

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA

ELESANDRO BORNHOFEN

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DE CULTIVARES DE TRIGO EM
RESPOSTA A ADUBAÇÃO NITROGENADA E SULFATADA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2012

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CURSO DE AGRONOMIA

ELESANDRO BORNHOFEN

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DE CULTIVARES DE TRIGO EM
RESPOSTA A ADUBAÇÃO NITROGENADA E SULFATADA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2012

ELESANDRO BORNHOFEN

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DE CULTIVARES DE TRIGO EM
RESPOSTA A ADUBAÇÃO NITROGENADA E SULFATADA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus de Pato Branco, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Giovani Benin

PATO BRANCO

2012

X888x

Bornhofen, Elesandro

Desempenho agrônômico de cultivares de trigo em resposta a adubação nitrogenada e sulfatada / Elesandro Bornhofen.

Pato Branco. UTFPR, 2012

65 f. : il. ; 30 cm

Orientador: Prof. Dr. Giovani Benin

Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Agronomia. Pato Branco, 2012.

Bibliografia: f. 55 – 63

1. Componentes do rendimento. 2. Adubação de cobertura. I. Benin, Giovani, orient. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Agronomia. IV. Título.

CDD: 371.334



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Pato Branco
Curso de Agronomia



TERMO DE APROVAÇÃO
Trabalho de Conclusão de Curso - TCC

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DE CULTIVARES DE TRIGO EM RESPOSTA A
ADUBAÇÃO NITROGENADA E SULFATADA**

por

ELESANDRO BORNHOFEN

Monografia apresentada às 15 horas 30 min. do dia 19 de Junho de 2012 como requisito parcial para obtenção do título de ENGENHEIRO AGRONOMO, Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Banca examinadora:

Eng. Agr. Kassiano Felipe Rocha
UTFPR

**Eng. Agr. Cristiano Lemes da
Silva**
UTFPR

Prof. Dr. Giovani Benin
UTFPR
Orientador

Visto da Coordenação:

**Prof. Dr. Marlene de Lurdes
Ferronato**
Coordenadora do TCC

Aos meus pais Ari Bornhofen e Ivanir Rossani Bornhofen que me apoiaram e contribuíram para a realização de mais essa etapa, sempre com educação, confiança, paciência e acima de tudo amor.

A todos que de alguma forma me auxiliaram ao longo dessa jornada.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por ter me guiado por toda essa trajetória, me dando saúde, perseverança e forças pra enfrentar todas as dificuldades encontradas.

Ao meu pai Ari Bornhofen, minha mãe Ivanir Rossani Bornhofen e minha irmã Ana Cláudia Bornhofen pela dedicação, apoio, educação, compreensão e auxílio que me proporcionaram ser a pessoa que sou hoje.

A minha namorada Paloma Novais pelo carinho, amor e apoio durante a maior parte desta jornada.

Aos meus avós Pedrinho Bornhofen e Angelina Bornhofen pela atenção e principalmente pelo auxílio prestado durante essa jornada.

Ao Prof. Dr. Giovani Benin pela valiosa orientação acadêmica prestada durante a maior parte da graduação, sempre repassando conhecimentos e experiências.

Aos amigos e colegas do grupo de Fitomelhoramento da UTFPR, Eduardo Beche, Eduardo S. Pagliosa, Anderson A. Signorini, Marcio A. Capelin, Cristiano L. da Silva, Cilas Pinnow, Lucas B. Munaro, Jeison Franke e demais integrantes pela amizade e auxílio na realização deste e de inúmeros outros trabalhos.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Câmpus Pato Branco e aos professores do Curso de Agronomia pelos conhecimentos transmitidos possibilitando meu crescimento pessoal.

A todos os meus colegas e amigos encontrados na universidade ou em outros lugares, antigos ou recentes que de uma forma ou de outra me ajudaram no decorrer da graduação.

Enfim, agradeço a todos que nestes cinco anos me ajudaram a ser hoje uma pessoa melhor. Agradeço também aos que aqui não foram citados mais que as contribuições jamais serão esquecidas.

“É muito melhor lançar-se em busca de conquistas grandiosas, mesmo expondo-se ao fracasso, do que alinhar-se com os pobres de espírito, que nem gozam muito nem sofrem muito, porque vivem numa penumbra cinzenta, onde não conhecem nem vitória, nem derrota.”

(Theodore Roosevelt)

RESUMO

BORNHOFEN, Elesandro. Desempenho agrônômico de cultivares de trigo em resposta a adubação nitrogenada e sulfatada. 65 f. TCC (Curso de Agronomia), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2012.

O trigo é ainda uma cultura pouco atrativa aos produtores, uma vez que, além dos riscos inerentes ao cultivo há também fatores como baixa margem de lucro, devido ao custo de produção relativamente elevado. Participando efetivamente nestes custos está a adubação nitrogenada, que além de onerar o sistema produtivo pode trazer danos ao ambiente. Portanto, propôs-se com o presente trabalho avaliar cultivares de trigo submetidas à influência de doses de adubação nitrogenada e sulfatada em cobertura, visando identificar o melhor manejo que se adapte as condições locais, enfatizando a maximização do rendimento. O experimento foi desenvolvido na safra agrícola de 2011 em propriedade particular juntamente com a Cooperativa Tradição (COOPERTRADIÇÃO) no município de Pato Branco – PR. O delineamento experimental empregado foi de blocos ao acaso no esquema de parcelas subdivididas em quatro repetições, sendo a parcela constituída pelas cultivares (IPR Catuara; BRS Gaivota; Quartzo e CD 120) e as subparcelas pelos manejos de adubação de cobertura (testemunha; 60 N; 80 N + 23 S; 80 N; 100 N + 46 S e 100 N Kg ha⁻¹), totalizando quatro cultivares e seis manejos de adubação de cobertura. Foram utilizados como fonte de N a ureia e para os tratamentos com a presença de enxofre o sulfato de amônio. As aplicações dos fertilizantes foram realizadas em dois estádios, sendo uma na fase de perfilhamento (4 de Feeks e Large) e a segunda aplicação no alongamento (10 de Feeks e Large). A cultivar Quartzo apresentou a maior rendimento, cerca de 5000 kg ha⁻¹, destacando-se das demais. A aplicação de 60 kg ha⁻¹ de nitrogênio no perfilhamento foi suficiente para a obtenção dos maiores rendimentos. A aplicação de nitrogênio e enxofre no estágio de alongamento não promove acréscimos em rendimento. Não se expressou diferenças em rendimento de grãos entre as fontes de nitrogênio utilizadas. Houve correlação significativa entre o índice relativo de clorofila com a massa de hectolitro, massa de mil grãos e o rendimento de grãos, sendo que para este último a clorofila “a” apresenta maior coeficiente de correlação (R²= 0.51) do que a “b” (R²= 0.45). O alto teor de matéria orgânica do solo foi determinante nos resultados encontrados, reduzindo os efeitos do nitrogênio aplicado em cobertura.

Palavras-chave: *Triticum aestivum* L. Adubação de cobertura. Rendimento de grãos.

ABSTRACT

BORNHOFEN, Elesandro. Agronomic performance of wheat cultivars in response to nitrogen fertilization and sulfated. 65 f. TCC (Course of Agronomy) - Federal University of Technology - Paraná. Pato Branco, 2012.

Wheat is still a culture unattractive to farmers, since, besides the risks inherent in culture there are also factors such as low profit margin, due to the relatively high cost of production. Participating effectively in these costs is the nitrogen fertilization, which besides encumber the productive system may be harmful to the environment. Therefore, it was proposed with the present research evaluate wheat cultivars submitted to the influence of nitrogen fertilizer levels and sulfated in topdressing, aiming to identify the best management that suits local conditions, emphasizing the maximization of yield. The experiment was conducted in the harvest of 2011 in private property in conjunction with the Cooperative Tradition (COOPERTRADIÇÃO) in Pato Branco - PR. The experimental design utilized was of randomized blocks in subdivided parcels with four replications, being the parcel constituted by cultivars (IPR Catuara; BRS Gaivota; Quartzo and CD 120) and the parcel subdivided for management of fertilization (control; 60 N; 80 N + 23 S; 80 N; 100 N + 46 S and 100 N Kg ha⁻¹), totalizing four cultivars and six managements of topdressing fertilization. Were used as the nitrogen source the urea and for the treatments with the presence of sulfur the ammonium sulphate. The fertilizer applications were performed in two Stadiums, being one in the tillering stage (4 of Feeks and Large) and second application in the elongation (10 of Feeks and Large). The Quartzo cultivar presented the highest productivity, about 5000 kg ha⁻¹, been outstanding the others. The application of 60 kg ha⁻¹ of nitrogen on tillering was sufficient to obtain the highest yields. The application of nitrogen and sulfur in the stage of elongation does not promote increases in productivity. Does not expressed differences in yield between the nitrogen sources utilized. There was significant correlation between relative chlorophyll index with the mass of hectoliter, mass thousand seed and grain yield. being that for the latter the chlorophyll "a" has a higher correlation coefficient ($R^2 = 0.51$) than the "b" ($R^2 = 0.45$). The high content of soil organic matter was, determinant in the results reducing the effects of nitrogen applied as top dressing.

Keywords: *Triticum aestivum* L. Topdressing fertilization. Grain yield.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1** – Cenário climático incluindo temperatura e precipitação pluviométrica para o município de Pato Branco – PR, no período compreendido de julho a novembro de 2011. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2012. 28
- Figura 2** - Desempenho produtivo das cultivares de trigo IPR Catuara, BRS Gaiivota, Quartzo e CD 120 em experimento conduzido no ano de 2011. UTFPR, câmpus Pato Branco, 2012. 37
- Figura 3** - Rendimento de grãos, na média das cultivares para cada manejo de adubação de cobertura, em experimento conduzido no ano de 2011. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2012. 38
- Figura 4** - Plotagem dos escores dos componentes principais para a média e estabilidade quanto ao comportamento das cultivares e adubações de cobertura para o rendimento de grãos. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2012. 40
- Figura 5** - Massa do hectolitro na média dos manejos de adubação de cobertura (a) e médias das cultivares para cada manejo (b), em experimento conduzido no ano de 2011. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2012. 41
- Figura 6** - Massa de mil grãos na média dos manejos de adubação de cobertura (a) e médias das cultivares para cada manejo (b), em experimento conduzido no ano de 2011. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2012. 42
- Figura 7** - Número de espigas por m² na média dos manejos de adubação de cobertura (a) e médias das cultivares para cada manejo (b), em experimento conduzido no ano de 2011. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2012. 43
- Figura 8** - Teste de médias para o comprimento da folha bandeira de quatro cultivares de trigo submetidas a seis manejos de adubação de cobertura, em experimento conduzido no ano de 2011. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2012. 45
- Figura 9** - Teste de médias para o índice relativo de clorofila (total) na média das cultivares para os manejos de adubação de cobertura avaliado na terceira folha no estádio 4 (Feekes-Large), em experimento conduzido no ano de 2011. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2012. 47
- Figura 10** - Teste de médias para o índice relativo de clorofila na média das cultivares para os manejos de adubação de cobertura avaliado na terceira folha no estádio 4 (Feekes-Large), em experimento conduzido no ano de 2011. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2012. 48
- Figura 11** - Características gráficas da análise de correlação de Pearson para o rendimento de grãos com o índice relativo de clorofila “a” e “b” (a), rendimento de grãos, massa do hectolitro e massa de mil grãos com o índice de clorofila total (b, c e d, respectivamente) de acordo com avaliação realizada na folha bandeira na floração (10.5.4 de Feekes-Large). UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2012. 49
- Figura 12** - Teste de médias para o teor de nitrogênio da folha bandeira na média dos manejos de adubação de cobertura para as cultivares, em experimento conduzido no ano de 2011. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2012. 51

Figura 13 - Características gráficas da análise de correlação de pearson para a massa de hectolitro, rendimento de grãos, índice relativo de clorofila e massa de mil grãos com o teor de nitrogênio da folha bandeira. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2012. 52

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Resultado da análise química do solo da área experimental ⁽¹⁾, antes da implantação do experimento, na profundidade de 0-20 cm. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2012..... 29
- Tabela 2** - Descrição dos manejos de adubação de cobertura, incluindo a concentração dos nutrientes disponibilizados nos dois estádios de fertilização. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2012..... 30
- Tabela 3** - Descrição das cultivares IPR Catuara TM, BRS Gaivota, Quartzo e CD 120 em relação a características de interesse agrônômico. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2012..... 30
- Tabela 4** - Estimativas dos componentes da variância incluindo graus de liberdade (GL); quadrado médio (QM) e coeficiente de variação (CV %) para dez caracteres mensurados em quatro cultivares de trigo submetidas a seis manejos de adubação de cobertura em dois estádios de desenvolvimento. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2012..... 35
- Tabela 5** - Teste de médias para os parâmetros número de espiguetas por espiga (NEE), número de grãos por espiga (NGE), número de grãos por espiguetas (NGEs) e estatura de plantas (EP) de quatro cultivares de trigo. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2012 44
- Tabela 6** - Estimativas dos componentes da variância incluindo graus de liberdade (GL); quadrado médio (QM) e coeficiente de variação (CV%) para avaliações do índice relativo de clorofila feitas em quatro cultivares de trigo submetidas a seis manejos de adubação de cobertura. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2012..... 46
- Tabela 7** - Estimativas dos componentes da variância incluindo graus de liberdade (GL); quadrado médio (QM) e coeficiente de variação (CV %) para o teor de nitrogênio foliar em quatro cultivares de trigo submetidas a seis manejos de adubação de cobertura em dois estádios de desenvolvimento. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2012..... 50

LISTA DE SIGLAS

| | |
|--------|-----------------------------------------------------------------|
| CEA | Ciclo da Emergência a Antese |
| CFB | Comprimento da Folha Bandeira |
| CV | Coefficiente de Variação |
| EP | Estatura de Plantas |
| GGE | Genotype and Genotype by Environment |
| GL | Graus de Liberdade |
| ICF | Índice de clorofila |
| MH | Massa do Hectolitro |
| ML | Metro Linear |
| MMG | Massa de Mil Grãos |
| NDVI | Normalized Difference Vegetation Index |
| NEE | Número de Espiguetas por Espiga |
| NGE | Número de Grãos por Espiga |
| NGEs | Número de Grãos por Espiguetas |
| PR | Unidade da Federação - Paraná |
| QM | Quadrado Médio |
| RCBPTT | Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticali |
| RG | Rendimento de Grãos |
| TM | Trigo Melhorador |
| UTFPR | Universidade Tecnológica Federal do Paraná |
| PC1 | Componente principal 1 (GGE biplot) |
| PC2 | Componente principal 2 (GGE biplot) |

LISTA DE ABREVIATURAS

| | |
|-----------|-------------------------------------------------------|
| BRS | EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária |
| CD | COODETEC - Cooperativa Central de Pesquisa Agrícola |
| Dr. | Doutor em Ciências |
| Eng. Agr. | Engenheiro Agrônomo |
| i.a. | Ingrediente Ativo |
| N | Nitrogênio |
| Prof. | Professor |
| Jul. | Julho |
| Ago. | Agosto |
| Set. | Setembro |
| Out. | Outubro |
| Nov. | Novembro |

LISTA DE ACRÔNIMOS

| | |
|----------------|-------------------------------------------------------------|
| ABIMA | Associação Brasileira das Indústrias de Massas Alimentícias |
| CONAB | Companhia Nacional de Abastecimento |
| COOPERTRADIÇÃO | Cooperativa Agropecuária Tradição |
| DERAL | Departamento de Economia Rural |
| EMBRAPA | Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária |
| IAPAR | Instituto Agrônômico do Paraná |
| USDA | United States Department of Agriculture |

SUMÁRIO

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 16 |
| 2 OBJETIVOS | 18 |
| 2.1 GERAL | 18 |
| 2.2 ESPECÍFICOS | 18 |
| 3 REVISÃO DE LITERATURA | 19 |
| 3.1 ASPECTOS GERAIS E IMPORTÂNCIA DA CULTURA DO TRIGO | 19 |
| 3.2 ADUBAÇÃO NITROGENADA | 20 |
| 3.2.1 Dinâmica do Nitrogênio no Solo | 20 |
| 3.2.2 Importância do Nitrogênio para a Cultura do Trigo | 21 |
| 3.3 ADUBAÇÃO SULFATADA | 24 |
| 3.3.1 Enxofre no Solo | 24 |
| 3.3.2 Importância do Enxofre nos Cultivos | 24 |
| 3.4 NITROGÊNIO E ENXOFRE NA PLANTA | 26 |
| 4 MATERIAL E MÉTODOS | 28 |
| 4.1 LOCALIZAÇÃO, SOLO E CLIMA DO CAMPO EXPERIMENTAL | 28 |
| 4.2 DESCRIÇÃO DOS TRATAMENTOS | 29 |
| 4.3 DESCRIÇÃO DO MATERIAL VEGETAL EMPREGADO | 30 |
| 4.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL | 30 |
| 4.5 INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO | 31 |
| 4.6 AVALIAÇÕES | 32 |
| 4.6.1 Índice Relativo de Clorofila | 32 |
| 4.6.2 Teor de Nitrogênio na Folha Bandeira | 32 |
| 4.6.3 Variáveis Biométricas, Componentes do Rendimento e Rendimento de Grãos | 32 |
| 4.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS | 34 |
| 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES | 35 |
| 5.1 DESEMPENHO DOS CARACTERES ADAPTATIVOS E COMPONENTES DO RENDIMENTO | 35 |
| 5.2 ÍNDICE RELATIVO DE CLOROFILA | 46 |
| 5.3 TEORES FOLIARES DE NITROGÊNIO | 50 |
| 6 CONCLUSÕES | 54 |
| REFERÊNCIAS | 55 |

1 INTRODUÇÃO

A cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.) destaca-se pelo volume produzido mundialmente, sendo matéria-prima largamente utilizada para a alimentação humana, por meio de pães, massas e biscoitos, como também a alimentação animal pela utilização de farelos. Trata-se de uma cultura com importância também no sistema de rotação como sendo uma das poucas de interesse econômico a ser implantada no inverno.

Na última década verificou-se que a área cultivada com trigo no Brasil não teve incremento, embora apresentando algumas oscilações, não ultrapassou 2,5 milhões de hectares (CONAB, 2012). No entanto, a rendimento mais que dobrou, fato este devido às constantes pesquisas no âmbito da triticultura que envolvem o melhoramento genético, a partir da criação de novas cultivares, e a melhoria do ambiente de cultivo, através do aprimoramento de técnicas de manejo.

No entanto, a dependência externa do cereal aliado à baixa rendimento, quando comparados aos maiores produtores, caracteriza um cenário que deve ser melhorado. A adequação das técnicas de manejo com as cultivares disponíveis é uma ferramenta de extrema importância para aumento da rendimento e diminuição dos custos de produção, tornando a cultura mais atrativa ao produtor.

A adubação mineral apresenta reflexos positivos no rendimento da cultura do trigo, sendo o nitrogênio, quantitativamente, o mais importante (SYLVESTER-BRADLEY et al., 2001). Além da sua importância comprovada, a demanda por esse nutriente é cada vez maior devido ao lançamento de cultivares modernas de trigo, com alto potencial de responsividade e rendimento (ZAGONEL; FERNANDES, 2007).

Em contrapartida, a utilização errônea de nitrogênio pode comprometer o desempenho da cultura assim como pode provocar impactos ambientais. Altas doses do nutriente podem ter como consequência problemas de acamamento de plantas resultando em perdas de rendimento e qualidade de grãos (ZAGONEL e FERNANDES, 2007; ZAGONEL et al., 2002; TEIXEIRA FILHO et al., 2008; TEIXEIRA FILHO et al., 2010). Outro problema proveniente de doses excessivas de nitrogênio diz respeito à contaminação do ambiente, tanto pela lixiviação do nitrato (RILEY et al., 2001) como pela volatilização da amônia (MA et al., 2010).

Outro nutriente que vem sendo utilizado na cultura do trigo, embora com poucas respostas rendimento, mas por estar ligado a qualidade industrial, é o enxofre. De acordo com Malavolta et al. (1974), gramíneas evidenciam uma baixa exigência desse nutriente em relação a leguminosas e hortícolas, ao contrário do nitrogênio, o qual se apresenta como um dos nutrientes mais exigidos pelo trigo.

A busca por melhoria da qualidade industrial do trigo tem remetido a pesquisa buscar técnicas que maximizem as características exigidas pelas indústrias de panificação, sendo o manejo do nitrogênio e enxofre como o mais citado para tal. Mengel e Kirkby (1987) relatam que a deficiência de enxofre produz a inibição da síntese de proteínas, conduzindo a redução do rendimento e a qualidade dos cultivos.

A característica de rendimento, ligada à qualidade industrial em diferentes regiões, é uma das exigências não só das indústrias moageiras e panificadoras, mas também, dos produtores de grãos de trigo (SMANHOTTO et al., 2006). Entretanto, como a atual forma de remuneração ao triticultor é apenas em função da massa hectolétrica e o volume produzido, a busca na produção de trigo de melhor qualidade ainda é pouco atrativa. Desta forma, recomendações de aplicação de nitrogênio e enxofre devem primeiramente proporcionar melhores rendimentos para estimular o uso de tais nutrientes pelos triticultores.

Assim sendo, objetivou-se com o presente trabalho avaliar quatro cultivares de trigo submetidas à doses de adubação nitrogenada e sulfatada em cobertura em dois estádios de desenvolvimento, visando identificar o melhor manejo que se adapte as condições locais, enfatizando a maximização do rendimento.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Avaliar quatro cultivares de trigo submetidas à doses de adubação nitrogenada e sulfatada em cobertura em dois estádios de desenvolvimento, visando identificar o melhor manejo que se adapte a cada cultivar, enfatizando a maximização do rendimento.

2.2 ESPECÍFICOS

- Verificar comportamento de caracteres agrônômicos e fisiológicos em cultivares de trigo submetidas a diferentes manejos de adubação nitrogenada e sulfatada em cobertura.
- Caracterizar as cultivares quanto à dose que promove melhor resposta produtiva, evitando assim aplicação errônea de fertilizantes pelos produtores.
- Identificar incremento de rendimento resultante da aplicação de fertilizantes nitrogenados e sulfatados em cobertura em estágio mais avançado de desenvolvimento.
- Identificar correlações existentes entre os parâmetros fisiológicos Índice Relativo de Clorofila e Teor de Nitrogênio, entre si, com a rendimento e com alguns componentes do rendimento.
- Classificar as cultivares de acordo com o desempenho produtivo e responsividade a adubação nitrogenada e sulfatada.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 ASPECTOS GERAIS E IMPORTÂNCIA DA CULTURA DO TRIGO

Apresentando-se como uma das culturas de maior produção mundial, o trigo (*Triticum aestivum* L.) destaca-se em importância, por ser matéria prima de inúmeros alimentos, ser umas das poucas culturas de interesse econômico a ser implantada após as culturas de verão e conseqüentemente melhorando o sistema de rotação, além de melhorar as condições das lavouras para a implantação das culturas subsequentes.

A área cultivada com trigo no Brasil na safra agrícola de 2011 foi de aproximadamente 2,1 milhões de hectares, apresentando rendimento médio em torno de 2700 kg ha⁻¹ (CONAB, 2012). Trata-se de uma cultura de estação fria com produção mundial superior a 640 milhões de toneladas anualmente (USDA, 2011). As maiores produções são representadas pela União Europeia, China, Índia e Estados Unidos com rendimentos na ordem de 5,3; 4,7; 2,8 e 3,0 t ha⁻¹, respectivamente (USDA, 2011).

Com demanda de 10,2 milhões de toneladas por ano o Brasil carece de importações deste cereal para abastecer o mercado interno, tendo em vista que a produção anual varia em torno de 5,7 milhões de toneladas (ABIMA, 2011). Essa dependência faz do Brasil o 2º maior importador de trigo do mundo com cerca de 6,7 milhões de toneladas anualmente, ficando atrás apenas do Egito que importa aproximadamente 9,8 milhões de toneladas por ano (USDA, 2011).

O trigo cultivado comercialmente é uma espécie hexaplóide, que combina três genomas diferentes denominados A, B e D, (2n = 6x = 42; AABBDD), resultado de hibridações naturais e duplicações genômicas (MORAES-FERNANDES, 1985). Esta peculiaridade confere ao trigo uma excelente capacidade de adaptação às mais diversas condições ecológicas (FERNANDES, 2000).

Do trigo utilizado para a panificação, são conhecidas mais de 20 mil variedades. Apresentando metabolismo fotossintético C3, seu ciclo é dividido em subfases, as quais podem variar, na duração, em função de condições endofoclimáticas. De acordo com Guarienti et al. (2004) o clima favorável ao trigo é

descrito como tendo inverno suave, verão quente com elevada radiação solar, sem chuvas fortes, com suprimento de água fornecido principalmente pela umidade armazenada do solo.

No Brasil, o trigo era principalmente cultivado na região que compreende os estados do sul. Entretanto, nas duas últimas décadas a cultura tem se expandido em maior escala para estados do Centro-Oeste e Sudeste (SCALCO et al., 2002). Esta característica aliada a outras como tolerância ao alumínio tóxico e resistência de planta adulta à ferrugem da folha (MORAES FERNANDES, 2000) se deve a pressão adaptativa imposta pelas condições endofoclimáticas do país, métodos de manejo e ao melhoramento genético que moldou os genótipos existentes hoje, diferindo-os dos cultivados em outras regiões do planeta.

O Paraná é o maior produtor brasileiro de trigo com produção em torno de 3,3 milhões de toneladas (CONAB, 2012), representando 56% da produção nacional. No que se refere aos dados da atual e potencial região produtora de trigo composta pelos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do sul, é possível verificar que a produção representa 94% do total nacional (5,53 milhões de toneladas).

A dependência externa brasileira desse cereal ultrapassa a margem dos 50%. Trata-se de um cenário atrelado a condições de remuneração durante a comercialização, bem como, fatores ligados ao ambiente de cultivo, como ocorrência de geadas no florescimento e chuvas na colheita que tornam o cultivo do trigo uma atividade de alto risco. Desta forma, é necessário o aumento da produção aliado a redução dos custos, através do estabelecimento de práticas de manejo que aperfeiçoem a utilização de insumos (ZAGONEL et al., 2002) visando a redução da carga de capital financeiro investido.

3.2 ADUBAÇÃO NITROGENADA

3.2.1 Dinâmica do nitrogênio no solo

O nitrogênio presente no solo encontra-se em maior parte na forma orgânica e em pequena quantidade na forma mineral (MALAVOLTA, 2006). Sendo assim, a mineralização da matéria orgânica constitui uma importante fonte de

nitrogênio para as plantas. Além desta, Carneiro, Trivelin e Victoria, (1995) citam a fixação biológica e a adição de fertilizantes nitrogenados como fontes de nitrogênio no solo para as plantas. Trata-se de um nutriente de difícil manejo em solos de regiões tropicais e subtropicais, devido ao grande número de reações a que está sujeito e a sua alta instabilidade no solo (ERNANI, 2003).

O nitrogênio proveniente da adição de adubos orgânicos e minerais ou mesmo de condições naturais é absorvido predominantemente na forma de nitrato, devido ao processo de nitrificação no solo (MALAVOLTA, 2006). Após a entrada na planta, o nitrogênio é incorporado a compostos nitrogenados nas células, como os aminoácidos e proteínas.

A mineralização se caracteriza pelas transformações que ocorrem na matéria orgânica e levam a liberação de nitrogênio. De acordo com Ormond (2006) este processo de transformação de matéria orgânica em substâncias inorgânicas, ocorre de forma lenta, a partir do qual são retornados os nutrientes retirados pelas plantas.

Em condições onde o solo é bem drenado a forma com a qual o nitrogênio se apresenta no solo é o nitrato. Dois gêneros de bactérias realizam o processo de nitrificação, primeiramente as Nitrosomonas convertem o amônio em nitrito e posteriormente as Nitrobacter concluem o processo convertendo o nitrito em nitrato (FOCHT e VERSTRATE, 1977).

Como mais de 95% do N no solo encontra-se complexado na matéria orgânica (CERETTA, 1995) é de fundamental importância conhecer os processos que determinam a mineralização, a fim de manejar a adubação nitrogenada com mais eficiência.

3.2.2 Importância do nitrogênio para a cultura do trigo

Indiferente do cultivo em questão, o nitrogênio possui elevada importância, constituindo proteínas, enzimas, coenzimas, ácidos nucléicos, fitocromos e clorofila, além de também afetar as taxas de iniciação e expansão foliar, bem como a intensidade de senescência das folhas (Schröder et al.,2000). Nielsen e Halvorson (1991 apud, p.1055) relatam que a deficiência de nitrogênio pode reduzir evapotranspiração e a eficiência do uso da água na cultura do trigo. Nesse sentido, todos os componentes do rendimento do trigo, exceto a população de plantas,

podem beneficiar-se em maior ou menor grau com a adubação nitrogenada (ZAGONEL et al., 2002).

São inúmeros os entraves atrelados à utilização de fertilizantes nitrogenados na cultura do trigo, que vão desde os altos custos de aquisição dos adubos ao risco de baixo retorno financeiro inerente à cultura. Além disso, a utilização errônea de fertilizantes nitrogenados em cobertura no trigo pode comprometer tanto a cultura como o ambiente de cultivo. Buzetti et al. (2006) relata que a utilização de doses elevadas de nitrogênio resulta em maior desenvolvimento vegetativo ocasionando a ocorrência de acamamento das plantas e, desta forma, interferindo negativamente no rendimento e qualidade de grãos.

Com o constante lançamento de cultivares no mercado com diferentes características de qualidade e capacidade produtiva, torna-se imprescindível a atuação da pesquisa a fim de caracterizar esses novos genótipos quanto à resposta às técnicas de manejo, principalmente quanto a adubação nitrogenada, a qual, de acordo com Megda et al. (2009), destaca-se como sendo uma técnica de suma importância para a cultura do trigo, já que o nitrogênio constitui um dos nutrientes mais exigidos por essa cultura.

A sobrevivência destes perfilhos está condicionada a disponibilidade de condições ideais de desenvolvimento das plantas, sendo que o nitrogênio apresenta papel determinante nesse processo, viabilizando maior número de espigas por área, com reflexos positivos no rendimento (SCALCO et al., 2002; SANGOI et al. 2007; TEIXEIRA FILHO et al., 2007; TEIXEIRA FILHO et al. 2010; ZAGONEL et al., 2002). O trigo apresenta a capacidade de preencher espaços vazios na lavoura e dessa forma compensar falhas provenientes da semeadura, através da emissão de perfilhos (ZAGONEL et al., 2002).

Atualmente no mercado são encontrados vários fertilizantes que são fontes de nitrogênio. Entretanto, durante o processo de escolha de um determinado produto, os produtores se baseiam principalmente no custo e na concentração de N disponível. Porém, TAVARES JÚNIOR e DALTO (2006) sugerem que o sucesso da adubação nitrogenada é resultado da interação dos fatores: fonte utilizada, forma de aplicação, sistema de produção, épocas de aplicação e aspectos regionais (condições climáticas); afetando a relação resposta da cultura X eficiência do fertilizante.

Quanto à época de aplicação de nitrogênio que proporciona melhores rendimentos encontram-se uma ampla variabilidade de resultados pela pesquisa. Silva et al. (2008) verificou que o nitrogênio aplicado 30 dias após a emergência proporcionou maior rendimento de grãos. Teixeira Filho et al. (2010) em trabalho envolvendo doses, fontes e épocas de aplicação de N em trigo irrigado verificou pequeno incremento de rendimento da aplicação fracionada (semeadura + cobertura) em relação a aplicação totalmente por ocasião da semeadura, relatando ser viável as duas formas. Sangoi et al. (2007) verificou que a aplicação precoce de nitrogênio em cobertura, nos estádios 3,5 e 5,5 da escala HAUN, proporcionou maior rendimento de trigo, em relação a aplicações mais tardias.

Estes contrastes de informações geradas se devem principalmente às condições intrínsecas das regiões de estudo, promovendo comportamentos diferenciados ao nitrogênio, fato que confirma a necessidade de estudos direcionados a regiões produtoras com características endofoclimáticas semelhantes. Uma vez que, a aplicação correta de N é fundamental para elevar o rendimento sem ocorrência de perdas significativas, pois aplicações muito precoces ou muito tardias podem ser pouco aproveitadas pelas plantas (SILVA et al., 2005).

Em média, é aplicado 30 a 60 kg ha⁻¹ na cultura do trigo, em cobertura, até o perfilhamento (OLIVEIRA, 2003). Entretanto, em diferentes condições de ambiente, há relatos de máxima produção com doses de 120 kg ha⁻¹ (FREITAS et al., 1995; VIEIRA et al., 1995; TEIXEIRA FILHO et al., 2010), 69 kg ha⁻¹ (TEIXEIRA FILHO et al., 2007), 90 kg ha⁻¹ (TEIXEIRA FILHO et al., 2008), 96,8 kg ha⁻¹ (ESPINDULA et al., 2010), de nitrogênio. Bennett et al. (2011) em trabalho envolvendo aplicação em cobertura de solução de nitrogênio, verificaram aumento linear do rendimento até a dose máxima, correspondente a 50 kg ha⁻¹ de N. Por outro lado, a obtenção de altos rendimentos ostentados por elevadas doses de nitrogênio não é suficiente, uma vez que, há consequências atreladas ao manejo, como o acamamento.

3.3 ADUBAÇÃO SULFATADA

3.3.1 Enxofre no solo

O enxofre se apresenta como um importante nutriente exigido pelas culturas, sendo essencial no desenvolvimento e manutenção das plantas (NGUYEN; GOH, 1992). Em trigo, possui elevada importância principalmente em função da qualidade de panificação. Por ser componente de aminoácidos como a metionina, cisteína e cistina (WRIGLEY et al. 1976) a sua disponibilidade favorece a qualidade da farinha do trigo (RYANT; HŘIVNA, 2004).

Trata-se de um macronutriente com poucos relatos na literatura de ocorrência de deficiência em solos agrícolas (OSÓRIO FILHO et al., 2007) uma vez que a matéria orgânica é uma importante fonte desse elemento no solo, além do fato de serem aplicados fertilizantes que contém enxofre, como o sulfato de amônio e o superfosfato simples. Por outro lado, a condição de grande extração desse nutriente pelas culturas e solos com baixo teor de matéria orgânica pode criar uma condição de necessidade de suplementação sulfatada.

Furtini Neto et al. (2000) relatam que o S é o quarto nutriente mais limitante em solos altamente intemperizados, e se apenas as regiões tropicais forem consideradas, sua deficiência ainda pode ser mais severa. Segundo Rheinheimer et al. (2005), os maiores percentuais de solos com baixos teores de SO_4^{2-} localizam-se nas regiões com solos mais frágeis e mal manejados, com teores de matéria orgânica muito baixos.

3.3.2 Importância do enxofre nos cultivos

A presença do elemento enxofre é evidenciada nos mais diferentes ambientes que compõe o planeta, nas formas orgânicas e inorgânicas, sendo que nos solos a forma orgânica é a que predomina, podendo alcançar mais de 90% do total (NASCIMENTO; MORELLI, 1980). Nas culturas agrícolas, o teor de enxofre varia de acordo com a concentração no solo ou na atmosfera (THOMAS et al., 1950), sendo essa variação na ordem de 0,1 a 1,5% (AHAMAD, 2005). A concentração de enxofre presente nos tecidos das plantas também pode variar

conforme a cultura em questão. Jordan e Ensminger (1958) citam três grupos quanto à exigência em enxofre, sendo as poaceas classificadas como um grupo de baixa necessidade, as fabáceas como sendo intermediárias e as brássicas e liliáceas apresentando grandes exigências.

No caso de cultivos com maior exigência de enxofre, como as brassicáceas e fabáceas, ha uma probabilidade maior da ocorrência de respostas a adubação com o nutriente. Em estudo com nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.), Alvarez (2004) verificou resposta à aplicação de S, com máxima produção de massa seca na concentração de 46,4 kg ha⁻¹ do nutriente. Respostas significativas quanto a aplicação de enxofre em Brassicáceas também são relatados envolvendo canola (RHEINHEIMER et al., 2005) e colza (MALAVOLTA 1984). Quanto as fabáceas, há relatos de resposta em incremento de rendimento para a cultura da soja em Latossolo argiloso (HICORE; GALLO 1972) e em solo arenoso (MIYASAKA et al., 1964).

Embora pouco exigentes quantitativamente em S, há resultados de trabalhos na literatura que evidenciam resposta de poaceas a aplicação do nutriente como no caso do milho (Alvarez, 2004; RHEINHEIMER et al., 2005). Em trigo, Camargo et al. (1975) verificaram resposta a adubação com S em condições de solo ácido e com baixos teores de matéria orgânica. Espindula et al. (2010) verificaram que a aplicação de sulfato de amônio melhora a qualidade nutricional de grãos, promovendo incremento das concentrações de proteína (N-total), Ca, S, Cu e Zn. Em contrapartida, RHEINHEIMER et al. (2005) não observaram efeito positivo do nutriente, cultivado em solo deficiente em sulfato. Todavia, Järvan et al. (2008) enfatizam que respostas em qualidade industrial do trigo ao enxofre são mais comuns do que respostas em rendimento.

Resultados contrastantes em relação à resposta de culturas ao S são provenientes de vários fatores que afetam a sua disponibilidade. Segundo Osório Filho et al. (2007) nem sempre estes fatores estão relacionadas aos teores de sulfato numa determinada camada de solo, sendo que há outros fatores que podem estar afetando, como a mineralização do enxofre orgânico, a distribuição do sistema radicular no perfil do solo e até a deposição atmosférica desse nutriente. Alvarez (2004) cita ainda fatores climáticos e a forma de manejo das culturas como possíveis geradores de interferência na disponibilidade de S. Contudo, a utilização de solos com baixos teores de argila para a produção de grãos pode requerer a

suplementação de outros nutrientes além do N, P e K, como é o caso do enxofre (RHEINHEIMER et al., 2005). Entretanto, diagnósticos de deficiência do elemento não são comumente relatadas.

3.4 NITROGÊNIO E ENXOFRE NA PLANTA

Ao optar pela aplicação em cobertura no trigo de sulfato de amônio, o produtor além de estar fornecendo nitrogênio (21%) está inserindo no sistema um fertilizante que contém enxofre (24%). Entretanto, no Brasil, a ureia ainda é o fertilizante nitrogenado mais utilizado em adubações de cobertura por apresentar elevada concentração de nitrogênio (45%).

A presença do nitrogênio e enxofre no sistema é condicionada por fatores ligados a química e física do solo, clima, vegetação e principalmente da quantidade e tipo de matéria orgânica (DE BONA, 2008). A existência de uma relação N:S aproximadamente rígida nas proteínas leva à necessidade de um balanço adequado na nutrição das plantas quanto a esses elementos (SCALCO et al., 2002). Alta relação N/S pode levar ao acúmulo de formas não proteicas de N, principalmente N-NO₃ e N orgânico solúvel (HAQ; CARLSON, 1993).

As assimilações de nitrogênio e enxofre são processos bem coordenados na planta, assim sendo, a deficiência de um elemento reprime a via assimilativa do outro (EPSTEIN; BLOOM, 2006). Altos níveis de fertilizante nitrogenado podem fazer com que se acentue os efeitos da deficiência de enxofre, os quais não são tão evidentes com níveis mais baixos de nitrogênio (MacRITCHIE; LAFIANDRA, 1997 apud OLIVEIRA, 2010, p.11).

O regime de adubação do trigo pode afetar qualidade de panificação (TEA et al., 2007), uma vez que, a disponibilidade de N e S no solo pode interferir tanto na quantidade, quanto na composição das proteínas formadoras do glúten (GROVE et al., 2009). Além de afetar a utilização do nitrogênio e a qualidade de grãos, o enxofre desempenha um papel importante na determinação da qualidade de panificação (RYANT e HRIVNA, 2004 apud JÄRVAN, 2008, p.460).

Em trabalho envolvendo a pulverização via foliar de N e S, Tea et al. (2007) verificaram que a aplicação desses nutrientes em antese promove o acúmulo

nos grãos, fornecendo suporte para a síntese de proteínas, podendo melhorar a qualidade de panificação, uma vez que o enxofre atua na formação das redes de glúten. Oliveira (2010) relata que, quando N e S são aplicados simultaneamente e em balanço, é possível verificar aumento mais expressivo no conteúdo destes nutrientes no grão de trigo, sugerindo um efeito sinérgico entre os fertilizantes.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 LOCALIZAÇÃO, SOLO E CLIMA DO CAMPO EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido em área experimental implantada em conjunto com a cooperativa COOPERTRADIÇÃO, localizada no município de Pato Branco, situada a 26° de latitude Sul e 52° de longitude Oeste, apresentando a altitude média de 700 metros e encontrando-se na zona tritícola F (IAPAR, 2011). O solo pertence à unidade de mapeamento LVdf2 - Latossolo Vermelho distroférico textura argilosa e relevo ondulado (BHERING et al., 2008). O clima é classificado como Cfa – clima subtropical úmido mesotérmico (MAAK, 1968). O regime hídrico e a variação de temperatura no período compreendido pelo experimento são mostrados na Figura 1.

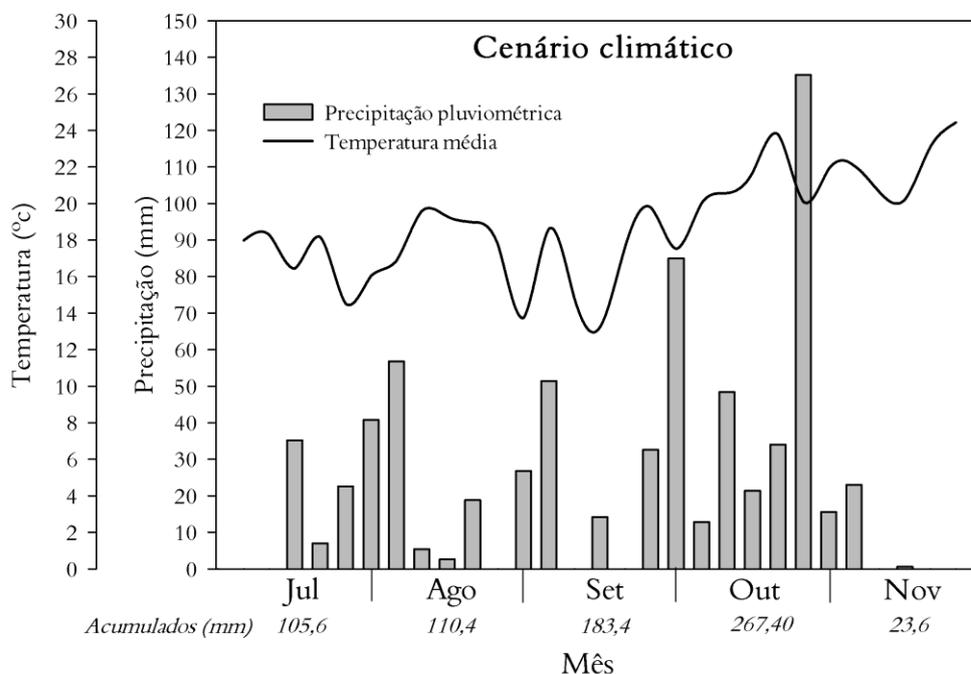


Figura 1 – Cenário climático incluindo temperatura e precipitação pluviométrica para o município de Pato Branco – PR, no período compreendido de Julho a Novembro de 2011. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2012.

Fonte: Simepar (2012).

Antecedendo a instalação do experimento foi efetuada a análise química do solo na profundidade de 0 a 20 cm, com o intuito de identificar variabilidade na fertilidade e posteriormente corrigi-las. As amostras coletadas, devidamente homogêneas, foram encaminhadas para análise no Laboratório de Solos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná /IAPAR. Os resultados dos atributos químicos verificados na análise de solo estão presentes na Tabela 1.

Tabela 1 - Resultado da análise química do solo da área experimental ⁽¹⁾, antes da implantação do experimento, na profundidade de 0-20 cm. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2012

| Ano | pH (CaCl ₂) | Cátions trocáveis | | | | | P | M.O. | V | M |
|------|-------------------------|-----------------------|------------------|------------------|------------------|----------------|---------------------|--------------------|------|-----|
| | | H + Al* | Al ³⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | K ⁺ | | | | |
| | | cmol dm ⁻³ | | | | | mg dm ⁻³ | g dm ⁻³ | --- | % |
| 2011 | 5,6 | 5,01 | 0,00 | 7,56 | 3,45 | 0,28 | 18,06 | 53,6 | 69,3 | 0,0 |

*H + Al: Acidez potencial; Al³⁺: Alumínio; Ca²⁺: Cálcio; Mg²⁺: Magnésio; K⁺: Potássio; P: Fósforo (Melich); M.O.: Matéria orgânica; V: Saturação de bases; M: Saturação de Alumínio.

⁽¹⁾ Efetuadas no Laboratório de Análises de Solos UTFPR / IAPAR.

4.2 DESCRIÇÃO DOS TRATAMENTOS

Os tratamentos consistiram em seis diferentes manejos de adubação de cobertura (Tabela 2), utilizando a ureia (45 % de N) e o sulfato de amônia (21% de N e 24% de S), aplicadas em quatro cultivares de trigo (PR Catuara TM, BRS Gaivota, Quartzo e CD120). A primeira aplicação, em dose fixa de 60 kg ha⁻¹ N para todos os tratamentos, exceto a testemunha, foi realizada na forma de ureia no início do perfilhamento (escala 4 de Feekes-Large) e a segunda, com a utilização de ureia ou sulfato de amônio, foi realizada no alongamento (escala 10 de Feekes-Large), como descrito na Tabela 2.

Tabela 2 - Descrição dos manejos de adubação de cobertura, incluindo a concentração dos nutrientes disponibilizados nos dois estádios de fertilização. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2012

| Manejo de adubação de cobertura | Época e dose ¹ de aplicação de nitrogênio | | Total | |
|------------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | Perfilhamento ² | Elongamento | N (kg ha ⁻¹) | S (kg ha ⁻¹) |
| M1 | 0 N | 0 N | 0 | 0 |
| M2 | 60 N | 0 N | 60 | 0 |
| M3 | 60 N | 20 N e 23 S ³ | 80 | 23 |
| M4 | 60 N | 20 N ² | 80 | 0 |
| M5 | 60 N | 40 N e 46 S ³ | 100 | 46 |
| M6 | 60 N | 40 N ² | 100 | 0 |

¹ kg ha⁻¹; ² na forma de ureia; ³ na forma de sulfato de amônio.

4.3 DESCRIÇÃO DO MATERIAL VEGETAL EMPREGADO

Os cultivares foram escolhidos baseado na adaptação as condições regionais, tolerância as principais pragas e doenças além da qualidade de panificação expressa pelas mesmas, como pode ser observado na Tabela 3.

Tabela 3 - Descrição das cultivares IPR Catuara TM, BRS Gaivota, Quartzo e CD 120 em relação a características de interesse agrônomo. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2012

| Cultivar | Porte | Ciclo | Qualidade de Panificação | Ferrugem da folha | Oídio | Manchas foliares | Acamamento |
|----------------|-------|---------|-----------------------------|----------------------|---------|---------------------|----------------|
| IPR Catuara TM | Médio | Precoce | Melhorador | MS ¹ | MS | MS | MS |
| BRS Gaivota | Médio | Médio | Pão | MS | R | MR | R ³ |
| Quartzo | Médio | Médio | Pão | MR ² a MS | MR a MS | MR | MR |
| CD 120 | Médio | Médio | Brando | MS | MS | MS | MR |

¹MS – Moderadamente Susceptível; ²MR – Moderadamente Resistente; ³R – Resistente.
Fonte: informações das empresas detentoras (2012).

4.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Os tratamentos foram dispostos em delineamento de blocos casualizados, disposto em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas foram constituídas pelas cultivares de trigo e as sub-parcelas pelo manejo da

adubação de cobertura. Cada subparcela possuía nove linhas de 6 m de comprimento, espaçadas de 0,20 m, resultando nas dimensões de 1,8 x 6 m. A área útil considerada foi representada pelas sete linhas centrais, resultando em 8,4 m². O espaçamento entre parcelas e subparcelas foi de 0.5 m e 1.0 metro entre blocos.

4.5 INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi conduzido em área de plantio direto consolidado, anteriormente ocupado com a cultura da soja. A dessecação do material vegetal foi realizada com a aplicação do herbicida Glyphosate (1.560 g ha⁻¹ do i.a.).

A implantação do experimento foi realizada mecanicamente em sistema de “semeadura direta”, obedecendo ao zoneamento agroclimático para a cultura na região. Foram dimensionadas as quantidades de sementes para a obtenção, a nível de campo, de densidade próxima a 350 plantas por m².

O controle de pragas, doenças e plantas daninhas foi realizada mediante as recomendações técnicas de pesquisa para a cultura do trigo (RCBPTT, 2006). Efetuou-se quatro aplicações de fungicidas e uma de inseticida, sendo que após a implantação do experimento não houve a necessidade de controlar plantas daninhas. Foi aplicado redutor de crescimento quando as plantas apresentavam o primeiro nó visível, que ocorreu aos 48 dias após a emergência, utilizando a dose de 0,4 l ha⁻¹ do produto comercial Moddus.

A colheita do trigo foi realizada mecanicamente com o auxílio de uma colhedora de parcelas (marca Wintersteiger). A primeira cultivar a ser colhida foi a IPR Catuara, seguida de CD 120 e por último Quartzo e BRS Gaivota (118, 125 e 131 dias após a emergência, respectivamente). As colheitas foram efetuadas quando 90% das espigas apresentavam os grãos com coloração típica de maduros e com baixa umidade. O produto da colheita foi submetido à secagem em estufa a 40 °C até atingir umidade próxima a 13%. Posteriormente foi realizada a limpeza das amostras com máquina de ar e peneira (modelo LGI, marca Imack).

4.6 AVALIAÇÕES

4.6.1 Índice relativo de Clorofila

A mensuração do teor de clorofila foi realizada através do medidor eletrônico clorofiLOG (Falker - CFL1030). As leituras efetuadas por este equipamento são oriundas de 3 faixas de frequência de luz, permitindo uma análise detalhada, indicando valores proporcionais de clorofila “a” e “b” na folha que são calculadas com base na quantidade de luz refletida pela folha. As avaliações de clorofila foram realizadas na terceira folha completamente expandida, com o início no princípio do perfilhamento (escala 4 de Feekes-Large) e repetidas a cada 30 dias, permitindo assim mais duas avaliações nos estádios 8 e 10.1. Após o surgimento da folha bandeira foram realizadas duas avaliações no terço médio da mesma, sendo a primeira no estádio 9 e 30 dias após uma segunda avaliação no estádio 10.5.4. Para alcançar um valor representativo, foram tomadas 5 plantas de cada unidade experimental para formar o valor final.

4.6.2 Teor de Nitrogênio na Folha Bandeira

Foi determinado o teor de nitrogênio presente na folha bandeira a partir da amostragem de dez folhas bandeiras coletadas ao acaso em cada subparcela. Após coletadas, as amostras foram previamente secadas em estufa de secagem a 40o até peso constante e em seguida trituradas em moinho analítico modelo IKA A11 BS32. Posteriormente as amostras foram enviadas à análise química para determinação da concentração de nitrogênio através do método Kjeldahl adaptado por Tedesco et al (1995).

4.6.3 Variáveis Biométricas, Componentes do Rendimento e Rendimento de grãos

- a. Ciclo da Emergência ao Espigamento (CEE): expresso em número de dias da emergência das plantas a antese quando 50% das espigas apresentarem anteras extrusadas.
- b. Estatura de Plantas (EP): mensurada no estádio de maturação fisiológica com o auxílio de uma régua graduada, e sendo definida como à distância

(cm) do nível do solo ao ápice das espigas, excluindo-se as aristas, medindo-se 10 plantas ao acaso e representativas da área útil de cada parcela.

- c. Comprimento da Folha Bandeira (CFB): mensurado a nível de campo, em centímetros, considerando-se 10 plantas ao acaso na área útil de cada subparcela.
- d. Número de Espigas por metro quadrado: Na ocasião da colheita, foi mensurado o número de espigas em 1,0 m de fileira de plantas na área útil das parcelas, posteriormente convertido para número de espigas por m².
- e. Número de Espiguetas por Espiga (NEE): determinado a partir da contagem de todas as espiguetas com grãos de cada espiga de dez espigas tomadas ao acaso em cada subparcela.
- f. Número de grãos por Espiga (NGE): determinado a partir do número médio de grãos contados em decorrência da trilha de dez espigas colhidas ao acaso em cada subparcela.
- g. Número de Grãos por Espiguetas (NGEs): calculado pela divisão do número total de grãos de dez espigas coletadas ao acaso, em cada subparcela, pelo número total de espiguetas.
- h. Massa de Mil Grãos (MMG): determinado através da coleta de 300 grãos da massa de grãos de cada unidade experimental, sendo calculada através de balança de precisão, com teor de água dos grãos corrigidos para 13% (base úmida).
- i. Massa Hectolétrica (MH): foram realizadas quatro amostragens de cada unidade experimental, mensuradas em um medidor de umidade de grãos de bancada (mod. G 800, Gehaka) que é capaz de gerar medidas de umidade e massa de hectolitro. Posteriormente foram calculadas as médias das quatro amostras para gerar o valor final da unidade experimental.
- j. Rendimento de Grãos (RG): após a colheita, a massa de grãos resultante foi submetida à limpeza com posterior avaliação do rendimento de grãos através da massa de grãos da área útil da parcela extrapolada para kg ha⁻¹, após correção da umidade dos grãos para 13% (base úmida).

4.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

No presente trabalho se dispõe de dois fatores, sendo que o primeiro corresponde às quatro cultivares empregadas no estudo (IPR Catuara, BRS Gaivota, CD 120 e Quartzo) e o segundo fator são os seis manejos de adubação de cobertura, ambos os fatores qualitativos. Em um primeiro momento foram testados o efeito principal dos fatores (cultivar e adubação) e o efeito da interação entre ambos.

Os dados dos caracteres avaliados foram submetidos à análise de variância univariada, segundo o delineamento em parcelas subdivididas com quatro repetições, considerando os fatores como fixos. Quando a interação ou fator individual evidenciou significância estatística em até 5% de probabilidade de erro ($p < 0.05$) pelo teste F, procedeu-se à análise comparativa de médias pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro ($p < 0.05$), com auxílio do *software* estatístico Genes (Cruz, 2006).

As relações existentes entre os teores relativos de clorofila e os teores de nitrogênio foliar para com o rendimento de grãos e alguns de seus componentes foram demonstrados através da análise de correlação simples de Pearson, ilustrados em saídas gráficas.

Com o intuito de proporcionar melhor entendimento do comportamento dos fatores testados, quanto aos caracteres aferidos, foram realizadas análises GGE (Genotype and Genotype-by-Environment), através do *software* GGE Biplot (YAN et al., 2001), o qual considera o efeito do genótipo e da interação entre genótipos e ambientes (YAN et al., 2000), expondo os resultados em saídas gráficas.

Além disso, os testes de médias de alguns parâmetros foram ilustrados na forma gráfica, a fim de proporcionar melhor visualização e entendimento do comportamento dos mesmos, para isto, utilizou-se o *software* Sigmaplot 11.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 DESEMPENHO DOS CARACTERES ADAPTATIVOS E COMPONENTES DO RENDIMENTO

Na análise de variância (Tabela 4) pode-se observar que existem diferenças significativas ($p < 0.05$) entre as cultivares para todos os parâmetros avaliados, indicando que as mesmas apresentam resposta diferencial em uma mesma condição de ambiente. Os resultados da análise da variância também mostram significância ($p < 0.05$) do efeito da adubação de cobertura para os caracteres RG, MH, MMG, bem como para o efeito da interação Cultivares x Adubação de cobertura nos caracteres Número de Espigas por m^2 e CFB, evidenciando contraste de resposta das cultivares em função da variação ambiental. Quanto aos coeficientes de variação, estes se mantiveram relativamente baixos, conferindo boa precisão experimental.

Tabela 4 - Estimativas dos componentes da variância incluindo Graus de Liberdade (GL); Quadrado Médio (QM) e Coeficiente de Variação (CV %) para dez caracteres mensurados em quatro cultivares de Trigo submetidas a seis manejos de adubação de cobertura em dois estádios de desenvolvimento. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2012

| Fontes de variação | Caracteres | | | | | | | | | |
|---------------------------------------------------|------------------------|---------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | RG | MH | MMG | Número de Espigas m^2 | NEE | NGE | NGEs | EP | CEE | CFB |
| <i>Cultivares</i> (GL 3) | | | | | | | | | | |
| QM | 12175296.7** | 57.67** | 1113.73** | 333033.9** | 15.29** | 429.42** | 1.67** | 401.50** | 852.54** | 4.95* |
| CV (%) | 8.62 | 2.41 | 4.65 | 15.96 | 3.10 | 6.07 | 5.20 | 8.26 | 1.56 | 6.12 |
| <i>Adubação de cobertura</i> (GL 5) | | | | | | | | | | |
| QM | 361090.24** | 5.38* | 5.02** | 20629.2** | 0.28 ^{ns} | 12.18 ^{ns} | 0.03 ^{ns} | 3.72 ^{ns} | 0.63 ^{ns} | 0.75 ^{ns} |
| CV (%) | 7.68 | 1.91 | 3.77 | 8.62 | 4.17 | 9.13 | 6.51 | 2.21 | 1.25 | 5.74 |
| <i>Cultivares x Adubação de cobertura</i> (GL 15) | | | | | | | | | | |
| QM | 70199.51 ^{ns} | 2.266 ^{ns} | 2.22 ^{ns} | 3343.5 ^{ns} | 0.31 ^{ns} | 13.11 ^{ns} | 0.03 ^{ns} | 5.51 ^{ns} | 1.64 ^{ns} | 2.19* |
| <i>Média</i> | 3967.56 | 75.46 | 30.08 | 600.22 | 14.34 | 34.99 | 2.44 | 89.65 | 82.86 | 18.27 |

RG - Rendimento de grãos, MH - Massa de Hectolitro, MMG - Massa de Mil Grãos, NEE - Número de Espiguetas por Espigas, NGE - Número de Grãos por Espiga, NGEs - Número de grãos por Espiguetas, EP - Estatura de Plantas, CEE - Ciclo da Emergência ao Espigamento e CFB - Comprimento de Folha Bandeira.

* e ** - Significativo a 1% ($p < 0.01$) e 5% ($p < 0.05$) de probabilidade de erro pelo teste F. ^{ns} - não significativo.

Com exceção do Número de Espigas por m² e CFB que evidenciaram diferença estatística significativa para o efeito da interação “Cultivares x Adubação de cobertura”, os demais parâmetros avaliados não demonstraram diferenças. Outros autores, trabalhando com nitrogênio em cultivares de trigo, também relatam a ausência de interação significativa destes efeitos (PENCKOWSKI; ZAGONEL e FERNANDES, 2009 e TEIXEIRA FILHO et al., 2007).

A altura das plantas está ligada diretamente ao acamamento e pode ser afetada pela dose de nitrogênio, entre outros fatores (ZAGONEL e FERNANDES, 2007). Trabalhos realizados demonstram o efeito positivo que o nitrogênio exerce sobre a estatura de plantas de trigo (ZAGONEL et al., 2002; ESPINDULA et al., 2010). Entretanto, no presente trabalho não se verificou efeito em estatura de plantas devido à aplicação de nitrogênio. Este resultado corrobora com os relatados por Teixeira Filho et al. (2010), Teixeira Filho et al. (2007) e Penckowski et al. (2010), onde também não foi verificada resposta em estatura de planta de trigo quando da aplicação de nitrogênio em cobertura.

Não houve efeito significativo da adubação de cobertura no NGE bem como da interação cultivares x adubação de cobertura. Pettinelli Neto et al. (2002) em trabalho envolvendo cinco doses de nitrogênio e seis cultivares de trigo também não verificaram influência significativa da adubação nitrogenada no número de grãos por espiga.

Verifica-se maior resposta a adubação nitrogenada quando as condições meteorológicas, especialmente a precipitação pluvial, não são limitantes (BENIN et al., 2012). Para as condições climáticas relatadas na Figura 1, nota-se que as condições de precipitação ocorridas durante a condução do experimento foram satisfatórias, não oferecendo limitações ao desenvolvimento da cultura.

A matéria orgânica é a principal fonte de nitrogênio nos solos, disponibilizando nitrogênio através do processo de mineralização. Alguns fatores são determinantes na velocidade deste processo, influenciando diretamente a microbiota do solo como a qualidade do resíduo orgânico (SCHOMBERG e STEINER, 1999), umidade do solo (SCHOMBERG et al.1994), e a temperatura (KOENIG e COCHRAN, 1994). As condições de elevada precipitação verificadas durante o período de condução do experimento (Figura 1), o provável efeito da palhada remanescente da cultura da soja e o elevado teor de matéria orgânica presente no solo (Tabela 1) foram fatores determinantes na expressão dos parâmetros avaliados,

reduzindo a resposta das cultivares a adubação de cobertura aplicada, por proporcionar maior disponibilidade de nitrogênio oriundo do processo de mineralização.

Verifica-se que, a cultivar Quartzo apresentou o maior rendimento de grãos, aproximadamente 5.000 kg ha^{-1} , diferindo estatisticamente das demais (Figura 2). Por outro lado, a cultivar CD 120 desenvolveu um baixo potencial produtivo, sendo desta o menor rendimento observado (3.369 kg ha^{-1}). Entretanto, o rendimento desta cultivar, mesmo sendo baixo nas condições experimentais, ainda assim caracteriza-se como elevado quando comparado aos rendimentos verificados em condições de lavoura na região sudoeste do Paraná. De acordo com dados oriundos da SEAB/DERAL (2012) o rendimento médio de trigo da região Sudoeste do Paraná para a safra de 2010 foi de 2.747 kg ha^{-1} , sendo assim, há a possibilidade da utilização das cultivares estudadas nas lavouras da região, principalmente daquelas com melhor resultado, como no caso da cultivar Quartzo.

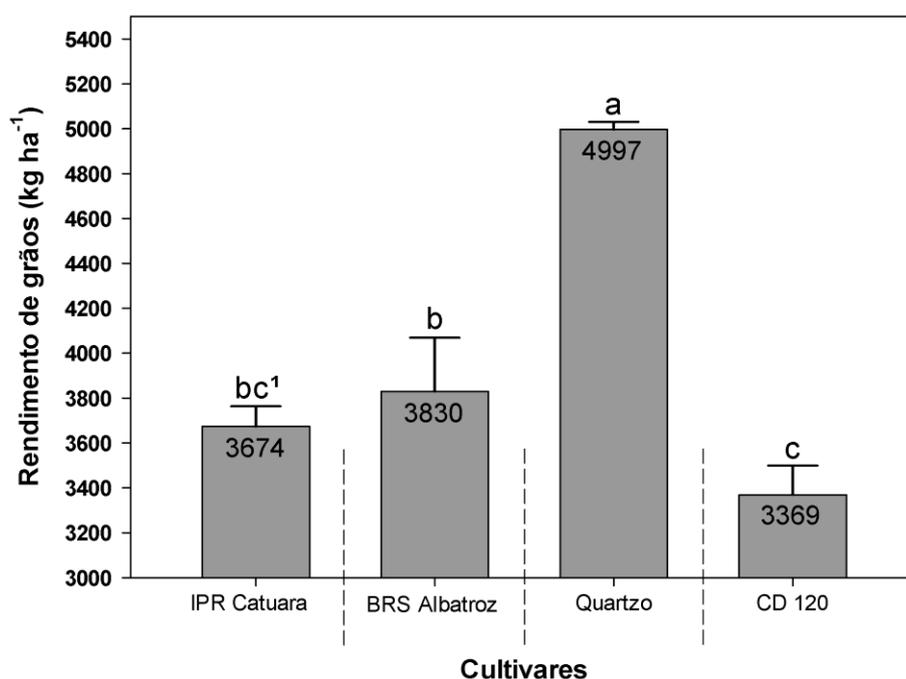


Figura 2 - Desempenho produtivo das cultivares de trigo IPR Catuara, BRS Gaivota, Quartzo e CD 120 em experimento conduzido no ano de 2011. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2012.

¹ Médias com mesma letra minúscula não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro ($p < 0,05$).

Pelas características de comportamento em relação as doenças, qualidade industrial, entre outras informadas na Tabela 2 da cultivar Quartzo aliadas ao desempenho produtivo no experimento, fica evidente a superioridade da mesma em relação ás demais testadas, possibilitando a sua utilização no sistema produtivo regional com benefícios significativos.

A Figura 3 expõe os resultados produtivos na média das cultivares para cada manejo de adubação de cobertura empregado. Percebe-se que, os melhores resultados em rendimento de grãos ocorreram nos tratamentos onde foram empregados os manejos M2, M3 e M4, ambos acima dos 4000 kg ha⁻¹, embora diferindo estatisticamente somente do M6.

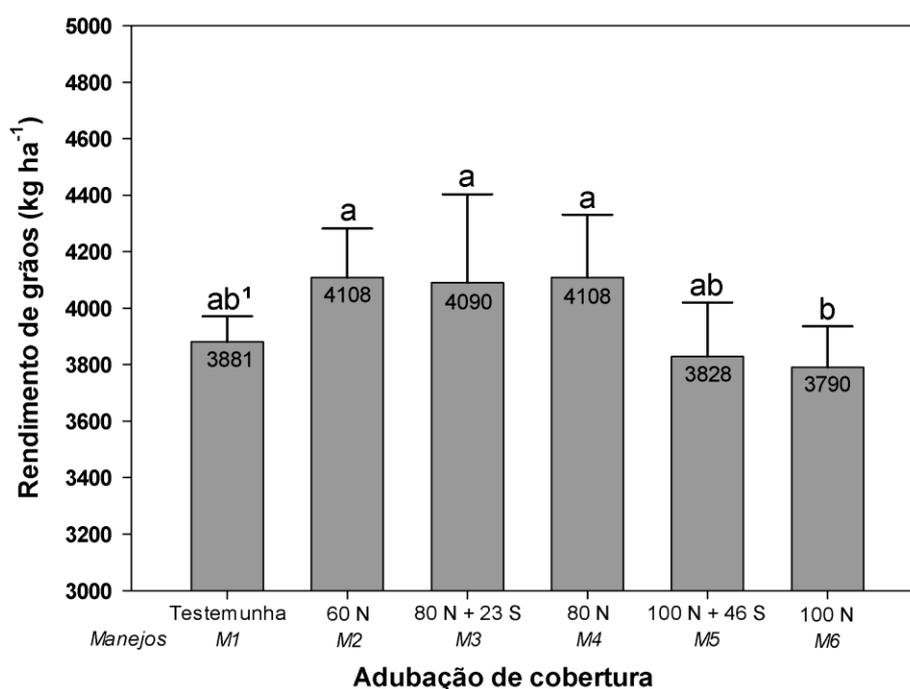


Figura 3 - Rendimento de grãos, na média das cultivares para cada manejo de adubação de cobertura, em experimento conduzido no ano de 2011. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2012.

¹ Médias com mesma letra minúscula não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro ($p < 0,05$).

A menor média de rendimento de grãos foi encontrada para M6, embora não diferindo do M5 e da testemunha. Esta condição de redução no rendimento de grãos nas doses mais elevadas de fertilizante em cobertura possivelmente ocorreu

em função de acamamento observado em algumas unidades experimentais. Entretanto, este parâmetro não foi avaliado.

O manejo de adubação de cobertura que compreende a aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N no perfilhamento (M1) já foi suficiente para a obtenção do máximo rendimento de grãos. Sendo assim, os manejos com as maiores doses de N não foram adequadamente convertidas em produção, resultando em custos desnecessários além de outros efeitos negativos que o N pode trazer ao ambiente, como relatado por Riley et al. (2001).

Os manejos que envolveram a utilização de enxofre (M3 e M5) não influenciaram significativamente o rendimento final de grãos, fato que pode ser verificado na comparação entre o M3 e M4 como também entre M5 e M6, onde apenas a concentração de S se altera. Isso deve-se provavelmente a baixa exigência de S pelas poaceas, conforme relatado por Jordan e Ensminger (1958). Em contrapartida, Scalco et al. (2002) em experimento realizado em Latossolo vermelho-escuro de Minas Gerais, relatam a influência de doses de sulfato de amônio em trigo com reflexos positivos no rendimento até a dose de 120 kg ha⁻¹. Resultados contrastantes sugerem da importância de se realizarem estudos de resposta de trigo a fatores manejáveis de ambiente nas diferentes regiões de produção da cultura.

Através da Figura 3 também é possível verificar que a aplicação tardia de fertilizante em cobertura presentes nos manejos M3 ao M6 não favoreceram o rendimento de grãos em comparação ao M2 onde há apenas uma aplicação no perfilhamento. Outros trabalhos citam a ausência de incremento produtivo em épocas mais avançadas de aplicação, como no caso de Sangoi et al. (2007) em trabalho envolvendo a aplicação de 70 kg ha⁻¹ de N em diferentes épocas e em três cultivares de trigo, verificaram que a aplicação no alongamento foi a de menor resposta em rendimento de grãos quando comparada a aplicações precoces.

A análise gráfica GGE Biplot simplifica e facilita a visualização dos dados experimentais (BENIN et al., 2012). A Figura 4 expõe a análise GGE com a saída gráfica representando à média (seta horizontal) e estabilidade (seta vertical) das cultivares e manejos de adubação de cobertura. Desta forma, fica evidente o superior desempenho produtivo da cultivar Quartzo, maior que a média produtiva das cultivares, indicado pela seta vertical. Do mesmo modo, verifica-se o baixo rendimento da cultivar CD120 assim como o desempenho intermediário da cultivar

BRS Gaivota. Quanto aos manejos de cobertura, esses permaneceram dentro de um pequeno intervalo dos escores do PC1, ou seja, a variação do rendimento de grãos entre os manejos de adubação de cobertura foram pouco expressivos em comparação com as variações verificadas entre as cultivares.

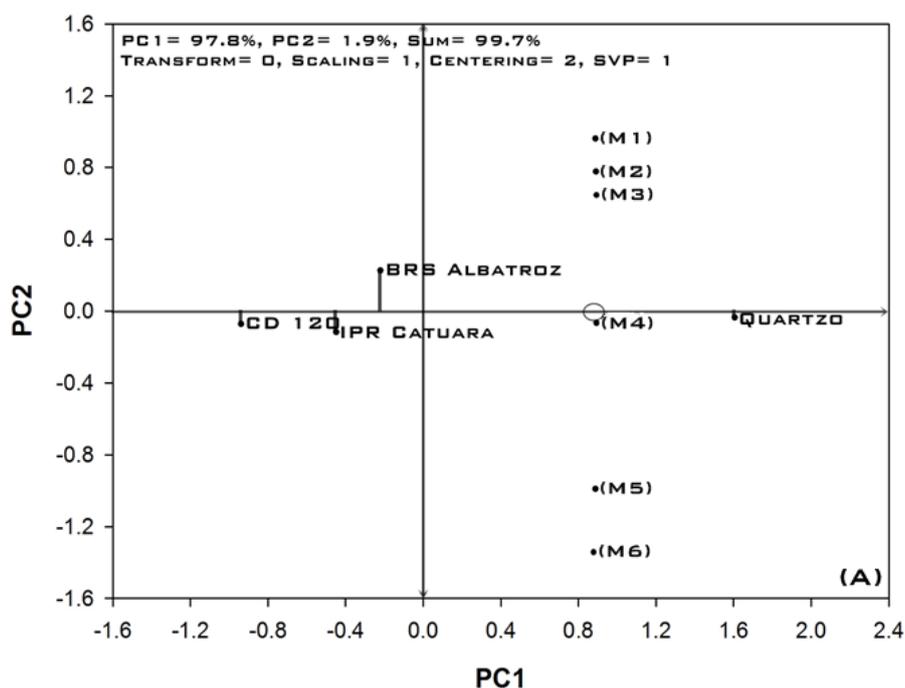


Figura 4 - Plotagem dos escores dos componentes principais para a média e estabilidade quanto ao comportamento das cultivares e adubações de cobertura para o Rendimento de Grãos. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2012.

A MH é o parâmetro utilizado na comercialização da produção de trigo no Brasil. Esse parâmetro separa em diferentes classes o trigo, as quais correspondem à remuneração da produção. A Figura 5 evidencia o teste de médias na forma gráfica da variável MH para o comportamento das cultivares (A) e dos manejos de adubação de cobertura (B). Verifica-se que, para esse parâmetro os resultados sugerem melhor enchimento de grãos para a cultivar IPR Catuara ($77.5 \text{ kg } 100\text{L}^{-1}$), quanto às demais, os valores não diferiram significativamente, embora a CD 120 tenha apresentado um baixo valor da variável ($73.8 \text{ kg } 100\text{L}^{-1}$).

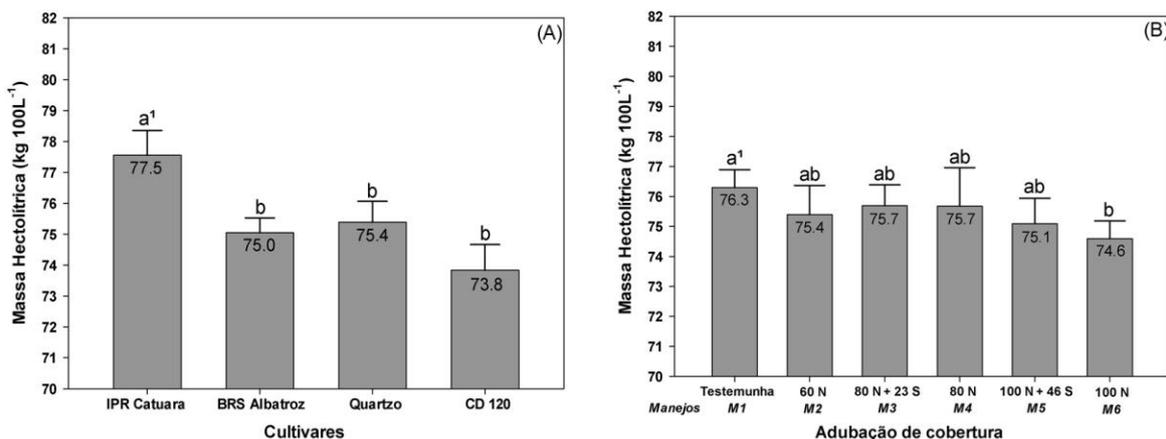


Figura 5 - Massa do hectolitro na média dos manejos de adubação de cobertura (A) e médias das cultivares para cada manejo (B), em experimento conduzido no ano de 2011. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2012.

¹ Médias com mesma letra minúscula não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro ($p < 0,05$).

Na média das cultivares para cada tratamento (Figura 5 - B) nota-se que a testemunha obteve o maior valor de MH embora não diferindo dos demais manejos, exceto do manejo 6, o qual proporcionou o menor valor do parâmetro. Este padrão de comportamento em que a massa do hectolitro diminui com o aumento da concentração de N aplicado é citado na literatura por Teixeira Filho et al. (2010) e Trindade et al. (2006).

Ainda em relação à Figura 5 (B), verifica-se ausência de diferenças entre os tratamentos com aplicação de ureia e sulfato de amônio, contrariamente a resultados relatados por Teixeira Filho (2008), onde relata sobre a maior massa de hectolitro proporcionada pela ureia em relação ao sulfato de amônio e o Entec.

Nenhum dos tratamentos possibilitou a obtenção de patamares adequados de MH, ou seja, valores acima de $78 \text{ kg } 100\text{L}^{-1}$, valor mínimo exigido para a classificação do trigo como tipo 1 e que possibilita a melhor remuneração (Brasil, 2001). Os demais manejos de adubação de cobertura, com exceção do M6, se alocaram na classificação 2 ($>$ que $75 \text{ kg } 100\text{L}^{-1}$).

A Figura 6 expressa o teste de médias para a variável MMG quanto ao efeito de cultivares (A) e do manejo de adubação de cobertura (B). É possível verificar que a cultivar IPR Catuara, assim como em relação a MH, evidenciou a maior média do parâmetro (39.4g). Os resultados das demais cultivares, ao serem comparados com valores disponíveis na literatura (BOSCHINI et al., 2011;

PENCKOWSKI et al., 2010; ESPINDULA et al., 2010), mesmo estes sendo referentes a outras cultivares, são bem inferiores, possivelmente essa situação seja atribuída as condições meteorológicas ocorridas durante o ciclo da cultura, principalmente a elevada precipitação nos estádios finais de cultivo (Figura 1). A condição de precipitação sobre a cultura em maturação ocasiona redução da massa de hectolitro afetando, desta forma, a qualidade dos grãos (FURLANI et al., 2002).

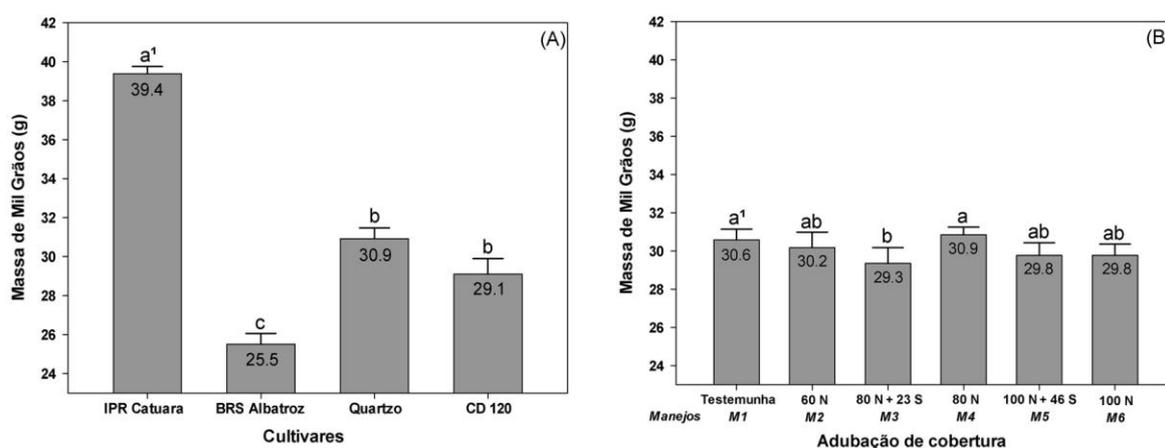


Figura 6 - Massa de mil grãos na média dos manejos de adubação de cobertura (A) e médias das cultivares para cada manejo (B), em experimento conduzido no ano de 2011. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2012.

¹ Médias com mesma letra minúscula não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro ($p < 0,05$).

Os manejos de adubação de cobertura promoveram alteração no comportamento da MMG, entretanto em baixa magnitude (Figura 6 - B). O efeito do manejo de adubação de cobertura, embora significativos, não promoveram aumento da massa de mil grãos. Os manejos onde foi utilizado o sulfato de amônio como fonte de N e S (M3 e M5) numericamente evidenciaram os menores valores de MMG. A ausência de influencia significativa da adubação nitrogenada neste componente do rendimento também é relatada por Teixeira Filho (2008) em trabalho envolvendo fontes de N em cultivares de trigo irrigadas.

O número de espigas por metro quadeado, de modo geral, é considerado um dos principais componentes do rendimento em trigo (RODRIGUES et al., 2007). Embora o estande inicial de plantas verificado tenham sido semelhantes entre as cultivares (350 plantas por m²), o número de espigas por

metro quadrado da cultivar IPR Catuara foi cerca de 64% menor que as demais cultivares, sendo determinante na explicação do baixo rendimento em relação a cultivar Quartzo apesar de evidenciar excelentes características de grãos (MMG e MH) (Figura 7 - A).

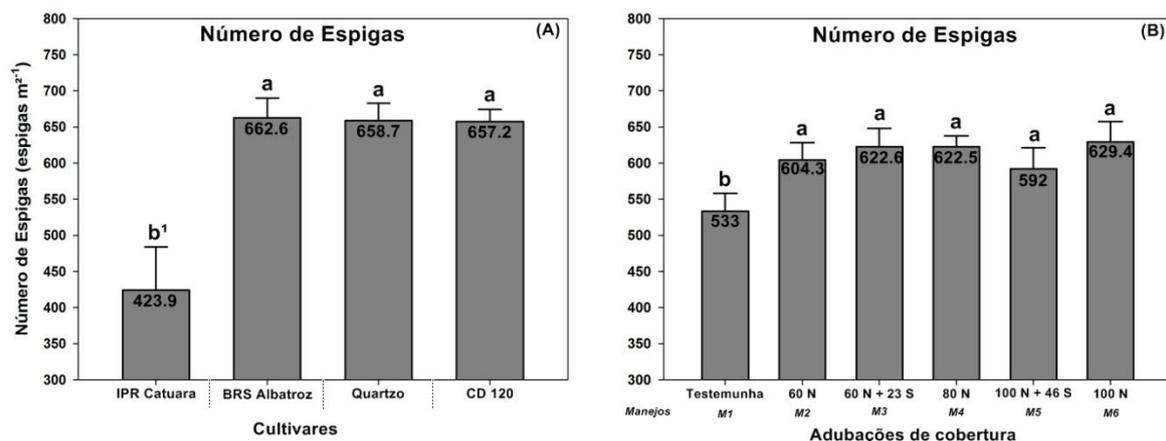


Figura 7 - Número de espigas por m² na média dos manejos de adubação de cobertura (A) e médias das cultivares para cada manejo (B), em experimento conduzido no ano de 2011. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2012.

¹ Médias com mesma letra minúscula não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro ($p < 0,05$).

O manejo de adubação de cobertura influenciou significativamente o número de espigas por metro quadrado, sendo que entre os tratamentos com aplicação de fertilizante em cobertura não se verificou diferenças, mas na ausência de suplementação nitrogenada de cobertura (testemunha, M1) o número de espigas por m² foi cerca de 13% menor (Figura 7 - B). O fato de não haver resposta ao aumento da dose de N aplicada também foi verificado por PENCKOWSKI et al. (2010) até a dose de 250 kg ha⁻¹ de N.

Através da Figura 7 (B) também é possível verificar que não houve diferença significativa ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey para os tratamentos que envolvem a aplicação de sulfato de amônio (M3 e M5) em relação aos tratamentos com a utilização de ureia (M2, M4 e M6). Da mesma forma, Teixeira Filho (2008) verificou ausência de efeito significativo de fontes de nitrogênio (Entec, sulfato de amônio e ureia) em dois anos de cultivo na cultura do trigo sobre o parâmetro número de espigas por m².

No presente trabalho não se verificou efeito significativo da aplicação de N no número de espiguetas por espiga, assim como também relatado em trabalhos realizados por Boschini et al. (2011) e Zagonel et al. (2002). Entretanto, para o efeito de cultivares houve resposta significativa (Tabela 5), com BRS Gaivota e Quartzo evidenciando os maiores valores (15.15 e 14.89, respectivamente).

Tabela 5 - Teste de médias para os parâmetros Número de Espiguetas por Espiga (NEE), Número de grãos por Espiga (NGE), Número de grãos por espiguetas (NGEs) e Estatura de Plantas (EP) de quatro cultivares de trigo. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2012

| Caracteres | Cultivares | | | |
|------------|-------------|-------------|---------|---------|
| | IPR Catuara | BRS Gaivota | Quartzo | CD 120 |
| NEE | 13.84 b | 14.89 a | 15.15 a | 13.50 b |
| NSE | 28.74 b | 36.62 a | 38.08 a | 36.54 a |
| NSEs | 2.07 c | 2.46 b | 2.51 b | 2.70 a |
| EP (cm) | 86.59 b | 91.21 ab | 94.71 a | 86.08 b |

¹Médias seguidas pelas mesmas letras minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Da mesma forma que apresentou baixo valor de NEE, a cultivar IPR Catuara também demonstrou valores inferiores para os caracteres NSE bem como NSEs, fato que justifica, em parte, o baixo rendimento de grãos. Por outro lado, Quartzo e BRS Gaivota evidenciaram valores relativamente altos dos caracteres componentes do rendimento informados na Tabela 5, contribuindo assim na justificativa dos maiores rendimentos apresentados.

Embora tenha sido verificada diferença significativa para estatura de plantas entre as cultivares (Tabela 5), a campo, os valores encontrados para essas diferenças não se mostram relevantes, apresentando pouca influência na susceptibilidade ao acamamento. Todavia, nota-se que Quartzo e BRS Gaivota detêm valores mais elevados do parâmetro.

Além da duração da folha bandeira, outro aspecto importante é o seu tamanho, podendo ofertar mais ou menos fotoassimilados para o desenvolvimento dos grãos. Sendo assim, a Figura 8 ilustra o teste de médias para a interação cultivares x adubação de cobertura para o parâmetro CFB. Percebe-se que, BRS Gaivota, Quartzo e CD 120 não evidenciaram diferenças significativas ($p > 0.05$) para o efeito de adubação de cobertura como também entre as cultivares. A presença de

interação significativa ocorreu devido ao comportamento da cultivar IPR Catuara que, respondeu aos manejos de adubação de cobertura elevando o comprimento de folha bandeira.

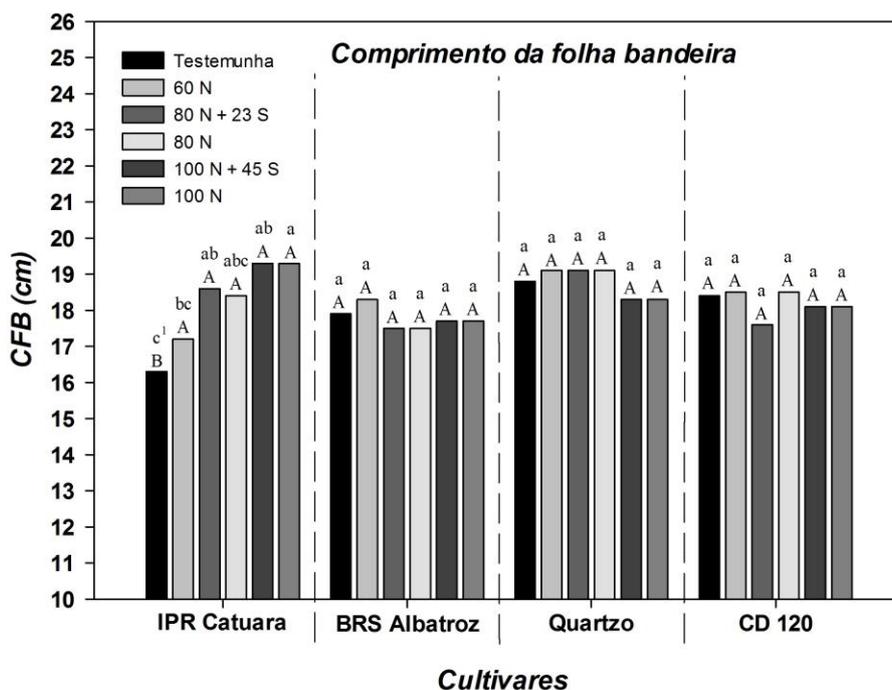


Figura 8 - Teste de médias para o comprimento da folha bandeira de quatro cultivares de trigo submetidas a seis manejos de adubação de cobertura, em experimento conduzido no ano de 2011. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2012.

¹ Médias com mesma letra minúscula na cultivar e maiúscula entre cultivares não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro ($p < 0,05$).

A folha bandeira é responsável por cerca de 30 a 50% dos fotoassimilados destinados ao enchimento dos grãos (DOMICIANO et al., 2010). Apesar de não haver diferenças significativas, percebe-se que a cultivar Quartzo, na média, evidenciou um maior comprimento de folha bandeira e que este fato pode ter contribuído para o seu maior rendimento de grãos.

5.2 ÍNDICE RELATIVO DE CLOROFILA

Não houve interação significativa entre os fatores cultivares e adubação de cobertura, em nenhuma das avaliações realizadas, tanto na terceira folha como na folha bandeira (Tabela 6). Verifica-se que ocorreram alterações no índice relativo de clorofila nos diferentes estádios avaliados, porém, os efeitos de cultivares e adubação de cobertura ocorreram isoladamente. O efeito de cultivares proporcionou diferenças significativas ($p < 0.05$) na maioria das épocas de avaliação.

Tabela 6 - Estimativas dos componentes da variância incluindo Graus de Liberdade (GL); Quadrado Médio (QM) e Coeficiente de Variação (CV %) para avaliações do índice relativo de clorofila feitas em quatro cultivares de Trigo submetidas a seis manejos de adubação de cobertura. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2012

| Fontes de variação | Índice relativo de clorofila (IRC) | | | | |
|--------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| | 3° Folha Expandida 21 dias AE | 3° Folha Expandida 49 dias AE | 3° Folha Expandida 78 dias AE | Folha Bandeira 65 dias AE | Folha Bandeira 94 dias AE |
| <i>Cultivares</i> (GL3) | | | | | |
| QM | 60.887 ^{ns} | 50.315** | 76.5033** | 68.216** | 122.991* |
| CV (%) | 17.0 | 4.4 | 8.13 | 6.3 | 11.9 |
| <i>Adubação de Cobertura</i> (GL5) | | | | | |
| QM | 76.777** | 2.711 ^{ns} | 9.584 ^{ns} | 6.590 ^{ns} | 7.323 ^{ns} |
| CV (%) | 16.5 | 4.4 | 8.01 | 6.2 | 7.8 |
| <i>Cultivares x Adubação de cobertura</i> (GL15) | | | | | |
| QM | 34.072 ^{ns} | 3.431 ^{ns} | 15.573 ^{ns} | 11.041 ^{ns} | 7.790 ^{ns} |
| <i>Média</i> | 29.09 | 39.69 | 32.24 | 39.55 | 38.94 |

* e ** - Significativo a 1% ($p < 0.01$) e 5% ($p < 0.05$) de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente. ^{ns} – não significativo.

AE – Após a emergência.

O efeito da adubação de cobertura promoveu diferença significativa ($p < 0.05$) apenas na primeira avaliação realizada na terceira folha, sendo que para as avaliações realizadas na folha bandeira não houve diferenças significativas. A ausência de efeito nas avaliações de folha bandeira se contrapõe aos resultados relatados por Teixeira Filho et al. (2010), Lopez-Bellido et al. (2004) e Bennett et al. (2011), os quais verificaram influência significativa do manejo do N no teor de clorofila.

A concentração de clorofila está diretamente correlacionada com a concentração de nitrogênio, sendo, portanto, indicador de nutrição e produção vegetal (ABREU e MONTEIRO 1999). A Figura 9 ilustra o efeito das adubações de

cobertura sobre o IRC em avaliação realizada na terceira folha na fase de perfilhamento. Nota-se a ocorrência de valores mais baixos de clorofila para os tratamentos com maior concentração de fertilizantes aplicados. Todavia, avaliações neste estágio de desenvolvimento são dificultadas pelo fato das folhas serem pequenas aliadas às características do aparelho resultando em leituras não muito precisas. Esta informação é facilmente verificada observando os coeficientes de variação constantes na Tabela 6 para a primeira avaliação, os quais se encontram acima de 16 % para os efeitos de cultivares e adubação de cobertura.

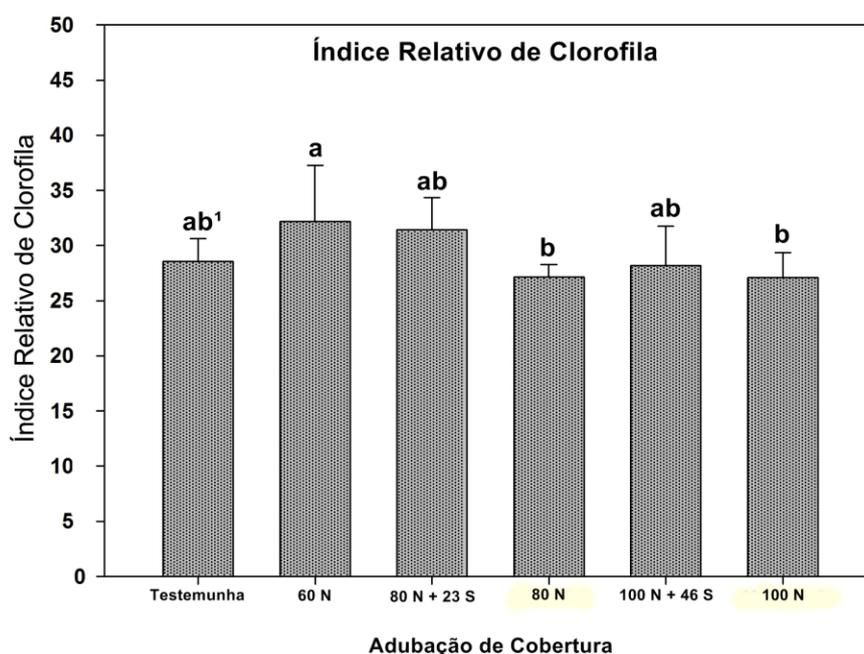


Figura 9 - Teste de médias para o índice relativo de clorofila (total) na média das cultivares para os manejos de adubação de cobertura avaliado na terceira folha no estágio 4 (Feekes-Large), em experimento conduzido no ano de 2011. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2012.

¹ Médias com mesma letra minúscula não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro ($p < 0,05$).

O nitrogênio aplicado e absorvido pelas plantas em excesso fica armazenado em formas não proteicas, como o nitrato. Nesta forma, o N não se associa à molécula de clorofila e, sendo assim, não pode ser quantificado pelo medidor de clorofila (DWYER et al., 1995). Portanto, os manejos de adubação de cobertura com excesso de N não necessariamente promoveram maior resposta em

IRC. Através da Figura 9, verifica-se que a testemunha apresentou valores elevados de IRC, não diferindo dos demais manejos. Esta informação remete a hipótese de que a matéria orgânica presente no solo (Tabela 1) contribuiu com o nitrogênio requerido pela cultura.

Verifica-se com a Figura 10 o comportamento do IRC das cultivares estudadas em quatro estádios fenológicos, sendo duas avaliações na terceira folha e duas na folha bandeira. É possível identificar duas cultivares que apresentam os maiores valores de IRC em todos os estádios de avaliação, sendo elas Quartzo e IPR Catuara. Destas, Quartzo apresentou o maior rendimento de grãos e IPR Catuara as melhores características de grãos, embora seu rendimento final tenha sido comprometido pelo baixo número de espigas por m² (Figura 7).

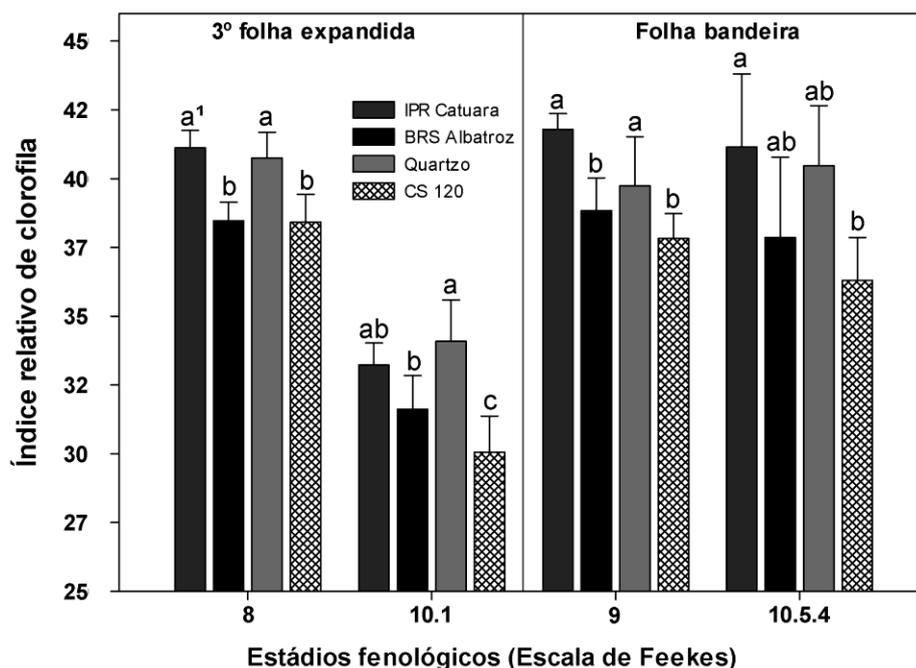


Figura 10 - Teste de médias para o índice relativo de clorofila na média das cultivares para os manejos de adubação de cobertura avaliado na terceira folha no estágio 4 (Feekes-Large), em experimento conduzido no ano de 2011. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2012.

¹ Médias com mesma letra minúscula não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro ($p < 0,05$).

Com relação às avaliações realizadas na terceira folha, percebe-se uma expressiva redução do teor relativo de clorofila da avaliação realizada no estágio 8 (Feekes-Large) para a avaliação realizada no estágio 10.1. Esta redução é explicada pela translocação do nitrogênio presente nas folhas mais baixas com o avanço do ciclo da cultura.

Embora não seja capaz de prever quanto de adubação nitrogenada deverá ser aplicada (SUNDERMAN et al., 1997) a avaliação com o clorofilometro mostra-se como sendo um bom parâmetro indicador do nível de nitrogênio em cereais (ARGENTA et al., 2001).

Na análise de correlação entre dois parâmetros as modificações em uma são acompanhadas por alterações na outra. Na Figura 11 é possível verificar a relação entre o rendimento de grãos com os teores relativos de clorofila “a” e “b”, onde é possível verificar a correlação positiva e significativa existente sendo de maior magnitude para a clorofila “a” ($r^2 = 0.51$) e menor para a “b” ($r^2 = 0.45$).

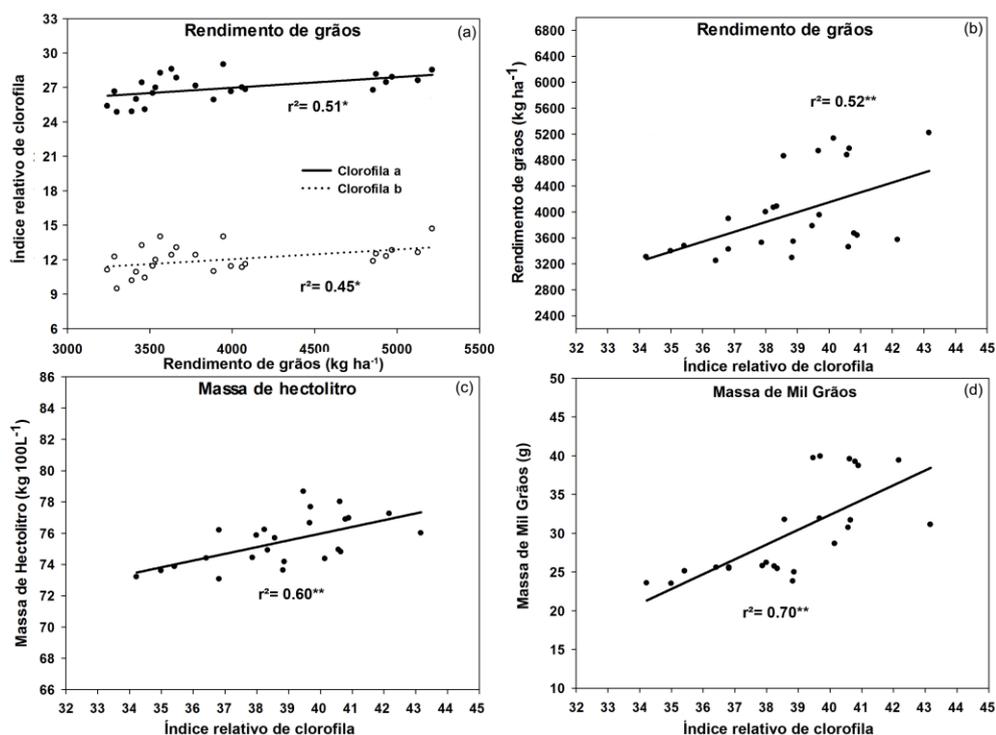


Figura 11 - Características gráficas da análise de correlação de Pearson para o rendimento de grãos com o índice relativo de clorofila “a” e “b” (a), rendimento de grãos, massa do hectolitro e massa de mil grãos com o índice de clorofila total (b, c e d, respectivamente) de acordo com avaliação realizada na folha bandeira na floração (10.5.4 de Feekes-Large). UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2012.

* e ** - Significativo a 1% ($p < 0.01$) e 5% ($p < 0.05$) de probabilidade de erro.

Verificando a Figura 11 (b) juntamente com a Figura 10 é possível inferir da veracidade da informação gerada pela análise de correlação, uma vez que, cultivares que evidenciaram maior teor de clorofila foram também os que apresentaram maiores valores de rendimento de grãos, como no caso da cultivar Quartzo.

Ocorreu correlação positiva significativa ($p < 0.01$) para o rendimento de grãos em relação ao IRC, com escore de 0.52 (Figura 11 - b). Contrariamente, Bredemeier (1999) não verificou correlação entre leitura do clorofilômetro e resposta em rendimento de grãos de trigo, sendo este fato atribuído à baixa amplitude das leituras máximas e mínimas verificadas a campo.

De modo geral, os coeficientes de correlação verificados estão dentro de intervalos que caracterizam como sendo de correlação positiva substancial (0.50 a 0.69) (STEEL e TORRIE, 1960). Portanto, é indicado a aplicação do método de medição de clorofila visando previsibilidade de componentes e do rendimento em si.

5.3 TEORES FOLIARES DE NITROGÊNIO

Não houve interação significativa entre os fatores adubação de cobertura e cultivares para o teor foliar de nitrogênio, avaliado na folha bandeira Tabela 7. Quanto aos fatores isolados, houve diferenças significativas apenas para o efeito de cultivares.

Tabela 7 - Estimativas dos componentes da variância incluindo Graus de Liberdade (GL); Quadrado Médio (QM) e Coeficiente de Variação (CV %) para o teor de nitrogênio foliar em quatro cultivares de Trigo submetidas a seis manejos de adubação de cobertura em dois estádios de desenvolvimento. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2012

| Fontes de variação | Teor foliar de N (g kg^{-1}) | |
|-------------------------------------------|-----------------------------------------|-------|
| | QM | CV(%) |
| Cultivares (GL3) | 101.87* | 10.97 |
| Adubação de cobertura (GL5) | 32.32 ^{ns} | 10.94 |
| Cultivares x Adubação de cobertura (GL15) | 16.07 ^{ns} | ----- |
| Média | 39.36 | |

* e ** - Significativo a 1% ($p < 0.01$) e 5% ($p < 0.05$) de probabilidade de erro pelo teste F. ^{ns} – não significativo.

O teor foliar de nitrogênio adequado preconizado em Raij et al. (1997) está entre 20 a 34 g kg⁻¹. No presente trabalho, verificou-se que a média geral do experimento foi superior a 39 g kg⁻¹, ou seja, as plantas mostraram-se bem supridas do nutriente contribuindo para a ausência de resposta significativa aos manejos de adubação de cobertura. Também Pettinelli Neto et al. (2002) não verificaram efeito da aplicação de N no teor foliar citando como causa o nitrogênio fornecido pelos restos culturais da soja cultivada há vários anos na área.

A partir da ocorrência de diferença significativa entre as cultivares é possível verificar através da Figura 12 que IPR Catuara se destacou quanto ao teor de nitrogênio foliar, enquanto as demais cultivares não diferiram estatisticamente entre si. Em trabalho envolvendo nitrogênio e cultivares de trigo, outros autores também relatam a ocorrência de diferenças entre as cultivares para esse parâmetro (MEGDA et al., 2009; SANTOS, 2005). Este fato é explicado por Silva e Gomes (1990) relataram diferenças entre genótipos, entre outros fatores.

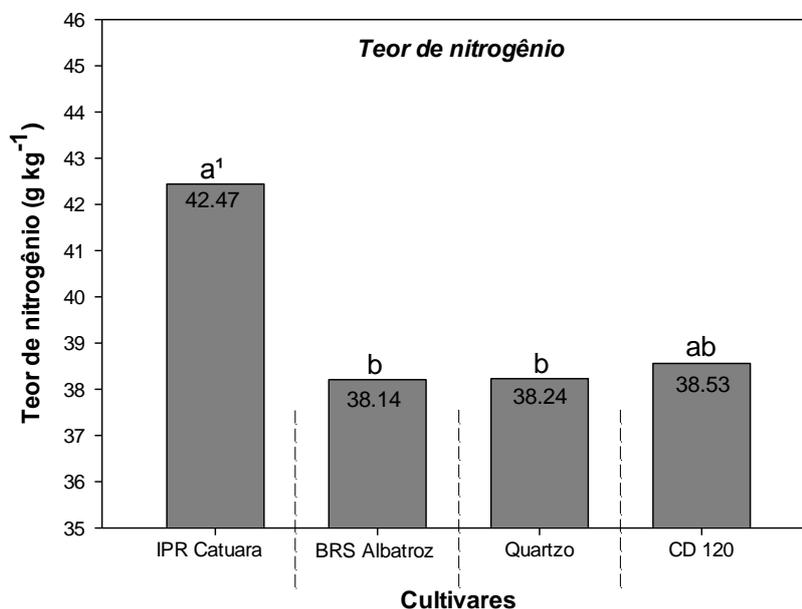


Figura 12 - Teste de médias para o teor de nitrogênio da folha bandeira na média dos manejos de adubação de cobertura para as cultivares, em experimento conduzido no ano de 2011. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2012.

¹ Médias com mesma letra minúscula não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro ($p < 0,05$).

A Figura 13 ilustra as estimativas de correlação de Pearson para alguns caracteres avaliados em função do teor de nitrogênio foliar. Sendo assim, percebe-se que apenas a massa de mil grãos evidenciou correlação significativa ($p < 0,01$) para com o teor de nitrogênio foliar. Desta forma explica-se a elevada MMG observada na cultivar IPR Catuara (Figura 6 - A) uma vez que esta deteve o maior teor de nitrogênio foliar (Figura 12).

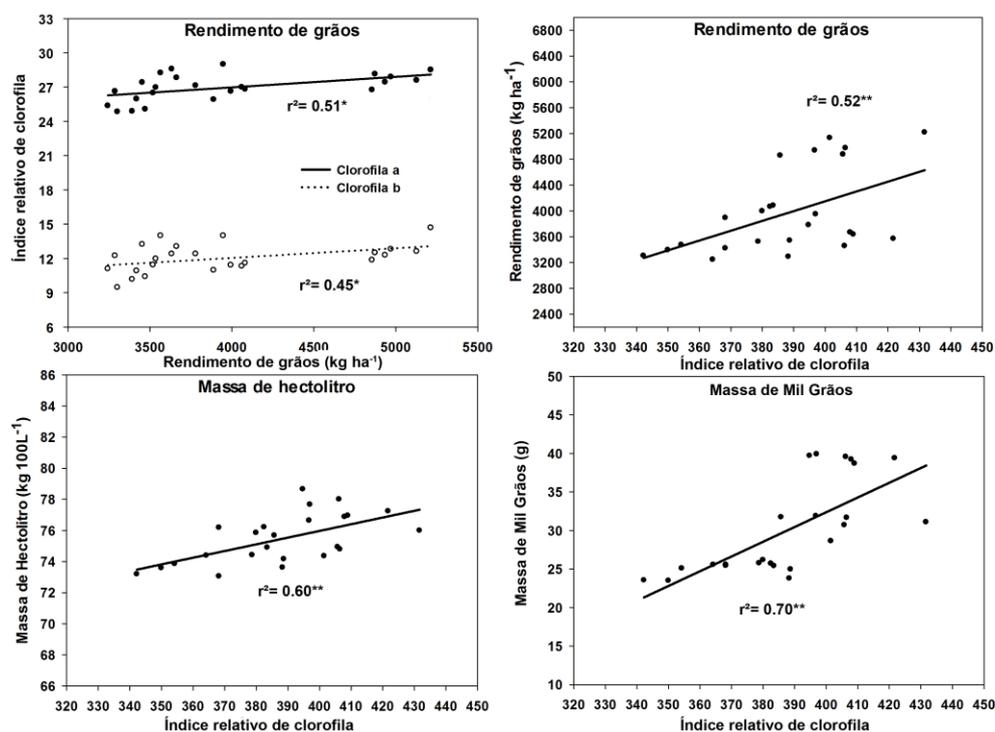


Figura 13 - Características gráficas da análise de correlação de Pearson para a massa de hectolitro, rendimento de grãos, índice relativo de clorofila e massa de mil grãos com o teor de nitrogênio da folha bandeira. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2012.

Em estudo envolvendo o comportamento do NDVI obtido por sensor ótico ativo em cereais (trigo, tritcale, cevada e milho), Povh et al. (2008) relatam a ocorrência de correlação significativa entre o teor de nitrogênio foliar e o rendimento de grãos. Em contrapartida, no presente trabalho essa correlação não foi significativa, possivelmente pelo fato de todas as unidades experimentais estarem supridas pelo nitrogênio proveniente do solo (matéria orgânica).

Abreu e Monteiro (1999) salientam que concentração de clorofila está diretamente correlacionada com a concentração de nitrogênio nas folhas, sendo esta

relação linear até que o nitrogênio não seja mais assimilado e acumulado na forma de nitrato. Todavia, pela Figura 12 percebe-se que não foi significativa a correlação entre o teor de nitrogênio e o IRC, possivelmente pelo fato de que a matéria orgânica presente no solo contribuiu com grande parte do requerimento da cultura e sendo assim mesmo a dose mais baixa empregada no estudo proporcionou consumo de luxo de N.

Portanto, é de fundamental importância o estudo do comportamento de cultivares de trigo nos diferentes ambientes de cultivo, visto que, se trata de uma cultura com desempenho fortemente influenciada pelo ambiente, necessitando a adoção de práticas específicas para cada situação.

6 CONCLUSÕES

Os manejos de adubação de cobertura que compreenderam as maiores doses não foram efetivos em promover maior rendimento de grãos, sendo a aplicação de 60 kg ha^{-1} de N no perfilhamento suficiente para atingir produtividades satisfatórias.

A aplicação de enxofre e nitrogênio em cobertura no estágio de alongamento do trigo não proporcionaram acréscimos significativos em rendimento bem como não promoveu maior expressão dos componentes de rendimento.

Os cultivares de trigo que expressaram maior potencial produtivo, em ordem, foram o Quartzo, BRS Gaivota, IPR Catuara e CD 120 com produtividades de 5.000, 3.830, 3.670 e 3.370 Kg ha^{-1} , respectivamente.

O uso da fonte ureia proporcionou rendimento de grãos semelhantes aos verificados com a aplicação de sulfato de amônio, assim como não houve diferenças entre as fontes na expressão dos demais caracteres avaliados.

De modo geral, os manejos de adubação de cobertura não afetaram significativamente o índice relativo de clorofila, assim como o teor de nitrogênio foliar.

O índice relativo de clorofila se correlacionou positivamente com o rendimento de grãos, massa de hectolitro e massa de mil grãos. No caso do rendimento de grãos, a clorofila "a" mostrou-se ser mais correlacionada que a clorofila "b", indicando que o IRC pode ser uma ferramenta útil para a predição do potencial produtivo em condições de campo.

O alto teor de matéria orgânica do solo aliado às condições climáticas favoráveis foi determinante nos resultados encontrados, reduzindo os efeitos do nitrogênio aplicado em cobertura.

REFERÊNCIAS

ABIMA - Associação Brasileira das Indústrias de Massas Alimentícias. **Análise do Mercado – 2010**. Disponível em:<http://www.abima.com.br/est_mtrigo.asp>. Acesso em: 06 nov. 2011.

ABREU, J. B. R.; MONTEIRO, F. A. Produção e nutrição do capim-Marandú em função de adubação nitrogenada e estádios de crescimento. **Boletim Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 56, n. 2, p. 137-146, 1999.

ALVAREZ, Jimmy W. R. **Disponibilidade e resposta de culturas ao enxofre em solos do Rio Grande do Sul**. 2004. 84 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria, 2004.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; 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.

BENETT, Cleiton G. S.; BUZETTI, Salatiér; SILVA, Katiane S.; TEIXEIRA FILHO, Marcelo C. M.; ANDREOTTI, Marcelo; ARF, Orivaldo. Aplicação foliar e em cobertura de nitrogênio na cultura do trigo no cerrado. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 3, p. 829-838, jul/set. 2011.

BENIN, Giovani; BORNHOFEN, Elesandro; BECHE, Eduardo; PAGLIOSA, Eduardo S.; SILVA, Cristiano L. da; PINNOW, Cilas. Agronomic performance of wheat cultivars in response to nitrogen fertilization levels. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 34, n. 3, p. 275-283, Abr.-July-Sept, 2012.

BENIN, Giovani; PINNOW, Cilas; SILVA, Cristiano L. da; PAGLIOSA, Eduardo S.; BECHE, EDUARDO; BORNHOFEN, Elesandro; MUNARO, Lucas B.; SILVA, Raphael R. Análises biplot na avaliação de cultivares de trigo em diferentes níveis de manejo. **Bragantia**, vol.71, n.1, p. 28-36, 2012.

BHERING, Silvio B.; SANTOS, Humberto G. dos; BOGNOLA, Itamar A.; CÚRCIO, Gustavo R.; MANZATTO, Celso V.; CARVALHO JUNIOR, Waldir de; CHAGAS, Cesar da S.; ÁGLIO, Mario L D.; SOUZA, José S. de. **Mapa de solos do Estado do Paraná**: legenda atualizada. Rio de Janeiro: EMBRAPA/IAPAR, p. 74, 2008.

BUZETTI, Salatiér; BAZANINI, Graciela C.; FREITAS, José G. de; ANDREOTTI, Marcelo; ARF, Orivaldo; SÁ, Marco E. de; MEIRA, Flávia de A. Resposta de

cultivares de arroz a doses de nitrogênio e do regulador de crescimento cloreto de cloromequat. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 12, p. 1731-1737, dez. 2006.

CAMARGO, Carlos E. de.; VEIGA, Ary A.; PESSINI, Antonio L.; MONTEIRO, Domingos A. Adubação do trigo. VII – Experiências com N, P, K e S em diferentes tipos de solos do Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v.34, n.18, p.273-286, 1975.

CARNEIRO, Ana. E. S. de V.; TRIVELIN, Paulo C. O.; VICTORIA, Reynaldo L. Utilização da reserva orgânica e do nitrogênio do tolete de plantio (colmo-semente) no desenvolvimento da cana-planta. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 53, n. 2, p. 199-209, 1995.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Séries históricas de área, produção e produtividade de grãos: safra 2012 de trigo**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 09 Jan. 2012.

Cruz, Cosme D. **Programa Genes: Biometria**. Editora UFV. Viçosa (MG). 382p. 2006.

DE BONA, Fabiano D. **Nitrogênio e enxofre para gramínea forrageira: atributos do solo e aspectos metabólicos, nutricionais e produtivos da planta**. 2008. 124f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

DOMICIANO, Gisele P.; RODRIGUES, Fabrício Á.; MOREIRA, Wiler R.; OLIVEIRA, Henrique V. de, VALE, Francisco X. R. do; XAVIER FILHA, Maria S. **Silício no progresso da mancha marrom na folha bandeira do trigo**. *Trop. plant pathol.* [online]. 2010, vol.35, n.3, pp. 186-189.

DWYER, L. M., ANDERSON, A. M., M. A., B. L. Quantifying the nonlinearity in chlorophyll meter response to corn leaf nitrogen concentration. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v.75, n.1, p.179-182, 1995.

EPSTEIN, Emanuel; BLOOM, Arnold J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2. ed. Londrina: Editora Planta, 2006.

ERNANI, P. R. **Disponibilidade de nitrogênio e adubação nitrogenada para macieira**. Lages: Graphel, 76p., 2003.

ESPINDULA Marcelo C.; ROCHA Valterley S.; SOUZA Moacil A. de; GROSSI José A. S.; SOUZA Leandro T. de. Doses e formas de aplicação de nitrogênio no desenvolvimento e produção da cultura do trigo. **Ciência e agrotecnologia**, v.34, n.6, p.1404-1411, nov./dez., 2010.

FERNANDES, Maria I. B. de M. Genética e novas biotecnologias no melhoramento de trigo. **EMBRAPA TRIGO**, Passo Fundo, n. 4, dez. 2000. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_do04_1.htm>. Acesso em: 03 dez. 2011.

FOCHT, D.D ; VERSTRATE, W. Biochemical ecology of nitrification and denitrification. **Advances in Microbial Ecology**, New York, v.1, p.135-214, 1977.

FREITAS, Jose G.; CAMARGO, Carlos E. O.; FERREIRA FILHO, Antonio W. P.; CAMARGO, Carlos E. O.; CASTRO, J. L. Eficiência e Resposta de Genótipos de Trigo ao Nitrogênio. **Revista brasileira de ciência do solo**, Campinas, v. 19, n. 2, p. 229-234, 1995.

FURLANI, A. M. C.; GUERREIRO FILHO, O.; COELHO, R. M.; BETTI, J. A.; FREITAS, S. S. **Recomendações da comissão técnica de trigo para 2002**. Campinas: Instituto Agrônomo, 3.ed 92p, 2002.

FURTINI NETO, Antonio E.; FERNANDES, Luiz A.; FAQUIN, Valdemar; SILVA, Ivo R. da; ACCIOLY, Adriana M. de A. Resposta de cultivares de feijoeiro ao enxofre. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, vol.35, n.3, p. 567-573, mar. 2000.

GROVE, Harald; HOLLUNG, Kristin; MOLDESTAD, ANETTE; FÆRGESTAD, Ellen M.; UHLEN, Anne K. Proteome changes in wheat subjected to different nitrogen and sulfur fertilizations. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, v. 57, p. 4250–4258, Set. 2009.

GUARIENTI, Eliana M.; CIACCO, César F.; CUNHA, Gilberto R. da; DEL DUCA, Leo de J. A.; CAMARGO, Celina M. de O. Influência das temperaturas mínima e máxima em características de qualidade industrial e em rendimento de grãos de trigo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.24, n.4, p.505-515, 2004.

HICORE, R.; GALLO, J.R. Efeito do S na produção da soja. **Bragantia**, Campinas, v.31, p.11-12, 1972.

IAPAR - INSTITUTO AGRONÔMICO DO PANANÁ. **Zoneamento da cultura do trigo**. Disponível em:

<<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1044>>, acesso em: 16 out. 2011.

JÄRVAN, Malle; EDESI, Liina; ADAMSON, Ando; LUKME, Lea; AKK, Ann. The effect of sulphur fertilization on yield, quality of protein and baking properties of winter wheat. **Agronomy Research**, Tartu, Estonie, n.2, v.6, p.459–469, 2008.

JORDAN, H.V.; ENSMINGER, L.E. The role of sulphur in soil fertility. *Advance in Agronomy*, Madison, v. 10, p. 407-434, 1958.

KOENIG, R.T.; COCHRAN, V.L. Decomposition and nitrogen mineralization from legume and non-legume crop residues in a subarctic agricultural soil. *Biol. Fertil. Soils*, Berlin, v. 17, p. 269-275, 1994.

LOPEZ-BELLIDO, R.J.; SHEPHERD, C.E.; BARRACLOUGH, P.B. Predicting post-anthesis N requirements of bread wheat with a Minolta SPAD meter. **European Journal of Agronomy**, v.20, p.313-320, 2004.

MA, Bao-Luo; WU, Tian-Yun; TREMBLAY, Nicolas; DEEN, William; MCLAUGHLIN, Neil B.; MORRISON Malcolm J.; STEWART, Greg. On-farm assessment of the amount and timing of nitrogen fertilizer on ammonia volatilization. **Agronomy Journal**, v. 102, n. 1, p. 134-144, 2010.

MAACK, Reinhard. **Geografia física do estado do Paraná**. Banco de desenvolvimento do Paraná, Universidade Federal do Paraná e Instituto de Biologia e Pesquisas tecnológicas. 1. ed. Curitiba,1968.

MALAVOLTA, Euripedes. Efeitos de doses e fontes de enxofre em culturas de interesse econômico. I- Capim colonião. II- Colza. III- Sorgo Sacarino. **Centro de Pesquisa e promoção de Sulfato de Amônio**. São Paulo, 60 p. 1984.

MALAVOLTA, Euripedes. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: **Agronômica Ceres**, ed. 1, 2006.

MALAVOLTA, Euripedes; HAAG, H.P.; MELLO, F.A.F.; BRASIL SOBRINHO, M.O.C. **Nutrição e adubação de plantas cultivadas**. São Paulo: Pioneira, 1974.

MEGDA, Márcio M.; BUZETTI, Salatiér; ANDREOTTI, Marcelo; TEIXEIRA FILHO, Marcelo M. C.; VIEIRA, Michele X. Resposta de cultivares de trigo ao nitrogênio em

relação às fontes e épocas de aplicação sob plantio direto e irrigação por aspersão. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.33, n.4, p.1055-1060, jul./ago. 2009.

MENGEL, Konrad; KIRKBY, Ernest A. **Principles of plant nutrition**. Bern : International Potash Institute, 1987.

MIYASAKA, Shiro; Freire E. S.; Mascarenhas, Hipólito A. A. Adubação da soja. III-efeito do NPK, do S e dos micronutrientes em solo do arenito Botucatu, com vegetação de cerrado. **Bragantia**, Campinas, v.23, n.7, p.65-71, 1964.

MORAES-FERNANDES, M.I.B. O trigo nosso de cada dia - domesticar o grão. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v.7, n.17, p.36-45, 1985.

NASCIMENTO, J.A.L.; MORELLI, M. Enxofre em solos do Rio Grande do Sul. I. Formas no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.4, p. 131 - 135, 1980.

NGUYEN, M.L.; GOH, K.M. Nutrient cycling and losses based on a mass-balance model in grazed pastures receiving longterm superphosphate applications in New Zealand: 2. Sulphur. **Journal of Agricultural Science**, v.119, n.1, p.107-122, mar. 1992.

OLIVEIRA, Edson L. de. **Sugestão de adubação e calagem para culturas de interesse econômico no Estado do Paraná**. Londrina: IAPAR, 30p. 2003.

OLIVEIRA, Ludmilla de C. **Adubação nitrogenada e sulfurada na qualidade tecnológica do trigo**. 2010. 61f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

ORMOND, J. G. P.; **Glossário de termos usados em atividades agropecuárias, florestais e ciências ambientais**. Banco nacional de desenvolvimento econômico e social (BNDS), 3ª edição, 316 pág., 2006.

OSÓRIO FILHO, Benjamin D. Rheinheimer, Danilo dos S.; Silva, Leandro S. da; Kaminski, João, Dias, Grazielle F. Deposição do enxofre atmosférico no solo pelas precipitações pluviais e respostas de culturas à adubação sulfatada em sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v.37, n.03, p.712-719, 2007.

PETTINELLI NETO, A.; CRUSCIOL, A. C.; BICUDO, S. J.; FREITAS, J. G.; PULZ, A. L. **Eficiência e resposta de genótipos de trigo irrigado ao nitrogênio para o**

Estado de São Paulo. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 14., 2002, Presidente Prudente. Anais.... Presidente Prudente: UNESP- Programa de Iniciação Científica da UNESP, 2002.

Povh, F. P.; Molin, J. P.; Gimenez, L. M.; Pauletti, V.; Molin, R.; Salvi, J. V. Comportamento do NDVI obtido por sensor ótico ativo em cereais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.23, n.8, p.1075-1083, 2008.

RAIJ, B.V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de calagem e adubação para o estado de São Paulo.** Campinas: IAC, 1997. 285p.

REUNIÃO DA COMISSÃO SUL-BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO. **Informações técnicas para a safra 2007: trigo e triticale.** XXI Reunião da Comissão Centro-Sul Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale, Passo Fundo, RS: Embrapa Trigo, 2006.

RHEINHEIMER, Danilo dos S.; ALVAREZ, Jimmy W. R.; OSORIO FILHO, Benjamin D.; SILVA, Leandro S. da; BORTOLUZZI, Edson C. Resposta de culturas à aplicação de enxofre e a teores de sulfato num solo de textura arenosa sob plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.3, p.562-569, mai./jun. 2005.

RILEY, W. J.; ORTIZ-MONASTERIO, I.; MATSON, P. A. Nitrogen leaching and soil nitrate, nitrite, and ammonium levels under irrigated wheat in Northern Mexico. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 61, n. 3, p. 223-236, 2001.

RODRIGUES, O.; LHAMBY, J. C. B.; DIDONET, A. D. and MARCHESI, J. A. Fifty years of wheat breeding in Southern Brazil: yield improvement and associated changes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.42, n.6, p.817-825, jun. 2007.

RYANT, Pavel; HRIVNA, Luděk. The effect of sulphur fertilisation on yield and technological parameters of wheat grain. **Annales Universitatis Mariae Curie Skłodowska, Sec. E**, v.59, n.4, p.1669–1678. 2004.

SANGOI, Luís; BERNIS, Adelina C.; ALMEIDA, Milton L. de; ZANIN, Claitson G.; SCHWEITZER, Cleber. Características agronômicas de cultivares de trigo em resposta à época da adubação nitrogenada de cobertura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.6, nov-dez, 2007.

SANTOS, M.R.T. **Resposta de cultivares de trigo à doses de nitrogênio e população de plantas.** 2005. 63f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Sistemas

de Produção)-Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado de São Paulo, Ilha Solteira, 2005.

SCALCO, Myriane S.; FARIA, Manoel A. de; GERMANI, Rogério; MORAIS, Augusto R. de. Produtividade e qualidade industrial do trigo sob diferentes níveis de irrigação e adubação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.26, n.2, p.400-410, abr. 2002.

SCHOMBERG, H.H.; STEINER, J.L. Nutrient dynamics of crop residues decomposing on fallow no-till surface. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, Madison, v. 63, p. 607-613, 1999.

SCHOMBERG, H.H.; STEINER, J.L.; UNGER, P.W. Decomposition and nitrogen dynamics of crop residues: residues quality and water effects. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, Madison, v. 58, p. 372-381, 1994.

SCHRÖDER, J.J.; NEETESON, J.J.; OENEMA, O.; STRUIK, P.C. Does the crop or the soil indicate how to save nitrogen in maize production?: Reviewing the state of the art. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.66, p.151-164, 2000.

SILVA, D.B.; GOMES, A.C. Espaçamento e densidade de semeadura em trigo irrigado na região dos cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.25, n.3, p.305-315, 1990.

SILVA, Paulo R. F.; STRIEDER, Mércio L.; COSER, Rúbia P. S.; RAMBO, Lisandro; SANGOI, ; Luíz; ARGENTA, Gilber; FORSTHOFER, Everton L.; SILVA, Adriano A. Grain yield and kernel protein content increases of maize hybrids with late nitrogen side-dressing. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 62, n. 5, p. 487-492, set./out. 2005.

SILVA, Simone A. da; ARF, Orivaldo; BUZETTI, Salatiér; SILVA, Matheus G. da. Fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em trigo em sistema plantio direto no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 2717-2722, dez. 2008.

SMANHOTTO, Adriana; NÓBREGA, Lúcia H. P.; OPAZO, Miguel A. U.; PRIOR, Maritane. Características físicas e fisiológicas na qualidade industrial de cultivares e linhagens de trigo e triticale. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.4, p.867-872. 2006.

STEEL, ROBERT G. D.; TORRIE, JAMES H. **Principles and procedures of statistics with special reference to the biological sciences**. New York, McGraw-Hill Book Company Inc, 1960.

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.

SYLVESTER-BRADLEY, R.; STOKES, D.T.; SCOTT, R.K. Dynamics of nitrogen capture without fertilizer: the baseline for fertilizing winter wheat in the UK. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.136, p.15-33, 2001.

TAVARES JÚNIOR, Júlio E.; DALTO, Gustavo. Manejo eficiente da adubação nitrogenada. **Divulgação técnica**, 22, n.165, jan/fev/mar. 2004. Disponível em: <<http://www.manah.com.br/publicacoes-tecnicas/divulgacoes-tecnicas/janfevmar2004--perdas-de-fosforocomo-minimizar---no165.aspx>>. Acesso em: 17 fev. 2012.

TEA, Illa; GENTER, Thierry; NAULET, Norbert; LUMMERZHEIM, Marie; KLEIBER, Disier. Interaction between nitrogen and sulfur by foliar application and its effects on flour bread-making quality. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 87, p. 2853–2859, 2007.

TEDESCO, Marino J.; GIANELLO, Clesio; BISSANI, Carlos A.; BOHNEN, Humberto; VOLKWEISS, Sérgio J. **Análises de solo, planta e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 1995.

TEIXEIRA FILHO, Marcelo C. M. **Doses, fontes e épocas de aplicação do nitrogênio em cultivares de trigo sob plantio direto no cerrado**. 2008. 80p. Dissertação (Mestrado) – da Faculdade de Engenharia, Unesp – Campus de Ilha Solteira, Ilha Solteira, 2008.

TEIXEIRA FILHO, Marcelo C. M.; BUZETTI, Salatiér; ALVAREZ, Rita C. F.; FREITAS, José G.; ARF, Orivaldo; SÁ, Marco E. Resposta de cultivares de trigo irrigado por aspersão ao nitrogênio em cobertura na região do Cerrado. **Acta Scientiarum-Agronomy**, v.29, n.3, p.421-425, 2007.

TEIXEIRA FILHO, Marcelo C. M.; BUZETTI, Salatiér; ALVAREZ, Rita de C. F.; FREITAS, José G. de; ARF, Orivaldo; SÁ, Marco E. de. Desempenho agrônômico de cultivares de trigo em resposta a população de plantas e a adubação nitrogenada. **Científica**, Jaboticabal, v.36, n.2, p.97 - 106, 2008.

TEIXEIRA FILHO, Marcelo C. M.; BUZETTI, Salatiér; ANDREOTTI, Marcelo; ARF, Orivaldo; BENETT, Cleiton G. S. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio

em trigo irrigado em plantio direto. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 45, n. 8, p. 797-804, ago. 2010.

THOMAS, M.D; HENDRICKS, R.H; HILL, G.R. Sulfur metabolism in alfafa. **Soil Science**, Baltimore, v. 70, p. 19-26, 1950.

USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Oferta e demanda mundial de trigo**. Disponível em: <<http://www.fas.usda.gov/psdonline/psdQuery.aspx>>. Acesso em: 10 nov 2011.

VIEIRA, Roberval D.; FORNASIERI FILHO, Domingos; MINOHARA, Luciane; BERGAMASCHI, Mônica C. M. Efeito de doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na produção e na qualidade fisiológica de sementes de trigo. **Científica**, v.23, n.2, p.257-264, 1995.

YAN, Weikai. GGEbiplot- A Windows application for graphical analysis of multi-environment trial data and other types of two-way data. **Agronomy Journal**, v.93, n.5, p.1111-1118, 2001.

YAN, Weikai; HUNT, L. A.; SHENG, Qinglai; SZLAVNICS, Zorka. Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on GGE biplot. **Crop Science**, v.40, n.3, p.597-605, 2000.

ZAGONEL, Jeferson; FERNANDES, Eliana C. Doses e épocas de aplicação de redutor de crescimento afetando cultivares de trigo em duas doses de nitrogênio. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 331-339, 2007.

ZAGONEL, Jeferson; VENÂNCIO, Wilson S.; KUNZ, Reni P.; TANAMATI, Humberto. Doses de nitrogênio e densidades de plantas com e sem regulador de crescimento afetando o trigo, Cultivar OR-1. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.1, p.25-29, abr. 2002.