãos, também são condicionantes de produtividade (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000; PEREIRA et al., 2009).

A relação do IAF com o desenvolvimento da espiga também foi observado em outros estudos. Silva et al. (2002) avaliando o crescimento de cultivares de milho, concluíram que o IAF influencia significativamente o diâmetro e peso da espiga. Para Uhar e Andrade (1995) plantas com menor IAF apresentam menor produção de carboidratos, alterando os padrões de acúmulo de matéria seca nos grãos. Segundo Kunz et al. (2007), plantas de milho com menor IAF apresentam menor eficiência de interceptação da radiação absorvida e convertida em matéria seca, afetando diretamente o rendimento de grãos. Adebó e Olaoye (2010) reportam que variedades com maiores valores para IAF na floração foram mais produtivas do que aquelas com menor IAF, o que corrobora os achados de Bastos et al. (2008).

Tabela 8. Índice de área foliar nos estádios fenológicos: quatro (V4) e oito folhas (V8) totalmente expandidas, florescimento, grãos leitosos (GL), grãos farináceos duros (GF) e maturação fisiológica dos grãos (MF). Cultivares de milho cultivados nos anos agrícolas 2010/2011 (1) e 2011/2012 (2).

Grupo	Estádios fenológicos											
	V4		V8		Florescimento		GL		GF		MF	
	Ano agrícola		Ano agrícola		Ano agrícola		Ano agrícola		Ano agrícola		Ano agrícola	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	0,6 a	0,6 a	2,9 a	2,8 a	6,4 a	6,2 a	6,0 a	5,9 a	4,2 a	3,9 a	1,6 a	1,5 a
2	0,6 a	0,6 a	2,7 a	2,8 a	5,7 b	5,9 b	5,3 b	5,2 b	3,8 b	3,2 b	1,1 b	1,0 b
3	0,6 a	0,6 a	2,4 b	2,2 b	4,8 c	4,6 c	3,6 c	3,3 c	1,6 c	1,3 c	0,8 c	0,6 c
CV %	6,6	6,8	7,8	5,3	3,0	2,2	4,7	2,6	7,4	5,5	9,6	7,4
DMS	0,04	0,04	0,21	0,13	0,18	0,14	0,25	0,13	0,24	0,16	0,12	0,92

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Tabela 9. Coeficientes de correlação de *Pearson* do índice de área foliar com NFG – número médio de fileiras de grãos; CE – comprimento médio de espiga; DS – diâmetro médio de sabugo; DE – diâmetro médio de espiga; CG - comprimento médio do grão; MMG – massa média de mil grãos; IC – Índice de colheita e PG – produtividade média de grãos, nos estádios fenológicos: quatro (V4) e oito folhas (V8) totalmente expandidas, florescimento, grãos leitosos (GL), grãos farináceos duros (GF) e maturação fisiológica dos grãos (MF). Cultivares de milho cultivados nos anos agrícolas 2010/2011 (1) e 2011/2012 (2).

Características	Estádios fenológicos											
	V4		V8		Florescimento		GL		GF		MF	
	Ano agrícola		Ano agrícola		Ano agrícola		Ano agrícola		Ano agrícola		Ano agrícola	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
IAF X NFG	0,093 ns	0,148 ns	0,402 *	0,681 **	0,518 **	0,773 **	0,469 **	0,800 **	0,511 **	0,767 **	0,557 **	0,652 **
CE	0,073 ns	0,301 ns	0,227 ns	0,377 *	0,476 **	0,465 **	0,462 **	0,482 **	0,503 **	0,451 **	0,435 **	0,507 **
DS	0,063 ns	0,092 ns	0,264 ns	0,085 ns	0,265 ns	0,052 ns	0,267 ns	0,035 ns	0,260 ns	0,027 ns	0,286 ns	0,000 ns
DE	0,275 ns	0,265 ns	0,505 **	0,485 **	0,749 **	0,660 **	0,743 **	0,632 **	0,754 **	0,653 **	0,686 **	0,566 **
CG	0,174 ns	0,189 ns	0,399 *	0,426 *	0,587 **	0,555 **	0,678 **	0,701 **	0,654 **	0,602 **	0,499 **	0,576 **
MMG	0,181 ns	0,565 ns	0,375 *	0,526 *	0,653 **	0,632 **	0,637 **	0,610 **	0,630 **	0,589 **	0,574 **	0,529 **
IC	0,194 ns	0,079 ns	0,005 ns	0,196 ns	0,051 ns	0,211 ns	0,017 ns	0,231 ns	0,058 ns	0,265 ns	0,272 ns	0,265 ns
PG	0,014 ns	0,160 ns	0,620 **	0,794 **	0,819 **	0,878 **	0,779 **	0,866 **	0,835 **	0,912 **	0,868 **	0,896 **

(*) Significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro; (**) Significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro e (ns) Não significativo.

6.4.2. Número médio de folhas fotossinteticamente ativas

No estágio de florescimento, as plantas das classes alta e baixa produtividade apresentaram maiores médias de números de folhas, tendo as da classe baixa produtividade as menores médias. A partir do estágio de grão leitoso (GL) o processo de senescência foi mais expressivo nas plantas das classes média e baixa produtividade, com estas chegando ao estágio de maturação fisiológica com números médios de folhas significativamente inferiores as da classe de alta produtividade (Tabela 10).

Tabela 10. Número médio de folhas fotossinteticamente ativas por planta nos estádios fenológicos: florescimento, grãos leitosos (GL), grãos farináceos duros (GF) e maturação fisiológica dos grãos (MF). Cultivares de milho cultivados nos anos agrícolas 2010/2011 (1) e 2011/2012 (2).

Classe	Estádios Fenológicos							
	Florescimento		GL		GF		MF	
	Ano agrícola		Ano agrícola		Ano agrícola		Ano agrícola	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Alta	14 a	14 a	13 a	12 a	8 a	7 a	5 a	6 a
Média	14 a	14 a	11 b	11 b	6 b	6 b	4 b	5 b
Baixa	12 b	11 b	10 b	11 b	5 c	5 c	2 c	3 c
CV %	4,7	4,9	4,9	4,2	7,5	5,6	9,5	7,4
DMS	0,64	0,67	0,48	0,52	0,87	0,72	0,87	0,61

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Nesse estudo, os cultivares que apresentaram as maiores médias de número de folhas, também apresentaram os maiores índices de área foliar (Tabela 8). Como a fotossíntese depende da área foliar, o rendimento dos cultivares foi maior quanto mais rápido a planta atingiu o índice de área foliar máximo e quanto mais tempo a área foliar permaneceu ativa. Assim, a maior duração da área foliar, proporcionou as plantas vantagens como: maior tempo de aproveitamento da energia solar e maior oferta de fotoassimilados durante todo o ciclo. Além disso, o espaçamento adotado de 0,85 m entre linhas, pode ter reduzido os efeitos do auto sombreamento (ARGENTA et al., 2001; MANFRON et al., 2003; BALBINOT JUNIOR; FLECK, 2005).

Para reforçar a relação entre índice de área foliar e número de folhas fotossinteticamente ativas, nesse estudo, quando analisamos a Tabela 11, pode-se

observar que o número de folhas, igualmente ao índice de área foliar, apresenta correlações positivas com alguns componentes da espiga. Plantas com maior duração de área foliar apresentaram também em suas espigas, um maior número médio de fileiras de grãos, com aumento do diâmetro médio da espiga, comprimento médio de grãos e maior massa de grãos.

As correlações observadas mostram que a produtividade média de grãos depende do tamanho e duração da área foliar fotossinteticamente ativa, da capacidade de conversão da radiação interceptada em fitomassa e da eficiência de partição de fotoassimilados à estrutura como a espiga (SANGOI et al., 2002; FORSTHOFER et al., 2006). Neste caso, a redução da atividade fisiológica das principais fontes produtoras de carboidratos causadas pela senescência natural das folhas na fase reprodutiva pode ter reduzido a redistribuição de fotoassimilados dentro da planta, alterando os padrões de acúmulo de matéria seca nos grãos (UHART; ANDRADE, 1995).

Tabela 11. Coeficientes de correlação de *Pearson* do **número de folhas fotossinteticamente ativas por planta** com **NFG** – número médio de fileiras de grãos; **CE** – comprimento médio de espiga; **DS** – diâmetro médio de sabugo; **DE** – diâmetro médio de espiga; **CG** – comprimento médio do grão; **MMG** – massa média de mil grãos; **IC** – Índice de colheita e **PG** – produtividade média de grãos, nos estádios fenológicos quatro (V4) e oito (V8) totalmente expandidas e florescimento. Cultivares de milho cultivados nos anos agrícolas 2010/2011 (1) e 2011/2012 (2).

Características	Estádios fenológicos					
	V4		V8		Florescimento	
	Ano agrícola		Ano agrícola		Ano agrícola	
	1	2	1	2	1	2
Altura X NFG	0,293 ns	0,286 ns	0,225 ns	0,248 ns	0,538 **	0,481 **
CE	0,106 ns	0,203 ns	0,242 ns	0,199 ns	0,241 ns	0,183 ns
DS	0,282 ns	0,033 ns	0,232 ns	0,164 ns	0,277 ns	0,291 ns
DE	0,242 ns	0,248 ns	0,103 ns	0,291 ns	0,489 **	0,591 **
CG	0,142 ns	0,108 ns	0,222 ns	0,287 ns	0,541 **	0,497 **
MMG	0,083 ns	0,295 ns	-0,072 ns	0,147 ns	0,092 ns	0,089 ns
IC	0,045 ns	0,206 ns	0,088 ns	0,264 ns	-0,016 ns	0,040 ns
PG	0,232 ns	0,185 ns	0,069 ns	0,243 ns	0,490 **	0,515 **

(*) Significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro; (**) Significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro e (ns) Não significativo.

6.4.3. Altura média de planta

Analisando a altura das plantas pode-se observar diferenças nos estádios fenológicos V8 e florescimento, as médias de altura das plantas da classe alta produtividade foram superiores as demais (Tabela 12).

Tabela 12. Altura média de planta (cm) nos estádios fenológicos: quatro (V4) e oito (V8) folhas totalmente expandidas e florescimento. Cultivares de milho cultivados nos anos agrícolas 2010/2011 (1) e 2011/2012 (2).

Classes	Estádios fenológicos					
	V4		V8		Florescimento	
	Ano agrícola		Ano agrícola		Ano agrícola	
	1	2	1	2	1	2
Alta	20 a	20 a	118 a	115 a	228 a	223 a
Média	19 a	19 a	110 b	108 b	214 b	209 b
Baixa	19 a	19 a	108 b	108 b	210 b	207 c
CV %	8,7	8,9	6,2	5,7	6,6	5,2
DMS	1,72	1,79	7,29	6,45	14,8	12,5

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

A maior média de altura das plantas da classe alta produtividade pode estar associada ao maior IAF observado na Tabela 8. Lembrando que a produção vegetal tem relação direta com a sua capacidade em captar e transformar radiação em energia química para a produção de biomassa (DOMINGOS et al., 2005; TAIZ; ZEIGER, 2009). As plantas de milho com maior colmo apresentariam maior capacidade em alocar seus recursos (SANGOI, 2001; DOURADO NETO et al., 2003; MANFRON et al., 2003).

Ou seja, no primeiro momento, o volume de fotoassimilados produzidos influenciou o crescimento do colmo aumentando a sua capacidade cúbica de armazenamento. No segundo momento, os carboidratos armazenados no colmo são translocados para a formação e emissão das inflorescências, com posterior desenvolvimento dos grãos (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000; SANGOI et al., 2001; CASTRO; KLUGE; SESTARI, 2008). Conclui-se, que um maior volume de carboidratos armazenados pode promover um maior equilíbrio entre fonte e dreno, com reflexos positivos na produtividade.

A influência da capacidade cúbica de armazenamento do colmo pode ser constatada pela interação positiva da altura média de planta com o desenvolvimento de alguns componentes da espiga (Tabela 13). As plantas mais altas apresentaram em suas espigas maior número médio de fileiras de grãos, grãos mais compridos, com aumento do diâmetro médio da espiga. O aumento da produtividade nesse caso seria reflexo dos incrementos registrados nos componentes da espiga (CRUZ et al., 2008).

Tabela 13. Coeficientes de correlação de *Pearson* da **altura de planta** com **NFG** – número médio de fileiras de grãos; **CE** – comprimento médio de espiga; **DS** – diâmetro médio de sabugo; **DE** – diâmetro médio de espiga; **CG** – Comprimento médio do grão; **MMG** – massa média de mil grãos; **IC** – Índice de colheita e **PG** – Produtividade média de grãos, nos estádios fenológicos: quatro (V4) e oito (V8) folhas totalmente expandidas e florescimento. Cultivares de milho cultivados nos anos agrícolas 2010/2011 (1) e 2011/2012 (2).

Características	Estádios fenológicos					
	V4		V8		Florescimento	
	Ano agrícola		Ano agrícola		Ano agrícola	
	1	2	1	2	1	2
Altura X NFG	0,293 ns	0,286 ns	0,225 ns	0,248 ns	0,538 **	0,481 **
CE	0,106 ns	0,203 ns	0,242 ns	0,199 ns	0,241 ns	0,183 ns
DS	0,282 ns	0,033 ns	0,232 ns	0,164 ns	0,277 ns	0,291 ns
DE	0,242 ns	0,248 ns	0,103 ns	0,291 ns	0,489 **	0,591 **
CG	0,142 ns	0,108 ns	0,222 ns	0,287 ns	0,541 **	0,497 **
MMG	0,083 ns	0,295 ns	-0,072 ns	0,147 ns	0,092 ns	0,089 ns
IC	0,045 ns	0,206 ns	0,088 ns	0,264 ns	-0,016 ns	0,040 ns
PG	0,232 ns	0,185 ns	0,069 ns	0,243 ns	0,490 **	0,515 **

(*) Significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro; (**) Significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro e (ns) Não significativo.

6.4. Diâmetro médio de colmo (cm)

Quanto ao diâmetro médio de colmo, as plantas das classes alta e média produtividade apresentaram médias superiores as d classe de baixa produtividade

entre os estádios V8 e grão farináceo (GF). Nos estádios V4 e maturação fisiológica (MF) não foram observadas diferenças significativas (Tabela 14).

O crescimento do diâmetro ocorreu principalmente a partir do estágio V8 prolongando-se até o florescimento. Durante as fases de crescimento vegetativo, emissão e exposição da inflorescência e fecundação, a demanda pelos carboidratos armazenados no colmo ainda é pequena, principalmente porque a principal fonte de carboidratos são as folhas fotossinteticamente ativas e todo carboidrato produzido é usado na formação de folhas jovens, raízes e do próprio colmo (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000; CASTRO; KLUGE; SESTARI, 2008; MORAES; BRITO, 2013). A partir do estágio de grão leitoso (GL) observa-se uma redução desse componente, promovida pelo início da senescência foliar que coincide com o início da fase de enchimento dos grãos, comprometendo a principal fonte. A partir desta fase o colmo passou a ser também uma importante fonte de carboidratos que foram translocados para os grãos, diminuindo o conteúdo armazenado, reduzindo seu diâmetro (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000; CASTRO; KLUGE; SESTARI, 2008; MORAES; BRITO, 2013).

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 15, verifica-se que as plantas com maior diâmetro de colmo também apresentam maior comprimento médio e diâmetro médio em suas espigas e, maior comprimento médio de grãos, com reflexos positivos na produtividade de grãos. Isto mostra o quanto à capacidade cúbica de armazenagem do colmo é importante para as fases de desenvolvimento da espiga e enchimento dos grãos, atuando como órgão equilibrador da relação “fonte-dreno”, promovendo a remobilização de carboidratos de reserva. Sua contribuição percentual no desenvolvimento dos componentes da espiga pode variar de 17% até 44%, dependendo do genótipo (RUGET, 1993; UHART; ANDRADE, 1995, FANCELLI, 2013).

Estudando a correlação simples entre alguns componentes da espiga e a capacidade de armazenamento do colmo, Palhares (2003) observou que somente nos híbridos simples todas as correlações foram positiva. O autor atribuiu tal resultado à maior uniformidade das plantas destes híbridos.

Tabela 14. Diâmetro médio do colmo (cm) nos estádios fenológicos: quatro (V4) e oito (V8) folhas totalmente expandidas, florescimento, grãos leitosos (GL), grãos farináceos duros (GF) e maturação fisiológica dos grãos (MF). Cultivares de milho cultivados nos anos agrícolas 2010/2011 (1) e 2011/2012 (2).

Grupo	Estádios fenológicos											
	4 folhas		8 folhas		Florescimento		GL		GF		MF	
	Ano agrícola		Ano agrícola		Ano agrícola		Ano agrícola		Ano agrícola		Ano agrícola	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	2,0 a	2,0 a	2,3 a	2,4 a	2,7 a	2,6 a	2,4 a	2,5 a	2,2 a	2,3 a	2,0 a	2,0 a
2	2,0 a	2,1 a	2,3 a	2,4 a	2,6 a	2,7 a	2,4 a	2,4 a	2,2 a	2,3 a	1,9 a	2,1 a
3	1,9 a	2,0 a	2,0 b	2,1 b	2,2 b	2,3 b	2,0 b	2,2 b	1,9 b	2,1 b	1,9 a	2,0 a
CV %	9,6	9,5	6,1	5,7	5,3	6,3	6,8	6,6	6,9	7,2	7,7	7,4
DMS	0,11	0,10	0,06	0,06	0,06	0,07	0,08	0,07	0,09	0,08	1,06	1,07

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Tabela 15. Coeficientes de correlação de *Pearson* do diâmetro de colmo com NFG – número médio de fileiras de grãos; CE – comprimento médio de espiga; DS – diâmetro médio de sabugo; DE – diâmetro médio de espiga; MMG – massa média de mil grãos; IC – Índice de colheita e PG – produtividade média de grãos, nos estádios fenológicos: quatro (V4) e oito (V8) folhas totalmente expandidas, florescimento, grãos leitosos (GL), grãos farináceos duros (GF) e maturação fisiológica dos grãos (MF). Cultivares de milho cultivados nos anos agrícolas 2010/2011 (1) e 2011/2012 (2).

Características		Estádios fenológicos											
		V4		V8		Florescimento		GL		GF		MF	
		Ano agrícola		Ano agrícola		Ano agrícola		Ano agrícola		Ano agrícola		Ano agrícola	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Diâmetro X	NFG	0,241 ns	0,279 ns	0,252 ns	0,287 ns	0,446 **	0,524 **	0,349 *	0,457 **	0,297 ns	0,278 ns	0,296 ns	0,247 ns
	CE	0,297 ns	0,291 ns	0,396 *	0,452 **	0,405 *	0,451 *	0,355 *	0,331 *	0,403 *	0,321 *	0,493 **	0,502 **
	DS	-0,078 ns	-0,063 ns	0,028 ns	-0,041 ns	0,284 ns	-0,134 ns	0,020 ns	0,001 ns	0,115 ns	0,082 ns	0,196 ns	0,111 ns
	DE	0,080 ns	0,191 ns	0,393 *	0,415 *	0,757 **	0,489 **	0,669 **	0,578 **	0,542 **	0,662 **	0,574 **	0,521 **
	CG	0,154 ns	0,110 ns	0,245 ns	0,293 ns	0,648 **	0,725 **	0,624 **	0,651 **	0,497 **	0,394 *	0,647 **	0,584 **
	MMG	0,265 ns	0,214 ns	0,194 ns	0,286 ns	0,443 **	0,241 ns	0,336 *	0,357 *	0,271 ns	0,229 ns	0,280 ns	0,255 ns
	IC	0,110 ns	-0,028 ns	0,119 ns	0,173 ns	0,107 ns	0,219 ns	0,127 ns	0,165 ns	0,115 ns	0,047 ns	0,046 ns	0,013 ns
	PG	0,192 ns	0,132 ns	0,534 **	0,596 **	0,755 **	0,649 **	0,679 **	0,537 **	0,587 **	0,383 *	0,422 *	0,390 *

(*) Significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro; (**) Significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro e (ns) Não significativo.

6.4.5. Produção média de massa seca total pela parte aérea da planta

A produção de massa seca apresentou um crescimento segmentado dividido em duas fases. A primeira foi caracterizada por ganhos lineares de biomassa. Na segunda, os incrementos decresceram. Até o estágio V8, não houve diferença entre os grupos. No estágio florescimento, as plantas das classes alta e média produtividade apresentaram médias superiores as da classe baixa produtividade. A partir do estágio grão leitoso (GL) até a maturação fisiologia (MF) as médias da classe de alta produtividade mostraram-se superiores as demais (Tabela 16).

O acúmulo de matéria seca é determinado pela assimilação de carbono. O carbono que não é consumido pela respiração aumenta o teor de matéria seca da planta, podendo ser destinado para o crescimento ou reserva. Por sua vez, o processo de redução do carbono assimilado para constituição de moléculas formadoras de biomassa, tais como proteínas, lipídios e carboidratos, é dependente da energia capturada pelas folhas. As plantas com maior IAF apresentam maior taxa de interceptação de energia (MANFRON et al., 2003; TAIZ; ZEIGER, 2009).

Neste sentido, os resultados aqui apresentados corroboram com os da literatura. As plantas com maior IAF produziram mais massa seca (Tabelas 8 e 16). Outro dado importante verificado foi a relação entre a produção de massa seca total e alguns componentes da espiga (Tabela 17). A partir do início da fase reprodutiva, as plantas que produziram mais massa seca, apresentaram também maior desenvolvimento das espigas, estas apresentando valores superiores de número médio de fileiras de grãos, do diâmetro médio da espiga, do comprimento médio do grão e da massa média de mil grãos.

Através da existência das correlações entre a produção de massa seca com os alguns componentes da espiga, verifica-se que as plantas da classe de alta produtividade são também mais eficientes na produção e translocação de fotoassimilados durante a fase reprodutiva, fase esta caracterizada pelo intenso ciclo de consumo dos produtos fotoassimilados. Geralmente os genótipos mais produtivos possuem boa capacidade de produção, armazenamento e translocação de reservas, aliada a uma inflorescência feminina com forte capacidade de dreno (DURÃES et al. 1995; SANGOI et al., 2002).

Tabela 16. Média de massa seca total da planta (kg ha⁻¹) nos estádios fenológicos: quatro (V4) e oito (V8) folhas totalmente expandidas, florescimento, grãos leitosos (GL), grãos farináceos duros (GF) e maturação fisiológica dos grãos (MF). Cultivares de milho cultivados nos anos agrícolas 2010/2011 (1) e 2011/2012 (2).

Classe	Estádios fenológicos											
	V4		V5		Florescimento		GL		GF		MF	
	Ano agrícola		Ano agrícola		Ano agrícola		Ano agrícola		Ano agrícola		Ano agrícola	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Alta	1462 a	1338 a	4044 a	3655 a	11306 a	10528 a	19898 a	19019 a	25396 a	22008 a	25657 a	22561 a
Média	1465 a	1368 a	4029 a	3693 a	11141 a	10398 a	17295 b	15920 b	23400 b	20352 b	23255 b	19959 b
Baixa	1416 a	1290 a	3998 a	3514 a	8529 b	7840 b	13391 c	12532 c	17465 c	16351 c	18129 c	16041 c
CV %	3,7	8,0	4,7	6,0	4,1	5,9	5,4	3,4	3,7	4,6	4,0	4,5
DMS	54,6	109,5	192,8	224,3	433,7	575,3	654,2	612,8	843,5	925,9	912,6	901,4

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Tabela 17. Coeficientes de correlação de *Pearson* da **média de massa seca total da planta** com **NFG** – número médio de fileiras de grãos; **CE** – comprimento médio de espiga; **DS** – diâmetro médio de sabugo; **DE** – diâmetro médio de espiga; **CG** – comprimento médio de grão; **MMG** – massa média de mil grãos; **IC** – Índice de colheita e **PG** – produção de grãos, nos estádios fenológicos: quatro (V4) e oito (V8) folhas totalmente expandidas, florescimento, grãos leitosos (GL), grãos farináceos duros (GF) e maturação fisiológica dos grãos (MF). Cultivares de milho cultivados nos anos agrícolas 2010/2011 (1) e 2011/2012 (2).

Características		Estádios fenológicos											
		V4		V8		Florescimento		GL		GF		MF	
		Ano agrícola		Ano agrícola		Ano agrícola		Ano agrícola		Ano agrícola		Ano agrícola	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Matéria seca	X NFG	0,278 ns	0,213 ns	0,299 ns	0,224 ns	0,509 **	0,728 **	0,593 **	0,744 **	0,536 **	0,751 **	0,528 **	0,692 **
	CE	0,013 ns	0,285 ns	0,276 ns	0,262 ns	0,489 **	0,401 *	0,392 *	0,269 ns	0,223 ns	0,249 ns	0,301 ns	0,294 ns
	DS	0,136 ns	0,112 ns	0,253 ns	0,048 ns	0,241 ns	0,039 ns	0,214 ns	0,076 ns	0,264 ns	0,065 ns	0,260 ns	0,099 ns
	DE	0,215 ns	0,278 ns	0,241 ns	0,289 ns	0,736 **	0,622 **	0,770 **	0,529 **	0,785 **	0,566 **	0,777 **	0,587 **
	CG	0,098 ns	0,127 ns	0,214 ns	0,255 ns	0,624 **	0,704 **	0,722 **	0,678 **	0,807 **	0,748 **	0,829 **	0,711 **
	MMG	0,255 ns	0,034 ns	0,287 ns	0,237 ns	0,608 **	0,530 **	0,646 **	0,503 **	0,618 **	0,549 **	0,575 **	0,680 **
	IC	0,264 ns	0,221 ns	0,169 ns	0,217 ns	0,037 ns	0,129 ns	0,055 ns	0,243 ns	0,005 ns	0,101 ns	0,155 ns	0,117 ns
	PG	0,201 ns	0,133 ns	-0,083 ns	0,109 ns	0,781 **	0,778 **	0,832 **	0,907 **	0,830 **	0,860 **	0,845 **	0,900 **

(*) Significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro; (**) Significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro e (ns) Não significativo.

6.4.6. Taxa média de crescimento absoluto (TCA)

Até o estágio V8, as taxas de crescimento das plantas de milho não diferiram. Do florescimento até o estágio de maturação fisiológica (MF) as plantas da classe alta produtividade apresentaram taxas de crescimento absoluto superiores as demais, tendo as plantas da classe baixa produtividade apresentado as menores taxas de crescimento (Tabela 18).

Tabela 18. Taxa média de crescimento absoluto – TCA (produção média de matéria seca em gramas por dia em 0,85 m²) nos estádios fenológicos: quatro (V4) e oito (V8) folhas totalmente expandidas, florescimento, grãos leitosos (GL), grãos farináceos duros (GF) e maturação fisiológica dos grãos (MF). Cultivares de milho cultivados nos anos agrícolas 2010/2011 (1) e 2011/2012 (2).

Classe	Estádios Fenológicos									
	V8		Florescimento		GL		GF		MF	
	Ano agrícola		Ano agrícola		Ano agrícola		Ano agrícola		Ano agrícola	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Alta	20 a	18 a	36 a	36 a	38 a	37 a	10 a	11 a	3 a	4 a
Média	19 a	17 a	33 b	32 b	31 b	29 b	8 b	7 b	2 b	1 b
Baixa	19 a	17 a	24 c	24 c	20 c	22 c	7 c	5 c	0 c	0 c
CV %	4,0	5,1	4,3	4,6	4,2	4,4	4,8	5,1	5,4	6,0
DMS	0,72	0,78	1,52	1,53	1,37	1,38	0,86	0,97	0,07	0,09

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Como a TCA é calculada pela diferença na massa seca produzida entre uma coleta e outra, a diferenciação da TCA observada a partir do estágio de florescimento estaria relacionada principalmente com o desenvolvimento da espiga, esta relação é expressa em algumas correlações na tabela 19, onde, as plantas com maiores taxas de crescimento apresentam em suas espigas, maiores médias de números de fileiras, diâmetro médio de espiga; comprimento médio de grão e massa média de mil grãos. Por sua vez o aumento desses componentes da espiga produz incrementos significativos na matéria seca total da planta.

Tabela 19. Coeficientes de correlação de *Pearson* da **taxa média de crescimento absoluto** com **NFG** – número médio de fileiras de grãos; **CE** – comprimento médio de espiga; **DS** – diâmetro médio de sabugo; **DE** – diâmetro médio de espiga; **CG** – comprimento de grão; **MMG** – massa média de mil grãos; **IC** – Índice de colheita e **PG** – Produtividade média de grãos, nos estádios fenológicos: oito (V8) folhas totalmente expandidas, florescimento, grãos leitosos (GL), grãos farináceos duros (GF) e maturação fisiológica dos grãos (MF). Cultivares de milho cultivados nos anos agrícolas 2010/2011 (1) e 2011/2012 (2).

Características	Estádios Fenológicos									
	V8		Florescimento		GL		GF		MF	
	Ano agrícola		Ano agrícola		Ano agrícola		Ano agrícola		Ano agrícola	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
TCA X NFG	0,499 **	0,524 **	0,574 **	0,737 **	0,538 **	0,711 **	0,395 *	0,377 **	0,538 **	0,692 **
CE	-0,156 ns	0,043 ns	0,469 **	0,307 ns	0,425 **	0,277 ns	0,042 ns	0,111 ns	0,286 ns	0,243 ns
DS	0,013 ns	-0,018 ns	0,319 ns	0,048 ns	0,286 ns	0,076 ns	0,179 ns	0,129 ns	0,012 ns	-0,001 ns
DE	-0,111 ns	0,294 ns	0,719 **	0,565 **	0,796 **	0,554 **	0,465 **	0,470 **	0,691 **	0,505 **
CG	0,082 ns	0,057 ns	0,463 **	0,498 **	0,637 **	0,689 **	0,514 **	0,577 **	0,715 **	0,657 **
MMG	0,368 *	0,377 *	0,497 **	0,561 **	0,542 **	0,573 **	0,356 *	0,396 *	0,465 **	0,512 **
IC	-0,169 ns	0,020 ns	0,033 ns	0,219 ns	0,007 ns	0,195 ns	0,026 ns	-0,004 ns	0,064 ns	0,201 ns
P.G	0,409 *	0,603 **	0,428 **	0,896 **	0,854 **	0,917 **	0,548 **	0,571 **	0,705 **	0,870 **

(*) Significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro; (**) Significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro e (ns) Não significativo

Para os cultivares de milho o mais intenso ciclo de consumo dos produtos fotoassimilados ocorreu durante a fase de enchimento de grãos, compreendida entre os estádios de grão leitoso (GL) e grãos farináceos duros (GL). Esta fase coincidiu com início do processo natural de senescência. A senescência reduz gradativamente a capacidade fotossintética da planta. Desse modo, os cultivares da classe alta produtividade que apresentaram senescência retardada, com maior permanência da área foliar, aliada a uma maior capacidade cúbica de armazenamento de carboidratos no colmo, conseguiu manter o equilíbrio das taxas de produção, transporte e alocação de matéria seca para as regiões de crescimento por mais tempo (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000; ARGENTA; SILVA; SANGOI, 2001; MAFRON et al., 2003; BALBINOT JUNIOR; FLECK, 2005; CASTRO; KLUGE; SESTARI, 2008; MORAES; BRITO 2013).

Esse equilíbrio entre fonte e dreno é importantíssimo durante o processo de acumulação de carboidratos pelo grão, principalmente em cultivos comerciais. Até o estágio de grão leitoso (GL) a principal fonte de carboidratos são as folhas, a partir deste estágio, com o início da senescência e comprometimento da principal fonte, os carboidratos armazenados no colmo passam também a ser uma importante fonte de carboidratos que são translocados para os grãos equilibrando a relação fonte-dreno

(FANCELLI; DOURADO NETO, 2000; CASTRO; KLUGE; SESTARI, 2008; MORAES; BRITO 2013).

Nas cultivares de milho onde as folhas permanecem verdes após o enchimento dos grãos, o prolongamento do processo de fotossíntese permite a reposição de parte dos carboidratos consumidos durante a formação da espiga, ou seja, a fotossíntese se prolonga fornecendo fotoassimilados para colmos, folhas e raízes e, conseqüentemente esses carboidratos contribuem com o aumento da massa seca na planta (DUVICK; CASSMAN, 1999; JIANG et al., 2004). Isto pode explicar a continuidade do crescimento observada nos cultivares das classes alta e média produtividade durante o estágio de maturação fisiológica (Tabela 18).

6.4.7. Características da espiga

O número médio de fileiras, o comprimento médio de espiga e o diâmetro médio de sabugo não diferiram nas plantas das classes alta e média produtividade. Já o diâmetro médio de espiga, comprimento do grão e a massa média de mil grãos das plantas da classe alta produtividade foram superiores as demais. As plantas da classe baixa produtividade apresentaram as menores médias para todas as características acima mencionadas. Quanto ao índice de colheita, não houve diferença entre as classe produtivas (Tabela 20).

O desenvolvimento das inflorescências masculina e feminina, intensifica-se entre os estádios V8 e florescimento. Este período é caracterizado pela aceleração do processo de formação e emissão da inflorescência masculina e, pela definição do número de óvulos e tamanho da espiga. Nesta fase, o tamanho e a eficiência do aparelho fotossintético, além de uma boa capacidade de reserva para equilibrar a demanda de carboidratos após o início da senescência foliar, são fundamentais para o crescimento destas estruturas de reprodução. Geralmente os materiais mais produtivos possuem boa capacidade de produção, armazenamento e translocação de reservas, aliada a uma inflorescência feminina com forte capacidade de dreno (SANGOI et al., 2002; FANCELLI; DOURADO NETO, 2000; FANCELLI, 2003; RODRIGUES; DIDONET, 2003; MANFRON et al., 2003; COELHO, 2005; FORSTHOFER et al., 2006).

Nesse estudo, as cultivares com menor IAF podem ter apresentado menor eficiência de interceptação da radiação, absorvida e convertida em matéria seca,

afetando diretamente o rendimento de grãos (Kunz et al. 2007). Adebo e Olaoye (2010) reportam que variedades com maiores valores para IAF na floração são mais produtivas do que aquelas com menor IAF, o que corrobora os achados de Bastos e Andrade Junior (2008). Para Fancelli e Dourado Neto (2000) o rendimento de grãos aumenta, significativamente, com os incrementos do IAF.

Segundo Sangoi et al. (2001), o aumento da capacidade cúbica de armazenamento, promove o equilíbrio entre fonte e dreno. Estudando a correlação simples entre alguns componentes da espiga e a capacidade de armazenamento do colmo, Palhares (2003) observou que todas as correlações foram positivas.

Correlações positivas entre produção de massa seca e produção de grãos de milho foram observadas também nos estudos de Silva et al. (2002); Kunz et al. (2007); Paziani et al. (2009).

Tabela 20. IC – Índice de colheita; NFG – número médio de fileiras de grãos; CE – comprimento médio de espiga; DS – diâmetro médio de sabugo; DE – diâmetro médio de espiga; CG – Comprimento médio de grãos e MMG – massa média de mil grãos. Cultivares de milho cultivados nos anos agrícolas 2010/2011 (1) e 2011/2012 (2).

Classe	Estádios fenológicos													
	IC		Nº de fileiras		CE		DS		DE		CG		MMG	
	Ano agrícola		Ano agrícola		Ano agrícola		Ano agrícola		Ano agrícola		Ano agrícola		Ano agrícola	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Alta	0,47 a	0,51 a	18 a	18 a	16,5 a	17,1 a	3,0 a	2,8 a	5,7 a	5,8 a	1,3 a	1,5 a	38,4 a	37,8 a
Média	0,45 a	0,50 a	18 a	18 a	16,5 a	16,8 a	2,9 a	2,9 a	5,4 b	5,3 b	1,2 b	1,2 b	36,2 b	35,9 b
Baixa	0,46 a	0,49 a	16 b	16 b	15,5 b	15,5 b	2,4 b	2,9 b	5,2 c	5,0 c	2,8 b	1,0 c	35,3 b	34,7 b
CV %	10,8	8,4	4,7	4,2	5,9	5,9	3,3	6,9	2,5	3,1	1,4	3,5	4,0	4,5
DMS	0,05	0,04	0,81	0,57	0,98	0,82	0,09	0,26	0,14	0,17	0,04	0,04	1,06	1,16

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

6.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse estudo possibilitou identificar por meio da análise de crescimento, características morfofisiológicas que contribuem para o aumento da produtividade em cultivares de milho. É evidente a importância do tamanho e do tempo de permanência da área foliar para produção de biomassa, e tão importante quanto a produção de biomassa é a forma como ela é alocada na planta. O maior desenvolvimento do colmo, por exemplo, aumenta a capacidade cúbica de armazenamento de reservas. Essas reservas posteriormente serão utilizadas para o desenvolvimento dos grãos, equilibrando a relação fonte-dreno na fase que ocorre a senescência natural das folhas. Tudo isso, é claro, aliado a uma inflorescência feminina com grande capacidade de dreno.

Entretanto, apesar das propostas iniciais terem sido contempladas, novos trabalhos podem ser sugeridos como forma de ampliar o conhecimento sobre os aspectos abordados no presente estudo, engrandecendo a importância dos parâmetros morfofisiológicos sobre o comportamento vegetal; no melhoramento de plantas; no aumento da produtividade; na adaptabilidade; e na escolha de uma cultivar para determinada região.

Assim, pesquisas referentes ao melhoramento de plantas de milho, podem lançar mão dessa informação para obtenção do fenótipo com características físicas, morfológicas e fisiológicas mais adequadas para uma condição edafoclimática específica.

Finalmente, vale ressaltar que os benefícios alcançados pela realização de trabalhos desta natureza ultrapassam a finalidade científica, contribuindo para as políticas econômicas através do aumento das médias de produtividade.

7. CONCLUSÕES

Os parâmetros índice de área foliar, altura média de planta e diâmetro médio de colmo, a partir do estágio V8 são indicativos da capacidade produtiva de cultivares de milho.

Os parâmetros número médio de folhas fotossinteticamente ativas, média de massa seca da planta e taxa de crescimento absoluto (TCA) são indicativos da capacidade produtiva apenas no estágio de florescimento.

Existem correlações positivas entre as características morfofisiológica estudadas e o os componentes de espiga, sendo estas correlações determinantes para a produtividade de grãos.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRASEM – **Associação Brasileira de sementes e Mudas**, Brasília – DF. Disponível em: <www.abrasem.com.br>. Acesso em: 27 de out. 2012.

ADEBO, F.A.; OLAOYE, G. Growth indices and grain yield attributes in six maize cultivars representing two era of maize breeding in Nigeria. **Journal of Agricultural Science**, v.2, n.3, 2010.

AMUI, P.A.V.; DINIZ,R.P; PEREIRA, C.H.; FREIRE,A.J.; SOUZA. J.C. **Avaliação de Variedades Nacionais de Milho em Lavras-MG. Anais...** XXIX Congresso Nacional de Milho e Sorgo - Águas de Lindóia, 2012.

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

ARGENTA, G.; SANGOI, L.; SILVA, P.R.F. da; RAMPAZZO, C.; GRACIETTI, L.C; STRIEDER, M.; FORSTHOFER, E.L.; SUHRE, E. Potencial de rendimento de grãos de milho em dois ambientes e cinco sistemas de produção. **Scientia Agrária**, Piracicaba, v.4, n.1-2, p.27-34, 2003.

BALBINOT JUNIOR, A.A.; FLECK, N.G. Redução do espaçamento entre fileiras: benefícios e limitações. **Revista Plantio Direto**, ed. 87, 2005. Disponível em: <http://www.plantiodireto.com.br/?body=cont_int&id=634>. Acesso em: 04 mar. 2013.

BASTOS, E.A.; ANDRADE JÚNIOR, A.S. Boletim Agrometeorológico do ano de 2008 para o município de Teresina, PI. **Documento, 181**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2008, 37p.

BENICASA, M.M.P. **Análise de Crescimento de Plantas (noções básicas)**. Jaboticabal: Funep, 2003. 42p.

BENTO, D.A.V. **Mapeamento de QTLs para produção de grãos e seus componentes em uma população de milho tropical**. 2006. 134f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

BERGAMASCHI, C. **Ocorrência de bactérias diazotróficas associadas às raízes e colmos de cultivares de sorgo**. 2006. 83f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

BLACKMAN, V.H. The compound interest law and plant growth. **Annals of Botany**, v.33, p.353-60, 1919.

BORÉM, A.; MIRANDA, G.V. **Melhoramento de Plantas**. 5. ed. revisão ampliada. Viçosa. Editora UFV, 2009. 529p.

BRANDELERO, E.M. **Índices fisiológicos e rendimento de cultivares de soja no município de Cruz das Almas – BA**. 2001. 63f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Agronomia, Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas, 2001.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 395p.

BRIGGS, G.E; KIDD, F.A.; WEST, C.A quantitative analysis of plant growth. Part I. **Annals Applied Biology**, v.7, p.202-223, 1920.

BUCKLER, E.S.; GAUT, B.S.; McMullen, M.D. Molecular and functional diversity of maize. **Current Opinion in Plant Biology**, v.9, n.2, p.172-176, 2006.

CARVALHO, W.A.; ESPÍNDOLA, C.R.; PACCOLA, A.A. Levantamento de solos da Fazenda Lageado - Estação Experimental "Presidente Médici". **Boletim Científico**, **1**, Faculdade de Ciências Agrônômicas – Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Botucatu, 1983. 95p.

CASTRO, P.R.C.; KLUGE, R.A.; SESTARI, I. **Manual de fisiologia vegetal: fisiologia de cultivos**. 1ª Ed. Editora Agronômica Ceres, 2008. 864p.

CIRILO, A.G.; ANDRADE, F.H. Sowing date and maize productivity. I. Crop growth and dry matter partitioning. **Crop Science**, v.34, p.1039-1043, 1994a.

CIRILO, A.G.; ANDRADE, F.H. Sowing date and maize productivity. II. Kernel number determination. **Crop Science**, v.4, p.1044-1046, 1994b.

COELHO, A.M.O potássio na cultura do milho. In: YAMADA, T; ROBERTS, T.L. (Ed.). **Simpósio sobre potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, p.610-658, 2005.

CONAB – **Companhia Nacional de Abastecimento**. Brasília, DF. disponível em: <www.conab.gov.br>. Acesso em: 01 nov. 2012.

CRUZ, S.C.S.; PEREIRA, F.R.S.; SANTOS, J.R.; ALBUQUERQUE, A.W.; PEREIRA R.G. Adubação nitrogenada para o milho cultivado em sistema plantio direto, no Estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.1, p.62-68, 2008.

CUI, Z.; ZHANG, R.; M.L.G.; CHEN, E.; LI, E.; CHEN, X.; LI, J.; SHI, L. Interaction between genotypic difference and nitrogen management strategy in determining nitrogen use efficiency of summer maize. **Plant Soil**, v.317, p.267-276, 2009.

DEMÉTRIO, C.S.; FORNASIERI FILHO, D.; CAZETTA, J.O; CAZETTA, D.A. Desempenho de híbridos de milho submetidos a diferentes espaçamentos e densidades populacionais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.1691-1697, 2008.

DOMINGOS, V.D.; PASCHOA, P.L.; MARTINS, D.; COSTA, N.V. Alocação de biomassa e nutrientes em *Myriophyllum aquaticum* sob diferentes níveis de macronutrientes. **Planta Daninha**, v.23, n.2, p.193-201, 2005.

DOURADO NETO, D.D.; PALHARES, M; VIEIRA, P.A.; MANFRON, P.A.; MEDEIROS, S.L.P.; ROMANO, M.R. Efeito da população de plantas e do espaçamento sobre a produtividade de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.2, p.63-77, 2003.

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**, v.1, n.1, p.33-40, 2002.

DURÃES, F.M.; CHAMMA, H.M.C.P; COSTA, J.D.; MAGALHÃES, D.C.; BORBA, C.S. Índices de vigor de sementes de milho (*Zea mays* L.): associação com emergência em campo, crescimento e rendimento de grãos. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.17, n.1, p.13-18, 1995.

DUVICK, D. N. Biotechnology in the 1930: the development of hybrid maize. **Nature Genetics**, New York, v.2, n.1, p.69-74, 2001.

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

ECHARTE, L.; ANDRADE, F.H. Harvest index stability of Argentinean maize hybrids released between 1965 and 1993. **Field Crops Research**, v.82, p.1-12, 2003.

EMBRAPA – **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Brasília, DF. Disponível em: <www.embrapa.br>. Acesso em: 29 out. 2012.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 1999. 412p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EPAMIG – **Empresa de Pesquisa agropecuária de Minas Gerais**. Belo Horizonte, MG. Disponível em: <www.epamig.br>. Acesso em: 29 out. 2012.

EVANS, M.M.S.; KERMICLE, J.L. Teosinte crossing barrier 1, a locus governing hybridization of teosinte with maize. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v.103, p.259-265, 2001.

FANCELLI, A.L. **Fenologia do milho**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luis de Queiros – Universidade de São Paulo, 1988.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Produção de Milho**. Guaíba: Ed. Agropecuária, 2000. 360p.

FANCELLI, A. L. Milho: ambiente e produtividade. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. (Ed.). **Milho: estratégias de manejo para alta produtividade**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – Universidade de São Paulo, Departamento de Produção Vegetal. p.174-197, 2003.

FANCELLI, A.L. Fisiologia, nutrição e adubação do milho para alto rendimento. In:

POTAFOS Brasil – Presentations. Disponível em:

<[http://www.ppippic.org/ppiweb/pbrazil.nsf/926048f0196c9d4285256983005c64de/7ac877864218d46983256c70005790fc/\\$FILE/Anais%20Antonio%20Luiz%20Fancelli.doc](http://www.ppippic.org/ppiweb/pbrazil.nsf/926048f0196c9d4285256983005c64de/7ac877864218d46983256c70005790fc/$FILE/Anais%20Antonio%20Luiz%20Fancelli.doc)>. Acesso em: 19 fev. 2013.

FORSTHOFER, E.L.; STRIDER, M.L.; MINETTO, T.; RAMBO, L.; ARGENTA, G.; SANGOI, L.; SUHRE, E; SILVA, A.A. Desempenho agronômico e econômico do milho em diferentes níveis de manejo e épocas de semeadura. **Pesq. Agrop. Bras.**, v.41, p.399-407, 2006.

GALINAT, W.C. The origin of corn. Pp. 1-47. In **Corn and Corn Improvement**. G. F. Sprague, ed. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin, USA, p.1-47,1977.

GARCIA, A.G.; DOURADO NETO, D.; BASANTA, M.V.; OVEJERO, R.F.L.; FAVARIN, I. L. Logistic rice model for matter and nutrient uptake. **Scientia Agricola**, v.60, n.3, p.481-488, 2003.

GAUT, B.S.; D'ENNEQUIN, M.T.; PEEK, A.S.; SAWKINS, M.C. Maize as a model for the evolution of plant nuclear genomes. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v.97, n.13, p.7008-7015, 2000.

GOMIDE, C.A.M.; GOMIDE, J.A.; ALEXANDRINO, E. Índices morfogênicos e de crescimento durante o estabelecimento e a rebrotação do capim-mombaça (*Panicum maximum* Jacq.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.4, p.795-803, 2003.

GOODMAN, M.M. Maize. In: SIMONS, N.W.; SMARTT, J. Evolution of crop plants. 2.ed. New York: **Longman Scientific Technical**, 1995. 531 p.

GRUZSKA, M. **Índice relativo de clorofila para o diagnóstico do estado de nitrogênio em híbridos de milho**. 2012. 103f. (Dissertação) - Ponta Grossa: Universidade Estadual de Ponta Grossa. 2012.

HANWAY, J.J. Growth stages of corn (*Zea mays* L.). **Agronomy Journal**, v.55, n.5, p.487-491, 1963.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=2319&id_pagina=1. Acesso em: 15 mar. 2013.

JIANG, G.H.; HE, Y.Q.; XU, C.G.; LI, X.H.; ZHANG, Q. The genetic basis of stay green in rice analyzed in a population of doubled haploid lines derived from na indica by japonica cross. **Theoretical and Applied Genetics**, v.108, p.688-698, 2004.

KUNZ, J.H; BERGONCI, J.I; BERGAMASCHI, H; DALMAGO, G.A; HECKLER, B. M.M; COMIRAN, F. Uso da radiação solar pelo milho sob diferentes preparos do solo,

espaçamento e disponibilidade hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.1511-1520, 2007.

LAFITTE, H.R.; EDMEADES, G.O. Association between traits in tropical maize inbred lines and their hybrids under high and low soil nitrogen. **Maydica**, p.259-267, 1995.

LUPINACCI, A.V. **Reservas orgânicas, índice de área foliar e produção de forragem em *brachiaria brizantha* cv. *marandu* submetida a intensidades de pastejo por bovinos de corte**. 2002. 174f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - Universidade de São Paulo. 2002.

MAGALHÃES, P.C. Aspectos fisiológicos da cultura do milho irrigado. In: RESENDE, M.; ALBUQUERQUE, P.E.P. de.; COUTO, L. (Ed.). **A cultura do milho irrigado**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. p.33-54.

MAGALHÃES, P.C; DURÃES, F.O.M. Cultivo do milho: germinação e emergência. **Comunicado Técnico** - Embrapa Milho e Sorgo, 2002. 9p.

MAGALHÃES, P.C; RESENDE, M; OLIVEIRA, A.C. de; DURÃES, F.O.M; SANS, L.M.A. Caracterização morfológica de milho de diferentes ciclos. In: **Congresso Nacional de Milho e Sorgo**, 20., 1994, Goiânia. Centro-Oeste; cinturão do milho e do sorgo no Brasil: resumos. Goiânia: ABMS, 1994. p.190.

MANFRON, P.A.; BACCHI, O.O.S.; DOURADO NETO, D.; PEREIRA, A.R.; MEDEIROS, S.L.P.; PILAU, F.G. Modelo do índice de área foliar da cultura do milho. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.11, p.333-342, 2003.

MAPA – **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Brasília – DF. Disponível em: <www.agricultura.gov.br>. Acesso em: 27 de out. 2012.

MARIOTTI, I.A.; OYARZABAL. E.S.; OSA, J.M.; BULACIO, A.N.R.; ALMADA, G.H. Análisis de estabiüdad y adaplabilidad de genoiiipos de cana de azúcar. I. Inleraceiones denuo de una localidad expetimental. **Revista Agronômica dei Nordeste Argentino**. Tucumán. v.13, n.14, p.105-127, 1976.

MITTELMANN, A.; SOBRINHO, F. S.; OLIVEIRA, J. S. Avaliação de Híbridos Comerciais de Milho para Utilização como Silagem na Região Sul do Brasil, 2005. **Ciência Rural**. v.35, n.3, p. 684-690, 2005.

MORAES, D.F.; BRITO, C.H. **Análise de possível correlação entre as características morfológicas do colmo do milho e o acamamento**. 2013. Disponível em:

<<http://www.seer.ufu.br/index.php/horizontecientifico/article/viewFile/4079/3038>>. Acesso em: 15 jan. 2013.

OHLAND, R.A.A.; SOUZA, L.C.F.; HERNANI, L.C.; MARCHETTI, M.E.; GONÇALVES, M.C. Culturas de Cobertura do Solo e Adubação Nitrogenada no Milho em Plantio Direto. **Ciência agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.3, p.538-544, 2005.

PALHARES, M. **Distribuição e população de plantas e produtividade de grãos de milho**. 2003. 107f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2003.

PAABO, S. Neolithic genetic engineering. **Nature**, London, v.398, n.6724, p.194-195, 1999.

PATERNIANI, E; CAMPOS, M.S. Melhoramento de milho. In: BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, 1999. 817p

PAZIANI, S.F.; DUARTE, A.P.; NUSSIO, L.G.; GALLO, P.B.; BITTAR, C.M.M.; ZOPOLLATTO, M; RECO, P.C. Características agronômicas e bromatológicas de híbridos de milho para produção de silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.3, p.411-417, 2009.

PEDREIRA, C.G.S.; MELLO, A.C.L. de.; OTANI, L. O processo de produção de ferragem em pastagens. In: MATTOS, W. R. S. (Org.). **A produção animal na visão dos brasileiros**. Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, p.772-807. 2001.

PEIXOTO, P.; PEIXOTO, M.F.S.P. **Dinâmica do crescimento vegetal (Princípios básicos)**. 2004. Disponível em: <www.ufrb.edu.br/...vegetal.../analise...crescimento/...dinamica-do-...>. Acesso em: 20 de nov. 2012.

PEREIRA, R.G.; ALBUQUERQUE, A.W.; CAVALCANTE, M.; PAIXÃO, S.L.; MARACAJÁ, P.B. Influência dos sistemas de manejo do solo sobre os componentes de produção do milho e *brachiaria decumbens*. **Revista Caatinga**, Mossoró, Brasil, v.22, n.1, p.64-71, 2009.

PIPERNO, D.R.; FLANNERY, K.V. The earliest archaeological maize (*Zea mays* L.) from highland México: **New accelerator mass spectrometry dates and their implications** **Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America**, Washington, v.98, n.4, p.2101-2103, 2001.

RAIJ, B.V.; ANDRADE, J.C. de.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. (Ed.). **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2001. 285p.

RAIJ, B.V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo - Fundação IAC. 1997. 285p.

RESENDE, M.; COUTO, L.; ALBUQUERQUE, P.E.P. Manejo de irrigação. In: RESENDE, M.; ALBUQUERQUE, P.E.P.; COUTO, L. (Ed.). **A cultura do milho irrigado**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, cap.5, p.265-301, 2003.

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**, v.2, n.3, p.34-42, 2003.

RODRIGUES, O.; DIDONET, A.D. Milho: efeito da temperatura na duração e na taxa de crescimento de grãos. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. S.L: Embrapa trigo, 2003.

RUGET, F. Contribution of storage reserves during grain-filling of maize in northern european conditions. **Maydica**, v.38, p.51-59, 1993.

SANGOI, L.; ALMEIDA, M.L.; SILVA, P.R.F.; ARGENTA, G. Bases morfofisiológicas para maior tolerância dos híbridos modernos de milho a altas densidades de plantas. **Bragantia**, v.61, p.101-110, 2002.

SANGOI, L.; ENDER, M.; GUIDOLIN, A.F.; ALMEIDA, M.L.; HEBERLE, P.C. Influence of row spacing reduction on maize grain yield in regions with a short Summer. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.6, p.861-869, 2001.

SANGOI, L.; ARGENTA, G.; SILVA, R.R.F. da.; MINETTO, T.J.; BISOTO, V. Níveis de manejo na cultura do milho em dois ambientes contrastantes: análise técnico-econômica. **Ciê. Rural**, Santa Maria, v.33, p.1021-1029, 2003.

SANS, L.M.A.; SANTANA, D.P. **Cultivo do Milho – clima e solo**. 2002. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho/clima.htm>> Acesso em: 10 nov. de 2012.

SANTI, A.; MUNIZ, J.A.; YAMASHITA, O.M. Avaliação de diferentes genótipos de milho nas condições edafoclimáticas de Alta Floresta – MT. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v.4, n.1, p.15-22, 2006.

SCHMILDT, E.R.; NASCIMENTO, A.L.; CRUZ, C.D.; OLIVEIRA, J.A.R. Avaliação de metodologias de adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.33, n.1, p.51-58, 2011.

SHARMA-NATU, P.; GHILDIYAL, C.M. Potential targets for improvement photosynthesis and crops yield. **Current Science**, v.12, p.1918-1925, 2005.

SILVA, P.R.F.; ARGENTA, G.; STRIEDER, M.L.; CARDOSO, E.J.; FORSTHOFER, E.L.; SUHRE, E. Resposta de dois híbridos de milho ao arranjo de plantas. **Anais XXIV Congresso Nacional de Milho e Sorgo**, Florianópolis, 2002.

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

TAKAHASHI, C.; MARSHALL, J.A.; BENNETT, M.D.; LEITCH, I.J. Genomic relationships between maize and its wild relatives. **Genome**, Ottawa, v.42, p.1201-1207, 1999.

UHART, S.A.; ANDRADE, F.H. Nitrogen and carbonum accumulation and remobilization during grain filling in maize under different source/sink ratios. **Crop Science**, v.35, p.183-190, 1995.

WANG, R.L.; STEC, A.; HEY, J.; LUKENS, L.; DOEBLEY, J. The limits of selection during maize domestication. **Nature**, London, v.398, p.236-239, 1999.

WEST, C.; BRIGGS, G.E.; KIDD, F. Methodos and significant relations in the quantitative analysis of planta growth. **New Physiologist**, v.19, p.200-207, 1920.

WHITE, S.E.; DOEBLEY, J.F. Of genes and genomes and the origin of maize. **Trends in Genetics**, Oxford, v.14, n.8, 1998.