

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E DE TECNOLOGIA
CURSO DE MESTRADO EM AGRONOMIA

ÍNDICE RELATIVO DE CLOROFILA PARA O DIAGNÓSTICO DO ESTADO DE
NITROGÊNIO EM HÍBRIDOS DE MILHO

MAURÍCIO GRUZSKA

PONTA GROSSA - PR

2012

MAURÍCIO GRUZSKA

**ÍNDICE RELATIVO DE CLOROFILA PARA O DIAGNÓSTICO DO ESTADO DE
NITROGÊNIO EM HÍBRIDOS DE MILHO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de
Ponta Grossa para obtenção do título de Mestre em
Agronomia - Área de concentração: Agricultura.

Orientador (a): Profa. Dra. Silvana Ohse

PONTA GROSSA - PR

2012

Ficha Catalográfica Elaborada pelo Setor de Tratamento da Informação BICEN/UEPG

G893i Gruzska, Maurício
Índice relativo de clorofila para o diagnóstico do estado de nitrogênio em híbridos de milho / Maurício Gruzska. Ponta Grossa, 2012.
101 f.

Dissertação (Mestrado em Agronomia – área de concentração : Agricultura), Universidade Estadual de Ponta Grossa.
Orientadora: Profa. Dra. Silvana Ohse.

1. Híbridos de milho. 2. *Zea mays* L. 3. Milho - desenvolvimento - Produtividade. 4. Adubação nitrogenada. 5. Clorofilômetro. I. Ohse, Silvana. II. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Mestrado de Agronomia. III. T.

CDD: 633.15



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título da Dissertação: “Índice relativo de clorofila para o diagnóstico do estado de nitrogênio em híbridos de milho”.

Nome: Maurício Gruzka

Orientadora: Silvana Ohse

Aprovado pela Comissão Examinadora:

Prof.^a. Dr.^a. Silvana Ohse

Prof. Dr. Volnei Pauletti

Prof. Dr. Rodrigo Rodrigues Matiello

Data da Realização: 11 de julho de 2012.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual de Ponta Grossa, por oferecer e possibilitar a realização do Mestrado.

Aos professores do curso de Mestrado, por todos os ensinamentos recebidos para a realização deste trabalho.

Ao professor Carlos Tadeu dos Santos Dias, pelo apoio, colaboração e esclarecimentos.

Ao professor André Belmont Pereira, pelas informações e apoio a respeito do curso de Mestrado.

À professora Silvana Ohse, por toda motivação, apoio e muita paciência, orientando sempre com muita competência e atenção durante a realização do trabalho.

Aos cooperados e a Cooperativa Agrária Agroindustrial pela oportunidade de realizar o curso.

Ao Sr. Josef Stutz, proprietário da fazenda Jordãozinho, por disponibilizar a área para a realização do experimento e atenção recebida.

Aos colegas Carlos André Schipanski e Nátali Maidl de Souza pelo apoio e colaboração. Em especial ao colega de trabalho Paulo H. Grollmann (in memoriam) pelo entusiasmo e motivação.

Aos meus pais João Gruzka e Julia Gruzka (in memoriam), ao meu irmão Marcos Gruzka e a minha irmã Mauricéia Gruzka Levandovski, pelo amor, amizade, e valores recebidos, especialmente ao sentido de família, fundamentais para a realização dos nossos projetos e conquistas.

À minha esposa Rosana Cecília de Biázio sempre com amor, compreensão, motivação e ajuda em todas as etapas deste trabalho e, a minha filha Julia Gruzka Neta, pelo amor e alegria em nossa família e, àquele sorriso que motiva e nos faz superar os momentos difíceis.

A todos, de forma direta e indireta, que colaboraram para a realização deste trabalho.

A Deus, pela vida, fé e força maior, que nos faz acreditar sempre.

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes.”

Martin Luther King

GRUZSKA, Maurício. **Índice relativo de clorofila para o diagnóstico do estado de nitrogênio em híbridos de milho**. 2012. Dissertação de Mestrado em Agronomia – Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG).

RESUMO

O nitrogênio (N) é o nutriente que mais contribui para o aumento da produtividade de híbridos de milho. Por essa razão, o objetivo principal deste trabalho foi determinar o índice relativo de clorofila (IRC), em diferentes folhas e estádios fenológicos, visando diagnosticar o estado de N em híbridos de milho em função de doses de N aplicadas em cobertura, correlacionando-os com o teor de N foliar e com a produtividade. Além deste, objetivou-se estudar o efeito de doses de N aplicadas em cobertura em híbridos de milho sobre variáveis do crescimento e desenvolvimento da planta de milho no município de Guarapuava/PR. Para atender esses objetivos, foi desenvolvido um experimento a campo em sistema de plantio direto na fazenda Jordãozinho, na região de Entre Rios, Guarapuava/PR, Brasil, durante o período de 01/10/2009 a 20/03/2010. Os tratamentos resultaram da combinação de dois híbridos simples de milho (P30R50 e AG8025) e seis doses de N aplicadas em cobertura (0; 75; 150; 225; 300 e 375 kg de N ha⁻¹ na forma de uréia), constituindo um fatorial 2x6, perfazendo 12 tratamentos, arranjos em delineamento blocos casualizados com 4 repetições, totalizando 48 unidades experimentais. O estado de N foi monitorado com uso do clorofilômetro, marca clorofiLOG, avaliando-se no mínimo duas vezes o IRC em cada folha selecionada. O híbrido de milho AG8025 apresentou menor número de folhas, IRC na folha 3 em V₄ (IRCF₀₃V₄), IRCF₀₅V₉, número de fileiras de grãos por espiga e altura de inserção da espiga primária que o híbrido P30R50, porém maior altura de planta, fitomassa seca total, IRC na folha 13 em R₃ e produtividade, indicando variabilidade genética. As doses de N influenciaram as variáveis altura de plantas em V₉ e R₁, altura de inserção da espiga primária, diâmetro de colmo, número de folhas fotossinteticamente ativas em R₁, diâmetro de espiga, teor de N foliar, massa de 1.000 grãos e produtividade. A dose de 295 kg de N ha⁻¹ possibilitou estimar a produtividade em 13.032,93 kg ha⁻¹. Os fatores híbridos e doses de N não influenciaram o índice de colheita, cujo valor médio foi de 0,52. Os híbridos e as doses de N influenciaram concomitantemente as variáveis número de folhas fotossinteticamente ativas em V₉, número de grãos por fileira, comprimento de espiga, fitomassa seca de grãos por espiga e total da parte aérea por planta, IRCF₀₅V₇, IRCF₀₇V₇, IRCF₀₇V₉, IRCF₀₉V₉, IRCF₁₁VT, IRCF₁₁R₁, IRCF₁₃R₂, IRCF₁₅R₂, IRCF₁₅R₃. Os resultados indicam que o medidor portátil de clorofila mostra-se sensível ao indicar o estado nutricional em híbridos de milho em resposta a doses de N aplicadas em cobertura, já nos estádios iniciais de desenvolvimento, viabilizando sua utilização para o diagnóstico nutricional precoce, bem como, quando da avaliação no final da fase vegetativa e na reprodutiva, como indicador de eficiência da adubação nitrogenada. Visto que, os IRCs correlacionaram-se positivamente com o teor de N foliar e com a produtividade, exceto os IRC na F₀₃V₄, F₀₅V₅ e F₀₉V₉. Os coeficientes de correlação entre os IRCs e o teor de N foliar, bem como com a produtividade aumentaram com a idade da folha.

Palavras chave: *Zea mays* L., clorofilômetro, produtividade, adubação nitrogenada.

ABSTRACT

Nitrogen (N) is the nutrient that contributes the most to increase productivity of corn hybrids. For this reason, the main objective of this study is to determine the relative chlorophyll index (RCI), in different leaves and phenological stages, aiming diagnosing N state in corn hybrids according to the N doses applied in coverage, correlating them with the foliar N content and productivity. In addition, we had as objective to study the effect of N doses applied in coverage on corn hybrids concerning growth and corn plant development variables in Guarapuava city - Paraná. To fulfill this objective an open field experiment with no-tillage system was carried out on Jordãozinho Farm, in Entre Rios region, Guarapuava – Paraná – Brazil, from October 1st 2009 to March 20th 2010. The treatments resulted from the combination of two simple corn hybrids (P30R50 and AG8025) and six N doses applied in coverage (0; 75; 150; 225; 300 and 375 kg of N ha⁻¹ in the form of urea), comprising 2x6 factorial arrangement, making up 12 treatments, arranged in randomized block design with 4 repetitions, totaling 48 experimental units. The N state was monitored using chlorophyll meter, clorofiLOG brand, assessing RCI at least twice in each selected leaf. Hybrid corn AG8025 presented fewer leaves, lower RCI in leaf 3 in V₄ (RCIL₀₃V₄), RCIL₀₅V₉, fewer numbers of grain rows per ear and less insertion height of the primary ear than hybrid P30R50, however a higher plant, more total dry phytomass, higher RCI in leaf 13 in R₃ and productivity, indicating genetic variability. The N doses influenced variables such as height of plants in V₉ and R₁, height of the primary ear insertion, thatched diameter, number of photosynthetically active leaves in R₁, ear diameter, foliar N content, 1,000 mass grains and productivity. The dose of 295 kg N ha⁻¹ enabled to estimate productivity in 13,032.93 kg ha⁻¹. The hybrid and N dose factors have not influenced the harvest rate, whose average value was 0.52. The hybrids and the N doses concomitantly influenced variables such as number of photosynthetically active leaves in V₉, number of grains per row, ear length, dry phytomass of grains per ear and the total of aerial part per plant, RCIL₀₅V₇, RCIL₀₇V₇, RCIL₀₇V₉, RCIL₀₉V₉, RCIL₁₁VT, RCIL₁₁R₁, RCIL₁₃R₂, RCIL₁₅R₂, RCIL₁₅R₃. The results indicate that the portable chlorophyll meter is sensitive when indicating the nutritional state of corn hybrids as an outcome of N doses applied in coverage in the first stages of development, enabling its usage for precocious nutritional diagnosis, as well as, in the final evaluation of growth and reproductive phases, as an indication of effective nitrogen fertilization. The RCIs showed positive correlation with foliar N content and productivity, except the RCIs in L₀₃V₄, L₀₅V₅ and L₀₉V₉. The correlation coefficients between RCIs and foliar N content, as well as with productivity, increased with the leaf age.

Key words: *Zea mays* L., chlorophyll meter, productivity, nitrogen fertilization.

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Dados climáticos da região de Entre Rios, Guarapuava/PR. Precipitação pluvial mensal da região (média de 35 anos) e mensal ocorrida durante o período experimental (outubro/2009 a março/2010) e temperaturas médias das máximas e das mínimas durante o período experimental e na média histórica de 35 anos (SIMEPAR, 2011). Ponta Grossa, 2012	18
Figura 2. Altura de plantas de milho no estágio fenológico V ₉ em função de doses de N aplicadas em cobertura. ** Pr < 0,01. Ponta Grossa, 2012.	26
Figura 3. Altura de plantas de milho no estágio fenológico R ₁ em função de doses de N aplicadas em cobertura. ** Pr < 0,01. Ponta Grossa, 2012.	27
Figura 4. Altura de inserção da espiga primária (AIEP) de milho em função de doses de N aplicadas em cobertura. ** Pr < 0,01. Ponta Grossa, 2012.	28
Figura 5. Diâmetro de colmo de plantas de milho no estágio fenológico V ₉ em função de doses de N aplicadas em cobertura. * Pr < 0,05. Ponta Grossa, 2012.	30
Figura 6. Diâmetro de colmo de plantas de milho no estágio fenológico R ₁ em função de doses de N aplicadas em cobertura. ** Pr < 0,01. Ponta Grossa, 2012.	31
Figura 7. Número de folhas fotossinteticamente ativas por planta no estágio fenológico V ₉ (NFFAV ₉) em função de híbridos de milho e doses de N aplicadas em cobertura. ** Pr < 0,01. Ponta Grossa, 2012	33
Figura 8. Número de folhas fotossinteticamente ativas por planta no estágio fenológico R ₁ (NFFAR ₁) em função de doses de N aplicadas em cobertura. ** Pr < 0,01. Ponta Grossa, 2012	34
Figura 9. Número de grãos por fileira em função de híbridos de milho e doses de N aplicadas em cobertura. ** Pr < 0,01. Ponta Grossa, 2012	38
Figura 10. Comprimento de espiga em função de híbridos de milho e doses de N aplicadas em cobertura. ** Pr < 0,01. Ponta Grossa, 2012	39
Figura 11. Diâmetro de espiga de milho em função de doses de N aplicadas em cobertura. ** Pr < 0,01. Ponta Grossa, 2012	40
Figura 12. Massa de 1.000 grãos de milho em função de doses de N aplicadas em cobertura. * Pr < 0,05. Ponta Grossa, 2012	41
Figura 13. Fitomassa seca de grãos por espiga em função de híbridos de milho e doses de N aplicadas em cobertura. ** Pr < 0,01. Ponta Grossa, 2012	43
Figura 14. Fitomassa seca total da parte aérea por planta (FSTPA) em função de híbridos de milho e doses de N aplicadas em cobertura. * Pr < 0,05 e ** Pr < 0,01. Ponta Grossa, 2012	44
Figura 15. Produtividade de milho em função de doses de N aplicadas em cobertura. ** Pr < 0,01. Ponta Grossa, 2012	47
Figura 16 Índice relativo de clorofila na folha 03 no estágio fenológico V ₅ (IRCF ₀₃ V ₅) em função de doses de N aplicadas em cobertura. ** Pr < 0,01. Ponta Grossa, 2012	50

Figura 17. Índice relativo de clorofila na folha 05 no estágio fenológico V ₇ (IRCF ₀₅ V ₇) em função de híbridos de milho e doses de N aplicadas em cobertura. ** Pr < 0,01. Ponta Grossa, 2012	51
Figura 18. Índice relativo de clorofila na folha 05 no estágio fenológico V ₉ (IRCF ₀₅ V ₉) em função de doses de N aplicadas em cobertura. ** Pr < 0,01. Ponta Grossa, 2012	53
Figura 19. Índice relativo de clorofila na folha 07 no estágio fenológico V ₇ (IRCF ₀₇ V ₇) em função de híbridos de milho e doses de N aplicadas em cobertura. ** Pr < 0,01. Ponta Grossa, 2012	53
Figura 20. Índice relativo de clorofila na folha 07 no estágio fenológico V ₉ (IRCF ₀₇ V ₉) em função de híbridos de milho e doses de N aplicadas em cobertura. ** Pr < 0,01. Ponta Grossa, 2012	54
Figura 21. Índice relativo de clorofila na folha 09 no estágio fenológico V ₉ (IRCF ₀₉ V ₉) em função de híbridos de milho e doses de N aplicadas em cobertura. ** Pr < 0,01. Ponta Grossa, 2012	55
Figura 22. Índice relativo de clorofila na folha 09 no estágio fenológico de emborrachamento (IRCF ₀₉ EMB) em função de doses de N aplicadas em cobertura. ** Pr < 0,01. Ponta Grossa, 2012	56
Figura 23. Índice relativo de clorofila na folha 11 no estágio fenológico VT (IRCF ₁₁ VT) em função de híbridos de milho e doses de N aplicadas em cobertura. * Pr < 0,05 e ** Pr < 0,01. Ponta Grossa, 2012	57
Figura 24. Índice relativo de clorofila na folha 11 no estágio fenológico R ₁ (IRCF ₁₁ R ₁) em função de híbridos de milho e doses de N aplicadas em cobertura. ** Pr < 0,01. Ponta Grossa, 2012	58
Figura 25. Índice relativo de clorofila na folha 13 no estágio fenológico R ₂ (IRCF ₁₃ R ₂) em função de híbridos de milho e doses de N aplicadas em cobertura. ** Pr < 0,01. Ponta Grossa, 2012	59
Figura 26. Índice relativo de clorofila na folha 13 no estágio fenológico R ₃ (IRCF ₁₃ R ₃) em função de doses de N aplicadas em cobertura. ** Pr < 0,01. Ponta Grossa, 2012	61
Figura 27. Índice relativo de clorofila na folha 15 no estágio fenológico R ₂ (IRCF ₁₅ R ₂) em função de híbridos de milho e doses de N aplicadas em cobertura. ** Pr < 0,01. Ponta Grossa, 2012	62
Figura 28. Índice relativo de clorofila na folha 15 no estágio fenológico R ₃ (IRCF ₁₅ R ₃) em função de híbridos de milho e doses de N aplicadas em cobertura. ** Pr < 0,01. Ponta Grossa, 2012	62
Figura 29. Teor de nitrogênio foliar determinado na folha-índice no estágio fenológico R ₁ em função de doses de N aplicadas em cobertura. ** Pr < 0,01. Ponta Grossa, 2012	65

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Características químicas do solo na área experimental, classificado como Latossolo Bruno. Ponta Grossa, 2012.	19
Tabela 2. Resumo da análise da variância para a variável altura de planta em V_5 (APV ₅), V_9 (APV ₉) e R_1 (APR ₁) em função de híbridos de milho e doses de N aplicadas em cobertura. Ponta Grossa, 2012	24
Tabela 3. Altura de planta em híbridos de milho nos estádios fenológicos V_5 (APV ₅), V_9 (APV ₉) e R_1 (APR ₁). Ponta Grossa, 2012	25
Tabela 4. Resumo da análise da variância para as variáveis altura de inserção da espiga primária (AIEP) e identificação da folha da espiga primária (IFEP) em função de híbridos de milho e doses de N aplicadas em cobertura. Ponta Grossa, 2012	27
Tabela 5. Altura de inserção da espiga primária (AIEP) e identificação da folha da espiga primária (IFEP) em função de híbridos de milho. Ponta Grossa, 2012	28
Tabela 6. Resumo da análise da variância para a variável diâmetro de colmo em V_9 (DCV ₉) e R_1 (DCR ₁) em função de híbridos de milho e doses de N aplicadas em cobertura. Ponta Grossa, 2012	29
Tabela 7. Diâmetro de colmo nos estádios fenológicos V_9 (DCV ₉) e R_1 (DCR ₁) em função de híbridos de milho. Ponta Grossa, 2012	30
Tabela 8. Resumo da análise da variância para as variáveis número de folhas fotossinteticamente ativas em V_5 (NFFAV ₅), V_9 (NFFAV ₉) e R_1 (NFFAR ₁) e número de folhas totais expandidas em R_1 (NFTER ₁) em função de híbridos de milho e doses de N aplicadas em cobertura. Ponta Grossa, 2012	32
Tabela 9. Número de folhas fotossinteticamente ativas por planta em função de híbridos de milho nos estádios fenológicos V_5 (NFFAV ₅) e R_1 (NFFAR ₁) e número de folhas totais expandidas em R_1 (NFTER ₁). Ponta Grossa, 2012	32
Tabela 10. Resumo da análise da variância para a variável população de plantas inicial (PPI) e final (PPF) em função de híbridos de milho e doses de N aplicadas em cobertura. Ponta Grossa, 2012	35
Tabela 11. Resumo da análise da variância para as variáveis número de fileiras de grãos por espiga (NFG), número de grãos por fileira (NGF), comprimento de espiga (CE), diâmetro de espiga (DE) e massa de 1.000 grãos (MMG) em função de híbridos de milho e doses de N aplicadas em cobertura. Ponta Grossa, 2012	36
Tabela 12. Número de fileiras de grãos por espiga (NFG), diâmetro de espiga (DE) e massa de 1.000 grãos (MMG) em função de híbridos de milho. Ponta Grossa, 2012	37
Tabela 13. Resumo da análise da variância para as variáveis fitomassa seca da parte aérea por planta (FSPA), fitomassa seca de grãos por espiga (FSGE) e fitomassa seca total da parte aérea por planta (FSTPA) em função de híbridos	

de milho e doses de N aplicadas em cobertura. Ponta Grossa, 2012	42
Tabela 14. Fitomassa seca da parte aérea por planta (FSPA) em função de híbridos de milho. Ponta Grossa, 2012	43
Tabela 15. Resumo da análise da variância para as variáveis índice de colheita (IC) e produtividade de grãos em função de híbridos de milho e doses de N aplicadas em cobertura. Ponta Grossa, 2012	45
Tabela 16. Índice de colheita (IC) e produtividade de grãos em função de híbridos de milho. Ponta Grossa, 2012	45
Tabela 17. Resumo da análise da variância para as variáveis índice relativo de clorofila na folha 03 em V_4 ($IRCF_{03}V_4$), na folha 03 em V_5 ($IRCF_{03}V_5$), na folha 05 em V_5 ($IRCF_{05}V_5$) e na folha 05 em V_7 ($IRCF_{05}V_7$) em função de híbridos de milho e doses de N aplicadas em cobertura. Ponta Grossa, 2012	48
Tabela 18. Índice relativo de clorofila na folha 03 no estágio fenológico V_4 ($IRCF_{03}V_4$). Ponta Grossa, 2012	49
Tabela 19. Resumo da análise da variância para as variáveis índice relativo de clorofila na folha 05 em V_9 ($IRCF_{05}V_9$), na folha 07 em V_7 ($IRCF_{07}V_7$), na folha 07 em V_9 ($IRCF_{07}V_9$) e na folha 09 em V_9 ($IRCF_{09}V_9$) em função de híbridos de milho e doses de N aplicadas em cobertura. Ponta Grossa, 2012	52
Tabela 20. Índice relativo de clorofila na folha 05 no estágio fenológico V_9 ($IRCF_{05}V_9$). Ponta Grossa, 2012	52
Tabela 21. Resumo da análise da variância para as variáveis índice relativo de clorofila na folha 09 no emborrachamento ($IRCF_{09}EMB$), na folha 11 no pendoamento ($IRCF_{11}VT$), na folha 11 em R_1 ($IRCF_{11}R_1$) e na folha 13 em R_2 ($IRCF_{13}R_2$) em função de híbridos de milho e doses de N aplicadas em cobertura. Ponta Grossa, 2012	56
Tabela 22. Resumo da análise da variância para as variáveis índice relativo de clorofila na folha 13 em R_3 ($IRCF_{13}R_3$), na folha 15 em R_2 ($IRCF_{15}R_2$), na folha 15 em R_3 ($IRCF_{15}R_3$) e teor de N foliar na folha-índice (N foliar) determinado no estágio fenológico R_1 em função de híbridos de milho e doses de N aplicadas em cobertura. Ponta Grossa, 2012	60
Tabela 23. Índice relativo de clorofila na folha 13 no estágio fenológico R_3 ($IRCF_{13}R_3$). Ponta Grossa, 2012	60
Tabela 24. Coeficientes de correlação das leituras do índice relativo de clorofila (IRC) em diferentes folhas e estádios fenológicos com o teor de N foliar determinado na folha-índice no estágio fenológico R_1 e com a produtividade. Ponta Grossa, 2012	66

SUMÁRIO

	Página
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Cultura do Milho	3
2.2 Potencial produtivo do milho	4
2.3 Fisiologia da planta de milho	6
2.4 Nitrogênio	7
2.4.1 Origem	7
2.4.2 Importância e Funções	8
2.4.3 Disponibilidade de N	9
2.4.4 Efeito do N sobre a cultura do milho	10
2.5 Relação Clorofila e Nitrogênio	13
3 MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1 Localização e caracterização experimental	17
3.2 Tratamentos e delineamento experimental	19
3.3 Condução experimental	19
3.4 Variáveis avaliadas	20
3.5 Análises estatísticas	23
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4.1 Variáveis referentes à fase vegetativa	24
4.1.1 Altura de planta de milho	24
4.1.2 Altura de inserção e identificação da folha da espiga primária	27
4.1.3 Diâmetro de colmo	29
4.1.4 Número de folhas fotossinteticamente ativas por planta	31
4.2 População de plantas	34
4.3 Componentes da produtividade	36
4.4 Fitomassa seca	41
4.5 Índice de colheita e produtividade	44
4.6 Leituras do índice relativo de clorofila	48
4.7 Teor de nitrogênio foliar	64
5 CONCLUSÕES	67
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
APÊNDICES	78

1 INTRODUÇÃO

Entre os cereais de importância econômica, o milho é o que apresenta maior potencial de produção de fitomassa. Sua elevada capacidade de produção de fitomassa seca, da semeadura até a maturidade fisiológica, deve-se à dimensão do seu aparato fotossintético, podendo a planta de milho alcançar área foliar de 6.000 a 9.000 cm² de folhas fisiologicamente ativas na floração, e à alta eficiência da espécie em converter energia luminosa em energia química, decorrente do mecanismo C₄ de fixação de CO₂ (SANGOI et al., 2007a).

O elevado potencial produtivo da cultura do milho é altamente dependente dos nutrientes essenciais, dentre eles, o nitrogênio (N) é o exigido em maior quantidade, proporcionando elevados incrementos na produtividade. A quantidade de N absorvida pelo milho para atingir produtividade máxima, segundo Amado e Mielniczuk (2000) corresponde a 0,9% de N na fitomassa seca da parte aérea, enquanto para Subedi e Ma (2005) é de 1,17%, ou ainda, de acordo com Hiroce, Furlani e Lima (1989) para cada tonelada de grãos, o milho exige cerca de 28 kg de N, demonstrando alta exigência da cultura pelo nutriente.

O nível de complexidade e importância do N na cultura do milho é elevado, principalmente se considerarmos que são necessárias muitas informações adicionais para aumentar sua eficiência. Uma das alternativas para aumentar a eficiência de uso do N é sincronizar a aplicação com a necessidade da planta. De acordo com Rambo et al. (2007) e Holland e Schepers (2010) é possível manejar o N em cobertura no sincronismo desejado, aumentando sua eficiência de uso através de aplicações em função da necessidade da planta, a qual pode ser identificada através do índice relativo de clorofila (IRC) mensurado na folha através de clorofilômetro em diferentes estádios fenológicos.

O IRC correlaciona-se positivamente com os teores de clorofila e de N extraível da planta, bem como, com a produtividade das culturas. O uso do medidor eletrônico de clorofila torna possível obter valores de referência de maneira não destrutiva, em diferentes estádios fenológicos da planta de milho, possibilitando monitorar e adequar o N quando necessário (ARGENTA et al., 2001).

Devido à variabilidade edafoclimática e de manejo existente nos ambientes de produção, torna-se de fundamental importância o desenvolvimento de pesquisas regionalizadas, visando obter dados correlacionados entre leitura do índice relativo de clorofila e o potencial produtivo de híbridos de milho. Em razão do exposto, o objetivo principal deste trabalho foi determinar o índice relativo de clorofila, em diferentes folhas e estádios fenológicos, visando diagnosticar o estado de N em híbridos de milho em função de doses de N aplicadas em cobertura, correlacionando-os com o teor de N foliar e com a produtividade. Além deste, objetivou-se estudar o efeito de doses de N aplicadas em cobertura em híbridos de milho sobre variáveis do crescimento e desenvolvimento da planta de milho no município de Guarapuava/PR.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cultura do Milho

O milho é a planta cultivada mais importante com origem nas Américas. Há indicações de que sua origem tenha sido no México, América Central ou Sudoeste dos Estados Unidos. Escavações arqueológicas e geológicas, demonstram que o milho é uma das culturas mais antigas do mundo, indicando que seu cultivo ocorra há pelo menos 5.000 anos. Logo depois do descobrimento da América, foi levado para a Europa, onde era cultivado em jardins, até seu valor alimentício tornar-se conhecido. Passou então, a ser cultivado em escala comercial e espalhou-se desde a latitude 40°S até 58°N (GOODMAN, 1978).

A importância econômica do milho é caracterizada pela diversidade em sua utilização, que vai desde a alimentação animal até a indústria de alta tecnologia. O uso do milho em grão na alimentação animal representa a maior parte do consumo desse cereal, cerca de 70% a nível mundial, além de ser a principal matéria prima utilizada na produção de ração para a avicultura e suinocultura, os quais são setores extremamente importantes, tanto no âmbito mundial, como nacional. Mais recentemente o milho vem ganhando mercado na produção de etanol, destacando-se os Estados Unidos onde a demanda estimada de milho para essa finalidade de uso é de 33% da sua produção (SEAB, 2010).

O milho é o cereal mais cultivado no mundo, apresentando nas últimas décadas expressivo aumento na produção, passando de 452,8 milhões de toneladas obtidas nos últimos anos da década de 80 (SEAB, 2010), para uma produção mundial em grãos na safra 2010/2011 de 815,35 milhões de toneladas. Os Estados Unidos destaca-se como o maior produtor (38,7%), seguido da China (20,6%), União Européia (6,8%), Brasil (6,7%), Sudeste da Ásia (2,8%), Argentina (2,7%), México (2,6%), África do Sul (1,5%), Paraguai (0,2%) e outros países com 17,4% (USDA, 2011).

A área plantada no Brasil na safra 2010/2011, considerando a 1ª e 2ª safra totaliza 13,47 milhões de hectares estando entre os maiores produtores mundiais, com produtividade média de 4.156 kg ha⁻¹. No estado do Paraná, o milho na safra 2010/2011 ocupou 756 mil hectares para a

1ª safra com produtividade média de 7.749 kg ha⁻¹, enquanto para a 2ª safra a área foi de 1,66 milhão de hectares e produtividade média de 4.000 kg ha⁻¹. Ambas as safras colocam o estado do Paraná entre os principais produtores, representando cerca de 17,9% da área plantada no Brasil (CONAB, 2011).

Na safra 2010/2011 a região de Guarapuava/PR, que abrange os municípios de Guarapuava, Pinhão, Reserva do Iguaçu, Foz do Jordão, Cândói, Cantagalo, Goioxim, Campina do Simão, Turvo, Palmital, Laranjal e Prudentópolis cultivou 95.500 ha com milho, apresentando produtividade média de 6.900 kg ha⁻¹. No município de Guarapuava o milho ocupou uma área de 22.500 ha com produtividade média de 9.000 kg ha⁻¹ (SEAB, 2011). Dentro da área de abrangência da Cooperativa Agrária Agroindustrial a produtividade média da cultura do milho na safra 2010/2011 foi de 11.354 kg ha⁻¹, destacando-se, a nível de propriedade, ocorrência de produtividades médias acima de 12.000 kg ha⁻¹ (AGRÁRIA, 2011).

Outra importância da cultura do milho, além do potencial produtivo diferenciado para a região, consta de sua participação no ciclo de rotação de culturas no sistema de plantio direto, em especial para a cultura da soja, contribuindo de maneira significativa para a obtenção de maiores produtividades, sendo em parte devido a maior extração de fósforo no sistema soja/milho, comparativamente a monocultura de soja (MARCELO et al., 2009).

2.2 Potencial produtivo do milho

A expressão do potencial produtivo de grãos do milho em cada ambiente depende principalmente de quatro fatores: da quantidade de radiação incidente, da eficiência de interceptação da radiação incidente, da eficiência de conversão da radiação interceptada em fitomassa vegetal e da eficiência de partição de fotoassimilados à estrutura de interesse econômico (ANDRADE, UHART e ARGUISSAIN, 1991).

O potencial produtivo do milho começa a ser definido precocemente, ou seja, por ocasião da 6ª folha, esta etapa é denominada de diferenciação floral, a qual coincide com o término da fase de diferenciação das folhas (RITCHIE, HANWAY e BENSON, 2003). Portanto, nessa etapa já estará definida a área foliar potencial que a planta irá apresentar. A primeira gema axilar que muda do estado vegetativo para o estado reprodutivo é a gema superior, isto é, aquela posicionada entre a 5ª e a 7ª folha abaixo do pendão (DWYER et al., 1992). No milho, podem ser encontradas até sete gemas em diferenciação floral, porém nunca acima daquela que primeiro se diferenciou, ou seja, a gema superior na qual ocorrerá o desenvolvimento e formação da espiga primária (FISCHER e PALMER, 1984).

A definição do número de fileiras de grãos por espiga ocorrerá entre o período correspondente à emissão da 9ª e 12ª folha completamente expandida, enquanto a definição do número de grãos por fileira pode se estender até a 15ª folha, ou seja, estágio fenológico V₁₅, limite fenológico para determinação do potencial produtivo (RITCHIE, HANWAY e BENSON, 2003). Os intervalos de tempo específicos entre os estádios fenológicos e o número total de folhas podem variar entre híbridos, épocas de semeadura e regiões de cultivo (SANGOI et al., 2007a).

A produtividade de grãos de uma cultura pode ser definida como sendo o produto do rendimento biológico e índice de colheita. O rendimento biológico é comumente determinado pela fitomassa seca da planta (ou da parte aérea), perfazendo medida integrada dos efeitos combinados da fotossíntese e respiração durante a fase de crescimento. A fotossíntese, por sua vez, é dependente da extensão da área foliar e da permanência das folhas em plena atividade (FANCELLI e DOURADO NETO, 2000). O índice de colheita, que constitui a fração da massa seca de grãos produzidos em relação à fitomassa seca total da parte aérea da planta, identifica a habilidade de um híbrido em combinar elevada capacidade de produção total e de destinar a fitomassa seca acumulada aos grãos. Subedi e Ma (2005) obtiveram em três híbridos de milho analisados sob condições de ambiente e nutrição controladas índices de colheita variando de 0,46 a 0,54.

O valor máximo do índice de colheita para a cultura do milho encontra-se próximo de 0,60, de acordo com os trabalhos de Raun, Sanders e Olson (1989), Voorshees et al. (1989) e Sharma-Natu e Ghildiyal (2005). Além disso, o potencial produtivo do milho será maior quanto maior for a produção de fitomassa seca da parte aérea, o que foi demonstrado no trabalho de Cui et al. (2009) ao analisarem a resposta de um híbrido de milho em dois anos, uma vez que, no primeiro ano a fitomassa seca da parte aérea foi de 12.800 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, ou seja, menor, obtendo-se para estas produtividades, índices de colheita de 0,42 e 0,47, respectivamente.

Na avaliação de Echarte e Andrade (2003), híbridos simples de milho apresentaram maior estabilidade do índice de colheita independentemente da quantidade de fitomassa seca total da parte aérea ou, da produtividade de grãos por planta. De acordo com estes autores, quando do aumento de 100 a 200 g por planta na fitomassa seca total da parte aérea, o número de grãos por espiga será proporcionalmente mais importante que a massa de 1.000 grãos na produtividade de

grãos, no entanto, quando do incremento de 200 a 300 g na fitomassa seca total da parte aérea ambos os componentes da produtividade serão importantes.

A caracterização do crescimento, em termos de como a fitomassa 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 fitomassa seca e dividi-la entre os componentes da produtividade e outras partes da planta, o índice de colheita, segundo Durães, Magalhães e Oliveira (2002), não deve ser utilizado isoladamente para caracterizar o potencial produtivo dos híbridos de milho.

2.3 Fisiologia da planta de milho

O milho (*Zea mays* L.) pertence à família Poaceae, com mecanismo C₄ de fixação de carbono. Esta característica, associada à sua área foliar, faz com que a planta de milho apresente maior potencial de utilização da radiação solar para a conversão do carbono mineral em carbono orgânico, com posterior acúmulo nos grãos. De acordo com Sangoi et al. (2007a), o aproveitamento da radiação solar pela cultura do milho é maximizado quando as fases de pré-floração, floração e início de enchimento de grãos coincidem com o período de maior disponibilidade de radiação solar.

Elevados tetos produtivos com essa cultura podem ser alcançados com o aumento da duração do período de interceptação da radiação incidente, de forma a propiciar crescimento equilibrado de raízes, folhas, colmos e estruturas reprodutivas, minimizando os custos respiratórios para manter o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo (FANCELLI e DOURADO NETO, 2000).

A eficiência de conversão da radiação solar é afetada pela temperatura diurna e noturna no período, bem como pela amplitude térmica. Assim, temperaturas diurnas relativamente elevadas (28-32°C) possibilitam altas taxas fotossintéticas, ao passo que, temperaturas noturnas amenas (16-18°C) promovem baixas taxas respiratórias, reduzindo o consumo e maximizando o acúmulo de fitomassa. A produtividade do milho, correlaciona-se positivamente com a radiação incidente média diária e com a amplitude térmica, porém negativamente com a temperatura média do período (ANDRADE, 1992).

O milho consome grande quantidade de água durante o ciclo de desenvolvimento, o que se deve à alta produção de fitomassa seca e ao fato de ser cultivado principalmente nos meses de primavera-verão, período de alta demanda evaporativa da atmosfera. A evapotranspiração máxima do milho (ET_m) na fase vegetativa varia de 2,5 a 4,5 mm dia⁻¹,

dependendo da época de semeadura e da região de cultivo. Os maiores valores da ETm são verificados entre o período de pendramento e espigamento, oscilando entre 6,0 e 8,0 mm dia⁻¹, onde a cultura apresenta maior área foliar, maior atividade fotossintética e, com isso, maior transpiração. Durante a fase de enchimento de grãos, a ETm vai gradativamente diminuindo, oscilando entre 3,5 e 5,0 mm dia⁻¹, principalmente pelo declínio da atividade fotossintética da folha, consequência da redução da área foliar fotossinteticamente ativa provocada pela senescência das folhas e pela diminuição da demanda evaporativa da atmosfera (MATZENAUER et al., 1998).

Assim, para que as exigências da planta de milho sejam atendidas e, associado ao fato de que o milho apresenta acentuada sensibilidade a estresses de natureza biótica e abiótica, que aliados a sua pequena plasticidade foliar, reduzida prolificidade e baixa capacidade de compensação efetiva, seu cultivo necessita ser rigorosamente planejado e criteriosamente manejado, visando à manifestação do máximo potencial produtivo (ANDRADE, 1995).

2.4 Nitrogênio

2.4.1 Origem

A fonte primária de N para o solo é a atmosfera, uma vez que, dos gases atmosféricos aproximadamente 78% é N₂. Na maior parte, esse grande reservatório de N não está diretamente disponível para os organismos vivos. A obtenção de N da atmosfera requer a quebra de uma ligação tripla covalente de grande estabilidade, entre os dois átomos de N para produzir amônia (NH₃) ou nitrato (NO₃⁻). Tais reações, conhecidas como fixação do N, podem ser realizadas por processo industrial ou por processo natural (TAIZ e ZEIGER, 2009).

No solo, somente 5% do N está na forma mineral (iônica), a qual é diretamente disponível para as plantas, na forma de nitrato (NO₃⁻) e amônio (NH₄⁺), e em torno de 95% do N está na forma orgânica, sendo parte mineralizada anualmente através da atividade microbiana (CAMARGO, GIANELLO e VIDOR, 1999). O N mineralizado do solo raramente é suficiente para atender a necessidade da cultura do milho, além de ser lentamente liberado durante o ano (AMADO e MIELNICZUK, 2000).

O trabalho de Weber e Mielniczuk (2009) realizado em 22 anos de uso de diferentes sistemas de rotação de culturas em plantio direto sobre o balanço de N, demonstrou que a inclusão de Fabaceae no sistema promove maiores acúmulos de N total no solo em relação a sistemas constituídos apenas por Poaceae e, também, quando da adubação nitrogenada.

2.4.2 Importância e Funções

O N é o nutriente exigido em maior quantidade pela cultura do milho, sendo o que mais frequentemente limita a produtividade da cultura. De acordo com Doerge (2005), a importância e complexidade do manejo do N podem ser caracterizadas através da necessidade de uso do N para a expressão do elevado potencial produtivo que a cultura apresenta, em doses que podem variar significativamente de um ano para outro para a mesma região e condições de manejo da cultura, além da resposta diferenciada a doses de N no próprio ano de cultivo para a mesma área. A aplicação de doses entre 130 e 300 kg ha⁻¹ de N em cobertura, segundo Fontoura e Bayer (2009), pode levar a cultura do milho a apresentar produtividades variando de 12.000 a 14.000 kg ha⁻¹, a depender de fatores relacionados ao solo, destacando-se a matéria orgânica (MO), cultura antecessora, além de fatores climáticos.

O comportamento e a dinâmica do N no solo ou no ambiente é complexo, cujas transformações envolvem reações de natureza química e biológica. O potencial de perdas do N tanto por lixiviação na forma de nitrato (NO₃⁻) (ALCÂNTARA e CAMARGO, 2010), quanto por volatilização de amônia (NH₃) (FONTOURA e BAYER, 2010; ROJAS et al., 2012), podem resultar em baixa eficiência de uso do N, ou ainda, variações no aproveitamento pela planta de milho em torno de 39% a 52% do N aplicado (DUETE et al., 2008).

Ainda sobre a importância da eficiência de uso do N, o trabalho realizado por Sangoi, Ernani e Silva (2007b) avaliando a aplicação de N em diferentes estádios fenológicos e em diferentes anos, demonstrou que a eficiência do N aplicado variou de 13,9 a 38,8 kg de milho produzido por kg de N aplicado, sendo maior quando o N foi aplicado no estágio fenológico V₅. A importância do N se deve às suas funções, pois faz parte de muitos componentes da célula vegetal, incluindo aminoácidos, proteínas, dinucleotídeos e ácidos nucleicos, além de sua função como integrante da molécula de clorofila (BÜLL, 1993; TAIZ e ZEIGER, 2009).

A maior parte do N da folha é investida no ciclo de redução das pentoses e em proteínas constituintes do tilacóide, sendo direcionada ao aparato fotossintético. O teor de clorofila e de RUBISCO (ribulose 1,5 bifosfato carboxilase/oxigenase) elevam-se proporcionalmente com o aumento de N na folha. Há, também, evidências que indicam proporcionalidade entre a parcela máxima de CO₂ assimilada por unidade de área foliar e o montante de N por unidade de área foliar (EVANS, 1989a; MAE, 1997).

Em geral, o N envolvido na fotossíntese pode ser dividido em duas partes. Primeiramente, as proteínas solúveis, dentre elas as enzimas, anidrase carbônica, fosfoenolpiruvato carboxilase (PEPcase), enzimas dos cloroplastos, RUBISCO, ou seja, do ciclo de Calvin e Benson, enzimas

respiratórias das mitocôndrias, peroxissomos e ribossomos, que complementam as proteínas solúveis da folha. A segunda parte é constituída pelas proteínas das membranas dos tilacóides, que contém complexos de proteínas, pigmentos e componentes da cadeia de transporte de elétrons. A divisão em proteína solúvel e dos tilacóides torna-se conveniente, uma vez que, representa as reações bioquímicas e fotoquímicas da fotossíntese, respectivamente. A maior parte do N dos tilacóides (60 a 85%) é encontrada nos pigmentos e complexos do centro de reação, enquanto que a RUBISCO pode conter até 30% do N total da folha (EVANS, 1989a; EVANS, 1989b; TAIZ e ZEIGER, 2009).

2.4.3 Disponibilidade de N

O sistema de plantio direto favorece o balanço positivo entre a adição e a decomposição da MO no solo, permitindo o aumento da população e atividade de microrganismos e, com isso a ciclagem de nutrientes, principalmente o N, aumentando a disponibilidade de N às plantas e, dessa forma, caracterizando a importância de um estado de equilíbrio de MO em solo sob plantio direto, especialmente para o manejo da adubação nitrogenada (CERETTA e SILVEIRA, 2002).

A disponibilidade de N no solo é facultada principalmente pela mineralização e imobilização de N, dois processos opostos e simultâneos que ocorrem durante a decomposição de resíduos orgânicos e da MO pela população microbiana heterotrófica do solo. O ciclo do N no solo que envolve os processos de mineralização e imobilização é complexo, uma vez que a fonte de carbono é uma mistura heterogênea, variando desde resíduos culturais recentemente adicionados ao solo até substâncias húmicas (AITA e GIACOMINI, 2007).

A mineralização potencial e a taxa de mineralização constante de N, segundo Mahmoudjafari et al. (1997), dependem do teor de água e da temperatura do solo, e estes fatores podem estar relacionados com a posição geográfica, assim, a mineralização do N e, consequentemente sua disponibilização pode variar espacialmente independentemente do teor de MO.

A disponibilidade de N avaliada por Schmidt et al. (2002) em diferentes anos em solos de três locais com variação no teor de MO, apresentou em apenas um ano e em um local, interação entre doses de N e teor de MO, sendo que a menor produtividade (9.300 kg ha^{-1}) ocorreu quando da não aplicação de N na zona com menor teor de MO (17 g kg^{-1}) e para a zona com maior teor de MO (29 g kg^{-1}) a produtividade foi de $12.500 \text{ kg ha}^{-1}$. Entretanto, Klapwyk e Ketterings (2006) obtiveram, quando da análise conjunta da fração de N orgânico do solo na forma de amino açúcar ou, N potencialmente mineralizável com teor de MO, relação positiva com a

disponibilidade de N, devendo ser considerada quando da definição da necessidade adicional de N a ser aplicada na cultura do milho.

Devido à necessidade de adubação nitrogenada, o conhecimento sobre o aproveitamento ou recuperação do N do fertilizante pela planta de milho também assume importância. Nesse sentido, de acordo com Liang e Mackenzie (1994) a recuperação do N na dose de 170 kg ha⁻¹ em dois anos analisados através da fitomassa seca total da parte aérea do milho foi de 30,2 e 57,8%, e na dose de 400 kg ha⁻¹ foi de 22,7 e 39,8%, respectivamente, sendo 300 kg ha⁻¹ a dose de máxima eficiência, possibilitando à cultura alcançar produtividades de 17.000 e 11.870 kg ha⁻¹ para um solo com 18 g kg⁻¹ de carbono (C). Avaliando o efeito residual do N, estes autores observaram que no ano seguinte à sua aplicação as taxas de recuperação de N foram de 1,7 e 4,0%, respectivamente para as doses de 170 e 400 kg ha⁻¹ no solo com 18 g kg⁻¹ de C, enquanto para o solo com 32 g kg⁻¹ de C as taxas de recuperação foram de 1,5 e 4,2%, para as mesmas doses.

Analizando o efeito da atividade microbiana sobre a disponibilidade de N, Cabezas et al. (2005) determinaram que a imobilização do N aplicado na forma de uréia em cobertura no estágio fenológico V₅ a V₆, na dose de 80 kg ha⁻¹, incorporada, em sucessão à aveia preta em sistema de plantio direto foi de 9,9 e 7,9 kg ha⁻¹ nos estádios V₁₁ a V₁₂ e florescimento, respectivamente, sendo recuperados pelo milho 42% do N aplicado, com produtividade de 6.920 kg ha⁻¹.

No sistema de plantio direto de acordo com Vargas, Selbach e Sá (2005) a imobilização microbiana do N foi maior em relação ao sistema convencional, reduzindo a quantidade de N mineral no solo, resultando em menor acúmulo de N na parte aérea do milho ao final do ciclo. De acordo com os autores, a quantidade de N imobilizada na fitomassa microbiana permaneceu elevada até o final do ciclo da cultura, no entanto, o nível mais elevado de C disponível para a microbiota no plantio direto possibilitou maior imobilização do N, bem como, o acúmulo gradual em formas orgânicas, aumentando a capacidade de suprimento deste nutriente ao longo do tempo.

2.4.4 Efeito do N sobre a cultura do milho

A produtividade do milho é obtida basicamente em função dos seguintes componentes: número de espigas por unidade de área, número de fileiras de grãos por espiga, número de grãos por fileira e massa de 1.000 grãos. O número de espigas por área é o componente da produtividade que está diretamente relacionado com a população de plantas na colheita (RIGON et al., 2010; ALVIM et al., 2010).

O efeito do N sobre a planta de milho pode influenciar a produtividade em diferentes estádios fenológicos e, a depender do estágio fenológico, a produtividade será afetada em maior ou menor intensidade. Nesse sentido, a análise de três híbridos realizada por Subedi e Ma (2005) mostrou que a restrição de N durante a diferenciação da espiga, antes do estágio fenológico V_8 , causa redução irreversível do tamanho de espiga, do número de grãos por espiga e da produtividade de grãos (30%) e que, a restrição de N após V_8 reduz a absorção de N (53%) e a produtividade de grãos (22%), todavia, a restrição de N do florescimento até a maturidade fisiológica não causa redução da produtividade de grãos.

No trabalho realizado por Silva et al. (2005b), o aumento da dose de N aplicada incrementou o número de fileiras de grãos por espiga e o número de grãos por fileira, atingindo máxima eficiência técnica com as doses de 162 e 154 kg ha⁻¹ de N, respectivamente, enquanto que para a massa de 1.000 grãos houve efeito linear em relação às doses testadas, não apresentando efeito da época de aplicação de N até o estágio V_{10} . Na avaliação de Rigon et al. (2010) o número de fileiras de grãos por espiga não foi influenciado pelas doses de N, enquanto o número de grãos por fileira e a massa de 1.000 grãos responderam até a dose de 112 kg ha⁻¹ de N total.

A resposta do milho à aplicação de N pode ser observada em diferentes épocas de aplicação, ou seja, quando da aplicação de N na semeadura ou parte da dose na base e o restante em cobertura. Nesse contexto, analisando apenas a resposta do milho ao N utilizado na semeadura em sistema de plantio direto, Argenta e Silva (1999) observaram influência de diversos fatores, destacando-se a disponibilidade inicial de N no solo, o sistema de rotação de culturas, tempo de adoção do sistema de plantio direto, relação C/N dos resíduos das culturas antecessoras, temperatura, pH, disponibilidade de oxigênio no solo, precipitação pluviométrica, além do teor de MO. A influência desses fatores na resposta do milho ao uso de N na semeadura para atender a demanda inicial da cultura, mostra a importância do ambiente em que a cultura é manejada.

Através da análise de 61 experimentos relacionados com a adubação nitrogenada na cultura do milho num período de 13 anos, envolvendo fatores como doses de N, plantas de cobertura, população de plantas, híbridos, fontes e época de aplicação de N, realizados nos municípios de Guarapuava, Cândói, Pinhão e Teixeira Soares no estado do Paraná em sistema de plantio direto, Fontoura e Bayer (2009) concluíram que as doses de N em cobertura, para obtenção de produtividades de grãos acima de 12.000 kg ha⁻¹ para a cultura milho podem variar em função dos teores de MO e da cultura antecessora. Num solo com teor de MO na faixa média (41-60 g kg⁻¹), a dose de N indicada é de 260 kg ha⁻¹ quando semeado após poáceas, 210 kg ha⁻¹ quando

em sucessão a um consórcio poácea-fabácea ou nabo forrageiro, e de 160 kg ha⁻¹ posterior à semeadura de fabáceas com alta produção de fitomassa seca.

Na avaliação de Ferreira et al. (2009), híbridos de milho apresentaram resposta diferenciada quanto à produtividade, quando submetidos a diferentes doses de N. Uma vez que, o trabalho dos referidos autores demonstrou com o tratamento sem N produtividade de 8.365 kg ha⁻¹ e, com a adição de 60 e 120 kg de N ha⁻¹ a produtividade aumentou para 9.677 e 10.405 kg ha⁻¹, respectivamente. Os teores de N estimados para a folha abaixo e oposta à espiga (folha-índice) quando da dose 120 kg de N ha⁻¹ para três híbridos foram 23,3; 25,8 e 27,8 g kg⁻¹ em área sob plantio direto há 18 anos.

A produtividade de grãos e o total de N acumulado na fitomassa seca da parte aérea do milho, determinados no estágio de pendramento por Araújo, Ferreira e Cruz (2004), aumentaram com o incremento das doses de N aplicadas em cobertura, todavia, a dose de 240 kg de N ha⁻¹ correspondeu à produtividade de 11.203 kg ha⁻¹.

Para Andrioli et al. (2008) o manejo do N em cobertura com aplicação no estágio fenológico V₈ em sistema plantio direto e convencional, nas doses de 97 e 120 kg de N ha⁻¹ possibilitaram a cultura do milho alcançar produtividades de 7.259 e 7.234 kg ha⁻¹, respectivamente. Todavia, Rambo et al. (2008) obtiveram quando da aplicação de N no estágio fenológico V₆ em sistema de plantio direto, respostas diferentes nos dois anos analisados, determinando como doses ótimas 224 e 300 kg ha⁻¹, correspondendo a produtividades de 10.620 e 10.390 kg ha⁻¹, respectivamente.

Analisando a resposta da cultura do milho quanto à época de aplicação de N, Gomes et al. (2007), observaram que a produtividade do milho não foi afetada pelas diferentes épocas de aplicação de N, contudo, a dose de 150 kg de N ha⁻¹ correspondeu à produtividade de 7.012 kg ha⁻¹ correlacionando-se positivamente com o teor de N nas folhas. Da Ros et al. (2003) também observaram que as épocas de aplicação de N não influenciaram a produtividade, entretanto, a dose de 90 kg de N ha⁻¹ refletiu numa produtividade de 6.351 kg ha⁻¹ e, quando da não aplicação de N a produtividade foi de 4.654 kg ha⁻¹.

De acordo com Duete et al. (2008) o parcelamento da aplicação de N, sendo 15 kg ha⁻¹ na semeadura, 60 kg ha⁻¹ em V₄ e mais 60 kg ha⁻¹ em V₈ proporcionou à cultura maior produtividade (8.150 kg ha⁻¹), correspondendo a um índice de colheita de 0,51 e maior aproveitamento do N proveniente do fertilizante (52%).

Segundo Mai et al. (2003), a aplicação de N em pré-semeadura do milho proporcionou maior teor de N no solo no início do desenvolvimento da cultura, no entanto, as maiores

produtividades alcançadas pela cultura ocorreram com a aplicação em cobertura. Na avaliação de Rigon et al. (2010), a aplicação de N em cobertura possibilitou à cultura alcançar maior produtividade ($12.590 \text{ kg ha}^{-1}$). Silva et al. (2005a) observaram que a incorporação total do N na semeadura (120 kg ha^{-1}) ou 30 kg ha^{-1} na semeadura mais 90 kg ha^{-1} em cobertura, proporcionaram à cultura as maiores produtividades (6.688 e 6.604 kg ha^{-1} , respectivamente).

2.5 Relação Clorofila e Nitrogênio

A existência da relação entre clorofila e N pode ser caracterizada através do trabalho realizado por Carvalho (2005), no qual plantas de milho supridas com fontes exógenas de N apresentaram altura de planta, número de folhas por planta, área foliar e fitomassa seca de folha, raiz e total, significativamente superior àquelas que não receberam N, independentemente da fonte nitrogenada fornecida. Ainda segundo o autor, com a adição de N o teor de pigmentos fotossintéticos, proteína, carboidratos solúveis totais e a atividade da enzima nitrato redutase foram incrementados. Resultado reforçado por França (2003), pois a disponibilização de N influenciou o índice de área foliar, o teor de N na planta, a fitomassa seca da parte aérea e a produtividade de grãos do milho.

A mensuração do teor de clorofila em folhas de milho, bem como de outras culturas, tem se demonstrado importante no estudo da resposta das plantas ao manejo da adubação nitrogenada quando se visa aumentar a eficiência fotossintética da planta, ou seja, sua produtividade (AMARANTE et al., 2010). No entanto, para se determinar o teor de clorofila pelo método tradicional necessita-se destruir o material vegetal, além disso, é um processo demorado, pois é necessário macerar o tecido em etanol, acetona ou em outro solvente orgânico para extrair a clorofila, com posterior leitura em espectrofotômetro, utilizando comprimentos de onda na região do vermelho. Por outro lado, o emprego de medidas indiretas visando estimar o teor de clorofilas, através de medidores portáteis, que utilizam princípios ópticos não destrutivos, baseados na absorbância e/ou refletância da luz pelas folhas, tornou a quantificação mais rápida e simples, não destruindo o tecido foliar, podendo ser realizada diretamente a campo (ARGENTA, SILVA e BORTOLINI, 2001; RICHARDSON, DUIGAN e BERLYN, 2002).

O teor de clorofila no tecido foliar é variável, podendo estar correlacionado com a atividade fotossintética, bem como, com os teores de proteínas solúveis e de N existente nas folhas (RAJCAN, DWYER e TOLLENAAR, 1999). Da mesma forma que o índice relativo de clorofila (IRC) obtido através do medidor eletrônico de clorofila (clorofilômetro), podendo-se com isso,

diagnosticar de maneira simples e rápida o estado de N em diversas culturas a campo (ARGENTA, SILVA e BORTOLINI, 2001).

De acordo com Argenta et al. (2001) existe correlação positiva entre o IRC determinado através do clorofilômetro e o teor de clorofila extraível, independentemente do estágio fenológico avaliado e do híbrido de milho, possibilitando substituir as determinações tradicionais do teor de clorofila. Além disso, a determinação do IRC na folha do milho através de clorofilômetros, segundo Rambo et al. (2004), pode apresentar maior aplicabilidade prática, em função da rapidez, precisão e baixo custo.

Os clorofilômetros eletrônicos apresentam sua medição com um índice adimensional, indicando que, quanto maior o índice, maior o teor de clorofila presente na folha. O que se mede é a quantidade de luz que é transmitida através da folha. A medida por transmissão (ou transmitância) tem como principal objetivo quantificar a absorção de luz em determinados comprimentos de onda. No clorofiLOG a medição do nível de transmitância de luz é feita em três comprimentos de onda, através do uso de três LEDs (diodos emissores de luz), sendo dois para análise dos teores de clorofila a (660 nm) e b (635 nm), medição próxima aos picos de cada tipo de clorofila, e um (850 nm) não influenciado pelo teor de clorofila, que serve somente para normalizar os teores de clorofila de acordo com características físicas da folha, como a espessura. A utilização de LEDs independentes para a análise de teores de clorofila a e b permite que esses sejam medidos e calculados separadamente, assim, o equipamento é capaz de calcular de modo muito mais preciso o índice relativo de clorofila na folha, pois leva em consideração no cálculo, de modo ponderado, também o teor de clorofila b. A área de medição foliar utilizada é de 9 mm², feita de forma ótica através de um sensor de luz (fotodiodo de silício) sensível a todos os comprimentos de onda emitidos pelos LEDs (FALKER, 2011).

Ao analisar a correlação entre a leitura do clorofilômetro e o teor de N na folha de milho, nos estádios V₆ a V₇, V₁₀ a V₁₁ e de espigamento, Argenta et al. (2001) constataram que as leituras correlacionaram-se positivamente com teor de N na folha nos três estádios avaliados, entretanto, apesar de significativa, a correlação foi menor no estágio V₆ a V₇ em relação aos outros dois estádios. Para Godoy (2002), também houve correlação positiva significativa entre a leitura do clorofilômetro (IRC) e o teor de N foliar para todos os estádios fenológicos avaliados a partir de V₇.

Os trabalhos realizados por Argenta et al. (2002) e Hurtado et al. (2009), demonstraram correlação positiva entre o IRC e a produtividade de milho, bem como entre o teor de N determinado na folha abaixo e oposta à espiga e a produtividade de grãos, mostrando que o IRC

na folha de milho está altamente associado com a produtividade de grãos e, que pode, substituir a determinação do teor de N na folha para diagnóstico do nível deste nutriente na planta. Argenta et al. (2002) constataram também que, com exceção do estágio V_3 a V_4 , a leitura correspondente ao IRC na folha foi o indicador mais eficiente do nível de N nos demais estádios de desenvolvimento da planta de milho.

Para Argenta et al. (2003) os IRC acima de 45,4 na 3ª folha, 52,1 na 6ª folha, 55,3 na 9ª folha totalmente expandidas e 58,0 na folha abaixo e oposta à espiga, respectivamente para os estádios fenológicos V_3 a V_4 , V_6 a V_7 , V_{10} a V_{11} e de espigamento, indicam teor adequado de N na planta, independentemente do híbrido de milho. Os IRC obtidos por Argenta et al. (2003) foram comprovados por Argenta, Silva e Sangoi (2004) como referência de altas produtividades. No entanto, esses índices podem ser variáveis, visto que no trabalho de Hurtado et al. (2010) os IRC de 50,6; 59,7 e 62,9 encontrados nos estádios fenológicos V_4 a V_5 , V_7 a V_8 e V_9 a V_{10} na cultura do milho, corresponderam a produtividade de 11.300 kg ha⁻¹. Godoy et al. (2007) identificaram para os estádios fenológicos V_4 a V_5 e V_8 a V_9 , IRC de 46,6 e 53,0 como valores adequados para alto acúmulo de fitomassa seca na parte aérea.

De acordo com Rambo et al. (2007), o monitoramento do teor de N na planta em milho com base no IRC na folha, mostrou-se eficiente na identificação de plantas deficientes ou com teor adequado de N, aumentando a eficiência no uso do N em função do sincronismo entre aplicação de N e necessidade da planta, em relação ao sistema de manejo não monitorado, quando são utilizadas altas doses deste nutriente.

Com a possibilidade de caracterizar o teor foliar de N em milho através do medidor eletrônico de clorofila, Rambo et al. (2008) verificaram que as características mais precisas para predição das doses ótimas de N, a serem aplicadas em cobertura em milho, são a fitomassa seca e o N acumulado na planta, seguidas do IRC na folha que, em razão de sua praticidade e facilidade de obtenção, apresenta maior potencial de uso.

Coelho (2010), com a aplicação de 60 kg de N ha⁻¹ no estágio fenológico V_{10} a V_{11} , após o diagnóstico do estado de N em função do IRC ou unidades SPAD (Soil Plant Analysis Development), quando obteve valor de 48,3 unidades SPAD, valor este, abaixo do considerado adequado (53 unidades SPAD) para o estágio fenológico V_{10} a V_{11} , possibilitou a cultura do milho incremento de produtividade de 1.802 kg ha⁻¹, quando comparada a não aplicação, sendo a dose de 60 kg tão eficiente quanto as doses de 120 e 180 kg de N ha⁻¹. Holland e Schepers (2010) a partir de IRC utilizando modelos matemáticos, identificaram índices de suficiência para cada estágio fenológico da cultura do milho, os quais corresponderam a uma produtividade

relativa, permitindo com isso, definir a quantidade de N a ser aplicada para obtenção de máxima produtividade.

Sob condições controladas, Subedi e Ma (2005) demonstraram que a variabilidade genética entre híbridos de milho para o teor de N foliar e IRC pode expressar-se em diferentes estádios fenológicos, ou seja, a interação entre híbridos, teor de N foliar e IRC ocorreu no estágio fenológico V₈ e quatro semanas após florescimento, enquanto para os demais estádios fenológicos avaliados, o efeito do N sobre a planta de milho não resultou em interação.

Portanto, comprova-se a eficiência do diagnóstico do estado de N em plantas de milho através do IRC, no entanto, os trabalhos revisados demonstram que, para a obtenção de IRC correspondentes ao teor de N foliar adequado, faz-se necessário o conhecimento do potencial produtivo em cada região, caracterizando diferentes híbridos de milho com avaliações do IRC em diferentes estádios fenológicos, tentando dessa forma, diagnosticar de maneira mais precisa o estado de N na planta de milho de acordo com seu potencial produtivo, uma vez que, a depender da folha e estádios fenológicos os IRC apresentam valores diferentes.

Nesse sentido, torna-se possível aumentar a eficiência de uso do N em cobertura, seja através do aumento da produtividade, ou racionalização da adubação nitrogenada em cobertura na cultura do milho, contribuindo positivamente para reduzir o impacto ambiental do N aplicado, no solo e na água, principalmente por nitrato.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização experimental

O experimento foi realizado a campo na fazenda Jordãozinho, de propriedade do Sr. Josef Stutz, latitude 25°32'733", longitude 51°28'895" e altitude de 1.126 m, na região de Entre Rios, município de Guarapuava/PR, situado no terceiro Planalto Paranaense, durante o período de 01 de outubro de 2009 a 20 de março de 2010. O clima da região, segundo a classificação de Köppen é subtropical úmido tipo Cfb, ou seja, sem estação seca e com geadas severas frequentes (PEEL, FINLAYSON e MCMAHON, 2007). A precipitação pluvial anual média histórica (período de 1976 a 2010) na região é de 1942 mm. A temperatura média é de 16,8°C, com média da temperatura máxima de 23,1°C e média mínima de 12,4°C (SIMEPAR, 2011).

Durante o período experimental as precipitações pluviométricas ficaram acima da média histórica de 35 anos, com variações de 5,1 mm para o mês de novembro a 114,7 mm em janeiro. Durante a fase vegetativa, que ocorreu nos meses de outubro e novembro, a disponibilidade hídrica média diária foi de 9,3 e 5,8 mm, respectivamente. De acordo com Matzenauer et al. (1998), as médias encontram-se acima da necessidade da cultura do milho para essa fase, no entanto, no mês de dezembro, quando do pendramento e espigamento a disponibilidade de água no solo foi adequada para a cultura, cuja média foi de 7,9 mm dia⁻¹, entretanto, quando do enchimento de grãos, meses de janeiro e fevereiro, foram registrados 10 e 6,2 mm dia⁻¹, respectivamente, acima do considerado adequado por esses autores (3,5 a 5,0 mm dia⁻¹). Quanto à temperatura, apenas o mês de novembro apresentou temperatura média das máximas superior à média histórica em 1,6°C, todavia, a temperatura média das mínimas foram inferiores nos meses de outubro, dezembro, janeiro e março e superior no mês de novembro à média histórica de 35 anos (Figura 1).

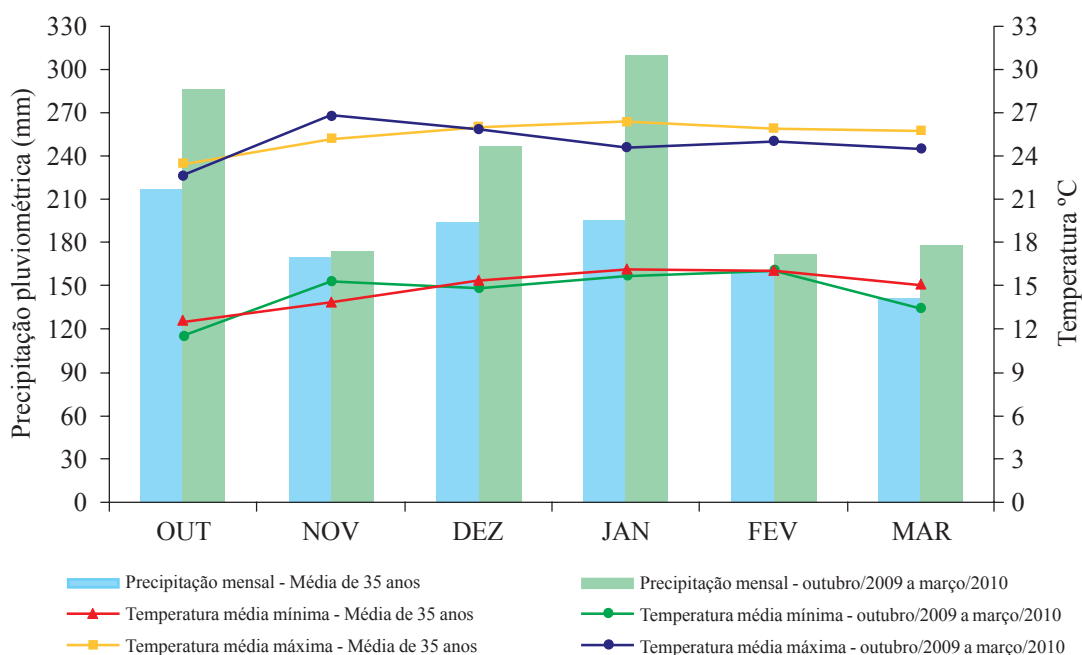


Figura 1. Dados climáticos da região de Entre Rios, Guarapuava/PR. Precipitação pluvial mensal da região (média de 35 anos) e mensal ocorrida durante o período experimental (outubro/2009 a março/2010) e temperaturas médias das máximas e das mínimas durante o período experimental e na média histórica de 35 anos (SIMEPAR, 2011). Ponta Grossa, 2012.

Sob vegetação natural, os solos da região de Guarapuava/PR, apresentam teores de matéria orgânica estável, variando de médio a alto, decorrente da textura argilosa e das temperaturas amenas (EMBRAPA, 2006). Devido à alta taxa de intemperismo, os solos da região têm como principais minerais na fração argila a caulinita, os óxidos de ferro (goethita e hematita) e de alumínio (gibsitita), o que confere características de carga variável altas aos solos, ou seja, dependentes de pH (PÖTTER e KÄMPF, 1981; CURI, KÄMPF e RESENDE, 1984).

O talhão onde foi realizado o experimento encontra-se em sistema de plantio direto contínuo (inverno e verão) nos últimos cinco anos, uma vez que, anteriormente a este período realizava-se preparo mínimo de solo para a semeadura das culturas de inverno. A rotação de culturas nos últimos anos para inverno/verão foi a seguinte: aveia cobertura/milho (2005), trigo/soja (2006), aveia cobertura/milho (2007), cevada/soja (2008) e em 2009, ano da implantação do experimento, a aveia antecedeu a cultura do milho.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Bruno, com profundidade de aproximadamente 2 m, apresentando boas condições físicas em condições naturais, alto potencial para uso agrícola, desde que corrigidas as restrições naturais de fertilidade (EMBRAPA, 2006). As características químicas são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Características químicas do solo na área experimental, classificado como Latossolo Bruno. Ponta Grossa, 2012.

Atributos	Unidades	Profundidade (cm)		
		0-10	10-20	20-40
pH em CaCl ₂		5,4	4,7	4,7
H + Al	cmol _c dm ⁻³	5,35	8,36	9,01
Al trocável	cmol _c dm ⁻³	0,0	0,3	0,4
Ca trocável	cmol _c dm ⁻³	6,9	4,0	3,1
Mg trocável	cmol _c dm ⁻³	2,4	1,5	1,3
K trocável	cmol _c dm ⁻³	0,57	0,38	0,25
P	mg dm ⁻³	22,9	6,0	2,4
C-orgânico	g dm ⁻³	32	21	19
CTC a pH 7,0	cmol _c dm ⁻³	15,22	14,24	13,66
CTC efetiva	cmol _c dm ⁻³	9,87	6,18	5,05
Sat. por bases (V)	%	64,8	41,3	34,0
Sat. por Al (m)	%	0,0	4,9	7,9
Sat. por Ca	%	45,3	28,1	22,7
Sat. por Mg	%	15,8	10,5	9,5
Sat. por K	%	3,7	2,7	1,8
Relação Ca/Mg		2,9	2,7	2,4
Relação Ca + Mg/K		16,3	14,5	17,6

H + Al = Solução Tampão SMP; Al, Ca e Mg trocáveis = KCl 1 mol L⁻¹; P e K = Mehlich⁻¹ e C-orgânico = Walkley-Black

Fonte: Laboratório de Fertilidade do Solo da Universidade Estadual de Ponta Grossa.

3.2 Tratamentos e delineamento experimental

Os tratamentos resultaram da combinação de dois híbridos simples de milho (P30R50 e AG8025) e seis doses de nitrogênio em cobertura (0; 75; 150; 225; 300 e 375 kg de N ha⁻¹ na forma de uréia), constituindo um fatorial 2 x 6, perfazendo 12 tratamentos, no delineamento de blocos casualizados com 4 repetições, totalizando 48 unidades experimentais. As parcelas ou unidades experimentais foram compostas por 8 linhas de 5 m espaçadas em 0,75 m, totalizando 30 m² de área.

O híbrido P30R50 foi desenvolvido pela Pioneer Sementes, tendo sido registrado em 03/12/2002 e o híbrido AG8025 pela Sementes Agrocere, com registro em 08/09/2008 (MAPA, 2011), ambos são híbridos simples e de ciclo precoce, sendo recomendados para a região sul nas populações de 60 a 70.000 plantas ha⁻¹ (PIONEER SEMENTES, 2012) e 70 a 80.000 plantas ha⁻¹ (SEMENTES AGROCERES, 2012), respectivamente.

3.3 Condução experimental

A aveia (*Avena sativa* L.), cultura antecessora do milho foi manejada com herbicida a base de glyphosate (960 g i.a. ha⁻¹) em 14/09/2009. Também foi aplicado inseticida a base de

clorpirifós (240 g i.a. ha⁻¹) para o controle de lagartas (*Pseudaletia* sp. e *Spodoptera frugiperda*).

As sementes dos dois híbridos simples de milho foram tratadas com fungicida a base de carbendazim e tiram (9 e 21 g i.a. por 60.000 sementes, respectivamente) e inseticidas a base de imidacloprido e tiodicarbe (45 e 135 g i.a. por 60.000 sementes, respectivamente).

A semeadura foi realizada manualmente em primeiro de outubro de 2009, distribuindo-se seis sementes por metro linear, após incorporação com semeadora de 400 kg ha⁻¹ de adubação de base da fórmula 8-30-20 mais 0,4% de Zn, totalizando 32 kg de N ha⁻¹, 120 kg P₂O₅ ha⁻¹, 80 kg K₂O ha⁻¹ e 1,6 kg Zn ha⁻¹.

O manejo de plantas daninhas (*Brachiaria plantaginea* e *Euphorbia heterophilla*) foi feito na modalidade de pré-emergência com herbicida a base de atrazina e simazina (1,25 e 1,25 L i.a. ha⁻¹) em 09/10/2009 e uma segunda aplicação em pós-emergência com herbicidas a base de atrazina (1,76 kg i.a. ha⁻¹) e tembotriona (63 g i.a. ha⁻¹) em 09/11/2009.

Para o controle de lagarta do “cartucho” (*Spodoptera frugiperda*) foram necessárias três aplicações de inseticidas, sendo a primeira a base de indoxacarbe (60 g i.a. ha⁻¹) em 30/10/2009, a segunda a base de lufenurom (10 g i.a. ha⁻¹) em 09/11/2009 e a terceira a base de espinosade (33,6 g i.a. ha⁻¹) em 12/11/2009.

Todas as pulverizações foram realizadas com pulverizador tratorizado de arrasto com vazão de 150 L ha⁻¹ através da ponta de pulverização 110.015, iniciadas com o manejo da aveia em pré-semeadura do milho, seguidas pelas aplicações de herbicidas e inseticidas.

As doses de N foram aplicadas manualmente na área total da parcela em uma única aplicação, em 09/11/2009 quando as plantas se encontravam em estágio fenológico V₅, após chuvas de 3,6; 26,0 e 2,4 mm nos dias 06, 07 e 08/11, respectivamente e, posteriormente à aplicação de N ocorreram chuvas de 8,4; 0,2; 4,0; 4,4 e 25,6 mm nos dias 10, 11, 12, 13 e 15/11, respectivamente.

3.4 Variáveis avaliadas

Foram avaliadas variáveis relacionadas ao crescimento e desenvolvimento da planta, aos componentes da produtividade, fitomassa seca total da parte aérea por planta, índice de colheita, produtividade de grãos, análise do teor de N foliar e leituras do índice relativo de clorofila total (IRC).

No estágio fenológico V₃ foram selecionadas e identificadas quatro plantas por parcela das quatro linhas centrais, sendo uma planta de cada linha, as quais foram avaliadas durante todo o período experimental para as variáveis: altura de plantas, diâmetro de colmo, altura de inserção

da espiga primária, número de folhas fotossinteticamente ativas, número de fileiras de grãos por espiga, número de grãos por fileira, comprimento de espiga, diâmetro de espiga, massa de 1.000 grãos, fitomassa seca total da parte aérea por planta e índice de colheita. Para as variáveis: número de folhas totais expandidas, identificação da folha da espiga primária e leituras do IRC foram avaliadas duas das quatro plantas, sempre das duas linhas centrais.

A determinação da população de plantas inicial foi realizada no estágio fenológico V_1 e a final na pré-colheita, contando-se todas as plantas presentes na extensão total da linha, ou seja, nos 5 m, das quatro linhas centrais, em ambas as avaliações, obtendo-se um número médio de plantas por metro linear, o qual foi extrapolado para plantas por hectare.

A variável altura de plantas foi avaliada nos estádios fenológicos V_5 , V_9 e R_1 , medindo-se do colo da planta até a curvatura da última folha totalmente expandida. A altura de inserção da espiga primária foi obtida medindo-se a distância entre o colo da planta e a inserção do pedúnculo da espiga no estágio fenológico R_1 , utilizando-se régua. Realizaram-se duas determinações para a variável diâmetro de colmo, sendo uma no estágio fenológicos V_9 e a outra em R_1 . Nas duas avaliações o diâmetro de colmo foi determinado entre o 2º e 3º nó da planta acima da superfície do solo, medindo-se o diâmetro menor do colmo, por meio de um paquímetro.

A contagem do número de folhas fotossinteticamente ativas, exceto a cotiledonar, foi realizada nos estádios fenológicos V_5 , V_9 e R_1 , considerando-se as folhas totalmente expandidas e fotossinteticamente ativas em toda a sua extensão. O número de folhas totais expandidas por planta foi determinado no estágio fenológico R_1 , através da contagem de todas as folhas expandidas, exceto a cotiledonar, independentemente da atividade fisiológica ou de se encontrar em senescência.

A identificação da folha da espiga primária foi realizada no estágio fenológico R_1 , tendo-se como referência inicial a primeira folha de formato não ovalado identificada no estágio fenológico V_3 , ou seja, não se considerou a folha cotiledonar para a contagem e identificação das folhas.

O comprimento da espiga sem palha foi determinado através da mensuração com régua, considerando-se desde a base da espiga até a ponteira, enquanto para a determinação do diâmetro da espiga utilizou-se de um paquímetro, mensurando-se a parte central da espiga.

A determinação dos componentes da produtividade, fitomassa seca total da parte aérea por planta e índice de colheita foi realizada nas plantas colhidas com espigas anteriormente à colheita para determinação da produtividade de grãos. As plantas foram cortadas na região do colo da planta, separando-se a espiga da parte aérea da planta, determinando-se então, o número

de fileiras de grãos por espiga, contando-se o número de fileiras de cada uma das quatro espigas e, obteve-se a média. O número de grãos por fileira foi determinado através da contagem do número de grãos em quatro fileiras por espiga, obtendo-se a média do número de grãos por fileira. Posteriormente, procedeu-se a debulha manual, determinando-se a fitomassa de grãos de cada espiga e a massa de 1.000 grãos, a partir de uma amostra de trezentos grãos da fitomassa total de grãos das quatro espigas, através de pesagem em balança, sendo o teor de água corrigido para 13%.

Os sabugos e a palha, tanto da parte aérea como das espigas foram secos sob condição natural até atingir fitomassa constante, obtendo-se a fitomassa (sabugos e palha) das quatro plantas, determinando-se então, a fitomassa média. A fitomassa seca total da parte aérea por planta foi obtida somando-se a fitomassa média e a fitomassa de grãos média das quatro espigas. O índice de colheita foi calculado dividindo-se a fitomassa de grãos média das quatro espigas pela fitomassa seca total da parte aérea por planta.

A avaliação da produtividade de grãos constou da colheita manual das espigas de seis linhas nos 3 m centrais da parcela, correspondendo a uma área útil de 13,5 m². Considerou-se como bordadura uma linha de cada lado da parcela e 1 m nas extremidades de cada parcela. As espigas foram trilhadas mecanicamente, com posterior pesagem da fitomassa de grãos, extrapolando-se para kg ha⁻¹, corrigindo-se o teor de água para 13%.

Para determinação do teor de N foliar foram coletadas dez folhas inteiras por parcela no estágio fenológico R₁, sempre a folha abaixo e oposta à espiga primária (folha-índice), segundo metodologia sugerida por Malavolta, Vitti e Oliveira (1989), das plantas localizadas na área útil da parcela. As folhas foram acondicionadas em sacos de papel previamente identificados com o tratamento e repetição correspondente, colocadas em estufa de circulação de ar à temperatura de 65°C até atingir fitomassa constante, sendo posteriormente moídas em moinho tipo Willey (de facas) e digeridas com solução sulfúrica, quando então, determinou-se o teor de N foliar pelo método semimicro- Kjeldhal.

O IRC foi determinado através do clorofilômetro, marca clorofiLOG, realizando-se quinze leituras na seguinte sequência: 1ª leitura (03/11/2009): folha 03, estágio V₄; 2ª leitura (12/11/2009): folha 05, estágio V₅; 3ª leitura (13/11/2009): folha 03, estágio V₅; 4ª leitura (23/11/2009): folha 05, estágio V₇; 5ª leitura (23/11/2009): folha 07, estágio V₇; 6ª leitura (02/12/2009): folha 07, estágio V₉; 7ª leitura (02/12/2009): folha 09, estágio V₉; 8ª leitura (03/12/2009): folha 05, estágio V₉; 9ª leitura (15/12/2009): folha 09, estágio emborrachamento; 10ª leitura (17/12/2009): folha 11, início VT; 11ª leitura (31/12/2009): folha 11, estágio R₁; 12ª leitura (06/01/2010): folha

13, estágio R₂; 13ª leitura (06/01/2010): folha 15, estágio R₂; 14ª leitura (27/01/2010): folha 13, estágio R₃ e 15ª leitura (27/01/2010): folha 15, estágio R₃. Para todas as folhas avaliadas as leituras foram realizadas em dois estádios fenológicos diferentes, exceto a folha 05, na qual as leituras foram realizadas nos estádios fenológicos V₅, V₇ e V₉.

Em cada avaliação do IRC utilizou-se de uma folha por planta, ou seja, a folha referência de cada leitura, sendo os IRC obtidos em quatro pontos localizados na parte central da folha, entre a margem e a nervura central, obtendo-se oito leituras por parcela (duas plantas), determinando-se então, a média. As folhas quando da primeira avaliação do IRC foram identificadas para a realização da segunda leitura, sendo a folha 03 referência para as identificações subsequentes das demais folhas analisadas, desconsiderando a folha de formato ovalado ou cotiledonar quando da identificação da folha 03.

3.5 Análises estatísticas

Os dados obtidos para cada variável foram submetidos à análise da variância através dos programas estatísticos ESTAT (UNESP, 1991) e SAS (SAS, 2008). Quando da significância para a interação entre híbridos e doses, bem como para o fator quantitativo (doses de N), utilizou-se a análise de regressão, construindo-se os gráficos no programa Excel. O grau de associação entre as variáveis foi avaliado através do coeficiente de correlação de Pearson.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Variáveis referentes à fase vegetativa

4.1.1 Altura de planta de milho

A análise da variância não revelou interação entre híbridos de milho e doses de N aplicadas em cobertura para a variável altura de planta avaliada nos estádios fenológicos V₅, V₉ e R₁. Entretanto, houve efeito significativo dos híbridos de milho para a variável altura de planta nos três estádios fenológicos avaliados, evidenciando-se também, efeito significativo do fator doses de N aplicadas em cobertura em V₉ e R₁ (Tabela 2). Os coeficientes de variação obtidos para a variável altura de planta demonstraram boa precisão experimental, o que segundo Pimentel Gomes (2009) demonstra alta homogeneidade dos dados e baixa variação ao acaso.

Tabela 2. Resumo da análise da variância para a variável altura de planta em V₅ (APV₅), V₉ (APV₉) e R₁ (APR₁) em função de híbridos de milho e doses de N aplicadas em cobertura. Ponta Grossa, 2012.

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio (Q.M.)		
		APV ₅	APV ₉	APR ₁
Blocos	3	32,29*	104,29 ^{ns}	77,09 ^{ns}
Híbridos (H)	1	1202,00**	3853,88**	326,04*
Doses de N (DN)	5	14,96 ^{ns}	657,96**	980,09**
Interação H x DN	5	1,30 ^{ns}	53,88 ^{ns}	36,49 ^{ns}
Resíduo	33	9,26	61,85	49,98
Média		51,51	150,08	240,86
CV (%)		5,91	5,24	2,94

^{ns}: não significativo; *, ** significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

Foram determinados os coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis estudadas, o que na interpretação de Cohen (1988), podem ser considerados pequenos ou fracos quando os valores estiverem entre 0,10 e 0,29; escores entre 0,30 e 0,49 podem ser considerados como médios e valores entre 0,50 e 1 podem ser interpretados como grandes, altos ou fortes. As variáveis APV₉ e APR₁ correlacionaram-se positivamente com o teor de N foliar ($r=0,45^{**}$ e $r=0,68^{**}$,

respectivamente), da mesma forma que com a produtividade ($r=0,77^{**}$ e $r=0,80^{**}$, respectivamente), mostrando com isso, a mesma tendência, apesar de ter diferido quanto à magnitude das associações. APV_5 não se correlacionou com o teor de N foliar, apresentando, porém, correlação positiva com a produtividade ($r=0,52^{**}$), sugerindo que a resposta à aplicação de N se acentua nos estádios mais avançados, demonstrando que a demanda por N na fase inicial pode ser suprida, pelo menos em parte, pelo N do solo, além da baixa necessidade de N nessa fase. Adicionalmente, a avaliação da APV_5 ocorreu muito próximo à aplicação de N em cobertura.

O híbrido de milho AG8025 manifestou maior altura de planta em todos os estádios fenológicos avaliados em relação ao híbrido P30R50 (Tabela 3). A diferença de altura de planta entre os híbridos de milho reduziu à medida que o ciclo da cultura avançou, uma vez que, a superioridade do híbrido AG8025 foi de 21,52%, 12,70% e 2,19% em V_5 , V_9 e R_1 , respectivamente. Possivelmente as diferenças observadas entre os híbridos para esta variável são o reflexo da base genética diferenciada na origem destes híbridos, independentemente das doses de N aplicadas em cobertura (Tabela 3). Variações na altura de planta entre híbridos de milho, quando da determinação em R_1 , também foram observadas por Subedi e Ma (2005), apresentando valores entre 187 a 232 cm, sendo estes valores, inferiores aos observados para os híbridos P30R50 e AG8025 em R_1 (Tabela 3).

Tabela 3. Altura de planta em híbridos de milho nos estádios fenológicos V_5 (APV_5), V_9 (APV_9) e R_1 (APR_1). Ponta Grossa, 2012.

Híbridos	Altura de planta (cm)		
	APV_5	APV_9	APR_1
P30R50	46,51 b	141,12 b	238,25 b
AG8025	56,52 a	159,04 a	243,47 a

*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste F.

A APV_9 foi influenciada pelas doses de N aplicadas em cobertura, ajustando-se a uma equação de segundo grau independentemente do híbrido de milho. A altura de planta aumentou com a aplicação de N até a dose 285 kg ha^{-1} , determinada como dose de máxima eficiência técnica, correspondendo à altura estimada de 159,52 cm. O coeficiente de determinação encontrado ($R^2=0,92$) demonstra que 92% desse efeito pode ser explicado pela equação ajustada (Figura 2).

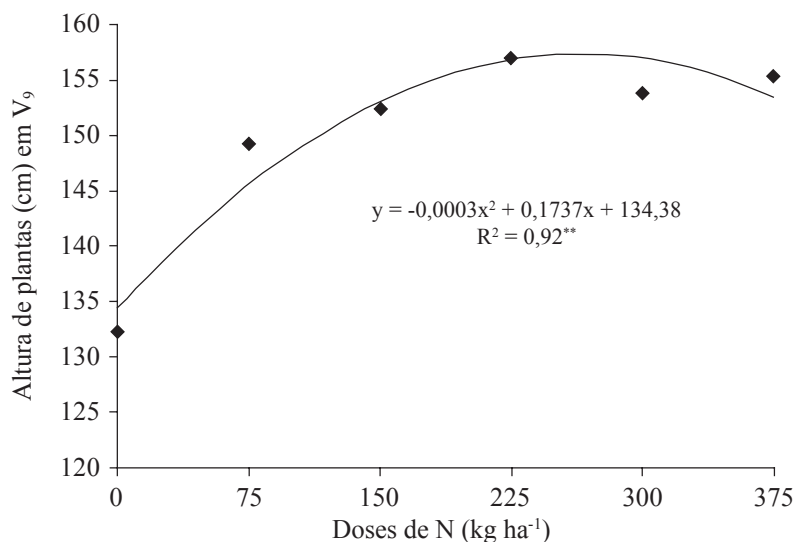


Figura 2. Altura de plantas de milho no estágio fenológico V₉ em função de doses de N aplicadas em cobertura. ** Pr < 0,01. Ponta Grossa, 2012.

No estágio R₁, também houve ajuste (94%) da variável altura de planta a uma equação de segundo grau em função das doses de N aplicadas em cobertura (Figura 3). A APR₁ também aumentou até a dose de 285 kg de N ha⁻¹ em cobertura, correspondendo a 247,36 cm (Figura 3), confirmando o alto requerimento de N pela cultura do milho entre os estádios fenológicos V₉ e R₁. No trabalho realizado por Silva et al. (2005b), a altura de planta de milho em R₁ respondeu até a dose 171 kg de N ha⁻¹, atingindo 223 cm de altura, valores estes, inferiores aos obtidos neste estudo. No entanto, Gomes et al. (2007) observaram aumento linear da altura de planta de milho em função do aumento das doses de N, atingindo 222 cm com a aplicação de 150 kg de N ha⁻¹ em cobertura.

A altura de planta do híbrido P30F33 avaliada por Tomazela et al. (2006) quando da aplicação de 100 kg de N ha⁻¹ correspondeu a 260 cm em R₁, demonstrando a influência do N sobre a variável. Esse fato torna possível a caracterização de diferenças genotípicas entre híbridos de milho para AP, visto que, neste estudo os híbridos P30R50 e AG8025 em R₁ com a dose estimada em 285 kg de N ha⁻¹, ou seja, 185 kg de N ha⁻¹ a mais apresentaram menor valor (247,36 cm). As variações encontradas entre os resultados obtidos e os referenciados na literatura devem-se, possivelmente, aos híbridos de milho, à região e à época de semeadura utilizada em cada estudo.

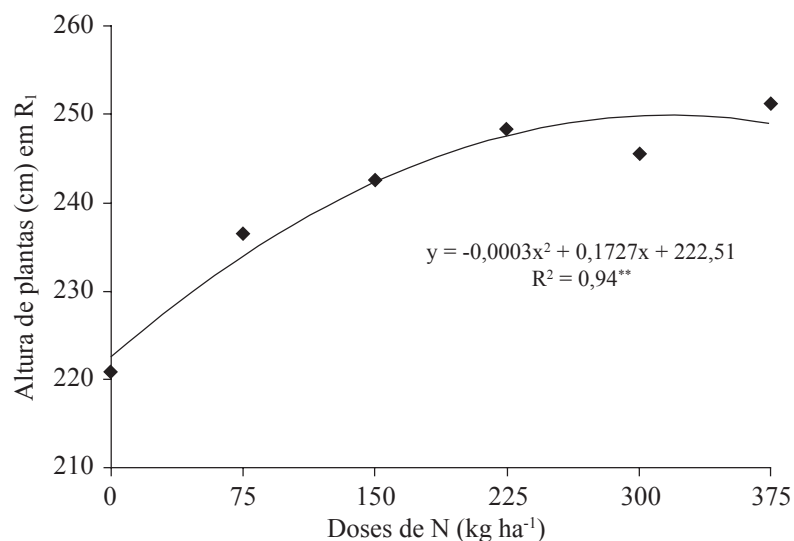


Figura 3. Altura de plantas de milho no estágio fenológico R₁ em função de doses de N aplicadas em cobertura. ** Pr < 0,01. Ponta Grossa, 2012.

4.1.2 Altura de inserção e identificação da folha da espiga primária

O resultado da análise da variância para a variável altura de inserção da espiga primária (AIEP) manifestou efeito significativo de híbridos de milho e doses de N aplicadas em cobertura, não demonstrando, porém, para a interação entre os fatores. A variável identificação da folha da espiga primária (IFEP) foi influenciada somente pelo efeito de híbridos de milho (Tabela 4). Os coeficientes de variação obtidos para as variáveis AIEP e IFEP foram baixos, demonstrando a boa precisão experimental. A correlação entre IFEP e produtividade não foi significativa, no entanto, significativa para AIEP com a produtividade e com o teor de N foliar ($r=0,43^{**}$ e $r=0,66^{**}$, respectivamente).

Tabela 4. Resumo da análise da variância para as variáveis altura de inserção da espiga primária (AIEP) e identificação da folha da espiga primária (IFEP) em função de híbridos de milho e doses de N aplicadas em cobertura. Ponta Grossa, 2012.

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio (Q.M.)	
		AIEP	IFEP
Blocos	3	66,82 ^{ns}	0,17 ^{ns}
Híbridos (H)	1	741,04 ^{**}	8,76 ^{**}
Doses de N (DN)	5	341,23 ^{**}	0,02 ^{ns}
Interação H x DN	5	33,42 ^{ns}	0,19 ^{ns}
Resíduo	33	30,75	0,14
Média		121,24	12,93
CV (%)		4,57	2,91

^{ns}: não significativo; *, ** significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

O híbrido P30R50 revelou maior AIEP do que o híbrido AG8025, diferindo em 6,7% (Tabela 5). Quanto a variável IFEP, a espiga primária do híbrido P30R50 localizou-se em média uma folha acima em relação à posição da espiga do híbrido AG8025 (Tabela 5). Estas variações podem ser atribuídas à variabilidade genética entre os híbridos de milho. Da mesma forma, Subedi e Ma (2005) ao analisarem três híbridos de milho também constataram variabilidade genética para as variáveis AIEP (88,0; 97,0 e 76,0 cm) e IFEP (11, 12 e 10), todavia com valores inferiores (Tabela 5).

Tabela 5. Altura de inserção da espiga primária (AIEP) e identificação da folha da espiga primária (IFEP) em função de híbridos de milho. Ponta Grossa, 2012.

Híbridos	AIEP (cm)	IFEP
P30R50	125,17 a	13,35 a
AG8025	117,31 b	12,50 b

*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste F.

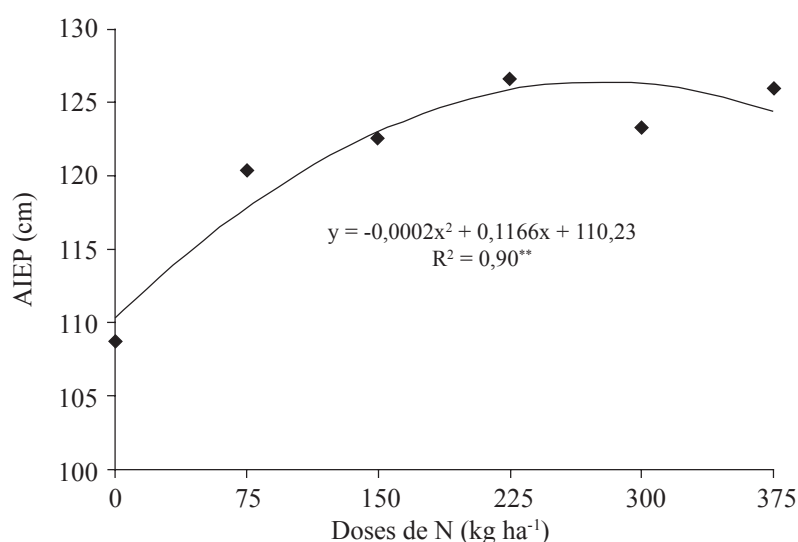


Figura 4. Altura de inserção da espiga primária (AIEP) de milho em função de doses de N aplicadas em cobertura. ** Pr < 0,01. Ponta Grossa, 2012.

AAIEP de milho foi afetada pelas doses de N aplicadas em cobertura independentemente do híbrido. A análise de regressão polinomial revelou melhor ajuste à equação de segundo grau (Figura 4). A dose estimada em 285 kg de N ha⁻¹ em cobertura foi a que proporcionou maior AIEP, correspondendo a 127,22 cm (Figura 4). Silva et al. (2005b) obtiveram resposta até a dose em 158 kg de N ha⁻¹, permitindo estimar a AIEP em 122,69 cm. Comparando os resultados com os obtidos por Silva et al. (2005b), pode-se inferir que, as AIEP foram muito próximas, porém com consumo de 127 kg de N ha⁻¹ a mais (Figura 4).

4.1.3 Diâmetro de colmo

O diâmetro de colmo (DC) foi influenciado pelos híbridos de milho e doses de N aplicadas em cobertura no estágio fenológico V₉ (DCV₉) e, somente pelas doses de N aplicadas em cobertura no estágio fenológico R₁ (DCR₁), não sendo influenciado pela interação híbridos e doses de N aplicadas em cobertura. Os coeficientes de variação novamente demonstraram que houve pouca variação ao acaso e boa homogeneidade nos dados obtidos para as variáveis DCV₉ e DCR₁ (Tabela 6). Os coeficientes de correlação entre o teor de N foliar e DC em V₉ e R₁ foram positivos ($r=0,55^{**}$ e $r=0,70^{**}$, respectivamente), com mesmo efeito para produtividade ($r=0,50^{**}$ e $r=0,71^{**}$, respectivamente), reforçando que a resposta à aplicação de N em cobertura aumentou com o desenvolvimento da planta.

Tabela 6. Resumo da análise da variância para a variável diâmetro de colmo em V₉ (DCV₉) e R₁ (DCR₁) em função de híbridos de milho e doses de N aplicadas em cobertura. Ponta Grossa, 2012.

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio (Q.M.)	
		DCV ₉	DCR ₁
Blocos	3	2,77*	6,32**
Híbridos (H)	1	5,95*	1,69 ^{ns}
Doses de N (DN)	5	11,73**	32,40**
Interação H x DN	5	1,31 ^{ns}	1,68 ^{ns}
Resíduo	33	0,96	0,86
Média		25,99	24,97
CV (%)		3,76	3,72

^{ns}: não significativo; *, ** significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

O DCV₉ do híbrido de milho P30R50 foi 2,8% superior ao DCV₉ do híbrido AG8025 (Tabela 7). Todavia, em R₁ não se observou diferença entre os híbridos, os quais apresentaram diâmetro médio de 24,97 mm (Tabela 6). Dourado Neto et al. (2003), determinaram como valor médio de DCR₁ 30,8 mm para os híbridos AG1051, AG7575 e DKB911 e Tomazela et al. (2006) para o híbrido P30F33 DC de 22,5 mm, valores estes, respectivamente superior e inferior ao valor médio obtido (Tabela 6). Valores inferiores para esta variável também foram obtidos por Fernandes et al. (2005) para os híbridos simples AG9010 e DKB333B, híbrido triplo CO32, híbrido duplo XB8010, variedades BR106 e Sol da Manhã, os quais foram: 18,89; 18,10; 18,02; 18,95; 18,96 e 19,81 mm, respectivamente.

Tabela 7. Diâmetro de colmo nos estádios fenológicos V₉ (DCV₉) e R₁ (DCR₁) em função de híbridos de milho. Ponta Grossa, 2012.

Híbridos	Diâmetro de colmo (mm)	
	DCV ₉	DCR ₁
P30R50	26,34 a	25,16 a
AG8025	25,63 b	24,78 a

*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste F.

Analisando a Tabela 7, pode-se observar que houve uma pequena redução nos valores do diâmetro do estágio V₉ para R₁ em ambos os híbridos, o que possivelmente se deva à redução do teor de água dos colmos mais velhos, bem como da remobilização das reservas neles contidos, uma vez que, a planta de milho se encontra na fase de florescimento, fase em que, a espiga passa a ser um forte dreno.

A análise de regressão para doses de N aplicadas em cobertura, evidenciou significância para a equação quadrática tanto para o DCV₉ como para o DCR₁, indicando que o diâmetro de colmo aumentou até um valor máximo. O diâmetro de colmo máximo estimado foi de 26,92 mm em V₉ e 27,01 mm em R₁, correspondendo às doses de 305 e 330 kg de N ha⁻¹ em cobertura, respectivamente (Figuras 5 e 6). A partir das doses de máxima eficiência técnica houve decréscimo do diâmetro de colmo, indicando excesso do nutriente. Os coeficientes de determinação demonstraram que 97 e 99% do efeito de doses de N aplicadas em cobertura sobre o DCV₉ e o DCR₁ podem ser explicados pelas equações ajustadas para as respectivas variáveis (Figuras 5 e 6).

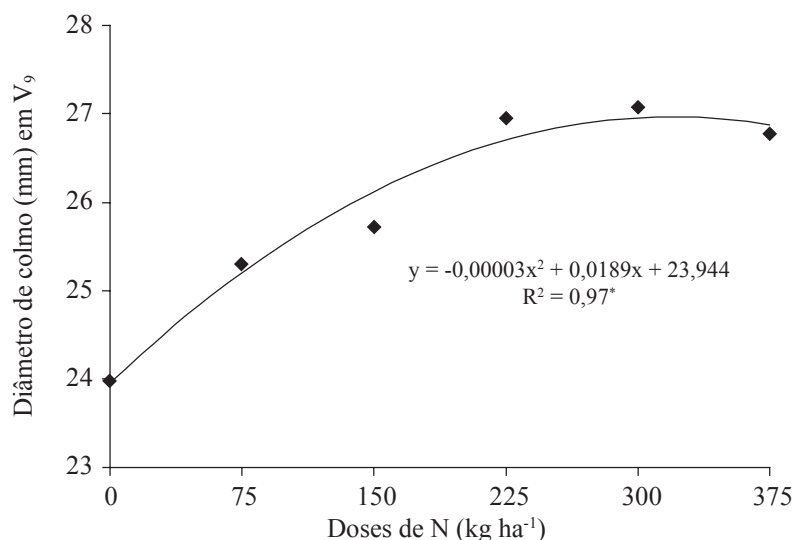


Figura 5. Diâmetro de colmo de plantas de milho no estágio fenológico V₉ em função de doses de N aplicadas em cobertura. * Pr < 0,05. Ponta Grossa, 2012.

A diferença entre os diâmetros de colmo estimados como máximos nos estádios fenológicos V₉ e R₁ foi mínima (0,09 mm), porém o consumo em R₁ foi de 25 kg de N ha⁻¹ a mais que em V₉, demonstrando estabilização do diâmetro de colmo nos híbridos de milho estudados a partir de V₉.

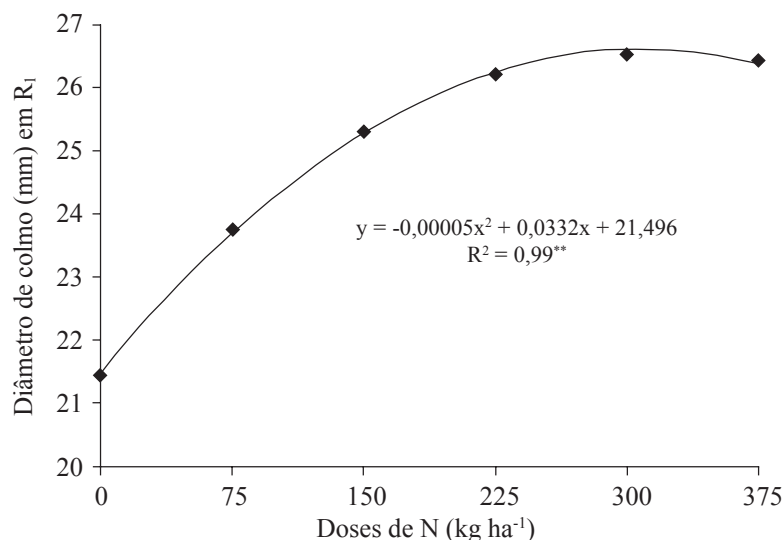


Figura 6. Diâmetro de colmo de plantas de milho no estágio fenológico R₁ em função de doses de N aplicadas em cobertura. ** Pr < 0,01. Ponta Grossa, 2012.

4.1.4 Número de folhas fotossinteticamente ativas por planta

Os resultados da análise estatística revelaram efeito significativo de híbridos de milho para as variáveis: número de folhas fotossinteticamente ativas por planta em avaliações realizadas nos estádios fenológicos V₅, V₉ e R₁ (NFFAV₅, NFFAV₉ e NFFAR₁, respectivamente), além do número de folhas totais expandidas em R₁ (NFTER₁). Por outro lado, a análise demonstrou efeito de doses de N em cobertura apenas para as variáveis NFFAV₉ e NFFAR₁ e efeito da interação entre híbridos x doses de N apenas para a variável NFFAV₉ (Tabela 8). Encontrou-se correlação positiva entre as variáveis NFFAV₉, NFFAR₁ e o teor de N foliar com coeficientes de 0,60** e 0,75**, mantendo a mesma tendência para a produtividade ($r=0,33^*$ e $r=0,70^{**}$, respectivamente). No entanto, a correlação NFFAV₉ com a produtividade foi bem menor que com o teor de N foliar, o que pode estar ligado ao fato dos híbridos terem influenciado de forma diferenciada a produtividade.

Tabela 8. Resumo da análise da variância para as variáveis número de folhas fotossinteticamente ativas em V_5 (NFFAV₅), V_9 (NFFAV₉) e R_1 (NFFAR₁) e número de folhas totais expandidas em R_1 (NFTER₁) em função de híbridos de milho e doses de N aplicadas em cobertura. Ponta Grossa, 2012.

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio (Q.M.)			
		NFFAV ₅	NFFAV ₉	NFFAR ₁	NFTER ₁
Blocos	3	0,09 ^{ns}	0,27 ^{**}	0,40 ^{ns}	0,46 ^{ns}
Híbridos (H)	1	0,50 [*]	0,73 ^{**}	3,31 ^{**}	6,75 ^{**}
Doses de N (DN)	5	0,03 ^{ns}	0,29 ^{**}	10,77 ^{**}	0,35 ^{ns}
Interação H x DN	5	0,02 ^{ns}	0,09 ^{**}	0,42 ^{ns}	0,35 ^{ns}
Resíduo	33	0,07	0,02	0,22	0,17
Desdobramento					
P30R50	5		0,12 ^{**}		
AG8025	5		0,26 ^{**}		
Média		3,26	5,71	13,22	18,88
CV (%)		8,16	2,57	3,58	2,19

^{ns}: não significativo; *, ** significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

O híbrido P30R50 apresentou superioridade no número de folhas fotossinteticamente ativas por planta em V_5 , V_9 e R_1 ao híbrido AG8025 em 6,33%, 4,29% e 4,01%, respectivamente, equivalendo a 0,20; 0,24 e 0,52 folhas a mais por planta (Tabela 9). O híbrido P30R50 revelou também, maior NFTER₁ em relação ao híbrido AG8025, diferença essa de 4,05%, ou seja, aproximadamente 0,75 folhas a mais por planta (Tabela 9). Os resultados demonstram que o híbrido P30R50 diferenciou e preservou um maior número de folhas por planta que o híbrido AG8025.

Tabela 9. Número de folhas fotossinteticamente ativas por planta em função de híbridos de milho nos estádios fenológicos V_5 (NFFAV₅) e R_1 (NFFAR₁) e número de folhas totais expandidas em R_1 (NFTER₁). Ponta Grossa, 2012.

Híbridos	NFFAV ₅	NFFAR ₁	NFTER ₁
P30R50	3,36 a	13,48 a	19,25 a
AG8025	3,16 b	12,96 b	18,50 b

*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste F.

A análise de três híbridos de milho realizada por Subedi e Ma (2005) também revelou diferenças quanto ao NFTER₁, com os híbridos diferenciando 16; 16 e 20 folhas por planta. Sangoi, Ernani e Silva (2007b) obtiveram para o híbrido simples DKB909 em três anos de avaliação 20,7; 19,2 e 19,1 NFTER₁, valores bastante próximos aos encontrados para os híbridos P30R50 e AG8025, os quais também são híbridos simples (Tabela 9).

Comparando-se os valores de NFTER₁ com NFFAR₁, observa-se que houve significativa

redução no número de folhas fotossinteticamente ativas em toda a sua extensão, ou seja, algumas folhas, as mais velhas se encontravam em senescência, por essa razão, pode-se inferir que houve remobilização de N (SEEBAUER et al. 2004) e também de esqueletos carbônicos (TAIZ e ZEIGER, 2009) para a espiga e/ou raízes. O número de folhas senescentes foi de 5,77 folhas para o híbrido P30R50 e 5,54 para o AG8025 (Tabela 9).

O $NFTER_1$ não foi influenciado pelas doses de N em cobertura, provavelmente pela quantidade de N utilizada na semeadura, bem como ao N disponível no solo, terem atendido a demanda inicial da cultura, uma vez que, a diferenciação das folhas ocorre até o estágio fenológico V_6 (RITCHIE, HANWAY e BENSON, 2003), ou ainda, segundo Shanahan et al. (2007) os híbridos de milho modernos absorvem menos de 15% do N total até o estágio fenológico V_7 , correspondendo até este estágio ao acúmulo de aproximadamente de 5% da fitomassa seca total.

Considerando a significância da interação fonte x dose de N para a variável $NFFAV_9$ (Tabela 8), optou-se pelo desdobramento das doses de N dentro dos híbridos de milho. Para esse estudo, utilizou-se a análise de regressão, a qual demonstrou haver resposta linear crescente do $NFFAV_9$ às doses de N aplicadas em cobertura para o híbrido P30R50, com ajuste de 80% e, resposta quadrática às doses de N para o híbrido AG8025, com ajuste de 84% (Figura 7). Essas diferenças podem ser atribuídas a provável variação genética existente entre híbridos. O $NFFAV_9$ para o híbrido AG8025 aumentou até a dose de 240 kg de N ha^{-1} em cobertura, correspondendo a 5,82 (Figura 7).

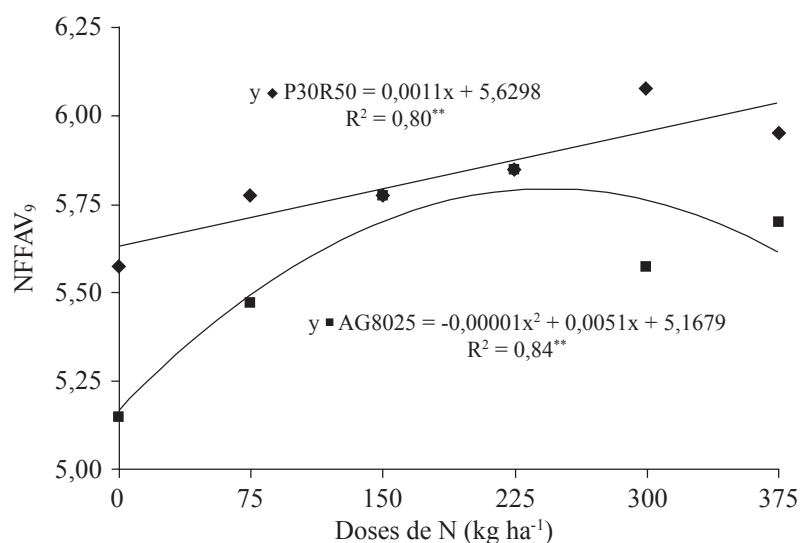


Figura 7. Número de folhas fotossinteticamente ativas por planta no estágio fenológico V_9 ($NFFAV_9$) em função de híbridos de milho e doses de N aplicadas em cobertura. ** $Pr < 0,01$. Ponta Grossa, 2012.

As doses de N aplicadas em cobertura influenciaram significativamente o NFFAR₁, porém o comportamento dos híbridos P30R50 e AG8025 foi o mesmo (Figura 8). Houve ajuste de 96% dos dados de NFFAR₁ a uma equação de segundo grau, através da qual se obteve como dose de máxima eficiência técnica 330 kg de N ha⁻¹ em cobertura, através da qual, obter-se-ia 14,59 folhas fotossinteticamente ativas em R₁ (Figura 8). Sangoi, Ernani e Silva (2007b) com a aplicação de 100 kg de N ha⁻¹ em V₅, obtiveram em três anos de avaliação do híbrido simples DKB909 13,6; 13,7 e 10,9 NFFAR₁, consideradas pelos autores como folhas verdes, correspondendo a produtividades de 11.750, 11.760 e 9.500 kg ha⁻¹, respectivamente. O valor máximo estimado, neste trabalho, foi superior em 1,86 NFFAR₁ ao valor médio calculado para os três anos de avaliação realizados por Sangoi, Ernani e Silva (2007b), não obstante, o requerimento de N foi muito maior (230 kg de N ha⁻¹).

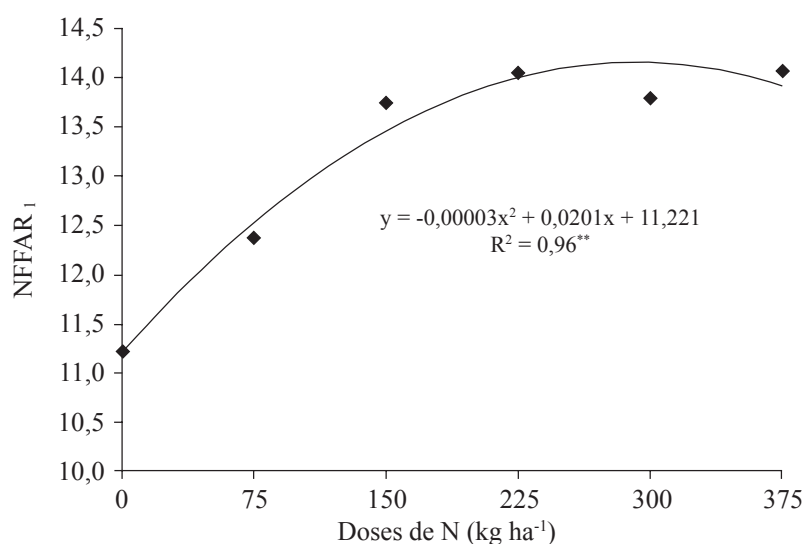


Figura 8. Número de folhas fotossinteticamente ativas por planta no estágio fenológico R₁ (NFFAR₁) em função de doses de N aplicadas em cobertura. ** Pr < 0,01. Ponta Grossa, 2012.

4.2 População de plantas

Para a variável população de plantas ha⁻¹ inicial (PPI) e final (PPF) não houve significância para híbridos, doses de N aplicadas em cobertura e nem para a interação entre os fatores (Tabela 10).

Tabela 10. Resumo da análise da variância para a variável população de plantas inicial (PPI) e final (PPF) em função de híbridos de milho e doses de N aplicadas em cobertura. Ponta Grossa, 2012.

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio (Q.M.)	
		PPI	PPF
Blocos	3	20182966,13 ^{ns}	21751876,67 ^{ns}
Híbridos (H)	1	22229213,02 ^{ns}	10704963,00 ^{ns}
Doses de N (DN)	5	11216416,74 ^{ns}	15480385,30 ^{ns}
Interação H x DN	5	17187890,77 ^{ns}	8525340,80 ^{ns}
Resíduo	33	15609902,15	12237947,32
Média		73.958,44	69.722,25
CV (%)		5,34	5,02

^{ns}: não significativo.

A população de plantas inicial (PPI) média foi de 73.958,44 plantas ha⁻¹ e a população de plantas final (PPF) de 69.722,25 plantas ha⁻¹, equivalendo a uma redução de 5,73%. Vale destacar que foram consideradas na avaliação da PPF, somente as plantas que apresentavam espigas, por conseguinte, a diferença de 4.236,19 plantas ha⁻¹ entre a PPI e PPF pode ser atribuída principalmente à emergência atrasada de algumas plântulas, podendo ter resultado em menor crescimento da parte aérea e do sistema radicular destas, resultando em maior competição entre plantas. Além disso, o efeito da competição intraespecífica existente pode ter sido intensificado em plantas com emergência atrasada, reduzindo o crescimento e o desenvolvimento, o que está de acordo com Merotto Jr. et al. (1999), reduzindo o número de espigas por área ou aumentando a ocorrência de plantas sem espigas, sendo um indicativo da competição ocorrida durante os estádios vegetativos. A esterilidade em plantas de milho, segundo Sangoi (2000) pode ocorrer até mesmo em híbridos de ciclo precoce que apresentam altura de plantas reduzida, menor número de folhas por planta, folhas mais eretas, tamanho reduzido do pendão e amplitude de variação menor (dias) entre o desenvolvimento das inflorescências masculina e feminina.

Sangoi et al. (2009) utilizando uma população de 75.000 plantas ha⁻¹ para o híbrido simples P30F53 obtiveram fitomassa seca de grãos por espiga de 181,18 g e produtividade de 12.634 kg ha⁻¹, que comparativamente a PPF de 69.722,25 plantas ha⁻¹ encontrada neste estudo, correspondeu a fitomassa seca de grãos por espiga de 202,47 g (Tabela 13) e produtividade de 11.684 kg ha⁻¹ (Tabela 15), indicando que o aumento da população de plantas pode reduzir a fitomassa seca de grãos, porém com aumento na produtividade.

4.3 Componentes da produtividade

Os resultados da análise da variância revelaram que os híbridos de milho influenciaram as variáveis: número de fileiras de grãos por espiga (NFG), número de grãos por fileira (NGF), comprimento de espiga (CE), massa de 1.000 grãos (MMG) e diâmetro de espiga (DE). No entanto, a fonte de variação doses de N aplicadas em cobertura teve efeito significativo sobre as variáveis NGF, CE, MMG e DE, não obstante, foram evidenciadas interações significativas entre os fatores híbridos de milho x doses de N aplicadas em cobertura somente para as variáveis NGF e CE (Tabela 11). Os coeficientes de variação (CV) denotaram mais uma vez, alta homogeneidade dos dados, admitindo-se com isso, que a precisão experimental foi muito boa, uma vez que os CV variaram de 5,7 a 1,8% (Tabela 11).

O componente da produtividade NFG foi maior no híbrido P30R50 em comparação ao AG8025, em média 0,66 fileira por espiga, ou seja, diferença de 4,5%. No entanto, para as variáveis MMG e DE houve superioridade do híbrido AG8025 em relação ao P30R50, diferença essa de 33,86 g e 0,58 mm, equivalendo a 9,46 e 1,14%, respectivamente (Tabela 12). Apesar do NFG ter sido menor no híbrido AG8025, o diâmetro espiga (Tabela 12) e o comprimento de espiga (Figura 10) foram maiores, resultando em maior MMG (Tabela 12) e, conseqüentemente, em maior produtividade (Tabela 16). A correlação entre NFG e produtividade não foi significativa, visto que o NFG não foi influenciado pelas doses de N aplicadas em cobertura, apresentando baixa associação com o teor de N foliar ($r=0,33^*$).

Tabela 11. Resumo da análise da variância para as variáveis número de fileiras de grãos por espiga (NFG), número de grãos por fileira (NGF), comprimento de espiga (CE), diâmetro de espiga (DE) e massa de 1.000 grãos (MMG) em função de híbridos de milho e doses de N aplicadas em cobertura. Ponta Grossa, 2012.

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio (Q.M.)				
		NFG	NGF	CE	DE	MMG
Blocos	3	0,15 ^{ns}	8,17 ^{**}	0,90 [*]	0,93 ^{ns}	1221,84 ^{ns}
Híbridos (H)	1	5,33 ^{**}	16,46 ^{**}	26,26 ^{**}	4,03 [*]	13765,11 ^{**}
Doses de N (DN)	5	0,87 ^{ns}	16,96 ^{**}	2,47 ^{**}	7,44 ^{**}	3664,92 ^{**}
Interação H x DN	5	0,51 ^{ns}	7,04 ^{**}	1,82 ^{**}	0,40 ^{ns}	902,16 ^{ns}
Resíduo	33	0,36	1,47	0,21	0,85	457,31
Desdobramento						
P30R50	5		5,46 ^{**}	0,72 [*]		
AG8025	5		18,53 ^{**}	3,57 ^{**}		
Média		15,02	35,67	17,99	51,16	375,01
CV (%)		3,98	3,40	2,55	1,80	5,70

^{ns}: não significativo; *, ** significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

Multiplicando-se o valor médio de NGF (35,67) pelo valor médio de NFG (15,02) (Tabela 11), ter-se-ia o valor médio estimado em 535,76 grãos por espiga, correspondendo a MMG de 375,01 g. Corroborando com os resultados obtidos por Tomazela et al. (2006) para o híbrido P30F33, uma vez que, o número médio de grãos por espiga foi de 522,75, equivalendo a MMG de 346,95 g. Todavia, foram superiores aos encontrados por Sangoi, Ernani e Silva (2007b) em três anos de avaliação para o híbrido simples DKB909 (447, 397 e 400 grãos por espiga, correspondendo a MMG média de 333, 324 e 300 g, respectivamente).

Tabela 12. Número de fileiras de grãos por espiga (NFG), diâmetro de espiga (DE) e massa de 1.000 grãos (MMG) em função de híbridos de milho. Ponta Grossa, 2012.

Híbridos	NFG	DE (mm)	MMG (g)
P30R50	15,35 a	50,87 b	358,08 b
AG8025	14,69 b	51,45 a	391,94 a

*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste F.

Fernandes et al. (2005) obtiveram para os híbridos simples AG9010 e DKB333B, híbrido triplo CO32, híbrido duplo XB8010, variedades BR106 e Sol da Manhã número médio de grãos por espiga de 482,89; 506,41; 534,35; 523,31; 459,39 e 466,88, os quais corresponderam a MMG de 275,10; 277,70; 272,70; 285,90; 233,90 e 269,10 g, respectivamente. Os valores de MMG foram todos inferiores ao obtidos para os híbridos simples P30R50 e AG8025 (Tabela 12), no entanto, os híbridos triplo CO32 e duplo XB8010 foram semelhantes quanto ao número de grãos por espiga calculado (535,76). As diferenças entre os resultados ocorrem, possivelmente, pelo background genético dos híbridos e efeitos ambientais associados.

Tendo em vista o efeito significativo da interação híbridos x doses de N para NGF (Tabela 11), decidiu-se pelo desdobramento das doses de N aplicadas em cobertura dentro de híbridos de milho, empregando-se a análise de regressão. A regressão revelou resposta quadrática às doses de N aplicadas em cobertura tanto para o híbrido P30R50 como para o AG8025, com ajustes de 78% e 95%, respectivamente, evidenciando que o efeito das doses de N pode ser melhor explicado pela equação ajustada para o híbrido AG8025 (Figura 9).

As doses de máxima eficiência técnica estimadas, ou seja, aquelas obtidas através das equações ajustadas que conduziram ao maior valor de NGF foram 185 e 335 kg de N ha⁻¹, respectivamente para os híbridos P30R50 e AG8025, correspondendo a 36,04 e 38,38 grãos por fileira. Observa-se que houve grande amplitude de resposta quanto às doses de N aplicadas em cobertura entre os híbridos de milho para NGF (Figura 9). Silva et al. (2005b), obtiveram para esta variável dose máxima estimada inferior (154 kg de N ha⁻¹ aplicada em cobertura) para

ambos os híbridos, principalmente ao AG8025, demonstrando, porém, valor de NGF muito semelhante (38,55). As diferenças encontradas se devem provavelmente a variações edafoclimáticas, de manejo, bem como da variabilidade genética.

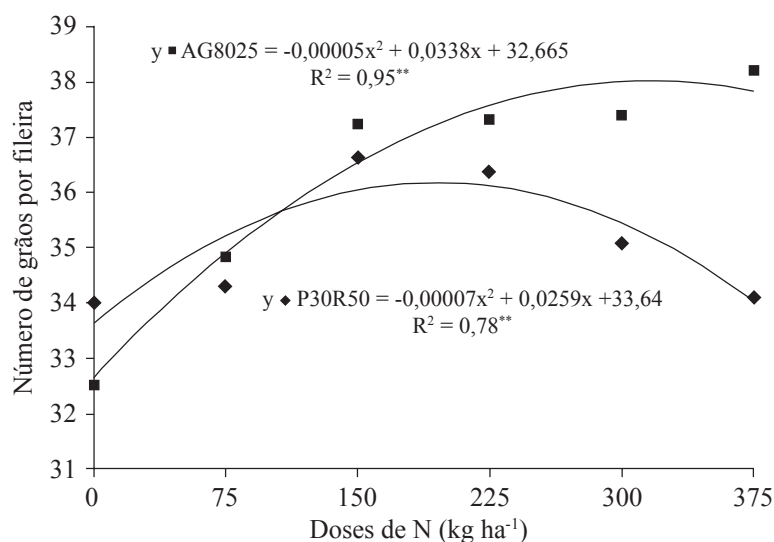


Figura 9. Número de grãos por fileira em função de híbridos de milho e doses de N aplicadas em cobertura. ** Pr < 0,01. Ponta Grossa, 2012.

Além disso, as diferenças observadas entre as doses de máxima eficiência técnica estimadas para NGF, quando comparadas aos resultados de Silva et al. (2005b), evidenciam que há respostas diferenciadas em relação à demanda de N entre híbridos de milho, proporcionando produtividades estimadas contrastantes. Uma vez que, Silva et al. (2005b) obtiveram através da dose estimada 166 kg de N ha⁻¹, produtividade de 6.709,37 kg ha⁻¹, contra 13.032,93 kg ha⁻¹ obtida neste trabalho através da dose estimada de 295 kg de N ha⁻¹ (Figura 15), comprovando que o aumento da produtividade é dependente da disponibilização de N e do potencial produtivo de cada híbrido. Nesse contexto, devido às condições climáticas da região de Guarapuava/PR e de manejo utilizado para cultura do milho serem altamente favoráveis à expressão do elevado potencial produtivo, justificam-se as respostas dos híbridos P30R50 e AG8025 a maiores doses de N em cobertura para a variável NGF. O que pode ser comprovado pela alta associação entre NGF e a produtividade, uma vez que o coeficiente de correlação foi de 0,70**.

A variável CE foi influenciada pela interação híbridos x doses de N (Tabela 11). A partir do desdobramento da interação das doses de N dentro de híbridos de milho, a análise de regressão revelou ajuste à equação de segundo grau para o híbrido P30R50, o que permitiu estimar CE máximo de 17,64 cm com a dose de 190 kg de N ha⁻¹ em cobertura, enquanto que o híbrido

AG8025 apresentou resposta linear às doses de N, com ajuste dos dados de 89% (Figura 10). Os resultados da análise de correlação revelaram coeficientes elevados ($r=0,70^{**}$) entre CE e a produtividade.

O CE médio obtido, independentemente do híbrido e da dose de N foi de 17,99 cm (Tabela 11), valor este, superior aos encontrados por Subedi e Ma (2005) para três híbridos de milho (15,9; 16,0 e 16,2 cm), indicando prováveis diferenças genéticas entre os híbridos testados. O que pode ser observado na Figura 10, pois chama a atenção à amplitude de resposta entre os híbridos de milho quanto às doses de N aplicadas em cobertura para a variável CE, bem como pelo fato de terem se ajustado a equações distintas. Nesse sentido, o híbrido P30R50 alcançaria valor máximo estimado com a dose de 190 kg de N ha^{-1} em cobertura, o que corresponderia ao CE de 17,64 cm, enquanto o CE do híbrido AG8025 continuou aumentando até a dose máxima testada (375 kg de N ha^{-1}), na qual se obteria 19,90 cm, expressando com isso, as diferenças genotípicas em função da disponibilização de N.

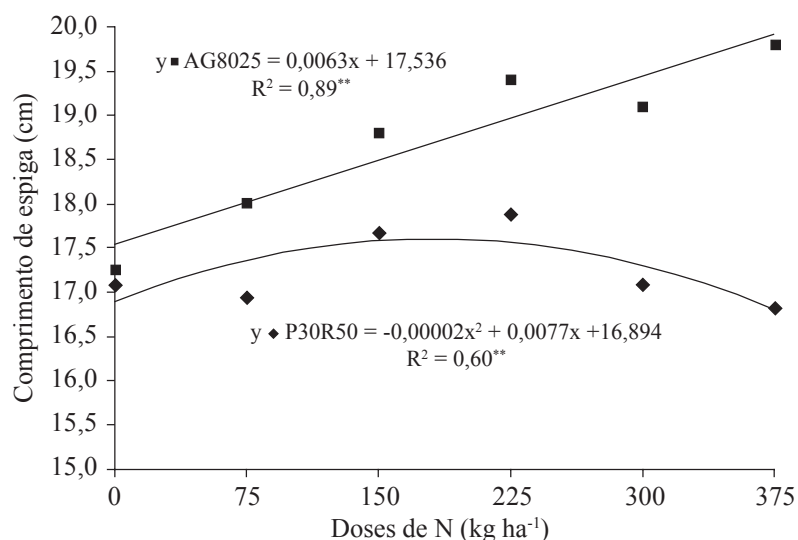


Figura 10. Comprimento de espiga em função de híbridos de milho e doses de N aplicadas em cobertura. ** $Pr < 0,01$. Ponta Grossa, 2012.

A resposta obtida para DE em função das doses de N em cobertura, a partir da análise de regressão, foi linear crescente com 92% de ajuste, denotando que, para ser possível identificar o ponto de máxima para esta variável seria necessário o estudo de maiores doses (Figura 11). A análise de correlação revelou alta associação entre DE e a produtividade e menor entre DE e o teor de N foliar ($r=0,71^{**}$ e $r=0,50^{**}$, respectivamente). Não obstante, o valor médio de DE obtido neste trabalho foi de 51,16 mm (Tabela 11), mostrando-se superior aos resultados relatados por Subedi e Ma (2005) quando da análise de três híbridos (42,0 mm, 43,0 mm e 45,0 mm),

corroborando a hipótese de existência de variabilidade genética entre híbridos de milho para DE.

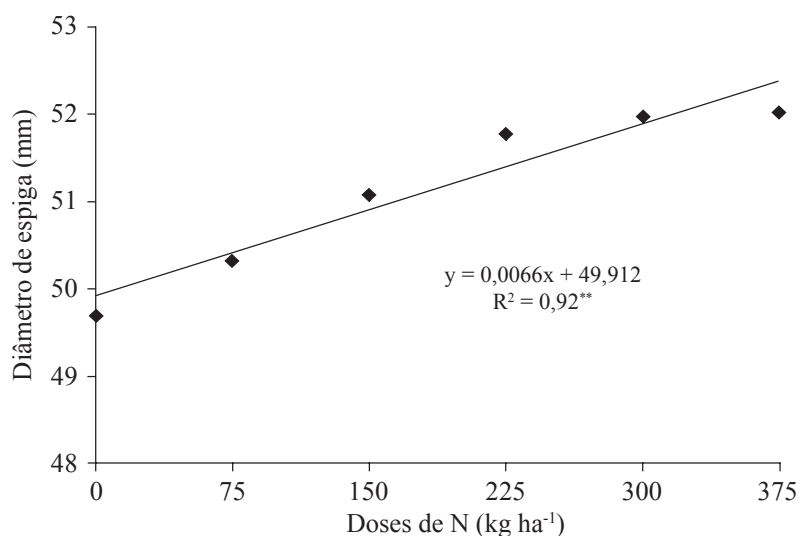


Figura 11. Diâmetro de espiga de milho em função de doses de N aplicadas em cobertura.
** Pr < 0,01. Ponta Grossa, 2012.

A variável MMG respondeu significativamente às doses de N em cobertura, porém os híbridos expressaram mesmo comportamento em função das doses aplicadas (Tabela 11). A análise de regressão para esse componente da produtividade, revelou ajuste quadrático de 82%, estimando-se através da equação, em 265 kg de N ha⁻¹ em cobertura a dose que, levaria à MMG de 389,10 g, ou seja, ao valor máximo (Figura 12). A correlação entre MMG com o teor de N foliar, bem como com a produtividade foi positiva ($r=0,32^*$ e $0,66^{**}$, respectivamente).

A resposta alcançada difere dos resultados obtidos por Silva et al. (2005b), visto que observaram efeito linear para MMG em relação às doses de N aplicadas em cobertura, contudo, estimaram para a dose de 180 kg de N ha⁻¹ MMG de 317,86 g, valores estes inferiores aos obtidos neste trabalho quando da identificação da dose de máxima eficiência. Todavia, se substituirmos na equação ajustada à dose de 180 kg de N ha⁻¹ obter-se-ia MMG de 384,21 g, mantendo a superioridade com o mesmo consumo de N (Figura 12). MMG inferiores também foram demonstradas por Sangoi, Ernani e Silva (2007b), com aplicação de 100 kg de N ha⁻¹ em cobertura no estágio fenológico V₅, cujos valores foram 339,0; 332 e 305 g para o híbrido simples DKB909 em três anos de avaliação. No entanto, para Gomes et al. (2007) as doses de N não influenciaram a MMG, com valor médio de 320,40 g.

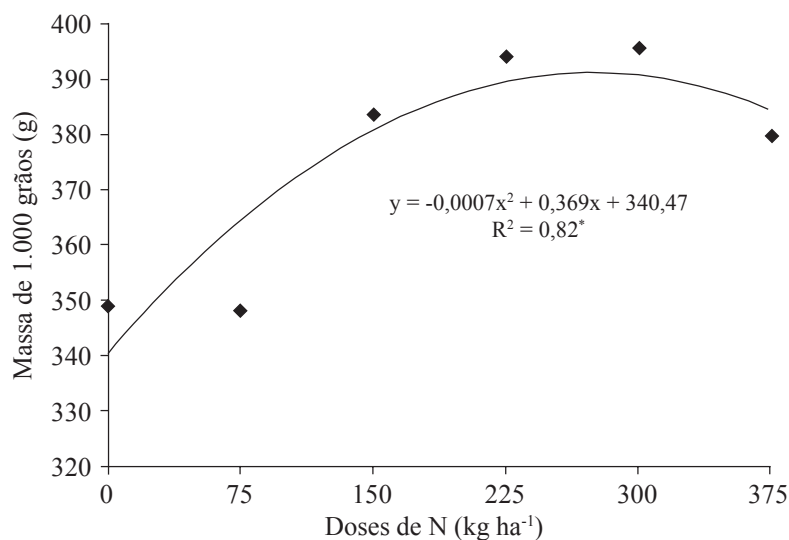


Figura 12. Massa de 1.000 grãos de milho em função de doses de N aplicadas em cobertura.

* $Pr < 0,05$. Ponta Grossa, 2012.

O efeito do aumento do suprimento de N observado sobre as variáveis NGF, CE, DE e MMG, demonstra a importância do N não somente para a fase vegetativa da planta de milho, mas também para a fase reprodutiva. Visto que, espiga mais longa, possibilita maior número de grãos; espiga mais espessa, para maior tamanho de grãos e, com isso, maior espaço para o armazenamento de reservas, resultando em maior massa por grão produzido, até determinado limite ou quantidade de N fornecido. Evidentemente que estes fatores estão na dependência da área fotossinteticamente ativa, o que pode ser averiguado neste estudo, pela influência do suprimento de N sobre altura de planta em V_9 e R_1 (Tabela 2), número de folhas fotossinteticamente ativas em V_9 e R_1 (Tabela 8), fitomassa seca total da parte aérea (Tabela 13) e, principalmente na produtividade dos híbridos (Figura 15).

4.4 Fitomassa seca

A variável fitomassa seca da palha da parte aérea por planta (FSPA) foi influenciada somente pelos híbridos de milho. As variáveis fitomassa seca de grãos por espiga (FSGE) e fitomassa seca total da parte aérea por planta (FSTPA) foram influenciadas significativamente pelas fontes de variação híbridos de milho, doses de N aplicadas em cobertura e pela interação entre híbridos de milho x doses de N. Os coeficientes de variação foram baixos, variando de 6,87 a 9,31%, revelando boa precisão experimental, demonstrando mais uma vez a uniformidade com que os dados foram coletados (Tabela 13).

Tabela 13. Resumo da análise da variância para as variáveis fitomassa seca da parte aérea por planta (FSPA), fitomassa seca de grãos por espiga (FSGE) e fitomassa seca total da parte aérea por planta (FSTPA) em função de híbridos de milho e doses de N aplicadas em cobertura. Ponta Grossa, 2012.

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio (Q.M.)		
		FSPA	FSGE	FSTPA
Blocos	3	974,81*	334,85 ^{ns}	2107,31*
Híbridos (H)	1	2625,52**	7365,36**	18785,86**
Doses de N (DN)	5	711,07 ^{ns}	3066,14**	6451,41**
Interação H x DN	5	470,91 ^{ns}	1190,31**	2610,99**
Resíduo	33	296,86	256,86	708,91
Desdobramento				
P30R50	5		814,59*	1358,72*
AG8025	5		3441,86**	7703,68**
Média		184,99	202,47	387,45
CV (%)		9,31	7,92	6,87

^{ns}: não significativo; *, ** significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

A FSPA foi maior, em média 8,33%, para o híbrido de milho AG8025 em relação ao híbrido P30R50 (Tabela 14), demonstrando coerência, pois o híbrido AG8025 apresentou também maior altura de planta em todos os estádios fenológicos avaliados (Tabela 3), mesmo tendo apresentado 0,75 folhas a menos em R₁ que o híbrido P30R50 (Tabela 9). Possivelmente, a maior FSPA possibilitou ao híbrido AG8025 revelar a maior taxa fotossintética que o P30R50, em função de folhas maiores, com maior quantidade de fotoassimilados, alocando-os nos grãos, uma vez que, apresentou também maior MMG (Tabela 12) e FSGE (Figura 13), tornando-se o mais produtivo (Tabela 16). Estes resultados estão de acordo com Floss (2006) e Cui et al. (2009), pois segundo os autores genótipos de maior produtividade são aqueles que produzem maior quantidade de palha (fitomassa seca), até o limite em que o autosombreamento venha a reduzi-la. A maior produtividade do híbrido AG8025 está associada ao fato de ter apresentado maior acúmulo de FSPA, FSGE e FSTPA que o híbrido P30R50, no entanto, para melhor caracterizar o potencial produtivo de híbridos de milho é importante associar essas variáveis ao índice de colheita (IC).

Tabela 14. Fitomassa seca da parte aérea por planta (FSPA) em função de híbridos de milho. Ponta Grossa, 2012.

Híbridos	FSPA (g)
P30R50	177,59 b
AG8025	192,39 a

*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste F.

A resposta as doses de N obtidas para NGF e MMG (Tabela 11) refletiu de maneira significativa na FSGE, resultando provavelmente, na interação entre híbridos e doses de N aplicadas em cobertura para esta variável (Tabela 13). O desdobramento das doses de N aplicadas em cobertura dentro de cada híbrido de milho, revelou aumento linear crescente da FSGE para o híbrido AG8025 (96%) e ajuste de 92% dos dados à equação de segundo grau para o híbrido P30R50 (Figura 13). O valor máximo estimado através da equação ajustada para o híbrido P30R50 seria de 204,74 g, na dose de 215 kg de N ha⁻¹ em cobertura.

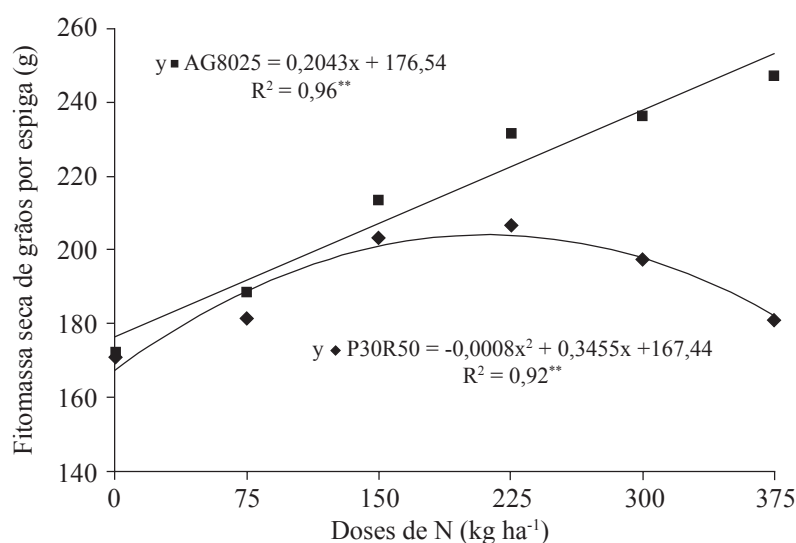


Figura 13. Fitomassa seca de grãos por espiga em função de híbridos de milho e doses de N aplicadas em cobertura. ** Pr < 0,01. Ponta Grossa, 2012.

Sangoi, Ernani e Silva (2007b) obtiveram FSGE de 157, 153 e 115 g em três anos de avaliação para o híbrido simples de milho DKB909 com a aplicação de 100 kg de N ha⁻¹ em cobertura no estágio fenológico V₅, enquanto Gomes et al. (2007) obtiveram FSGE de 183 g com a dose de 150 kg de N ha⁻¹ em cobertura, valores inferiores ao obtido neste trabalho (202,47 g), independentemente do híbrido e da dose de N aplicada em cobertura (Tabela 13), denotando existência de variabilidade genética quanto à variável FSGE, devendo-se considerar também, as diferenças edafoclimáticas e de manejo existente entre os estudos.

O fato da variável FSGE ter respondido de forma quadrática e linear a doses de N aplicadas em cobertura para os híbridos P30R50 e AG8025, respectivamente, fez com que houvesse incrementos na FSTPA, uma vez que, a variável FSPA não respondeu às doses de N aplicadas em cobertura (Tabela 13). O desdobramento das doses de N dentro de cada híbrido de milho para FSTPA (Tabela 13), revelou para o híbrido P30R50 ajuste à equação quadrática (93%), cuja dose 215 kg de N ha⁻¹ estimada levaria a produção de 383,75 g de FSTPA, enquanto o híbrido AG8025 apresentou comportamento linear, com 96% de ajuste dos dados à equação, não permitindo com isso, mensurar o ponto de máxima eficiência para este híbrido (Figura 14).

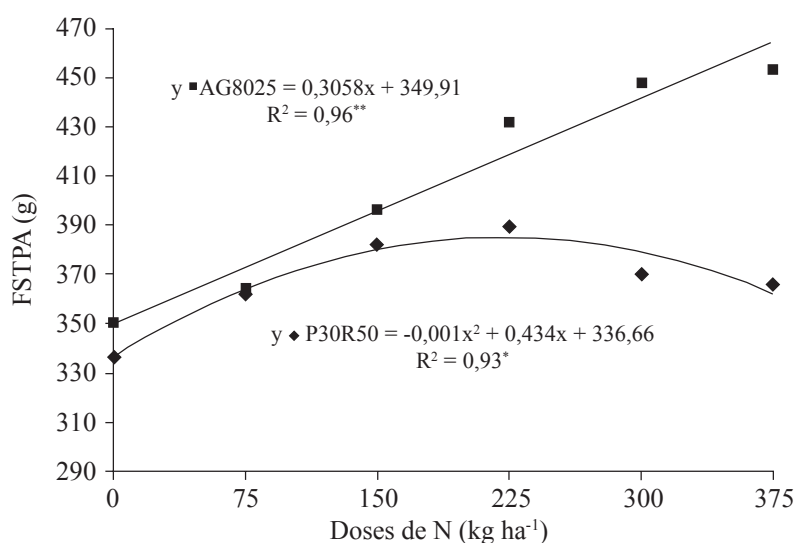


Figura 14. Fitomassa seca total da parte aérea por planta (FSTPA) em função de híbridos de milho e doses de N aplicadas em cobertura. * Pr < 0,05 e ** Pr < 0,01. Ponta Grossa, 2012.

As FSPA, FSGE e FSTPA apresentaram correlação positiva tanto com a produtividade ($r=0,50^{**}$, $r=0,77^{**}$ e $r=0,73^{**}$, respectivamente) como com o teor de N foliar ($r=0,30^{*}$, $r=0,45^{**}$ e $r=0,43^{**}$, respectivamente), apresentando a mesma tendência, porém com amplitudes diferentes, ou seja, houve melhor associação das referidas variáveis com a produtividade. Quando da avaliação da correlação das variáveis FSPA, FSGE e FSTPA com o índice de colheita (IC), observou-se correlação positiva somente com FSGE ($0,61^{**}$).

4.5 Índice de colheita e produtividade

O resumo da análise da variância, apresentado na Tabela 15, mostra que os híbridos de milho, doses de N aplicadas em cobertura, bem como a interação entre os fatores não influenciaram a variável índice de colheita (IC). No entanto, para produtividade de grãos, evidenciou-se efeito

significativo dos fatores em separado, ou seja, de híbridos de milho e de doses de N aplicadas em cobertura, com baixo coeficiente de variação, reforçando a uniformidade com que os dados foram coletados (Tabela 15). O coeficiente de correlação entre IC e produtividade foi de 0,45**.

Tabela 15. Resumo da análise da variância para as variáveis índice de colheita (IC) e produtividade de grãos em função de híbridos de milho e doses de N aplicadas em cobertura. Ponta Grossa, 2012.

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio (Q.M.)	
		IC	Produtividade de grãos
Blocos	3	0,0010 ^{ns}	226411,71 ^{ns}
Híbridos (H)	1	0,0009 ^{ns}	27346796,50**
Doses de N (DN)	5	0,0017 ^{ns}	21925231,39**
Interação H x DN	5	0,0010 ^{ns}	694843,12 ^{ns}
Resíduo	33	0,0007	470217,78
Média		0,52	11.684,01
CV (%)		5,02	5,87

^{ns}: não significativo; *, ** significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

O valor médio obtido para a variável IC foi 0,52 (Tabela 15), sendo semelhante aos IC de dois híbridos de milho (Pioneer 3905 e Pioneer 30F06 Bt) e superior ao híbrido Maizex LF850 RR estudados por Subedi e Ma (2005), cujos valores foram de 0,54; 0,51 e 0,46, respectivamente. Os IC obtidos para os híbridos P30R50 e AG8025 (Tabela 16) estão de acordo com Echarte e Andrade (2003), os quais relatam que os híbridos simples de milho apresentam maior estabilidade do IC, independentemente da quantidade de FSTPA ou da produtividade de grãos por planta.

Tabela 16. Índice de colheita (IC) e produtividade de grãos em função de híbridos de milho. Ponta Grossa, 2012.

Híbridos	IC	Produtividade (kg ha ⁻¹)
P30R50	0,52 a	10.929,21 b
AG8025	0,53 a	12.438,81 a

*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste F.

O híbrido AG8025 além de apresentar produtividade superior ao híbrido P30R50 (Tabela 16), também apresentou maior FSPA e FSTPA (Tabela 14 e Figura 14), demonstrando a importância e a necessidade do acúmulo de fitomassa seca para a expressão do potencial produtivo, o que está de acordo com Cui et al. (2009). Além disso, o valor médio de IC obtido (0,52) encontra-se dentro da faixa mais frequente para híbridos de milho de alto potencial produtivo (0,50 a 0,55), tendo como limite o valor de 0,60 para a maioria das culturas,

segundo os trabalhos de Raun, Sanders e Olson (1989), Voorshees et al. (1989) e Sharma-Natu e Ghildiyal (2005).

A produtividade do híbrido AG8025 foi superior ao híbrido P30R50 em 1.509,60 kg ha⁻¹, correspondendo a uma diferença de 13,81% (Tabela 16). A diferença de produtividade entre híbridos, possivelmente tenha resultado da maior MMG (Tabela 12), NGF (Figura 9) e FSPA (Tabela 14) demonstradas pelo híbrido AG8025, revelando existência de variabilidade genética quanto ao potencial produtivo entre os híbridos. Argenta et al. (2003) obtiveram diferença de 2.900 kg ha⁻¹ entre os híbridos P32R21 e Premium, cujas produtividades foram de 12.400 e 9.500 kg ha⁻¹, respectivamente. Diferença entre híbridos de milho quanto à produtividade também foi observada por Ferreira et al (2009), onde os híbridos AG9020 e AG8021 foram mais produtivos que o AG6018, entretanto, a produtividade máxima encontrada pelos autores foi de 10.553 kg ha⁻¹, sendo esta, menor em 2.479,93 kg ha⁻¹ ao valor estimado neste trabalho (Figura 15).

As variáveis NGF (Figura 9), CE (Figura 10), FSGE (Figura 13) e FSTPA (Figura 14) foram influenciadas simultaneamente por híbridos de milho e doses de N aplicadas em cobertura, no entanto, a interação entre os fatores não foi observada para a variável produtividade (Tabela 15), porém foi influenciada pelos fatores em separado (Tabela 16 e Figura 15). Estes resultados comprovam que a produtividade de híbridos de milho resulta da expressão de cada um desses componentes da produtividade, bem como do acúmulo de fitomassa seca, sendo influenciados pela disponibilização de N.

A equação de segundo grau ajustada para produtividade de milho em função das doses de N, possibilitou a identificação da dose 295 kg de N ha⁻¹ em cobertura a qual expressaria a máxima produtividade, equivalendo a 13.032,93 kg ha⁻¹ (Figura 15). O resultado obtido é coerente com a indicação de Fontoura e Bayer (2009), pois relatam que para a obtenção de produtividades acima de 12.000 kg ha⁻¹, faz-se necessário a aplicação de 130 a 300 kg de N ha⁻¹ em cobertura.

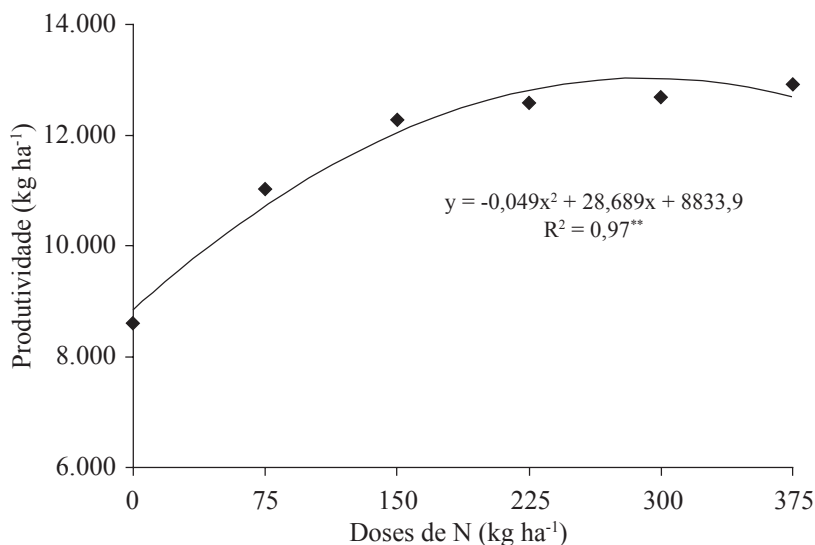


Figura 15. Produtividade de milho em função de doses de N aplicadas em cobertura.
 ** Pr < 0,01. Ponta Grossa, 2012.

O N é o nutriente requerido em maior quantidade pela maioria das plantas (MALAVOLTA, 2006), em razão de ser o elemento que faz parte do maior número de compostos essenciais às plantas, tais como: aminoácidos, enzimas, proteínas, nucleotídios (ATP, UDP, GTP etc.), dinucleotídios (NADH, NADPH, FADH₂ etc.), ácidos nucléicos (RNA e DNA), cromoproteínas, poliaminas e clorofila (TAIZ e ZEIGER, 2009). Por essa razão, o aumento na sua disponibilização aumenta o crescimento das culturas, logicamente até um determinado ponto. O excesso de N, segundo Salisbury e Ross (2012), geralmente leva a planta a apresentar abundância de folhagem, folhas verdes escuras, atraso do florescimento e da formação de sementes, além de reduzir o crescimento radicular, aumentando a relação parte aérea/raiz, o que talvez seja causado por desbalanço hormonal.

Hurtado et al. (2009) obtiveram produtividade máxima estimada em 9.210 kg ha⁻¹, correspondendo a 242 kg de N ha⁻¹ em cobertura, valores que se comparados aos obtidos neste trabalho, correspondem à aplicação de 53 kg de N a menos ha⁻¹, resultando, porém, em redução de 3.822,93 kg ha⁻¹ de grãos. Ainda, substituindo-se na equação ajustada neste estudo, a dose de máxima eficiência evidenciada pelos autores, obter-se-ia produtividade de 12.907 kg ha⁻¹, ou seja, muito superior. As diferenças obtidas entre os trabalhos se devem provavelmente as diferenças edafoclimáticas, de manejo, constituição genética entre híbridos, além da época de semeadura entre as regiões de estudo. Resposta inferior foi encontrada também por Silva et al. (2005b), com dose de máxima eficiência técnica estimada em 166 kg ha⁻¹ de N possibilitando produtividade de 6.709,37 kg ha⁻¹.

No entanto, Holland e Schepers (2010) em três anos de avaliação, constataram que a dose de 200 kg de N ha⁻¹, possibilitou à cultura do milho alcançar produtividades de 11.530, 12.110 e 13.660 kg ha⁻¹. Comparativamente, ao substituir na equação ajustada neste experimento a dose de 200 kg de N ha⁻¹, alcançar-se-ia produtividade de 12.611,70 kg ha⁻¹, ou seja, superior em 9,38% e 4,14% e, inferior em 7,67%, respectivamente. No trabalho de Sangoi et al. (2009), a aplicação de duas doses de 100 kg de N ha⁻¹ em cobertura, nos estádios fenológicos V₄ e V₁₀ da escala de Ritchie, Hanway e Benson (2003), resultou em produtividade de 12.634 kg ha⁻¹ para o híbrido simples P30F53, portanto semelhante à obtida neste estudo para o híbrido AG8025 (Tabela 16) e para a produtividade máxima estimada com a dose 295 kg de N ha⁻¹ em cobertura (Figura 15), todavia, com uma única aplicação em V₅. Relevante comparação, pois o híbrido simples P30F53 apresenta importante participação em área plantada na região dos Campos Gerais.

4.6 Leituras do índice relativo de clorofila

Para a variável índice relativo de clorofila (IRC) na folha 03 estágio fenológico V₄ (IRCF₀₃V₄), folha 03 estágio fenológico V₅ (IRCF₀₃V₅), folha 05 estágio fenológico V₅ (IRCF₀₅V₅) e folha 05 estágio fenológico V₇ (IRCF₀₅V₇), a análise da variância revelou interação entre híbridos de milho e doses de N aplicadas em cobertura apenas para IRCF₀₅V₇, todavia, as doses de N influenciaram as variáveis IRCF₀₃V₅ e IRCF₀₅V₇ e os híbridos de milho apenas a variável IRCF₀₃V₄ (Tabela 17).

Tabela 17. Resumo da análise da variância para as variáveis índice relativo de clorofila na folha 03 em V₄ (IRCF₀₃V₄), na folha 03 em V₅ (IRCF₀₃V₅), na folha 05 em V₅ (IRCF₀₅V₅) e na folha 05 em V₇ (IRCF₀₅V₇) em função de híbridos de milho e doses de N aplicadas em cobertura. Ponta Grossa, 2012.

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio (Q.M.)			
		IRCF ₀₃ V ₄	IRCF ₀₃ V ₅	IRCF ₀₅ V ₅	IRCF ₀₅ V ₇
Blocos	3	3,80 ^{ns}	3,00 ^{ns}	9,74 ^{ns}	1,17 ^{ns}
Híbridos (H)	1	60,08 ^{**}	0,37 ^{ns}	17,76 ^{ns}	0,03 ^{ns}
Doses de N (DN)	5	8,32 ^{ns}	42,81 ^{**}	8,12 ^{ns}	53,11 ^{**}
Interação H x DN	5	6,81 ^{ns}	13,27 ^{ns}	5,41 ^{ns}	30,03 ^{**}
Resíduo	33	3,67	9,46	6,73	5,07
Desdobramento					
P30R50	5				27,63 ^{**}
AG8025	5				55,51 ^{**}
Média		46,95	46,87	55,69	63,70
CV (%)		4,08	6,56	4,66	3,54

^{ns}: não significativo; *, ** significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

A única avaliação do IRC realizada antes da aplicação de N em cobertura foi $IRCF_{03}V_4$, por essa razão, não foi influenciada por doses de N em cobertura. Entretanto, o híbrido de milho P30R50 apresentou $IRCF_{03}V_4$ superior em 2,24 ao AG8025, correspondendo à diferença de 4,89% (Tabela 18). Os valores médios obtidos para os híbridos P30R50 e AG8025 foram superior e similar ao IRC de 45,4 referenciado por Argenta et al. (2003) no estágio fenológico V_3 a V_4 , indicando, segundo os autores, teor adequado de N na planta. A análise de correlação (Tabela 24) demonstrou que a leitura do $IRCF_{03}V_4$ não se correlacionou com o teor de N foliar e com a produtividade, corroborando com os resultados alcançados por Argenta et al. (2002) e Hurtado et al. (2010).

Tabela 18. Índice relativo de clorofila na folha 03 no estágio fenológico V_4 ($IRCF_{03}V_4$). Ponta Grossa, 2012.

Híbridos	$IRCF_{03}V_4$
P30R50	48,07 a
AG8025	45,83 b

*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste F.

O $IRCF_{03}V_5$ foi influenciado pelas doses de N aplicadas em cobertura, observando-se efeito linear crescente, contudo, substituindo-se na equação a dose de 375 kg ha^{-1} de N, alcançaria-se $IRCF_{03}V_5$ de 49,46 (Figura 16). Destacando-se que o efeito das doses de N em cobertura sobre as leituras do $IRCF_{03}V_5$ ocorreu quatro dias após sua aplicação. De acordo com Godoy et al. (2007), IRC de 46,6 entre V_4 a V_5 possibilitam maior acúmulo de FSPA em milho, portanto, como o valor médio obtido para $IRCF_{03}V_5$ foi de 46,87 (Tabela 17), ou seja, muito próximo do valor sugerido, considera-se adequado à planta de milho para o estágio fenológico em questão.

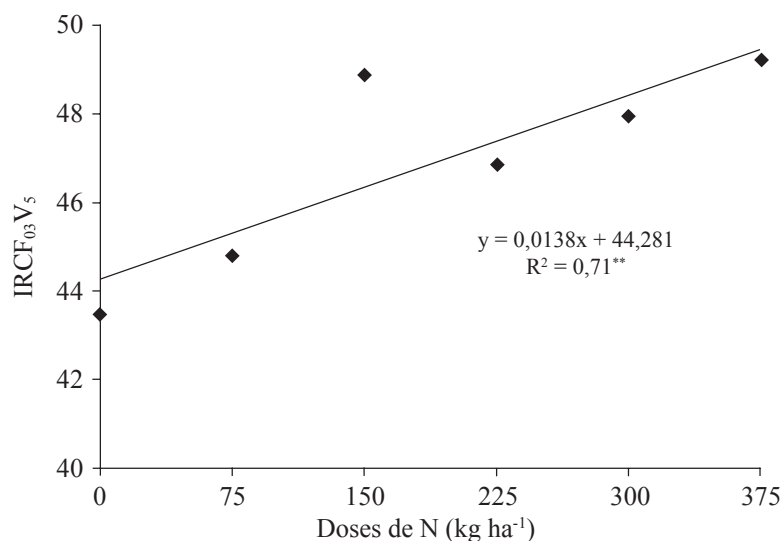


Figura 16 Índice relativo de clorofila na folha 03 no estágio fenológico V₅ (IRCF₀₃V₅) em função de doses de N aplicadas em cobertura. ** Pr < 0,01. Ponta Grossa, 2012.

O IRCF₀₃V₅ respondeu a doses de N, no entanto, quando da avaliação do IRCF₀₅V₅ a significância não ocorreu (Tabela 17). O que provavelmente se deva ao fato da folha 5 ser muito jovem, então o N adicionado será utilizado primeiramente para auxiliar o primórdio foliar a aumentar o número de células, posteriormente e conjuntamente ao processo de diferenciação celular, incrementando a produção de cloroplastos, local de síntese de clorofila, o que pode ser comprovado na avaliação IRCF₀₅V₇ (Tabela 17) e IRCF₀₅V₉ (Tabela 19). Já a folha 3 possivelmente se encontrava em um estágio mais avançado de desenvolvimento, ou seja, mesmo não tendo atingido seu tamanho final, suas células estavam num estágio mais avançado de diferenciação, possuindo mais cloroplastos por célula e, com isso, intensificando a síntese de clorofila com o aumento da disponibilidade de N, indicando que o N é utilizado nos primórdios foliares primeiramente para o processo de divisão celular e, posteriormente para diferenciação celular.

Na diferenciação celular a célula tem seu perímetro aumentado, bem como, o número de organelas, dentre elas as mitocôndrias e os cloroplastos em parênquimas fotossintetizantes, por essa razão, o teor de clorofila aumenta concomitantemente com a diferenciação da célula, do tecido e do órgão, no caso em questão, a folha, sendo incorporada nas membranas dos tilacóides, mais especificamente nos centros de reação, chamados fotossistemas II e I (TAIZ e ZEIGER, 2009).

Os valores médios de IRCF₀₃V₅ e IRCF₀₅V₅ (Tabela 17) estão muito próximos ao valor de 50,6 encontrado por Hurtado et al. (2010) em V₄ a V₅, possibilitando à cultura do milho alcançar produtividade de 11.300 kg ha⁻¹, valor este, também bastante similar à média de 11.684,01 kg ha⁻¹ alcançada neste trabalho (Tabela 15).

Hurtado et al. (2010) observaram correlação positiva entre o IRC determinado em V_4 a V_5 com a produtividade. O $IRCF_{03}V_5$ revelou, apesar de baixa, correlação positiva com o teor de N foliar e produtividade, com coeficientes de 0,42** e 0,36*, respectivamente, todavia, o mesmo não ocorreu para o $IRCF_{05}V_5$ (Tabela 24). No entanto, tanto o $IRCF_{05}V_5$ quanto a produtividade média foram similares aos resultados desses autores, podendo ter ocorrido devido à quantidade de N utilizada na semeadura (32 kg ha^{-1}) suprir a necessidade inicial dos processos fisiológicos envolvidos até o estágio fenológico V_5 , bem como pelo fato do solo ser um Latossolo Bruno com teor de MO de 32 g dm^{-3} (Tabela 1), disponibilizando maior teor de N à solução do solo, o que poderia ter auxiliado no suprimento da necessidade inicial de N.

O efeito das doses de N aplicadas em cobertura resultou em aumento linear do $IRCF_{05}V_7$, no entanto, os ajustes foram baixos, de 47 e 50% às equações, respectivamente para os híbridos P30R50 e AG8025 (Figura 17).

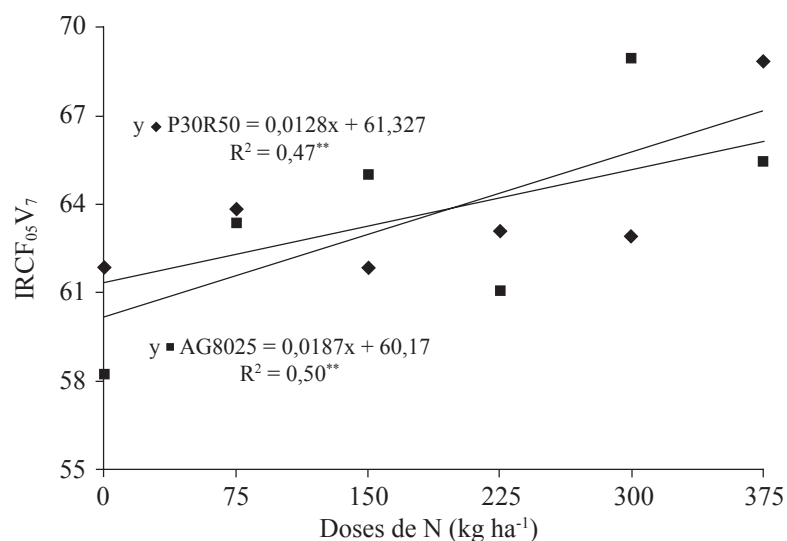


Figura 17. Índice relativo de clorofila na folha 05 no estágio fenológico V_7 ($IRCF_{05}V_7$) em função de híbridos de milho e doses de N aplicadas em cobertura. ** $Pr < 0,01$. Ponta Grossa, 2012.

O $IRCF_{05}V_7$ médio foi de 63,7 (Tabela 17), independentemente do híbrido e da dose de N, denotando superioridade em 22,26% ao IRC de 52,1 obtido por Argenta et al. (2003) para milho em estágio fenológico V_6 a V_7 , correspondendo também, em produtividade 6,7% superior. Faz-se notar que, com o aumento da disponibilização de N ocorreu aumento do $IRCF_{05}V_7$, e consequentemente da produtividade, o que foi comprovado pela correlação positiva entre as leituras do $IRCF_{05}V_7$ com o teor de N foliar e com a produtividade (Tabela 24).

Os IRC determinados na folha 05 estágio fenológico V_9 ($IRCF_{05}V_9$), na folha 07 estágio

fenológico V_7 ($IRCF_{07}V_7$), na folha 07 estágio fenológico V_9 ($IRCF_{07}V_9$) e na folha 09 estágio fenológico V_9 ($IRCF_{09}V_9$) foram influenciados pelas doses de N aplicadas em cobertura e pela interação entre híbridos milho e doses de N, exceto a variável $IRCF_{05}V_9$, porém sofreu efeito de híbridos (Tabela 19).

Tabela 19. Resumo da análise da variância para as variáveis índice relativo de clorofila na folha 05 em V_9 ($IRCF_{05}V_9$), na folha 07 em V_7 ($IRCF_{07}V_7$), na folha 07 em V_9 ($IRCF_{07}V_9$) e na folha 09 em V_9 ($IRCF_{09}V_9$) em função de híbridos de milho e doses de N aplicadas em cobertura. Ponta Grossa, 2012.

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio (Q.M.)			
		$IRCF_{05}V_9$	$IRCF_{07}V_7$	$IRCF_{07}V_9$	$IRCF_{09}V_9$
Blocos	3	2,04 ^{ns}	11,26*	27,06 ^{ns}	5,03 ^{ns}
Híbridos (H)	1	65,10**	9,45 ^{ns}	23,38 ^{ns}	15,76 ^{ns}
Doses de N (DN)	5	122,31**	20,99**	114,86**	16,77*
Interação H x DN	5	7,70 ^{ns}	14,80**	33,07*	39,18**
Resíduo	33	6,69	3,72	10,28	6,43
Desdobramento					
P30R50	5		17,36**	27,14 ^{ns}	7,32 ^{ns}
AG8025	5		18,43**	120,78**	48,63**
Média		62,39	63,45	66,00	57,85
CV (%)		4,14	3,04	4,86	4,38

^{ns}: não significativo; *, ** significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

O híbrido P30R50 apresentou $IRCF_{05}V_9$ superior em 3,80% ao híbrido AG8025, equivalendo à diferença de 2,33 no IRC (Tabela 20). Variabilidade genética entre híbridos de milho e diferenças na síntese de clorofila também foi observada por Sunderman, Pontius e Lawless (1997) e Subedi e Ma (2005).

Tabela 20. Índice relativo de clorofila na folha 05 no estágio fenológico V_9 ($IRCF_{05}V_9$). Ponta Grossa, 2012.

Híbridos	$IRCF_{05}V_9$
P30R50	63,56 a
AG8025	61,23 b

*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste F.

O $IRCF_{05}V_9$ aumentou à medida que se incrementou o N em cobertura até a dose 325 kg de N ha⁻¹ estimada através da equação quadrática ajustada (99%), o que equivaleria a 66,73 de $IRCF_{05}V_9$ (Figura 18). O $IRCF_{05}V_9$ apresentou maior coeficiente de correlação com o teor de N foliar (0,72**) do que com a produtividade (0,57**) (Tabela 24).

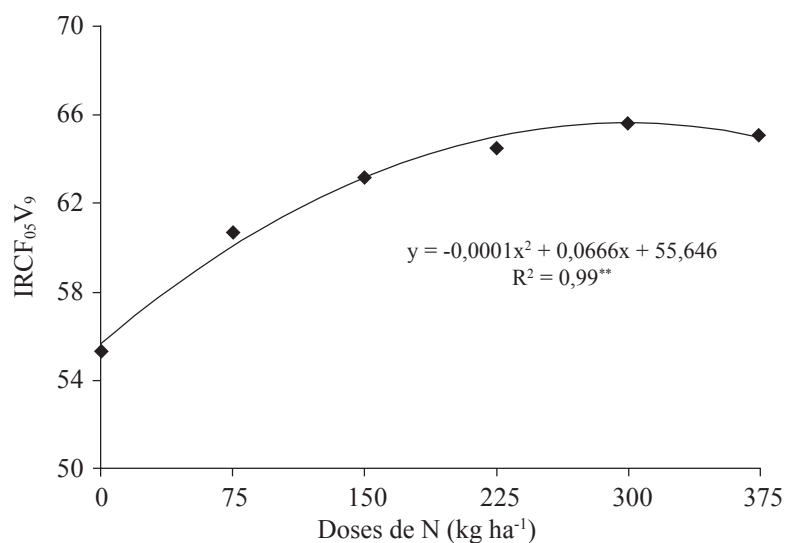


Figura 18. Índice relativo de clorofila na folha 05 no estágio fenológico V_9 ($IRCF_{05}V_9$) em função de doses de N aplicadas em cobertura. $^{**} Pr < 0,01$. Ponta Grossa, 2012.

O desdobramento das doses de N para o $IRCF_{07}V_7$ permitiu identificar comportamento diferente dos híbridos às doses de N aplicadas em cobertura, ou seja, enquanto o híbrido P30R50 respondeu até a dose estimada em $205\ kg\ de\ N\ ha^{-1}$, a qual corresponderia ao IRC de 65,33, o híbrido AG8025 respondeu de forma linear crescente às doses de N, não obstante, a dose de $375\ kg\ ha^{-1}$ possibilitaria obter para este híbrido por estimativa IRC de 65,39 (Figura 19), valores estes, superiores ao valor médio de 59,7 evidenciado por Hurtado et al. (2010) entre os estádios fenológicos V_7 e V_8 . A correlação do $IRCF_{07}V_7$ com o teor de N foliar e com a produtividade foi de $0,39^{**}$ e $0,33^*$, respectivamente, portanto, bem inferior ao encontrado em $IRCF_{05}V_9$ (Tabela 24).

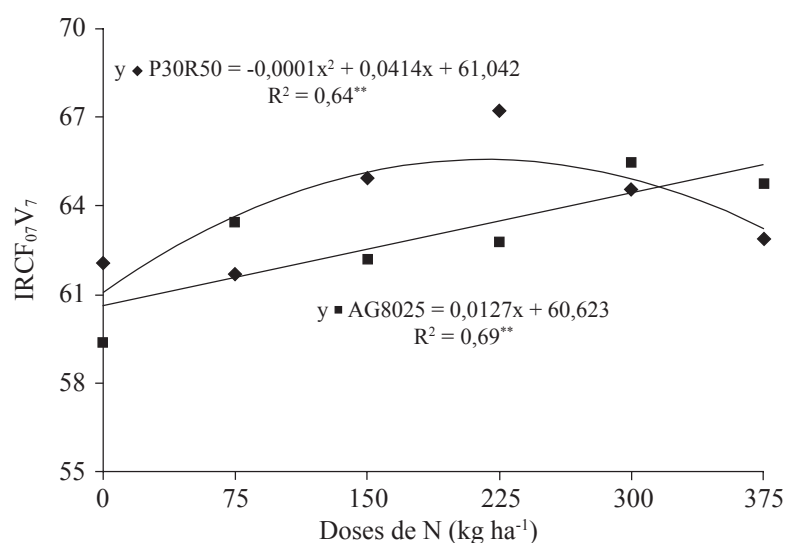


Figura 19. Índice relativo de clorofila na folha 07 no estágio fenológico V_7 ($IRCF_{07}V_7$) em função de híbridos de milho e doses de N aplicadas em cobertura. $^{**} Pr < 0,01$. Ponta Grossa, 2012.

Quando do desdobramento de doses de N aplicadas em cobertura dentro de híbridos de milho para a variável $IRCF_{07}V_9$, o híbrido P30R50 não respondeu às doses de N, apresentando IRC médio de 65,3, enquanto para o híbrido AG8025 houve aumento do $IRCF_{07}V_9$ até a dose estimada em 245 kg de N ha^{-1} , quando apresentaria 69,29 (Figura 20). A diferença entre os valores de IRC estimados na folha 07 entre os estádios fenológicos V_7 e V_9 para o híbrido AG8025 foi de 3,9, demonstrando que houve acréscimo na síntese de clorofila na folha 07 devido à incorporação de N. O coeficiente de correlação entre $IRCF_{07}V_9$ e o teor de N foliar e a produtividade foi o mesmo (0,58**) (Tabela 24).

A resposta diferenciada do $IRCF_{07}$ dos híbridos às doses de N observada entre os estádios fenológicos V_7 e V_9 , possivelmente tenha relação com o fato do híbrido AG8025 ter apresentado FSPA superior ao P30R50 (Tabela 14), uma vez que para este, o $IRCF_{07}$ entre V_7 e V_9 praticamente foi o mesmo, ou seja, estabilizou e para o AG8025 houve aumento de 3,9, repercutindo em correlação positiva maior entre IRC com teor de N foliar e com a produtividade no estágio fenológico V_9 em relação ao V_7 (Tabela 24).

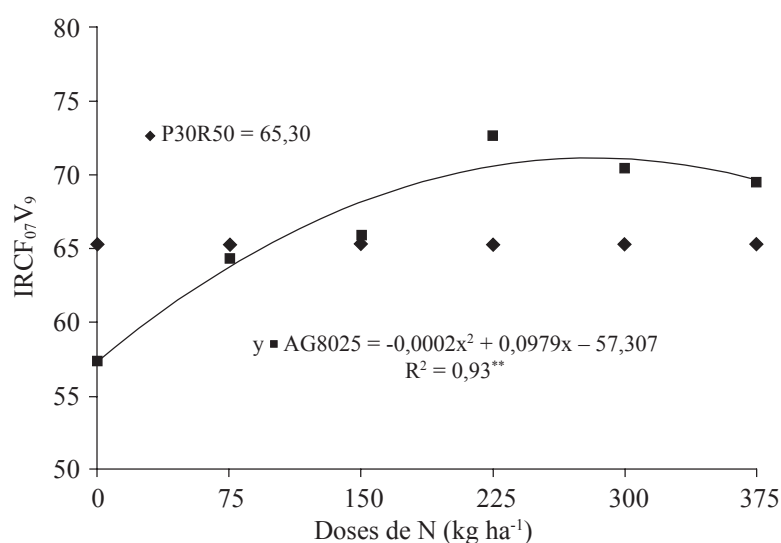


Figura 20. Índice relativo de clorofila na folha 07 no estágio fenológico V_9 ($IRCF_{07}V_9$) em função de híbridos de milho e doses de N aplicadas em cobertura. ** $Pr < 0,01$. Ponta Grossa, 2012.

O desdobramento das doses de N aplicadas em cobertura dentro de cada híbrido revelou para a variável $IRCF_{09}V_9$, respostas contrastantes dos híbridos, ou seja, as leituras dos IRC obtidos para o híbrido P30R50 não foram influenciadas pelas doses de N quando da análise de regressão, apresentando média de 58,43, enquanto o $IRCF_{09}V_9$ para o híbrido AG8025 apresentou resposta linear crescente às doses de N, com ajuste de 90% (Figura 21). O $IRCF_{09}V_9$ não se correlacionou

com a produtividade, apenas com o teor de N foliar, com coeficiente de correlação de Pearson de 0,41** (Tabela 24). A ausência de correlação entre o $IRCF_{09}V_9$ e a produtividade se deve provavelmente ao fato das leituras do IRC no híbrido P30R50 não terem sido influenciadas pelas doses de N, apesar da resposta linear do híbrido AG8025. Entretanto, observou-se baixa amplitude do $IRCF_{09}V_9$ entre os híbridos, ou seja, enquanto para o híbrido P30R50 o valor médio foi de 58,43, obter-se-ia $IRCF_{09}V_9$ de 61,7 estimado pela equação ajustada com a dose de 375 kg de N ha^{-1} para o híbrido AG8025.

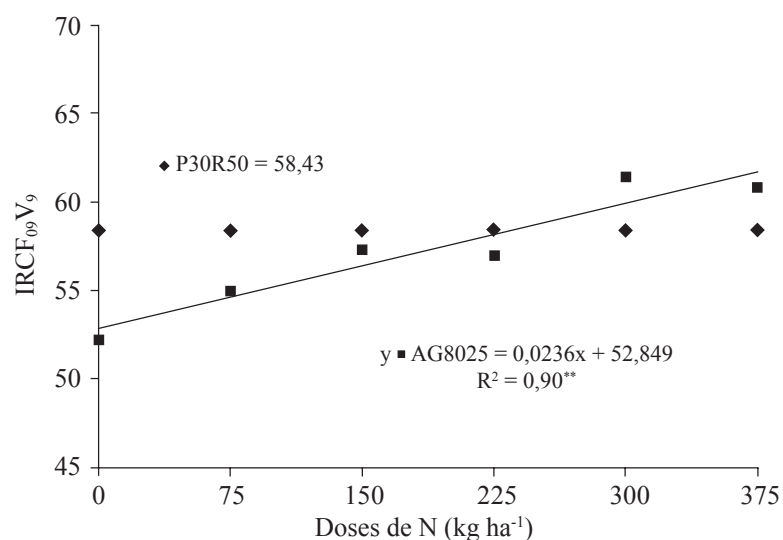


Figura 21. Índice relativo de clorofila na folha 09 no estágio fenológico V_9 ($IRCF_{09}V_9$) em função de híbridos de milho e doses de N aplicadas em cobertura. ** $Pr < 0,01$. Ponta Grossa, 2012.

O valor médio do $IRCF_{09}V_9$ foi de 57,85 independentemente do híbrido e dose de N aplicada em cobertura (Tabela 19), superior em 9,15% ao IRC de 53,0 observado por Godoy et al. (2007) em milho entre os estádios fenológicos V_8 a V_9 e, inferior em 8,03% ao valor de 62,9 obtido por Hurtado et al. (2010) entre os estádios fenológicos V_9 a V_{10} da cultura do milho. As comparações revelam que a folha indicadora do estágio fenológico, por ser a mais jovem, geralmente não responde ao N em cobertura quanto ao IRC por utilizá-lo provavelmente, primeiramente para a diferenciação celular.

As variáveis índice relativo de clorofila na folha 09 estágio fenológico emborrachamento ($IRCF_{09}EMB$), na folha 11 estágio fenológico de pendoamento ($IRCF_{11}VT$), na folha 11 estágio fenológico R_1 ($IRCF_{11}R_1$) e na folha 13 estágio fenológico R_2 ($IRCF_{13}R_2$) sofreram influência significativa das doses de N aplicadas em cobertura, da interação híbridos x doses de N exceto para a variável $IRCF_{09}EMB$ e também, houve efeito significativo de híbridos sobre

as variáveis $IRCF_{11}R_1$ e $IRCF_{13}R_2$ (Tabela 21).

Tabela 21. Resumo da análise da variância para as variáveis índice relativo de clorofila na folha 09 no emborrachamento ($IRCF_{09}EMB$), na folha 11 no pendoamento ($IRCF_{11}VT$), na folha 11 em R_1 ($IRCF_{11}R_1$) e na folha 13 em R_2 ($IRCF_{13}R_2$) em função de híbridos de milho e doses de N aplicadas em cobertura. Ponta Grossa, 2012.

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio (Q.M.)			
		$IRCF_{09}EMB$	$IRCF_{11}VT$	$IRCF_{11}R_1$	$IRCF_{13}R_2$
Blocos	3	0,95 ^{ns}	19,14 ^{ns}	6,15 ^{ns}	27,29 ^{ns}
Híbridos (H)	1	1,58 ^{ns}	2,48 ^{ns}	44,66 ^{**}	198,05 ^{**}
Doses de N (DN)	5	247,30 ^{**}	206,48 ^{**}	173,80 ^{**}	432,70 ^{**}
Interação H x DN	5	20,46 ^{ns}	92,72 ^{**}	26,28 ^{**}	84,31 ^{**}
Resíduo	33	9,54	14,54	3,85	12,03
Desdobramento					
P30R50	5		65,33 ^{**}	35,33 ^{**}	108,78 ^{**}
AG8025	5		233,87 ^{**}	164,74 ^{**}	408,23 ^{**}
Média		64,86	67,84	60,13	66,16
CV (%)		4,76	5,62	3,26	5,24

^{ns}: não significativo; *, ** significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

O $IRCF_{09}EMB$ independentemente do híbrido apresentou resposta linear crescente com o incremento das doses de N aplicadas em cobertura, com 86% da resposta explicada pela equação ajustada (Figura 22). As leituras do $IRCF_{09}EMB$ diferentemente das leituras em V_9 , correlacionaram-se positivamente com o teor de N foliar e com a produtividade, manifestando coeficientes de 0,73^{**} e 0,67^{**}, respectivamente (Tabela 24).

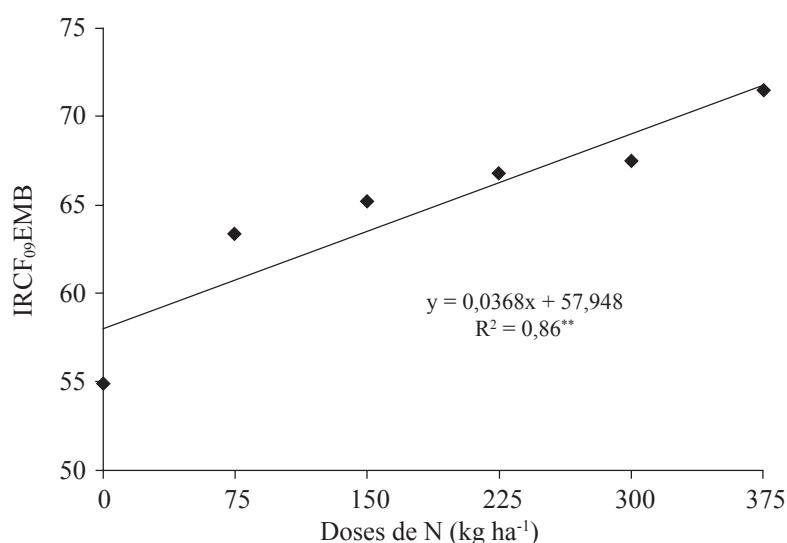


Figura 22. Índice relativo de clorofila na folha 09 no estágio fenológico de emborrachamento ($IRCF_{09}EMB$) em função de doses de N aplicadas em cobertura. ** $Pr < 0,01$. Ponta Grossa, 2012.

O desdobramento da interação doses de N dentro de híbridos de milho revelou influência diferenciada sobre a variável $IRCF_{11}VT$. Para o híbrido AG8025 o $IRCF_{11}VT$ respondeu de forma crescente até a dose estimada em 250 kg de N ha^{-1} , correspondendo ao IRC de 72,66, com 98% da resposta explicada pela equação quadrática ajustada. Enquanto o $IRCF_{11}VT$ obtido para o híbrido P30R50, aumentou linearmente com aumento da dose de N aplicada em cobertura (Figura 23). Como o N participa da estrutura da molécula de clorofila, com um total de 4 átomos, subentende-se que o aumento do suprimento de N às plantas, até determinado limite, proporciona incremento da tonalidade verde da folha, aumentando o teor de clorofila ou o IRC, bem como o teor de N foliar e a produtividade (SALISBURY e ROSS, 2012). O que pode ser comprovado através da análise de correlação, pois os coeficientes de correlação entre $IRCF_{11}VT$ e o teor de N foliar e a produtividade foram de 0,63** e 0,60**, respectivamente (Tabela 24).

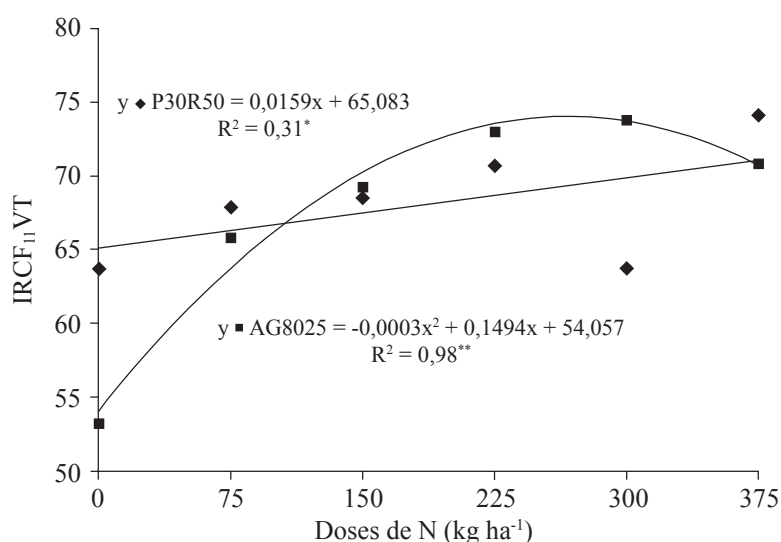


Figura 23. Índice relativo de clorofila na folha 11 no estágio fenológico VT ($IRCF_{11}VT$) em função de híbridos de milho e doses de N aplicadas em cobertura. * $Pr < 0,05$ e ** $Pr < 0,01$. Ponta Grossa, 2012.

Argenta et al. (2003) e Hurtado et al. (2010) obtiveram IRC de 58,0 na folha abaixo e oposta à espiga no estágio de espigamento e 65,2 em V_{11} a V_{12} , respectivamente, portanto o $IRCF_{11}VT$ médio de 67,84 (Tabela 21) foi 16,96% e 4,05% superior. A síntese de clorofila é induzida pela luz, tendo como cofator de algumas enzimas o Fe, dependendo de N, Mg e esqueletos carbônicos oriundos da própria fotossíntese. Adicionalmente, sofre influência de fatores extrínsecos (disponibilidade de N, Mg e Fe; água; intensidade luminosa; fotoperíodo; manejo etc.) e intrínsecos (variabilidade genética). Neste experimento a água disponível no solo foi em média 7,99 mm dia^{-1} para o mês de dezembro, durante o estágio fenológico VT, que de acordo

Matzenauer et al. (1998) está dentro da faixa ótima, atendendo a necessidade da cultura, contribuindo para que a planta pudesse sintetizar e manter alto teor de clorofila, avaliado de forma indireta (IRC). Da mesma forma, o teor de Mg presente no solo, segundo Oleynik et al. (1998) está adequado à necessidade da cultura (Tabela 1).

O comportamento dos híbridos quando da determinação do $IRCF_{11}R_1$ foi similar ao evidenciado em VT, ou seja, houve interação entre os fatores. O híbrido P30R50 respondeu de forma linear, enquanto o AG8025 respondeu de maneira quadrática às doses de N aplicadas em cobertura (Figuras 23 e 24). O híbrido AG8025 atingiria dose de máxima eficiência técnica em 375 kg de N ha^{-1} , com $IRCF_{11}R_1$ estimado em 68,70 e para o híbrido P30R50 houve acréscimo do $IRCF_{11}R_1$ com o aumento das doses de N aplicada em cobertura, com ajuste dos dados em 92% a partir da equação linear (Figura 24). Os coeficientes de correlação de Pearson entre $IRCF_{11}R_1$ e o teor de N foliar e a produtividade foram de 0,67** e 0,82**, respectivamente.

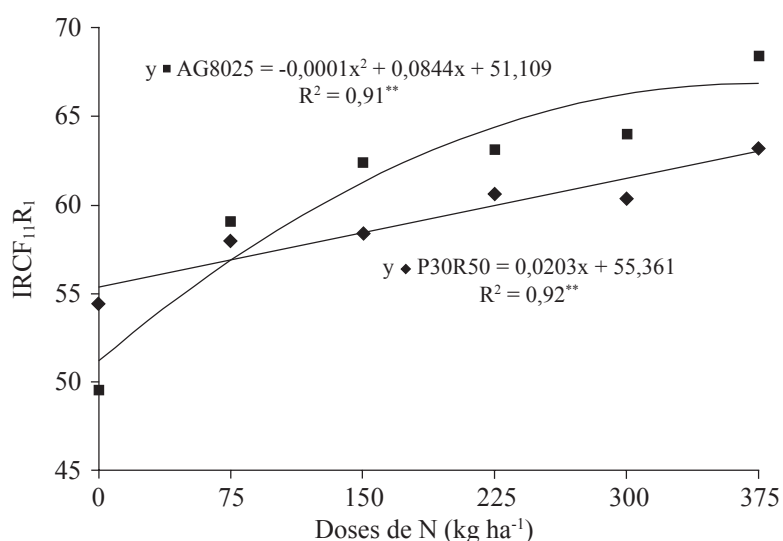


Figura 24. Índice relativo de clorofila na folha 11 no estágio fenológico R_1 ($IRCF_{11}R_1$) em função de híbridos de milho e doses de N aplicadas em cobertura. ** $Pr < 0,01$. Ponta Grossa, 2012.

O valor médio encontrado em $IRCF_{11}R_1$ foi de 60,13 (Tabela 21), valor este superior ao IRC médio de 57,9 e inferior ao IRC máximo de 68,9 evidenciados por Sunderman, Pontius e Lawless (1997) em híbridos de milho no mesmo estágio fenológico sob condição controlada de água, com produtividade média de 14.455 kg ha^{-1} , apresentando superioridade à máxima estimada neste experimento de 13.032,93 kg ha^{-1} (Figura 15).

Para a variável $IRCF_{13}R_2$ o desdobramento da interação doses de N aplicadas em cobertura

para cada híbrido através da análise de regressão, revelou resposta quadrática ao híbrido P30R50 com ajuste dos dados em 97%, estimando-se a dose de máxima eficiência técnica em 235 kg de N ha⁻¹ e o IRCF₁₃R₂ em 66,37. Enquanto a influência das doses de N sobre as leituras IRCF₁₃R₂ para o híbrido AG8025 possibilitou ajuste de 80% dos dados à equação de primeiro grau (Figura 25). Os coeficientes de correlação de Pearson entre IRCF₁₃R₂ e o teor de N foliar e a produtividade foram de 0,65** e 0,80**, respectivamente.

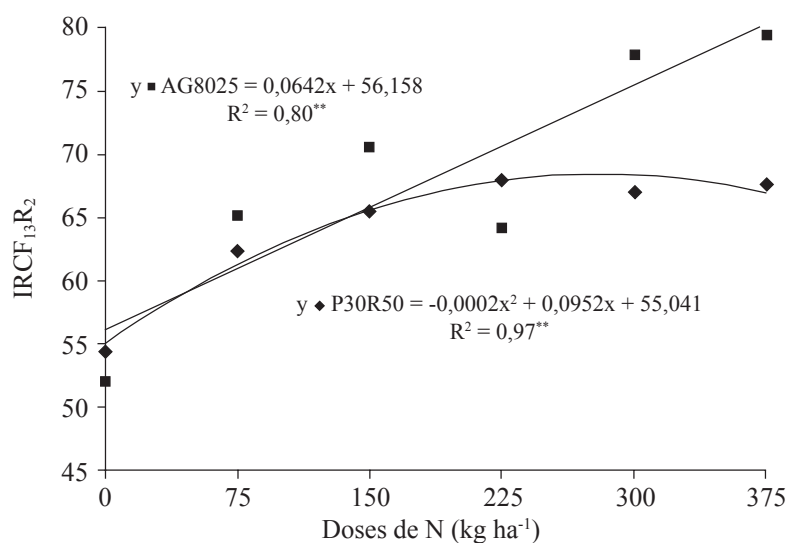


Figura 25. Índice relativo de clorofila na folha 13 no estágio fenológico R₂ (IRCF₁₃R₂) em função de híbridos de milho e doses de N aplicadas em cobertura. ** Pr < 0,01. Ponta Grossa, 2012.

O resumo da análise da variância revelou efeito significativo de doses de N aplicadas em cobertura para as variáveis índice relativo de clorofila na folha 13 estágio fenológico R₃ (IRCF₁₃R₃), na folha 15 estágio fenológico R₂ (IRCF₁₅R₂), na folha 15 estágio fenológico R₃ (IRCF₁₅R₃) e para teor de N foliar determinado no estágio fenológico R₁. Houve influência dos híbridos sobre as variáveis IRCF₁₃R₃ e IRCF₁₅R₂ e, os fatores híbridos e doses de N aplicadas em cobertura influenciaram concomitantemente as variáveis IRCF₁₅R₂ e IRCF₁₅R₃ (Tabela 22).

Tabela 22. Resumo da análise da variância para as variáveis índice relativo de clorofila na folha 13 em R₃ (IRCF₁₃R₃), na folha 15 em R₂ (IRCF₁₅R₂), na folha 15 em R₃ (IRCF₁₅R₃) e teor de N foliar na folha-índice (N foliar) determinado no estágio fenológico R₁ em função de híbridos de milho e doses de N aplicadas em cobertura. Ponta Grossa, 2012.

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio (Q.M.)			
		IRCF ₁₃ R ₃	IRCF ₁₅ R ₂	IRCF ₁₅ R ₃	N foliar
Blocos	3	50,38*	26,13 ^{ns}	7,42 ^{ns}	16,36*
Híbridos (H)	1	229,25**	56,99*	1,51 ^{ns}	13,34 ^{ns}
Doses de N (DN)	5	556,19**	431,08**	575,63**	120,18**
Interação H x DN	5	10,98 ^{ns}	29,85*	42,71*	7,73 ^{ns}
Resíduo	33	13,25	10,77	12,49	5,44
Desdobramento					
P30R50	5		142,78**	344,65**	
AG8025	5		318,15**	273,69**	
Média		66,76	69,01	70,40	26,56
CV (%)		5,45	4,76	5,02	8,78

^{ns}: não significativo; *, ** significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

O IRCF₁₃R₃ obtido para o híbrido AG8025 foi superior em 4,37 ao híbrido P30R50, correspondendo a 6,77% (Tabela 23). A análise de regressão do IRCF₁₃R₃ em função das doses de N aplicadas em cobertura possibilitou ajuste dos dados à equação quadrática em 98% (Figura 26), permitindo estimar em 335 kg de N ha⁻¹ a dose que conduziria ao maior IRCF₁₃R₃ (75,4). Houve correlação positiva do IRCF₁₃R₃ com o teor de N foliar, sendo o coeficiente de 0,69*, e com a produtividade a correlação foi ainda maior, apresentando coeficiente de 0,86**. Hurtado et al. (2010) obtiveram em R₃ IRC de 65,6, sendo este similar ao IRC médio de 66,76 (Tabela 22), bem como aos valores obtidos para cada um dos híbridos estudados (Tabela 23), porém inferior ao valor estimado em função das doses de N (Figura 26).

Tabela 23. Índice relativo de clorofila na folha 13 no estágio fenológico R₃ (IRCF₁₃R₃). Ponta Grossa, 2012.

Híbridos	IRCF ₁₃ R ₃
P30R50	64,58 b
AG8025	68,95 a

*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste F.

O maior IRCF₁₃R₃ obtido pelo híbrido AG8025, demonstra que o mesmo sintetizou maior teor de clorofila (Tabela 23). O fato da planta apresentar alto teor de clorofila, principalmente de clorofila a, remete para maiores taxas fotossintéticas e, com isso, maiores produtividades, o que pode ser visualizado na Tabela 16, pois o híbrido AG8025 foi o mais produtivo. Para reforçar

essa resposta, pode-se observar na Tabela 24, que o maior coeficiente de correlação com a produtividade foi justamente do $IRCF_{13}R_3$, indicando que a folha 13 é importante fonte de fotoassimilados para os grãos.

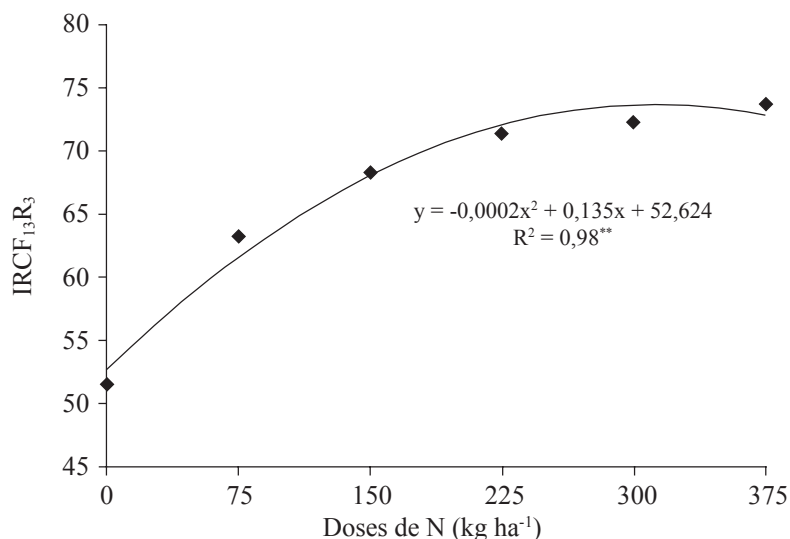


Figura 26. Índice relativo de clorofila na folha 13 no estágio fenológico R₃ ($IRCF_{13}R_3$) em função de doses de N aplicadas em cobertura. ^{**} Pr < 0,01. Ponta Grossa, 2012.

O desdobramento das doses de N dentro de híbridos de milho para a variável $IRCF_{15}R_2$, demonstrou ajuste a equações de segundo grau em 91 e 97%, respectivamente para os híbridos P30R50 e AG8025 (Figura 27). As doses estimadas através das equações que levariam ao $IRCF_{15}R_2$ máximo foram 260 e 275 kg de N ha⁻¹, respectivamente para os híbridos P30R50 e AG8025, correspondendo a 71,69 e 77,77 de IRC.

O efeito das doses de N aplicadas em cobertura em cada híbrido sobre os $IRCF_{15}R_3$, após desdobramento da interação, possibilitou ajuste a equações quadráticas para ambos os híbridos, permitindo identificar as doses 375 e 245 kg de N ha⁻¹ como aquelas que levariam os híbridos P30R50 e AG8025 a apresentar os valores mais altos de $IRCF_{15}R_3$, 83,45 e 79,44, respectivamente (Figura 28).

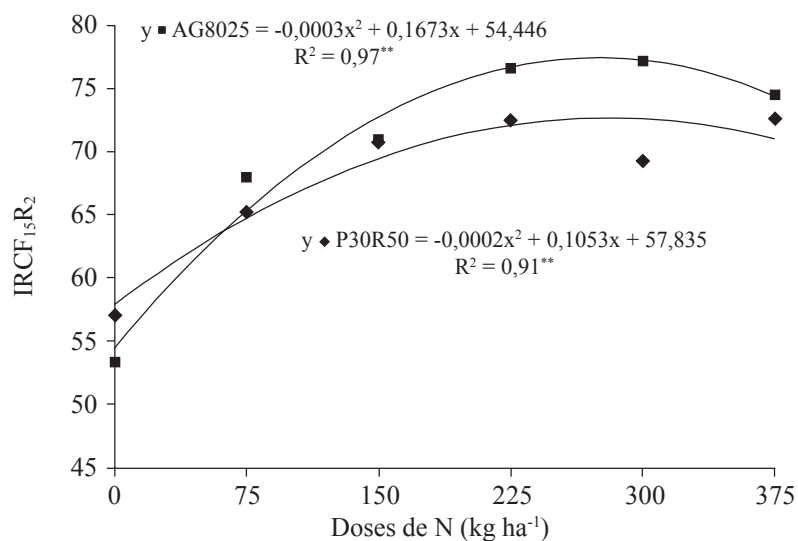


Figura 27. Índice relativo de clorofila na folha 15 no estágio fenológico R₂ (IRCF₁₅R₂) em função de híbridos de milho e doses de N aplicadas em cobertura. ** Pr < 0,01. Ponta Grossa, 2012.

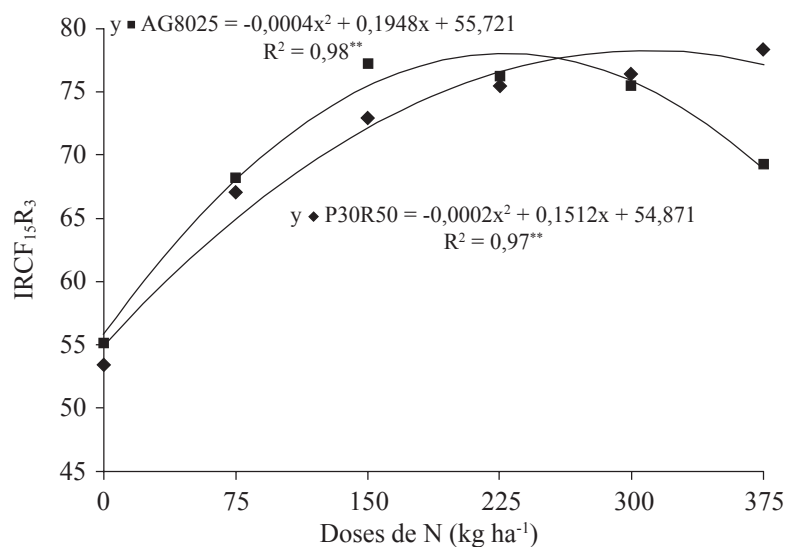


Figura 28. Índice relativo de clorofila na folha 15 no estágio fenológico R₃ (IRCF₁₅R₃) em função de híbridos de milho e doses de N aplicadas em cobertura. ** Pr < 0,01. Ponta Grossa, 2012.

Os IRC aumentaram durante o desenvolvimento dos estádios fenológicos da cultura do milho, corroborando com os resultados obtidos por Argenta, Silva e Sangoi (2004). Além disso, os resultados encontrados neste trabalho, independentemente do híbrido de milho, da folha ou do estágio fenológico apresentaram valores de ICR superiores aos obtidos por Zotarelli et al. (2003), Argenta et al. (2003), Godoy et al. (2007), Hurtado et al. (2009), Hurtado et al. (2010) e Coelho (2010).

Interações entre híbridos de milho e doses de N aplicadas em cobertura para as variáveis IRC ocorreram em diferentes estádios fenológicos, ou seja, na $F_{05}V_7$, $F_{07}V_7$, $F_{07}V_9$, $F_{09}V_9$, $F_{11}VT$, $F_{11}R_1$, $F_{13}R_2$, $F_{15}R_2$ e $F_{15}R_3$, diferentemente dos resultados obtidos por Subedi e Ma (2005) quando da aplicação de N em diferentes estádios fenológicos em três híbridos de milho, pois obtiveram interações entre os fatores apenas para as leituras do IRC em V_8 e quatro semanas após o florescimento. Os híbridos de milho testados por esses autores, não influenciaram de maneira diferenciada a maioria das variáveis analisadas, diferentemente dos resultados obtidos neste trabalho, pois além dos híbridos e das doses de N aplicadas em cobertura terem influenciado significativamente a maioria dos IRC, influenciaram também as variáveis: NFFAV₉ (Tabela 8), NGF e CE (Tabela 11), FSGE e FSTPA (Tabela 13), demonstrando que os híbridos de milho P30R50 e AG8025 respondem de maneira diferenciada, independentemente do estágio fenológico da cultura.

Influência significativa de híbridos ocorreu sobre os $IRCF_{03}V_4$, $IRCF_{05}V_9$, $IRCF_{11}R_1$, $IRCF_{13}R_2$, $IRCF_{13}R_3$ e $IRCF_{15}R_2$, portanto, com maior frequência para as determinações realizadas na fase reprodutiva. A FSTPA apresentou maiores coeficientes de correlação com os IRC também nos estádios fenológicos reprodutivos, com respectivos valores: 0,36*, 0,48**, 0,61**, 0,64**, 0,70** e 0,64** para $IRCF_{09}V_9$, $IRCF_{11}VT$, $IRCF_{11}R_1$, $IRCF_{13}R_2$, $IRCF_{13}R_3$ e $IRCF_{15}R_2$. Corroborando com Shanahan et al. (2007), pois afirmam que a planta de milho até o estágio fenológico VT acumula aproximadamente 40% da fitomassa seca total, acentuando-se a partir deste estágio. Mais uma vez, como o híbrido AG8025 apresentou maior acúmulo de FSPA, FSGE e FSTPA (Tabela 14 e Figuras 13 e 14) e maiores IRC nos estádios fenológicos reprodutivos (Tabela 23 e Figuras 23, 24, 25 e 27) em comparação ao híbrido P30R50, sua produtividade foi estatisticamente superior, com diferença de 1.509,6 kg ha⁻¹ (Tabela 16), demonstrando a variabilidade genética existente entre os híbridos de milho para variáveis de planta e para os IRCs.

As variações nos valores dos IRC obtidos e os encontrados na literatura, devem-se provavelmente, ao equipamento utilizado para a realização da leitura, idade da folha, posição da folha, posição da leitura na folha, estágio fenológico, manejo e condições edafoclimáticas. Taiz e Zeiger (2009) comentam que as leituras em folhas excessivamente sombreadas devem ser evitadas, pois proporcionalmente apresentam maior proporção de clorofila b em relação à clorofila a.

4.7 Teor de nitrogênio foliar

O teor de N foliar médio de 26,56 g kg⁻¹ ou 2,66% da fitomassa seca (Tabela 22), determinado na folha índice em R₁, encontra-se ligeiramente abaixo dos teores considerados adequados (27,5 a 32,5 g kg⁻¹) de acordo com Malavolta, Vitti e Oliveira (1997). Ferreira et al. (2009) em área sob plantio direto há 18 anos, observaram para os híbridos AG9020, AG6018 e AG8021 teores médios de N foliar de 23,17; 24,13 e 25,53 g kg⁻¹ respectivamente, valores estes também inferiores à faixa recomendada por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

O teor de N foliar determinado em R₁ foi influenciado pelas doses de N aplicadas em cobertura, apresentando modelo de resposta quadrático (Figura 29), sem, contudo, expressar interação com híbridos de milho (Tabela 22). O aumento na suplementação de N em cobertura até a dose estimada como de máxima eficiência técnica foi de 330 kg de N ha⁻¹, dose na qual, a folha abaixo e oposta à espiga (folha-índice) atingiria teor de N foliar de 31,26 g kg⁻¹. Como a dose de N estimada para a obtenção de máxima produtividade foi de 295 kg de N ha⁻¹, pode-se constatar quando da comparação com a dose de N estimada para obtenção de máximo teor de N foliar, diferença de 35 kg de N ha⁻¹, demonstrando que este acúmulo de N não foi revertido em produtividade, podendo caracterizar consumo de luxo (MALAVOLTA, 2006). No entanto, não houve crescimento exacerbado em extensão da planta milho, uma vez que, no estágio fenológico R₁ a altura de planta aumentou até a dose de 285 kg de N ha⁻¹ aplicada em cobertura.

Hurtado et al. (2009) obtiveram teor de N foliar de 30,25 g kg⁻¹, quando da substituição da dose de máxima eficiência técnica obtida para produtividade (242 kg de N ha⁻¹), o que correspondeu à produtividade de 9.210 kg ha⁻¹. No presente trabalho, a dose estimada para a máxima produtividade foi de 295 kg de N ha⁻¹, correspondendo a 13.032,93 kg ha⁻¹, porém, quando da substituição desta dose na equação ajustada para o teor de N foliar (Figura 29) como fizeram os autores, obter-se-ia teor de N foliar de 31,09 g kg⁻¹, ou seja, valor muito similar ao obtido por Hurtado et al. (2009), contudo, com diferença 3.822,93 kg ha⁻¹ na produtividade de grãos.

Na avaliação de quatro experimentos, Argenta et al. (2002) obtiveram coeficientes de correlação das leituras do IRC realizadas na folha-índice no estágio de espigamento com a produtividade de milho de 0,69*; 0,80*; 0,87* e 0,93*, enquanto neste as leituras do IRCF₁₁VT, IRCF₁₁R₁, IRCF₁₃R₂ e IRCF₁₃R₃ apresentaram coeficientes de correlação de Pearson de 0,60**; 0,82**; 0,80** e 0,86**, respectivamente (Tabela 24). O coeficiente de correlação de 0,69** obtido entre o teor de N foliar e a produtividade foi inferior aos valores obtidos por Argenta et al. (2002) em quatro experimentos (0,73*; 0,76*; 0,83* e 0,91*).

Argenta et al. (2001) obtiveram correlações maiores entre IRC e o teor de N foliar em estádios fenológicos mais avançados, no entanto, observa-se que a correlação aumenta com a idade da folha, e esse fato possibilita obter altas correlações nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura ou, nos estádios relacionados à fase vegetativa, portanto, a observação da idade da folha para a realização das leituras dos IRC demonstra que a eficiência de avaliação do estado de N na planta de milho através dos IRC, independe de estádios fenológicos relacionados à fase vegetativa ou reprodutiva (Tabela 24).

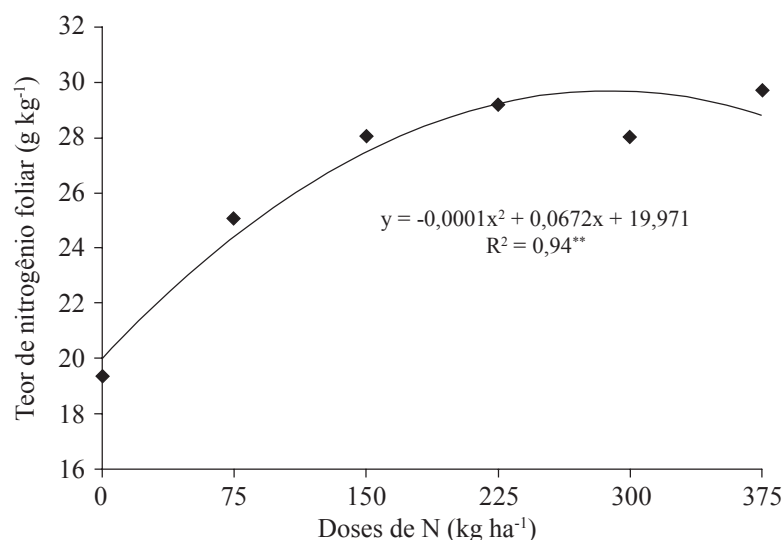


Figura 29. Teor de nitrogênio foliar determinado na folha-índice no estágio fenológico R₁ em função de doses de N aplicadas em cobertura. ** Pr < 0,01. Ponta Grossa, 2012.

De modo geral, fica evidente que quando não houve correlação do IRC com o teor de N foliar e/ou com a produtividade, o que ocorreu na avaliação em pré-aplicação de N em cobertura (F₀₃V₄) e nas avaliações realizadas nas folhas que determinam o estágio fenológico (F₀₅V₅ e F₀₉V₉), foi possivelmente porque o N é primeiramente utilizado para aumentar número e tamanho das células (diferenciação), para formar cloroplastos, para posteriormente sintetizar clorofila (Tabela 24). Na avaliação realizada na F₀₇ no estágio V₇ houve correlação positiva com o teor de N foliar e com a produtividade, porém bem menor que na F₀₇V₉. Neste contexto, conclui-se que a folha a ser avaliada deve estar em estágios mais avançados de desenvolvimento, já que a correlação com o teor de N foliar e com a produtividade aumenta, o que pode ser observado nas três avaliações da folha 5, pois houve aumento do estágio fenológico V₅ para o V₇ e, deste para V₉. Da mesma forma, para a folha 7, 9, 11, 13, no entanto, na folha 15 houve redução do coeficiente de correlação com a produtividade de R₂ para R₃, o que pode ser atribuído ao estágio fenológico encontrar-se próximo à maturidade fisiológica da cultura.

Tabela 24. Coeficientes de correlação das leituras do índice relativo de clorofila (IRC) em diferentes folhas e estádios fenológicos com o teor de N foliar determinado na folha-índice no estágio fenológico R₁ e com a produtividade. Ponta Grossa, 2012.

	N foliar (g kg ⁻¹)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
IRCF ₀₃ V ₄	0,24 ^{ns}	-0,10 ^{ns}
IRCF ₀₃ V ₅	0,42 ^{**}	0,36 [*]
IRCF ₀₅ V ₅	0,21 ^{ns}	-0,01 ^{ns}
IRCF ₀₅ V ₇	0,40 ^{**}	0,47 ^{**}
IRCF ₀₅ V ₉	0,72 ^{**}	0,57 ^{**}
IRCF ₀₇ V ₇	0,39 ^{**}	0,33 [*]
IRCF ₀₇ V ₉	0,58 ^{**}	0,58 ^{**}
IRCF ₀₉ V ₉	0,41 ^{**}	0,27 ^{ns}
IRCF ₀₉ EMB	0,73 ^{**}	0,67 ^{**}
IRCF ₁₁ VT	0,63 ^{**}	0,60 ^{**}
IRCF ₁₁ R ₁	0,67 ^{**}	0,82 ^{**}
IRCF ₁₃ R ₂	0,65 ^{**}	0,80 ^{**}
IRCF ₁₃ R ₃	0,69 ^{**}	0,86 ^{**}
IRCF ₁₅ R ₂	0,71 ^{**}	0,85 ^{**}
IRCF ₁₅ R ₃	0,71 ^{**}	0,77 ^{**}
N foliar (g kg ⁻¹)	-	0,69 ^{**}

^{ns}: não significativo; *, ** significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

Os resultados demonstraram correlação positiva entre o teor de N foliar e a produtividade (Tabela 24), o que demonstra a essencialidade do nutriente, bem como, o fato de ser um fator preponderante para a cultura do milho poder expressar seu potencial produtivo. Fato ligado a participação na molécula de clorofila, principalmente a “a”, pigmento essencial ao processo fotossintético, pois transforma os fótons (partículas de luz) em energia química (ATP e NADPH), fornecendo O₂ para a respiração. Além disso, o N está presente na RUBISCO (ribulose 1,5 bifosfato carboxilase), enzima mais populosa do planeta, responsável pela fixação e redução do carbono, único processo na natureza que une átomos de carbono entre si, gerando a fitomassa seca (esqueletos carbônicos), fazendo com que o organismo, no caso o milho, possa crescer e se desenvolver. Enfim, quando o nitrogênio é disponibilizado para as culturas nas quantidades requeridas, a produtividade será maximizada, ou seja, atingindo o potencial produtivo da cultura.

5 CONCLUSÕES

O híbrido de milho AG8025 apresentou menor número de folhas por planta, altura de inserção da espiga primária, $IRCF_{03}V_4$, $IRCF_{05}V_9$ e número de fileiras de grãos por espiga que o híbrido P30R50, porém maior altura de planta, fitomassa seca total, $IRCF_{13}R_3$ e produtividade, indicando variabilidade genética entre os híbridos.

As doses de N aplicadas em cobertura influenciaram de as variáveis: altura de plantas, altura de inserção da espiga primária, diâmetro de colmo, número de folhas fotossinteticamente ativas, massa de 1.000 grãos, diâmetro de espiga, teor de N foliar e produtividade. A dose de 295 kg de N ha⁻¹ possibilitou estimar a produtividade em 13.032,93 kg ha⁻¹ e a dose 330 kg de N ha⁻¹, permitiu estimar o teor de N foliar máximo em 31,26 g kg⁻¹. Entretanto, os fatores (híbridos e doses de N) não influenciaram o índice de colheita, cujo valor médio foi de 0,52.

Os híbridos e as doses de N aplicadas em cobertura influenciaram simultaneamente as variáveis fitomassa seca de grãos por espiga, fitomassa seca total da parte aérea, comprimento de espiga, número de grãos por fileira e os IRC determinados nas $F_{05}V_7$, $F_{07}V_7$, $F_{07}V_9$, $F_{09}V_9$, $F_{11}VT$, $F_{11}R_1$, $F_{13}R_2$, $F_{15}R_2$ e $F_{15}R_3$, havendo superioridade na resposta do híbrido AG8025 em relação ao híbrido P30R50 para a maioria destas variáveis.

A avaliação do IRC na folha que determina o estágio fenológico ($F_{05}V_5$, $F_{07}V_7$ e $F_{09}V_9$), apesar de totalmente expandida, não possibilitou a identificação de valores máximos de IRC, o que foi possível quando da determinação na mesma folha em estágio fenológico mais avançado ($F_{05}V_9$, $F_{07}V_9$ e $F_{09}EMB$).

A existência de correlação positiva dos IRC com o teor de N foliar e com a produtividade, em diferentes folhas e estádios fenológicos, permitiu identificar IRC para diagnóstico do estado de N em híbridos de milho, cujos valores médios variaram de 46,87 ($F_{03}V_5$) a 70,40 ($F_{15}R_3$).

Os IRC determinados na mesma folha e em estádios fenológicos diferentes revelaram que, geralmente, há acréscimo dos valores, porém, os híbridos responderam de forma diferenciada às doses de N aplicadas em cobertura. Neste sentido, os IRC máximos estimados para o híbrido

AG8025, o qual foi o mais produtivo, foram: 69,29; 72,66; 68,70; 77,77 e 79,44, respectivamente para as leituras na $F_{07}V_9$, $F_{11}VT$, $F_{11}R_1$, $F_{15}R_2$ e $F_{15}R_3$.

A determinação do IRC através do medidor portátil de clorofila, marca clorofiLOG pode ser uma ferramenta importante na predição da necessidade de N em milho, bem como da possibilidade de caracterizar o potencial produtivo da cultura, já nos estádios iniciais de desenvolvimento (V_5 , V_7 e V_9), viabilizando sua utilização para o diagnóstico precoce do estado de N na cultura. Além disto, quando realizados no final da fase vegetativa e durante a fase reprodutiva, indicar a eficiência da adubação nitrogenada aplicada em cobertura.

O estágio de desenvolvimento da folha deve ser considerado para a realização das leituras do IRC, pois a correlação entre o IRC e o teor de N foliar, bem como com a produtividade aumenta com a idade da folha.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRÁRIA. **Cooperativa Agrária Agroindustrial**. Relatório Anual, p. 33, 2011.

AITA, C.; GIACOMINI, S. J. Matéria orgânica do solo, nitrogênio e enxofre nos diversos sistemas de exploração agrícola. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S.; VITTI, G.C., eds. **Nitrogênio e Enxofre na Agricultura Brasileira**. Piracicaba, IPNI, 2007. p. 1-41.

ALCÂNTARA, M. A. K. de; CAMARGO, O. A. de. Movimentação de nitrato em horizonte superficial e subsuperficial de Latossolo e Nitossolo com cargas variáveis. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 1, p. 81-88, 2010.

ALVIM, K. R. de T.; BRITO, C. H. de; BRANDÃO, A. M.; GOMES, L. S.; LOPES, M. T. G. Quantificação da área foliar e efeito da desfolha em componentes de produção de milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 5, p. 1017-1022, 2010.

AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J. Estimativa da adubação nitrogenada para o milho em sistemas de manejo e culturas de cobertura do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 3, p. 553-560, 2000.

AMARANTE, A. V. T. do; STEFFENS, C. A.; SANGOI, L.; ZANARDI, O. Z.; MIQUELOTO, A.; SCHWEITZER, C. Quantificação de clorofilas em folhas de milho através de métodos ópticos não destrutivos. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 9, n. 1, p. 39-50, 2010.

ANDRADE, F. H. Analysis of growth and yield of maize, sunflower and soybean grown at Balcarce, Argentina. **Field Crops Research**, v. 41, n. 1, p. 1-12, 1995.

ANDRADE, F. H. Radiación y temperature determinan los rendimientos máximos de maiz. **Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuária**. Balcarce, Argentina. 34, p. 1992 (Boletín Técnico, 106).

ANDRADE, F. H.; UHART, S.; ARGUISSAIN, G. Rendimiento potencial de maiz en Balcarce: analisis de los factores que lo determinan. **Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuária**. Balcarce, Argentina. 11 p., 1991. (Boletín Técnico, 101).

ANDRIOLI, I.; BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F.; ANDRIOLI, F. F.; COUTINHO, E. L. M. Produção de milho em plantio direto com adubação nitrogenada e cobertura do solo na pré-safra. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1691-1698, 2008.

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

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. da. Adubação nitrogenada em milho implantado em semeadura direta após aveia preta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 29, n. 4, p. 745-754, 1999.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. da.; BORTOLINI, C. G.; FORSTHOFER, E. L.; STRIEDER, M. L. Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila extraível e de nitrogênio na folha de milho. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 13, n. 2, p. 158-167, 2001.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. da.; MIELNICZUK J.; BORTOLINI C. G. Parâmetros de planta como indicadores do nível de nitrogênio na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 4, p. 519-527, 2002.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. da.; BORTOLINI, C. G. Clorofila na folha como indicador do nível de nitrogênio em cereais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 4, p. 715-722, 2001.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. da.; SANGOI, L. Teor relativo de clorofila na folha como parâmetro indicativo para predição da necessidade de adubação nitrogenada em milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 5, p. 1379-1387, 2004.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. da.; FOSTHOFER, E. L.; STRIEDER, M. L.; SUHRE, E.; TEICHMANN, L. L. Adubação nitrogenada em milho pelo monitoramento do nível de nitrogênio na planta por meio do clorofilômetro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 109-119, 2003.

BÜLL, L. T. Nutrição mineral do milho. In: BÜLL, L. T. e CANTARELLA, H., (Eds.). **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba, POTAFOS, 1993. p. 63-146.

CABEZAS, W. A. R. L.; ARRUDA, M. R.; CANTARELLA, H.; PAULETTI, V.; TRIVELIN, P. C. O.; BENDASSOLI, J. A. Imobilização de nitrogênio da uréia e do sulfato de amônio aplicado em pré-semeadura ou cobertura na cultura de milho, no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 215-226, 2005.

CAMARGO, F. A. de; GIANELLO, C.; VIDOR, C. Nitrogen fractions in the microbial biomass in soils of southern Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p. 181-185, 1999.

CARVALHO, M. A. P. de. **Efeito do nitrato, amônio e luz na assimilação do nitrogênio em plantas de milho**. 2005. v. 35 p. Mestrado. Universidade Federal de Pelotas – Fisiologia Vegetal, Rio Grande do Sul, 2005.

CERETTA, C. A.; SILVEIRA, M. J. da. Adubação Nitrogenada no Sistema Plantio Direto. V Curso de Fertilidade do Solo em Plantio Direto – Resumos de Palestras - p. 115, 2002.

COELHO, A. M. Uso de sensores no diagnóstico da necessidade da adubação nitrogenada na cultura do milho. **Embrapa Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, Minas Gerais, 1. ed. 1a. impressão 2010. Comunicado Técnico 181.

COHEN, J. **Statistical power analysis for the behavioral sciences**. 2 ed. Hillsdale, NJ, Erlbaum. 1988. 559 p.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2010/2011**. Mai/2011. Relatório.

CUI, Z.; ZHANG, F.; MI, G.; CHEN, F.; LI, F.; 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.

CURI, N.; KÄMPF, M.; RESENDE, M. Mineralogia, química, morfologia e geomorfologia de solos originados de rochas efusivas das encostas superior e inferior do nordeste, no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 8, p. 269-276, 1984.

DA ROS, C. O.; SALET, R. L.; PORN, R. L.; CORRÊA MACHADO, J. N. Disponibilidade de nitrogênio e produtividade de milho e trigo com diferentes métodos de adubação nitrogenada no sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 5, p. 799-804, 2003.

DOERGE, T. A. Nitrogen Measurement for Variable-Rate N Management in Maize. **Soil Science and Plant Analysis**, v. 36, p. 23-32, 2005.

DOURADO NETO, 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, n. 3, p. 63-77, 2003.

DUETE, R. R. C.; MURAOKA, T.; SILVA, E. C. DA; TRIVELIN, P. C. O.; AMBROSANO, E. J. Manejo da adubação nitrogenada e utilização do nitrogênio (15N) pelo milho em latossolo vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 161-171, 2008.

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.

DWYER, L. M.; STEWART, D. W.; HAMILTON, R. I.; HOUWING, L. Ear position and vertical distribution of leaf area in corn. **Agronomy Journal**, v. 84, p. 430-438, 1992.

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. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

EVANS, J. R. Photosynthesis and nitrogen relationships in leaves of C₃ plants. **Oecologia**, Berlin, v. 78, n. 1, p. 9-19, 1989a.

EVANS, J.R. Photosynthesis – the dependence on nitrogen partitioning. In: LAMBERS, H. et al. (Eds.). **Causes and consequences of variation in growth rate and productivity of higher plants**. The Hague: SPB Academic Publishing, 1989b. p. 159-174.

FALKER. Falker Automação Agrícola. www.falker.com.br. Acesso em 10/06/2011.

FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D. Fisiologia da produção e aspectos básicos de manejo para alto rendimento. In: SANDINI, I. E.; FANCELLI, A. L. (Eds.). **Milho: estratégias de manejo para a região sul**. Guarapuava: Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária, 2000. p. 103-106.

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

FERREIRA, A. de O.; SA, J. C. de M.; BRIEDIS, C.; FIGUEIREDO, A. G. de. Desempenho de genótipos de milho cultivados com diferentes quantidades de palha de aveia-preta e doses de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 2, p. 173-179, 2009.

FISCHER, K. S.; PALMER, F. E. Tropical maize. In: GOLDSWORTHY, P. R.; FISCHER, N. M. (ed.). **The physiology of tropical field crops**. Wiley. p. 231-248. 1984.

FLOSS, E.L. L. **Fisiologia das Plantas cultivadas: o estudo que está por trás do que se vê**. Passo Fundo, 2ª ed. Editora UPF, 2006. 536 p.

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

FONTOURA, S. M. V.; BAYER, C. Ammonia volatilization in no-till system in the South-Central region of the State of Paraná, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 1677-1684, 2010.

FRANÇA, S. **Efeitos da disponibilidade de nitrogênio e água na fotossíntese, crescimento e produção do milho, em diferentes sistemas de cultura**. Tese de Doutorado em Fitotecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Área de Concentração Agrometeorologia, 170 p. fevereiro 2003.

GODOY, L. J. G. de; SOUTO, L. S.; FERNANDES, D. M.; VILLAS BOAS, R. L. Uso do clorofilômetro no manejo da adubação nitrogenada para milho em sucessão a pastagem de *Brachiaria decumbens*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 1, p. 38-44, 2007.

GODOY, L. J. G. **Manejo do nitrogênio em cobertura na cultura do milho (*Zea mays* L.) em solo arenoso baseado no índice relativo de clorofila**. Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp - Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração em Agricultura. BOTUCATU-SP. 106 p. Fevereiro, 2002.

GOMES, R. F.; SILVA, A. G. da; ASSIS, R. L. de; PIRES, F. R. Efeito de doses e da época de aplicação de nitrogênio nos caracteres agrônômicos da cultura do milho sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 931-938, 2007.

GOODMAN, M. M. História e origem do milho. In: PATERNIANI, E. (Coord.) **Melhoramento e produção do milho no Brasil**. Ed. Marprint, Piracicaba, 1978. p. 1-18.

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

HOLLAND, K. H.; SCHEPERS, J. S. Derivation of a Variable Rate Nitrogen Application Model for In-Season Fertilization of Corn. **Agronomy Journal**, v. 102, n. 5, p. 1415-1424, 2010.

HURTADO, S. M. C.; RESENDE, Á. V. de; SILVA, C. A.; CORAZZA, E. J.; SHIRATSUCHI, L. S. Variação espacial da resposta do milho à adubação nitrogenada de cobertura em lavoura no cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 3, p. 300-309, 2009.

HURTADO, S. M. C.; SILVA, C. A.; RESENDE, Á. V. de; CORAZZA, E. J.; SHIRATSUCHI, L. S.; HIGASHIKAWA, F. S. Sensibilidade do clorofilômetro para diagnóstico nutricional de nitrogênio no milho. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 3, p. 688-697, 2010.

KLAPWYK, J. H.; KETTERINGS, Q. M. Soil tests for predicting corn response to nitrogen fertilizer in New York. **Agronomy Journal**, v. 98, p. 675-681, 2006.

LIANG, B. C.; MACKENZIE, A. F. Corn yield, nitrogen uptake and nitrogen use efficiency as influenced by nitrogen fertilization. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 74, p. 235-240, 1994.

MAE, T. Physiological nitrogen efficiency in rice: nitrogen utilization, photosynthesis, and yield potential. **Plant and Soil**, The Hague, v. 196, n. 2, p. 201-210, 1997.

MAHMOUDJAFARI, M.; KLUITENBERG, G. J.; HAVLIN, J. L.; SISSON, J. B.; SCHWAB, A. P. Spatial variability of nitrogen mineralization at the field scale. **Soil Science Society of America Journal**, v. 61, n. 4, p. 1214-1221, 1997.

MAI, M. E. M.; CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; SILVEIRA, M. J. da; PAVINATO, A.; PAVINATO, P. S. Manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia-preta/milho no sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 1, p. 125-131, 2003.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas; princípios e aplicações**. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201 p.

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

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Registro Nacional de Cultivares. www.agricultura.gov.br/php/proton/cultivarweb/detalhe_cultivar. Acesso em 11/01/2011.

MARCELO, A. V.; CORÁ, J. E.; FERNANDES, C.; MARTINS, M. R.; JORGE, R. F. Crop sequences in no-tillage system: Effects on soil fertility and soybean, maize and rice yield. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 417-428, 2009.

MATZENAUER, R.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M. A.; MALUF, J. R. T. Evapotranspiração da cultura do milho - Efeito de épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 9-14, 1998.

MEROTTO JR., A.; SANGOI, L.; ENDER, M.; GUIDOLIN, A. F.; HAVERROTH, H. S. A desuniformidade de emergência reduz o rendimento de grãos de milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 29, n. 4, p. 595-601, 1999.

OLEYNIK, J.; BRAGAGNOLO, N.; BUBLITZ, U.; SILVA, J. C. C. da. **Análises de solo**: tabelas para transformação de resultados analíticos e interpretação de resultados. 5.ed., Curitiba: EMATER, 1998. 64 p. (Inf. Téc. 31).

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 11, p. 1633-1644, 2007.

PIMENTEL GOMES, F.P. **Curso de Estatística Experimental**. 15ª Ed., Livraria Nobel S.A., São Paulo. 2009. 451p.

PIONEER SEMENTES. Características do híbrido P30R50. www.pioneersementes.com.br. Acesso em 31/05/2012.

PÖTTER, R. O.; KÄMPF, N. Argilominerais e óxidos de ferro em Cambissolos e Latossolos sob regime climático térmico údico no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 5, p. 153-159, 1981.

RAJCAN, I.; DWYER, L. M.; TOLLENAAR, M. Note on relationship between leaf soluble carbohydrate and chlorophyll concentrations in maize during leaf senescence. **Field Crops Research**, Madison, v. 63, p. 13-17, 1999.

RAMBO, L.; SILVA, P. R. F. da; ARGENTA, G.; SANGOI, L. Parâmetros de planta para aprimorar o manejo da adubação nitrogenada de cobertura em milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 5, p. 1637-1645, 2004.

RAMBO, L.; SILVA, P. R. F. da; STRIEDER, M. L.; DELATORRE, C. A.; BAYER, C.; ARGENTA, G. Adequação de doses de nitrogênio em milho com base em indicadores de solo e de planta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 3, p. 401-409, 2008.

RAMBO, L.; SILVA, P. R. F. da; STRIEDER, M. L.; SANGOI, L.; BAYER, C.; ARGENTA, G. Monitoramento do nitrogênio na planta e no solo para predição da adubação nitrogenada em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 3, p. 407-417, 2007.

RAUN, W. R.; SANDERS, D. H.; OLSON, R. A. Nitrogen fertilizer carries and their placement for minimum till corn under sprinkler irrigation. **Agronomy Journal**, Madison, v. 81, p. 280-285, 1989.

RICHARDSON, A. D.; DUIGAN, S. P.; BERLYN, G. P. An evaluation of noninvasive methods to estimate foliar chlorophyll content. **New Phytologist**, Lancaster, v. 153, n.1, p. 185-194. 2002.

RIGON, J. P. G.; MORAES, M. T.; ARNUTI, F.; CHERUBIN, M. R.; TREVISOL, G.; JANDREY, W. F.; CANCIAN, L. C.; SILVA, V. R. **Avaliação dos componentes de rendimento do milho sob doses de dejetos líquidos de suínos e adubação mineral**. In: XXVIII CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 2010, Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo. CD-Rom

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. Como a planta de milho se desenvolve. **Arquivo do Agrônomo**, n. 15. Encarte do Informações Agronômicas n. 103, setembro/2003. 20 p.

ROJAS, C. A. L.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V.; WEBER, M. A.; VIEIRO, F. Volatilização de amônia da uréia alterada por sistemas de preparo de solo e plantas de cobertura invernais no Centro-Sul do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 261-270, 2012.

SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. **Fisiologia das Plantas**. São Paulo, 4ª ed. Editora CENGAGE Learnig, 2012. 774 p.

SANGOI, L. A compreensão dos efeitos da densidade de plantas sobre o crescimento e desenvolvimento do milho é importante para maximizar o rendimento de grãos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 1, p. 159-168, 2000.

SANGOI, L.; ERNANI, P. R.; SILVA, P. R. F. da. Maize response to nitrogen fertilization timing in two tillage systems in a soil with high organic matter content. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 507-517, 2007b.

SANGOI, L.; SILVA, P. R. F. da; ARGENTA, G.; RAMBO, L. **Desenvolvimento e exigências climáticas da planta de milho para altos rendimentos**. Lages, SC: Departamento de Fitotecnia – CAV/UDESC; Porto Alegre: Departamento de Plantas de Lavoura – UFRGS; Uberlândia, MG: Syngenta Seeds, Graphel, 2007a. 95 p.

SANGOI, L.; ZANIN, C. G.; SILVA, P. R. F. da; SALDANHA, A.; VIEIRA, J.; PLETSCHE, A. J. Uniformidade no desenvolvimento e resposta de cultivares de milho ao incremento na população de plantas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 8, n. 1, p. 69-81, 2009.

SAS. **SAS Institute Inc® 2008**. Cary, NC, USA, Lic. USP: SAS Institute Inc, 2008.

SCHMIDT, J. P.; DEJOIA, A. J.; FERGUSON, R. B.; TAYLOR, R. K.; YOUNG, R. K.; HAVLIN, J. L. Corn Yield Response to Nitrogen at Multiple In-Field Locations. **Agronomy Journal**, v. 94, p. 798-806, 2002.

SEAB – Secretaria de Agricultura e do Abastecimento do Paraná. <http://www.seab.pr.gov.br/>. Acesso em 30/10/2010.

SEAB – Secretaria de Agricultura e do Abastecimento do Paraná. <http://www.seab.pr.gov.br/>. Acesso em 27/05/2011.

SEEBAUER, J. R.; MOOSE, S. P.; FABBRI, B. J.; CROSSLAND, L. D.; BELOW, F. E. Amino acid metabolism in maize earshoots. Implications for assimilate preconditioning and nitrogen signaling. **Plant Physiology**, v. 136, p. 4326-4334, 2004.

SEMENTES AGROCERES. Características do híbrido AG8025. www.sementesagrocere.com.br. Acesso em 31/05/2012.

SHANAHAN, J. F.; KITCHEN, N. R.; RAUN, W. R.; SCHEPERS, J. S. Responsive in-season nitrogen management for cereals. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 61, p. 51-62, 2007.

SHARMA-NATU, P.; GHILDIYAL, M. C. Potential targets for improving photosynthesis and crop yield. **Current Science**, v. 88, n. 12, p. 1918-1928, 2005.

SILVA, E. C. da; BUZETTI, S.; GUIMARÃES, G. L.; LAZARINI, E.; SÁ, M. E. de. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em plantio direto sobre latossolo vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 3, p. 353-362, 2005b.

SILVA, E. C. da; FERREIRA, S. M.; SILVA, G. P.; ASSIS, R. L. DE; GUIMARÃES, G. L. Épocas e formas de aplicação de nitrogênio no milho sob plantio direto em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 5, p. 725-733, 2005a.

SIMEPAR. Estação Meteorológica Entre Rios, Guarapuava/PR. Jan/2011. Relatório.

SUBEDI, K. D.; MA, B. L. Nitrogen uptake and partitioning in stay-green and leafy maize hybrids. **Crop Science**, v. 45, p. 740-747, 2005.

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

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4 ed. ARTMED, 2009, 719 p.

TOMAZELA, A. L.; FAVARIN, J. L.; FANCELLI, A. L.; MARTIN, T. N.; DOURADO NETO, D.; REIS, A. R. dos. Doses de nitrogênio e fontes de Cu e Mn suplementar sobre a severidade da ferrugem e atributos morfológicos do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 5, n. 2, p. 192-201, 2006.

UNESP. Universidade Estadual Paulista. **Sistema para análises estatísticas: ESTAT**. V. 2.0. Jaboticabal. 1991.

USDA... <http://www.usda.gov>. Acesso em 27/05/2011.

VARGAS, L. K.; SELBACH, P. A.; SÁ, E. L. S. de. Imobilização de nitrogênio em solo cultivado com milho em sucessão à aveia preta nos sistemas plantio direto e convencional. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 1, p. 76-83, 2005.

VOORSHEES, W. B.; JOHNSON, J. F.; RANDALL, G. D.; NELSON, W. W. Corn growth and yield as affected by surface and sub-soil compaction. **Agronomy Journal**, Madison, v. 81, p. 294-303, 1989.

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

ZOTARELLI, L.; CARDOSO, E. G.; PICCININ, J. L.; URQUIAGA, S.; MICHAEL BODDEY, R.; TORRES, E.; RODRIGUES ALVES, B. J. Calibração do medidor de clorofila Minolta SPAD-502 para avaliação do conteúdo de nitrogênio do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 9, p. 1117-1122, 2003.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Coeficientes de correlação das variáveis altura de planta em V₉ (APV₉), em R₁ (APR₁), altura de inserção da espiga primária (AIEP), identificação da folha da espiga primária (IFEP), diâmetro de colmo em V₉ (DCV₉), em R₁ (DCR₁), número de folhas fotossinteticamente ativas em V₅ (NFFAV₅), em V₉ (NFFAV₉), em R₁ (NFFAR₁), número de folhas totais expandidas em R₁ (NFTER₁), população de plantas inicial (PPI) e final (PPF), número de fileiras de grãos por espiga (NFG), número de grãos por fileira (NGF), comprimento de espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), massa de 1.000 grãos (MMG), fitomassa seca da parte aérea por planta (FSPA), fitomassa seca de grãos por espiga (FSGE), fitomassa seca total da parte aérea por planta (FSTPA), índice de colheita (IC) e produtividade (PROD) com altura de planta em V₅ (APV₅), em V₉ (APV₉), em R₁ (APR₁), altura de inserção da espiga primária (AIEP), identificação da folha da espiga primária (IFEP), diâmetro de colmo em V₉ (DCV₉) e, em R₁ (DCR₁). Ponta Grossa, 2012.

	APV ₅	APV ₉	APR ₁	AIEP	IFEP	DCV ₉	DCR ₁
APV ₉	0,84**						
APR ₁	0,45**	0,73**					
AIEP	-0,17 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,63**				
IFEP	-0,64**	-0,47**	-0,06 ^{ns}	0,48**			
DCV ₉	0,10 ^{ns}	0,41**	0,65**	0,68**	0,37**		
DCR ₁	0,20 ^{ns}	0,55**	0,77**	0,66**	0,17 ^{ns}	0,88**	
NFFAV ₅	-0,16 ^{ns}	-0,05 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,39**	0,24 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,14 ^{ns}
NFFAV ₉	-0,29*	0,03 ^{ns}	0,36*	0,72**	0,32*	0,47**	0,55**
NFFAR ₁	0,03 ^{ns}	0,39**	0,72**	0,72**	0,33*	0,77**	0,88**
NFTER ₁	-0,35*	-0,15 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,50**	0,75**	0,51**	0,41**
PPI	0,16 ^{ns}	0,07 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	-0,28 ^{ns}	-0,17 ^{ns}	-0,26 ^{ns}	-0,15 ^{ns}
PPF	0,28 ^{ns}	0,30*	0,40**	0,11 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,22 ^{ns}
NFG	-0,35*	-0,14 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,29*	0,30*	0,32*	0,20 ^{ns}
NGF	0,47**	0,59**	0,69**	0,38**	0,01 ^{ns}	0,60**	0,72**
CE	0,75**	0,76**	0,61**	0,09 ^{ns}	-0,37*	0,36*	0,48**
DE	0,29*	0,48**	0,58**	0,28 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	0,47**	0,61**
MMG	0,52**	0,58**	0,53**	0,16 ^{ns}	-0,32*	0,30*	0,47**
FSPA	0,47**	0,57**	0,50**	0,25 ^{ns}	-0,21 ^{ns}	0,45**	0,50**
FSGE	0,56**	0,68**	0,67**	0,25 ^{ns}	-0,20 ^{ns}	0,55**	0,67**
FSTPA	0,58**	0,70**	0,66**	0,28 ^{ns}	-0,23 ^{ns}	0,57**	0,66**
IC	0,19 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,32*	0,09 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,34*
PROD	0,52**	0,77**	0,80**	0,43**	-0,24 ^{ns}	0,50**	0,71**

^{ns}: não significativo; *, ** significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

APÊNDICE B – Coeficientes de correlação das variáveis número de folhas fotossinteticamente ativas em V₉ (NFFAV₉), em R₁ (NFFAR₁), número de folhas totais expandidas em R₁ (NFTER₁), população de plantas inicial (PPI) e final (PPF), número de fileiras de grãos por espiga (NFG), número de grãos por fileira (NGF), comprimento de espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), massa de 1.000 grãos (MMG), fitomassa seca da parte aérea por planta (FSPA), fitomassa seca de grãos por espiga (FSGE), fitomassa seca total da parte aérea por planta (FSTPA), índice de colheita (IC) e produtividade (PROD) com número de folhas fotossinteticamente ativas em V₅ (NFFAV₅), em V₉ (NFFAV₉), em R₁ (NFFAR₁), número de folhas totais expandidas em R₁ (NFTER₁), população de plantas inicial (PPI) e final (PPF) e número de fileiras de grãos por espiga (NFG). Ponta Grossa, 2012.

	NFFAV ₅	NFFAV ₉	NFFAR ₁	NFTER ₁	PPI	PPF	NFG
NFFAV ₉	0,24 ^{ns}						
NFFAR ₁	0,22 ^{ns}	0,58**					
NFTER ₁	0,34*	0,34*	0,58**				
PPI	0,09 ^{ns}	-0,23 ^{ns}	-0,12 ^{ns}	-0,03 ^{ns}			
PPF	0,18 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,72**		
NFG	0,05 ^{ns}	0,31*	0,23 ^{ns}	0,29*	-0,21 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	
NGF	0,10 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,68**	0,22 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,27 ^{ns}	-0,12 ^{ns}
CE	-0,09 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	0,38**	-0,16 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,21 ^{ns}	-0,24 ^{ns}
DE	-0,01 ^{ns}	0,33*	0,58**	0,07 ^{ns}	-0,00 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,26 ^{ns}
MMG	-0,00 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,40**	-0,15 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,15 ^{ns}	-0,31*
FSPA	0,09 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,33*	-0,03 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	0,11 ^{ns}	-0,11 ^{ns}
FSGE	-0,02 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,59**	0,04 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,00 ^{ns}
FSTPA	0,03 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,53**	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,17 ^{ns}	-0,05 ^{ns}
IC	-0,10 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,41**	0,12 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,13 ^{ns}
PROD	-0,04 ^{ns}	0,33*	0,70**	0,05 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,35*	0,00 ^{ns}

^{ns}: não significativo; *, ** significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

APÊNDICE C – Coeficientes de correlação das variáveis comprimento de espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), massa de 1.000 grãos (MMG), fitomassa seca da parte aérea por planta (FSPA), fitomassa seca de grãos por espiga (FSGE), fitomassa seca total da parte aérea por planta (FSTPA), índice de colheita (IC) e produtividade (PROD) com número de grãos por fileira (NGF), comprimento de espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), massa de 1.000 grãos (MMG), fitomassa seca da parte aérea por planta (FSPA), fitomassa seca de grãos por espiga (FSGE) e fitomassa seca total da parte aérea por planta (FSTPA). Ponta Grossa, 2012.

	NGF	CE	DE	MMG	FSPA	FSGE	FSTPA
CE	0,83**						
DE	0,55**	0,58**					
MMG	0,59**	0,71**	0,71**				
FSPA	0,47**	0,60**	0,56**	0,60**			
FSGE	0,84**	0,88**	0,82**	0,82**	0,61**		
FSTPA	0,76**	0,85**	0,79**	0,81**	0,86**	0,93**	
IC	0,56**	0,45**	0,44**	0,41**	-0,26 ^{ns}	0,61**	0,26 ^{ns}
PROD	0,70**	0,70**	0,71**	0,66**	0,50**	0,77**	0,73**

^{ns}: não significativo; *, ** significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

APÊNDICE D – Coeficientes de correlação das variáveis produtividade (PROD), leituras do índice relativo de clorofila (IRC) em diferentes folhas e estádios fenológicos, teor de N foliar (N foliar) com índice de colheita (IC) e produtividade (PROD). Ponta Grossa, 2012.

	IC	PROD
PROD	0,45**	
IRCF ₀₃ V ₄	-0,09 ^{ns}	-0,10 ^{ns}
IRCF ₀₃ V ₅	0,14 ^{ns}	0,36*
IRCF ₀₅ V ₅	-0,16 ^{ns}	-0,01 ^{ns}
IRCF ₀₅ V ₇	-0,07 ^{ns}	0,47**
IRCF ₀₅ V ₉	0,20 ^{ns}	0,57**
IRCF ₀₇ V ₇	0,10 ^{ns}	0,33*
IRCF ₀₇ V ₉	0,10 ^{ns}	0,58**
IRCF ₀₉ V ₉	-0,05 ^{ns}	0,27 ^{ns}
IRCF ₀₉ EMB	0,36*	0,67**
IRCF ₁₁ VT	0,29*	0,60**
IRCF ₁₁ R ₁	0,45**	0,82**
IRCF ₁₃ R ₂	0,37*	0,80**
IRCF ₁₃ R ₃	0,41**	0,86**
IRCF ₁₅ R ₂	0,40**	0,85**
IRCF ₁₅ R ₃	0,39**	0,77**
N Foliar	0,28 ^{ns}	0,69**

^{ns}: não significativo; *, ** significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

APÊNDICE E – Coeficientes de correlação das variáveis leituras do índice relativo de clorofila (IRC) em diferentes folhas e estádios fenológicos, teor de N foliar (N foliar) com altura de planta em V₅ (APV₅), em V₉ (APV₉), em R₁ (APR₁), altura de inserção da espiga primária (AIEP), identificação da folha da espiga primária (IFEP), diâmetro de colmo em V₉ (DCV₉) e, em R₁ (DCR₁). Ponta Grossa, 2012.

	APV ₅	APV ₉	APR ₁	AIEP	IFEP	DCV ₉	DCR ₁
IRCF ₀₃ V ₄	-0,26 ^{ns}	-0,13 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,42**	0,19 ^{ns}	0,18 ^{ns}
IRCF ₀₃ V ₅	0,23 ^{ns}	0,44**	0,54**	0,35*	0,06 ^{ns}	0,47**	0,51**
IRCF ₀₅ V ₅	-0,04 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,31*	0,26 ^{ns}
IRCF ₀₅ V ₇	0,14 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,46**	0,46**	0,09 ^{ns}	0,47**	0,49**
IRCF ₀₅ V ₉	-0,07 ^{ns}	0,30*	0,59**	0,71**	0,21 ^{ns}	0,71**	0,75**
IRCF ₀₇ V ₇	-0,01 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,45**	0,34*	0,27 ^{ns}	0,60**	0,60**
IRCF ₀₇ V ₉	0,21 ^{ns}	0,49**	0,60**	0,57**	-0,01 ^{ns}	0,59**	0,60**
IRCF ₀₉ V ₉	-0,08 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,34*	0,39**	0,26 ^{ns}	0,48**	0,52**
IRCF ₀₉ EMB	0,13 ^{ns}	0,43**	0,67**	0,49**	0,09 ^{ns}	0,62**	0,72**
IRCF ₁₁ VT	0,14 ^{ns}	0,43**	0,58**	0,56**	0,18 ^{ns}	0,65**	0,70**
IRCF ₁₁ R ₁	0,30*	0,55**	0,72**	0,43**	-0,06 ^{ns}	0,55**	0,73**
IRCF ₁₃ R ₂	0,40**	0,66**	0,69**	0,40**	-0,10 ^{ns}	0,59**	0,77**
IRCF ₁₃ R ₃	0,36*	0,61**	0,74**	0,49**	-0,09 ^{ns}	0,65**	0,82**
IRCF ₁₅ R ₂	0,32*	0,62**	0,71**	0,53**	-0,01 ^{ns}	0,59**	0,77**
IRCF ₁₅ R ₃	0,13 ^{ns}	0,44**	0,65**	0,56**	0,01 ^{ns}	0,54**	0,75**
N Foliar	0,06 ^{ns}	0,45**	0,68**	0,66**	0,11 ^{ns}	0,55**	0,70**

^{ns}: não significativo; *, ** significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

APÊNDICE F – Coeficientes de correlação das variáveis leituras do índice relativo de clorofila (IRC) em diferentes folhas e estádios fenológicos, teor de N foliar (N foliar) com número de folhas fotossinteticamente ativas em V₅ (NFFAV₅), em V₉ (NFFAV₉), em R₁ (NFFAR₁), número de folhas totais expandidas em R₁ (NFTER₁), população de plantas inicial (PPI) e final (PPF) e número de fileiras de grãos por espiga (NFG). Ponta Grossa, 2012.

	NFFAV ₅	NFFAV ₉	NFFAR ₁	NFTER ₁	PPI	PPF	NFG
IRCF ₀₃ V ₄	0,18 ^{ns}	0,29*	0,26 ^{ns}	0,55**	-0,07 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,10 ^{ns}
IRCF ₀₃ V ₅	0,07 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,44**	0,12 ^{ns}	-0,09 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,07 ^{ns}
IRCF ₀₅ V ₅	0,03 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,26 ^{ns}	-0,21 ^{ns}	-0,05 ^{ns}	0,22 ^{ns}
IRCF ₀₅ V ₇	0,02 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,44**	0,23 ^{ns}	-0,28 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,13 ^{ns}
IRCF ₀₅ V ₉	0,09 ^{ns}	0,69**	0,73**	0,31*	-0,21 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,31*
IRCF ₀₇ V ₇	-0,03 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,51**	0,41**	-0,02 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,09 ^{ns}
IRCF ₀₇ V ₉	-0,03 ^{ns}	0,47**	0,56**	0,09 ^{ns}	-0,22 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,07 ^{ns}
IRCF ₀₉ V ₉	0,12 ^{ns}	0,35*	0,45**	0,43**	-0,12 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,11 ^{ns}
IRCF ₀₉ EMB	0,04 ^{ns}	0,56**	0,71**	0,26 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	0,30*	0,33*
IRCF ₁₁ VT	0,00 ^{ns}	0,45**	0,68**	0,33*	-0,03 ^{ns}	0,35*	0,35*
IRCF ₁₁ R ₁	-0,00 ^{ns}	0,42**	0,72**	0,13 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	0,29*	0,15 ^{ns}
IRCF ₁₃ R ₂	-0,09 ^{ns}	0,29*	0,68**	0,16 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	0,27 ^{ns}	-0,00 ^{ns}
IRCF ₁₃ R ₃	-0,06 ^{ns}	0,47**	0,77**	0,10 ^{ns}	-0,18 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,10 ^{ns}
IRCF ₁₅ R ₂	0,13 ^{ns}	0,44**	0,81**	0,26 ^{ns}	-0,00 ^{ns}	0,40**	0,16 ^{ns}
IRCF ₁₅ R ₃	0,07 ^{ns}	0,57**	0,80**	0,22 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	0,34*	0,17 ^{ns}
N Foliar	0,08 ^{ns}	0,60**	0,75**	0,30*	-0,19 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,33*

^{ns}: não significativo; *, ** significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

APÊNDICE G – Coeficientes de correlação das variáveis leituras do índice relativo de clorofila (IRC) em diferentes folhas e estádios fenológicos, teor de N foliar (N foliar) com número de grãos por fileira (NGF), comprimento de espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), massa de 1.000 grãos (MMG), fitomassa seca da parte aérea por planta (FSPA), fitomassa seca de grãos por espiga (FSGE) e fitomassa seca total da parte aérea por planta (FSTPA). Ponta Grossa, 2012.

	NGF	CE	DE	MMG	FSPA	FSGE	FSTPA
IRCF ₀₃ V ₄	-0,12 ^{ns}	-0,34*	-0,12 ^{ns}	-0,15 ^{ns}	-0,20 ^{ns}	-0,19 ^{ns}	-0,21 ^{ns}
IRCF ₀₃ V ₅	0,32*	0,23 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,24 ^{ns}
IRCF ₀₅ V ₅	-0,02 ^{ns}	-0,11 ^{ns}	0,04 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	0,15 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	0,06 ^{ns}
IRCF ₀₅ V ₇	0,25 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,30*	0,16 ^{ns}	0,38**	0,25 ^{ns}	0,34*
IRCF ₀₅ V ₉	0,39**	0,17 ^{ns}	0,40**	0,26 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,34*	0,33*
IRCF ₀₇ V ₇	0,36*	0,18 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,29*
IRCF ₀₇ V ₉	0,51**	0,52**	0,39**	0,43**	0,51**	0,50**	0,56**
IRCF ₀₉ V ₉	0,33*	0,17 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,39**	0,28 ^{ns}	0,36*
IRCF ₀₉ EMB	0,51**	0,37*	0,61**	0,37*	0,31*	0,55**	0,50**
IRCF ₁₁ VT	0,51**	0,34*	0,49**	0,35*	0,34*	0,50**	0,48**
IRCF ₁₁ R ₁	0,65**	0,57**	0,64**	0,51**	0,38**	0,67**	0,61**
IRCF ₁₃ R ₂	0,67**	0,58**	0,57**	0,52**	0,46**	0,66**	0,64**
IRCF ₁₃ R ₃	0,70**	0,60**	0,68**	0,62**	0,49**	0,73**	0,70**
IRCF ₁₅ R ₂	0,68**	0,57**	0,67**	0,52**	0,44**	0,67**	0,64**
IRCF ₁₅ R ₃	0,52**	0,29*	0,55**	0,42**	0,21 ^{ns}	0,47**	0,40**
N Foliar	0,46**	0,28 ^{ns}	0,50**	0,32*	0,30*	0,45**	0,43**

^{ns}: não significativo; *, ** significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

APÊNDICE H – Plantas de milho no estágio fenológico V₁, **A** e **B**.

A



B



APÊNDICE I – Plantas de milho no estágio fenológico V₃.



APÊNDICE J – Planta de milho no estágio fenológico V₃ (selecionada), com a folha 03 identificada.



APÊNDICE K – Plantas de milho no estágio fenológico V₇.



APÊNDICE L – Planta de milho no estágio fenológico V₇ (selecionada), com a folha 05 identificada.



APÊNDICE M – Plantas de milho no estágio fenológico V₈ (Híbrido P30R50), sem aplicação de nitrogênio em cobertura (tratamento controle).



APÊNDICE N – Plantas de milho no estágio fenológico V₈ (Híbrido AG8025), sem aplicação de nitrogênio em cobertura (tratamento controle).



APÊNDICE O – Visão geral do experimento A e B.

A



B



APÊNDICE P – Plantas de milho no estágio fenológico R₁ (florescimento), híbrido P30R50.



APÊNDICE Q – Plantas de milho no estágio fenológico R₁ (florescimento), híbrido AG8025.



APÊNDICE R – Plantas de milho no estágio fenológico R₂, sem aplicação de nitrogênio em cobertura (tratamento controle).



APÊNDICE S – Visualização do clorofilômetro (clorofiLOG CFL1030) utilizado para a realização das leituras do índice relativo de clorofila.

