

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
ÁREA DE AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA

MATHEUS HENRIQUE TODESCHINI

**AVALIAÇÃO DE CULTIVARES DE TRIGO PARA EFICIÊNCIA DE
USO DO NITROGÊNIO E SEUS COMPONENTES**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2014

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
AREA DE AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA

MATHEUS HENRIQUE TODESCHINI

AVALIAÇÃO DE CULTIVARES DE TRIGO PARA EFICIENCIA DE
USO DO NITROGÊNIO E SEUS COMPONENTES

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2014

MATHEUS HENRIQUE TODESCHINI

**AVALIAÇÃO DE CULTIVARES DE TRIGO PARA EFICIENCIA DE
USO DO NITROGÊNIO E SEUS COMPONENTES**

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

Orientador: Prof. Dr. Giovani Benin

PATO BRANCO

2014

Todeschini, Matheus Henrique
Avaliação de Cultivares de Trigo para a Eficiência de Uso do Nitrogênio e seus Componentes / Matheus Henrique Todeschini
Pato Branco. UTFPR, 2014
35 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, 2014.

Bibliografia: f. 32 – 35

1. Genótipos Modernos. 2. Eficiência de Utilização do Nitrogênio. 3. Eficiência de Absorção do Nitrogênio. 4. Eficiência Agronomica do Nitrogênio Aplicado I. Benin, Giovani, orient. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Agronomia. IV. Título.

CDD: 630



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Pato Branco
Departamento Acadêmico de Ciências Agrárias
Curso de Agronomia



TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso – TCC

AVALIAÇÃO DE CULTIVARES DE TRIGO PARA EFICIENCIA DE USO DO NITROGÊNIO E SEUS COMPONENTES

por

MATHEUS HENRIQUE TODESCHINI

Monografia apresentada às 10 horas 00 min do dia 10 de junho de 2014 como requisito parcial para obtenção do título de ENGENHEIRO AGRÔNOMO, Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos membros abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Banca examinadora:

Eng. Agr. Elesandro Bornhofen
UTFPR

Eng. Agr. MSc. Leomar Guilherme Woyann
UTFPR

Prof. Dr. Giovani Benin
UTFPR
Orientador

A “Ata de Defesa” e o decorrente “Termo de Aprovação” encontram-se assinados e devidamente depositados na Coordenação do Curso de Agronomia da UTFPR Câmpus Pato Branco-PR, conforme Norma aprovada pelo Colegiado de Curso.

À memória de meu avô Arcizo Vendruscolo que incentivou toda
minha trajetória, dedico.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela vida e oportunidades encontradas.

Ao apoio de meus pais Miraldo Todeschini e Roseli T. Vendruscolo Todeschini e da minha irmã Isabella Todeschini.

Ao incentivo que sempre recebi de meus avós Arcizo Vendruscolo e Inês Dalagnol Vendruscolo, pois se não fosse por eles não estaria onde estou hoje.

À minha namorada Kelly Pazolini pelo carinho, amor, apoio e aconselhamentos nas horas mais difíceis e felizes de todo esse caminho.

Ao meu orientador Prof. Dr. Giovani Benin, por sua valiosa orientação, dedicação e todos os conhecimentos transmitidos durante toda minha graduação.

Aos colegas e amigos do Fitomelhoramento da UTFPR, Elesandro Bornhofen, Lucas B. Munaro, Cristiano Lemes, Eduardo Beche, Samuel C. Dalló, Luiz H. Sassi, Ronaldo de Oliveira, Diego M. Trevizan, Anderson S. Milioli, Leomar G. Woyann e Tiago Duarte, pela amizade e companheirismo, o auxílio em inúmeros trabalhos e os ensinamentos no decorrer da graduação.

Aos colegas de graduação Rafael L. Munaretto, Táimon D. Semler, Alexandre B. de Oliveira e Taciano C. Bortolotto pela ajuda e auxílio durante todo o decorrer desses 5 anos.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campus Pato Branco e a todos os professores do Curso de Agronomia pela oportunidade de aprendizado e crescimento pessoal e profissional durante toda minha graduação.

RESUMO

TODESCHINI, Matheus H. Avaliação de cultivares de trigo para a eficiência de uso do nitrogênio e seus componentes. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Pato Branco, 2014.

A acumulação e redistribuição de N na planta representa um fator relevante para o rendimento e qualidade dos grãos. A identificação de genótipos com elevada eficiência de uso do nitrogênio (EUN) é de extrema importância em programas de melhoramento genético. O objetivo do presente estudo foi caracterizar doze genótipos brasileiros de trigo, recentemente disponibilizados para o cultivo, quanto à EUN. As cultivares de trigo foram submetidas a quatro doses de adubação nitrogenada (0, 80, 160 e 240 Kg N ha⁻¹), em ambiente controlado, utilizando delineamento em blocos ao acaso, com três repetições. A quantidade de nitrogênio (N) na antese (NTA) foi positivamente correlacionada com a eficiência de absorção do N (EAN) e o rendimento de grãos. A EAN apresentou baixa associação com a EUN comparada à eficiência de utilização do N (EUtN). As cultivares Mirante, Tbio Itaipu e BRS Parrudo foram as que apresentaram maior EUN na média das quatro doses testadas. A eficiência agrônômica do N aplicado foi maior para as cultivares Fcep Cristalino e Tbio Itaipu.

Palavras-Chave: Genótipos modernos; Eficiência de utilização do nitrogênio; Eficiência de absorção do nitrogênio; Eficiência agrônômica do nitrogênio aplicado.

ABSTRACT

TODESCHINI, Matheus H. Evaluation of wheat cultivars for nitrogen use efficiency and its components. Completion of course work – Course of Agronomy, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Pato Branco, 2014.

Accumulation and redistribution of N in the plant is an important factor for yield and grain quality. The identification of genotypes with high potential for nitrogen use efficiency (NUE) is of extreme importance in breeding programs. The aim of this study was to characterize Brazilian Twelve genotypes of wheat, recently made available for cultivation as the NUE. The wheat cultivars were submitted to four doses of nitrogen (0, 80, 160 and 240 kg N ha⁻¹) in a controlled environment using randomized complete block design with three replications. The amount of nitrogen (N) at anthesis (TNA) was positively correlated with the efficiency of absorption of N (NUpE) and grain yield. The NUpE showed low association with NUE compared to the efficiency of N utilization (NUtE). The cultivars Mirante, Tbio Itaipu and BRS Parrudo showed the greater NUE on the average of four doses tested. The agronomic efficiency of applied N was higher for cultivars Fcep Cristalino and Tbio Itaipu.

Key-Words: Modern genotypes; Nitrogen use efficiency; Uptake efficiency of nitrogen; Agronomic efficiency of applied nitrogen.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	13
2.1 Geral.....	13
2.2 Específico.....	13
3 REFERENCIAL TEÓRICO	14
3.1 Aspectos mercadológicos da cultura do Trigo	14
3.2 Nitrogênio na Planta.....	14
3.3 Importância da Adubação Nitrogenada	15
3.4 Eficiência de Uso do Nitrogênio	16
4 MATERIAL E MÉTODOS	18
4.1 Descrição do Local e Genótipos Utilizados	18
4.2 Rendimento de Grãos	19
4.3 Teor de Nitrogênio	19
4.4 Componentes da Eficiência de uso do nitrogênio	19
4.5 Análises Estatísticas.....	20
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	21
6 CONCLUSÕES	31
REFERÊNCIAS	32

1. Introdução

O trigo (*Triticum aestivum*) é um cereal de grande importância nacional. A cultura também é utilizada como matéria prima para a fabricação de muitos alimentos como pães, massas, biscoitos e bolos, sendo que grãos com menor qualidade são também destinados a alimentação animal. Além disso, esse cereal apresenta-se como uma alternativa de grande importância econômica, pois é uma das únicas culturas que apresenta satisfatório retorno financeiro no cultivo de inverno, sendo também importante na rotação de culturas e manutenção da palhada no solo.

A área plantada de trigo no Brasil teve um aumento de 16,6% na última safra (CONAB, 2014), fato ocorrido devido a maior valorização do grão no mercado nacional e internacional, devido a frustrações de safra e redução da área plantada em algumas regiões produtoras. A produção nacional oscila entre 5 e 6 milhões de toneladas, sendo que o consumo interno está em torno de 10 milhões de toneladas, fazendo com que o país seja um grande importador do cereal. A produtividade nacional de trigo é considerada baixa quando comparada aos principais países produtores. Neste âmbito, técnicas de manejo e de utilização de cultivares devem ser melhoradas. A escolha da cultivar e o nível tecnológico empregado se tornam de fundamental importância para se alcançar maiores rendimentos.

De modo geral, o nitrogênio (N) é o nutriente mais demandado pelas gramíneas, proporcionando melhor desenvolvimento da planta e conseqüentemente elevado rendimento de grãos (FU et al., 2014). Além disso, pode fornecer um maior aporte de proteínas no grão, elevando a sua qualidade (BARRACLOUGH et al., 2014). Tendo em vista os benefícios que esse nutriente pode trazer a cultura e aos grãos, as cultivares modernas vem sendo lançadas com maior capacidade de responder a elevadas doses de N e apresentar rendimento de grãos superior (GAJU et al., 2014). Entretanto, torna-se de elevada importância à caracterização dessas cultivares com relação às técnicas de manejo, principalmente com relação à adubação nitrogenada e a eficiência das cultivares no uso do N.

O N é considerado essencial para as plantas por fazer parte de inúmeros compostos orgânicos, como aminoácidos, proteínas e ácidos nucléicos

(CAZETTA, 2007). Pietro-Souza et al. (2013) apontam que a deficiência desse elemento pode comprometer o desenvolvimento e reprodução da planta e enfatizam que a aplicação de N deve ser realizada no período de maior demanda. Enquanto pequenas doses de N podem limitar a produtividade, doses mais altas podem ocasionar acamamento, dificuldades na colheita, queda da produtividade e também perda da qualidade dos grãos (TEIXEIRA FILHO et al., 2010; FU et al., 2014;). O impacto ambiental também pode ser um fator limitante das doses elevadas de N, como por exemplo, a volatilização de amônia (SCHIRMANN, 2012). Nesse sentido, a utilização de cultivares eficientes no uso do N, pode reduzir impactos ambientais com a redução do volume de fertilizantes aplicados (GAJU et al., 2011).

A eficiência de uso do N pode ser calculada através da razão entre o rendimento de grãos e a quantidade do nutriente fornecida pelo fertilizante e pelo solo. A acumulação e redistribuição de N na planta representa um fator relevante para o rendimento e qualidade dos grãos (GAJU et al., 2014). Com isso, utilizar cultivares que apresentam elevada eficiência no uso do N pode representar aumento na rentabilidade, seja pelo elevado rendimento alcançado ou pela economia em fertilizantes.

A eficiência de uso do N apresenta vários componentes, sendo que os mais importantes são a eficiência de absorção e a de utilização do N, que representam a capacidade das plantas em retirar o N do solo e a de usar o N absorvido na produção de grãos, respectivamente.

A identificação de genótipos que apresentem elevada eficiência de uso do nitrogênio e caracteres agrônômicos de qualidade é de extrema importância em programas de melhoramento genético, uma vez que, isso pode resultar em genótipos de elevado potencial produtivo.

2. Objetivos

2.1 Geral

Caracterizar cultivares de trigo, recentemente disponibilizadas para cultivo, quanto a eficiência de uso do N.

2.2 Específico

- Avaliar o desempenho de cultivares de trigo, recentemente disponibilizado para cultivo, em diferentes doses de N.
- Avaliar o efeito das doses de N sobre o rendimento de grãos.
- Correlacionar a eficiência de uso do N com os caracteres agronômicos avaliados.
- Avaliar os componentes da eficiência de uso do N, que são o índice de colheita do N, eficiência de absorção do N, eficiência de utilização do N, eficiência de remobilização do N e a eficiência agronômica do N.
- Indicar cultivares que apresentem mutuamente elevada eficiência de uso do N e elevado potencial produtivo.

3. Revisão Bibliográfica

3.1 Aspectos mercadológicos da cultura do Trigo

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é considerado um dos mais importantes cereais em nível mundial, sendo a base da alimentação de cerca de um terço da população mundial (HAILE et al., 2012). Segundo Kurtz (2013), a safra brasileira de 2013 foi 22,4% superior que a safra passada, com mais de 5,3 milhões de toneladas. O aumento de produtividade está relacionado ao cultivo em áreas não tradicionais, estimulado pelos maiores preços. Como é considerada uma das culturas mais importantes mundialmente, é responsável por cerca de 30% da produção mundial de cereais (FAO, 2013). Cerca de 70% da produção mundial de trigo é destinada para alimentação humana e 30% para outros usos que também incluem a alimentação animal (RÖDER et al., 2014).

Embora possa ser cultivado em diferentes climas, o trigo apresenta melhor desenvolvimento em condições de clima temperado (GOODING, 2009), tornando-se uma excelente opção para o plantio no inverno, principalmente nos estados do Rio Grande do Sul e Paraná. A cultura auxilia no controle da erosão e favorece o plantio direto, pois fornece elevada quantidade de palhada após a colheita, entretanto, o manejo inadequado da adubação nitrogenada, a não utilização desta e outros fatores, têm limitado o aumento do rendimento da cultura do trigo no Brasil (BENIN et al., 2012). Com relação à qualidade dos grãos, segundo Jacobsen e Bruschi (2012), 86% de todo o trigo comercializado no sul do Brasil é do tipo pão, evidenciando o trabalho do melhoramento genético, tecnologias de produção e armazenagem.

A crescente utilização de cultivares com alto potencial produtivo e responsivas as adubações realizadas, tem implicado em um uso mais frequente de insumos, principalmente o nitrogênio (PRANDO et al., 2013). Além disso, os elevados índices de colheita (relação de grãos para biomassa total na colheita) associados com cultivares de pequena estatura, contribuem ainda mais para a eficiência no uso de recursos (HAWKESFORD, 2013).

3.2 Nitrogênio na Planta

O nitrogênio exerce importante função na planta sendo considerado um nutriente limitante do crescimento e desenvolvimento da planta. A remobilização, assimilação e translocação de nitrogênio na planta afeta diretamente o rendimento de grãos e conteúdo de proteínas (SHI et al., 2007). Participa da constituição de várias substâncias bioquímicas importantes e auxilia no desenvolvimento de funções metabólicas essenciais, tais como a síntese protéica (PIETRO-SOUZA et al., 2013).

Devido ao processo de nitrificação que ocorre no solo o nitrogênio é absorvido pelas plantas predominantemente na forma de nitrato (MALAVOLTA, 2006). Após a entrada na planta o N é incorporado a compostos nitrogenados das células, fazendo parte das clorofilas e auxiliando na taxa fotossintética da planta. Fitzgerald et al. (2010) observaram uma elevada correlação entre nitrogênio e índice de clorofila na planta. Gaju et al. (2011) citam que cultivares com elevados teores de clorofila normalmente apresentam lenta senescência das folhas em pós antese, o que auxilia no aumento da EUN. Sua deficiência afeta a eficiência de uso da radiação solar e a produção de biomassa, com grande efeito no rendimento de grãos (XU et al., 2012).

Pesquisas recentes têm mostrado que o excesso ou a deficiência da adubação nitrogenada em trigo, podem ocasionar baixa eficiência de uso da água (COSSANI et al., 2012; FU et al., 2014). De acordo com Cormier et al. (2013), duas estratégias podem ser utilizadas para a melhoria da EUN, a primeira seria a manutenção de alto rendimento reduzindo a oferta de N e/ou aumentando da produtividade, mantendo o fornecimento de N constante.

3.3 Importância da Adubação Nitrogenada

A nutrição mineral das plantas apresenta efeito na produtividade final, sendo o nitrogênio o elemento de maior impacto. A cultura do trigo demanda uma quantidade elevada de macronutrientes, principalmente nitrogênio e potássio (VIANA e KIEHL, 2010). Desta forma, a aplicação adequada de nitrogênio pode contribuir grandemente para a produtividade final (TRINDADE et al., 2006). A qualidade tecnológica do trigo é influenciada por fatores ambientais, genéticos e de manejo, sendo a adubação nitrogenada uma

importante técnica, visando a melhora desse caractere (PINNOW et al, 2013). Entretanto, o uso em demasia pode causar custos excessivos, tornando o cultivo inviável.

A principal fonte de nitrogênio nos solos é a matéria orgânica, no entanto, a maior parte do N não está prontamente disponível para as plantas (MENEZHIN et al., 2008). A adubação nitrogenada apresenta é muito utilizada, uma vez que a quantidade do elemento fornecida pelo solo é baixa para o adequado crescimento da planta (Silva et al., 2008). Porém, Prando et al. (2013) verificaram que nas doses mais elevadas de nitrogênio houve acamamento das cultivares mais susceptíveis.

Estudos avaliando doses de aplicação de nitrogênio são de grande importância para realizar a correta recomendação técnica e obter produções economicamente satisfatórias (PRANDO et al., 2013). Em média, são utilizados de 30 a 60 Kg.ha⁻¹ do elemento, variando de acordo com a fertilidade do solo, sendo as doses menores indicadas para cultivares de porte alto ou para solos com elevada fertilidade (ZAGONEI et al., 2002).

3.4 Eficiência de uso do nitrogênio

A eficiência de uso do nitrogênio (EUN) pode ser definida através da razão entre o rendimento de grãos e a quantidade de nitrogênio disponibilizada pelo solo e fertilizantes (GAJU et al., 2011). A EUN pode ser particionada em dois fatores básicos que são a eficiência de absorção do nitrogênio (EAN) pelas raízes e a capacidade de converter o que foi absorvido em grãos, que é a eficiência de utilização do nitrogênio (EUtN) (BARRACLOUGH et al., 2010).

Elevado rendimento de grãos combinado com adequado conteúdo de proteína nos grãos é um objetivo importante para programas de melhoramento. Porém, a pesquisa tem mostrado que existe uma correlação negativa entre estes fatores (GAJU et al., 2014). No entanto, essa correlação pode ser anulada com a adequação do suprimento de nitrogênio e com genótipos que apresentem elevada EUN (QURASHI et al., 2011; BARRACLOUGH et al., 2014).

A absorção de nitrogênio em nível de campo é baixa. Noulas (2002) verificou que cerca de 50 a 60% do nitrogênio aplicado é absorvido, porém com

aplicações e genótipos mais eficientes, é possível a absorção de 70 a 80 % do montante aplicado. Vários estudos apontam que a eficiência de uso no nitrogênio no trigo é inferior a 60 % (GÓRNY, et al., 2011; HAILE et al., 2012; HAWKESFORD, 2012; DUAN et al., 2014), mostrando o uso de genótipos com baixa eficiência na utilização desse nutriente e as perdas por lixiviação e volatilização.

Embora o nitrogênio seja um elemento de importante na produção agrícola, esse nutriente apresenta possibilidades de ocasionar danos ao meio ambiente, tornando a EUN uma importante aliada na produção de alimento de forma sustentável (ASPLUND et al. 2014). A utilização de N apresenta elevada importância para os agricultores. Com isso, o aumento da eficiência de uso do N recebeu muita atenção nos últimos anos, através do aprimoramento de técnicas de manejo (CUI et al., 2011) ou do melhoramento de plantas (GAJU et al., 2011; ALLARD et al., 2013).

4. Materiais e Métodos

4.1 Descrição do local e genótipos utilizados

O experimento foi conduzido na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campus Pato Branco (26°11'S e 52°40'W, a 700 metros de altitude), em casa de vegetação. O solo utilizado no estudo é classificado como Latossolo Vermelho distrófico, com textura argilosa, o qual foi peneirado, homogeneizado, analisado e então , realizado as correções necessárias.

O experimento foi implantado na safra agrícola de 2013, em delineamento de blocos casualizados com três repetições. Os tratamentos foram distribuídos em esquema fatorial (4 doses x 12 Cultivares). Cada unidade experimental foi composta por dois vasos de 20 litros (35x30 cm), onde foram semeadas 30 sementes aptas por vaso. E após a germinação, foi realizado um raleio, deixando 25 plantas homogêneas por vaso, o que representou uma densidade de 300 plantas m⁻².

Foram avaliadas quatro doses de nitrogênio (0, 80, 160 e 240 kg ha⁻¹) e doze cultivares de trigo (Tabela 1) recentemente disponibilizados para cultivo. A adubação nitrogenada será dividida em três aplicações de cobertura: 1) 80 kg N ha⁻¹ no perfilhamento (Z 22 da escala Zadocks, 1974) com exceção do tratamento com ausência de nitrogênio, 2) 80 kg N ha⁻¹ no início do alongamento (Z 39) para os tratamentos de 160 e 240 kg N ha⁻¹, 3) 80 kg N ha⁻¹ no final do alongamento (Z 49), para o tratamento de 240 kg N ha⁻¹. A fonte de nitrogênio utilizada foi a ureia, sendo diluída em água de acordo com as doses de N aplicadas.

Tabela 1 – Identificação dos cultivares avaliados, empresa obtentora, ano de lançamento e genealogia. UTFPR, Câmpus Pato Branco - PR, 2014.

Cultivares	Empresa Obtentora	Ano de Lançamento	Genealogia
BRS Gaivota	Embrapa Trigo	2012	BR 35/Klein H2860 U 12100//Sonora 64/BR 23
BRS Gralha Azul	Embrapa Trigo	2012	Jupateco F73/Embrapa 16// BRS Camboatá/LR37
BRS Parrudo	Embrapa Trigo	2013	WT89109/TB0001

BRS Tangará	Embrapa Trigo	2007	BR 23*2/PF 940382
CD 150	Coodetec	2009	CD 104/CD108
Fundacep Cristalino	CCGL Fundacep	2006	BR 35/CEP 9291/4/BR 32/3/CNO 79/PF
Fundacep Raízes	CCGL Fundacep	2007	EMB 27/CEP 24/3/BUC"S"/FCT"S"/PF 85229
Mirante	OR/Biotrigo Genética	2009	Ônix/Taurum/Ônix
TBIO Iguaçu	Biotrigo Genética	2011	Quartzo/Safira
TBIO Itaipu	Biotrigo Genética	2010	Quartzo/Safira
TBIO Mestre	Biotrigo Genética	2013	Jaguer/Cronux//Linhagem
Topazio	OR Sementes	2012	Pampeano 'S'/Abalone

4.2 Rendimento de Grãos

No estágio de maturação fisiológica (Z 90) para cada cultivar, as plantas de cada vaso foram colhidas e trilhadas, para então mensurar o rendimento de grãos (RG) que foi corrigido para 13% de umidade.

4.3 Teor de Nitrogênio

No momento da antese (Z 60), para cada cultivar, foram coletadas duas plantas por unidade experimental de cada tratamento, para determinar o nitrogênio acumulado na palha em antese. As plantas colhidas na maturação fisiológica foram secadas e trilhadas, e as frações de grãos e palha separadas, em seguida as mesmas serão trituradas em moinho de facas. Posteriormente as frações de palha em antese, palha na maturação fisiológica e grãos foram submetidas à análise química para determinação da concentração de nitrogênio (N), através do método Kjeldahl (Tedesco et al., 1995).

4.4 Componentes da eficiência de uso do nitrogênio (EUN)

O nitrogênio total dos grãos, biomassa em antese e na maturação fisiológica foi mensurado multiplicando-se a concentração de nitrogênio (%) da fração pela produção de biomassa. Os componentes da EUN foram mensurados, segundo Guarda et al. (2004) e Foulkes et al. (2009):

Eficiência de uso do nitrogênio: $EUN \left(\frac{g}{g}\right) = \frac{RG}{SN}$, onde RG = rendimento de grãos (g) e SN = nitrogênio fornecido pelo solo e fertilizantes (g).

Eficiência de absorção do nitrogênio: $EAN \left(\frac{g}{g}\right) = \frac{NG+NP}{SN}$, onde NG = quantidade de nitrogênio nos grãos (g), NP = quantidade de nitrogênio na palha na maturação fisiológica (g).

Eficiência de utilização do nitrogênio: $EUN \left(\frac{g}{g}\right) = \frac{RG}{NG+NP}$.

Índice de colheita do nitrogênio: $ICN (\%) = \frac{CNG \times RG}{(CNG+CNP) \times BIO} \times 100$, onde CNG = concentração de nitrogênio nos grãos(%), CNP = concentração de nitrogênio na palha(%) e BIO = biomassa total (palha+grãos) em gramas.

Eficiência de remobilização do nitrogênio: $ERN (\%) = \frac{NP-(NP-NG)}{NTA}$, onde NTA = nitrogênio total na antese (g), segundo Gaju et al. (2011).

A Eficiência Agronômica do Nitrogênio foi mensurada segundo Duan et al. (2014), de acordo com a seguinte fórmula: $EAGN: \frac{RGnx-RGn0}{SNn}$, onde $RGnx$ = rendimento de grãos na dose maior (g) e $RGn0$ = rendimento de grãos na menor dose (0 Kg N ha⁻¹).

4.5 Análises Estatísticas

Realizou-se a análise de variância univariada do experimento no modelo fatorial simples, considerando os efeitos de cultivar e dose de nitrogênio como fixos. Para os caracteres que apresentaram significância procedeu-se a análise de regressão. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade de erro. Adicionalmente, foi feita a análise de correlação de Pearson entre os caracteres avaliados. As análises foram implementadas utilizando o software estatístico Genes (Cruz, 2013). As figuras foram construídas utilizando o software Sigmaplot V.11.

5. Resultados e Discussões

A maioria dos caracteres avaliados foram significativos ($p < 0,01$) para o efeito de genótipo, indicando que houve diferença entre os cultivares avaliados. A eficiência de uso do nitrogênio (EUN) e o rendimento de grãos não foram afetados pela interação genótipo x dose de N, porém todos os componentes da EUN com exceção do índice de colheita de nitrogênio (ICN) que não foi afetado para nenhum dos efeitos, foram afetados pela interação (Tabela 1). Os coeficientes de variação (CV%) foram relativamente baixos apresentando uma elevada precisão experimental.

Tabela 1. Análise da variância para os componentes de eficiência do uso do nitrogênio, incluindo as fontes de variação, seus respectivos quadrados médios e significâncias, de 12 cultivares de trigo recentemente disponibilizadas para cultivo. UTFPR, Câmpus Pato Branco - PR, 2014.

Caracteres	Genótipo (G)	Dose de N (N)	G x N	Erro	Bloco	CV (%)
NTG	0.42**	10.31**	0.17**	0.02	0.03	8.06
NTM	0.04**	0.76**	0.03**	0.002	0.02	8.96
NTA	0.17**	15.35**	0.13**	0.03	0.03	8.81
RG	603.62**	1588.73**	21.52 ^{ns}	19.56	36.97	6.81
EUN	379.79**	2967.36**	22.47 ^{ns}	25.61	78.57	10.46
EAN	0.12**	0.28**	0.06**	0.01	0.05	5.43
EUtN	132.89**	1494.05**	47.78**	5.99	2.13	8.64
ICN	45.83 ^{ns}	51.99 ^{ns}	29.21 ^{ns}	26.76	440.71	6.43
ERN	0.13**	0.41**	0.07**	0.005	0.002	7.72
GL	11	3	33	94	2	-

¹GL, graus de liberdade; NTG, nitrogênio total nos grãos; NTM, nitrogênio total na maturação; NTA, nitrogênio total na antese; RG, rendimento de grãos; EUN, eficiência de uso do nitrogênio pelos grãos; EAN, eficiência de absorção do nitrogênio; EUtN, eficiência de utilização do nitrogênio; ICN, índice de colheita do nitrogênio; ERN, eficiência de remobilização do nitrogênio; ANPA, absorção do nitrogênio pós antese; CV, coeficiente de variação. ^{ns}, * e ** são valores não significativos e significativos a 1 e 5% de probabilidade de erro, respectivamente.

O RG demonstrou um comportamento linear crescente ($R^2 = 0,91$) com as doses de N (Figura 1a), corroborando com Fu et al (2014) que também encontraram aumento do rendimento de grãos com o aumento das doses de N aplicadas. A EUN, ao contrario do RG, apresentou comportamento linear decrescente ($R^2 = 0,89$) com as doses de nitrogênio aplicadas (Figura 1b), isso

provavelmente ocorreu devido ao aumento gradativo no RG causado pelas maiores doses de N (ZHAO et al., 2006; RAHIMIZADEH et al., 2010).

A EAN demonstrou comportamento linear crescente ($R^2 = 0,98$) com as doses de N aplicadas apresentando baixo aumento de magnitude a partir da dose 80 Kg N ha⁻¹ (Figura 1c), esses resultados são semelhantes aos encontrados por Salvagiotti et al. (2009) que relataram ausência no aumento da EAN a partir desse montante de N aplicado. A EUtN apresentou a maior magnitude na dose 0 diminuindo de acordo com o aumento das doses ($R^2 = 0,81$), corroborando com os resultados encontrados por Barraclough et al. (2010). Delogu et al. (1998) observaram que a EUtN diminui com o aumento da dose de N. Sendo que a EUtN representa a capacidade da planta translocar o N absorvido para os grãos.

O ICN apresentou comportamento quadrático com relação as doses de N de ($R^2=0.82$ – Figura 1e) assim como a eficiência de remobilização do N (ERN – Figura 1f), o ICN apresentou baixa variação entre as doses testadas, não apresentando significância (Tabela 1), corroborando com Barraclough et al. (2014) que testando altas e baixas doses de nitrogênio encontraram variação de apenas 8.7%. O ICN representa a taxa de N que é remobilizado para os grãos, como no presente estudos todas as cultivares avaliadas apresentaram elevado ICN, isso mostra que são capazes de conciliar elevado RG com elevada taxa de proteína nos grãos. A ERN apresentou crescimento máximo na dose de 80 Kg N ha⁻¹, sendo que para as doses maiores a eficiência das cultivares em remobilizar o N absorvido diminuiu, o mesmo foi encontrado por Gaju et al. (2011).

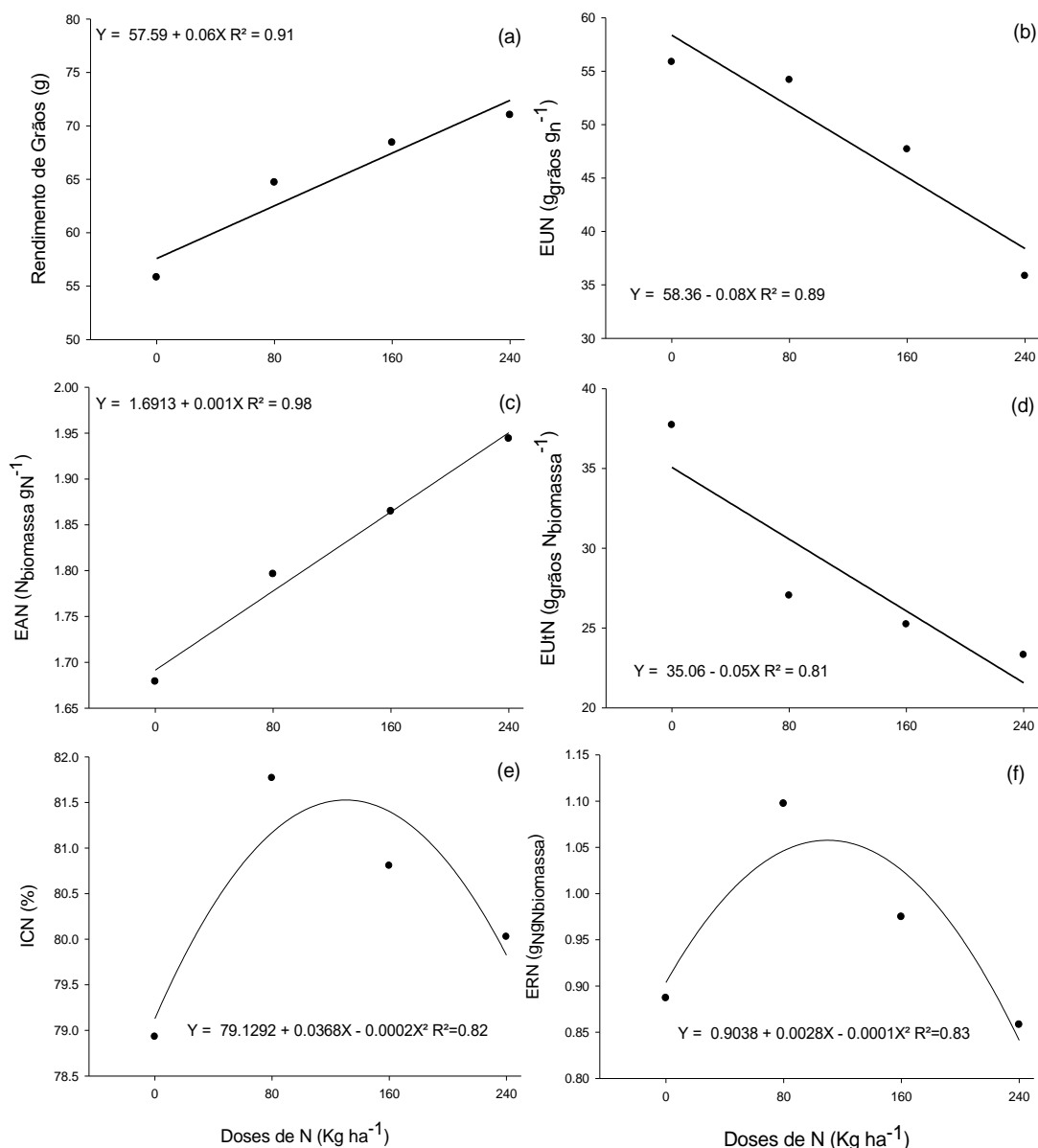


Figura 1. Associação do Rendimento de Grãos (a), Eficiência de uso do N (EUN – b), Eficiência de Absorção do N (EAN – c), Eficiência de Utilização do N (EUtN – d), Índice de Colheita de N (ICN – e) e Eficiência de Remobilização do N (ERN – f), com quatro doses de N aplicadas. UTFPR, Câmpus - Pato Branco – PR, 2014.

De acordo com a Figura 2a, todas as cultivares apresentaram aumento com relação ao RG, com ênfase para as cultivares TBIO Itaipu, BRS Parrudo e Mirante. Segundo Melero et al. (2013) o aumento da dose de N favorece a maior produtividade de grãos.

Na Figura 2b é possível observar a média da EUN para cada cultivar e dose utilizada, as cultivares mais eficientes no uso do N foram Mirante, Tbio Itaipu e BRS Parrudo. A maior média da EUN foi encontrada para a dose de 0 Kg N ha⁻¹, corroborando com Guarda et al. (2004), contudo, apresentou decréscimo nas doses superiores, provavelmente devido ao aumento gradativo do rendimento de grãos.

A EAN está relacionada ao N do solo e fertilizantes, também depende da capacidade do cultivar em recuperar o N aplicado (HOOPER, 2010). No presente estudo as cultivares apresentaram aumento na EAN de acordo com as doses (Figura 2c). Guarda et al. (2004) estudando a EAN observou também aumento desta em função do aumento das doses de N aplicadas. Foi observado, na média, maior EAN para as cultivares BRS Parrudo, Topazio e TBIO Itaipu.

Para se obter aumento na EUtN é necessário que a quantidade de nitrogênio nos grãos aumente e a produtividade se mantenha constante (NOULAS, 2002). No presente estudo a EUtN variou entre 18.5 e 48.9 g_{grãos} N_{biomassa}⁻¹, sendo que as cultivares que apresentaram os maiores valores foram BRS Parrudo, TBIO Iguazu e TBIO Itaipu. (Figura 2d). O ICN é representado pela eficiência das plantas em translocar o N absorvido para os grãos. No presente estudo não houve diferença significativa para as doses de N aplicadas e para os genótipos testados (Tabela 1 – Figura 2e). A ERN apresentou diferenças entre as cultivares, sendo que as que melhor remobilizam o N aplicado são BRS Tangará, Fundacep Cristalino e CD 150, devido ao fato dessas possuírem maior quantidade de N nos grãos (Figura 2f).

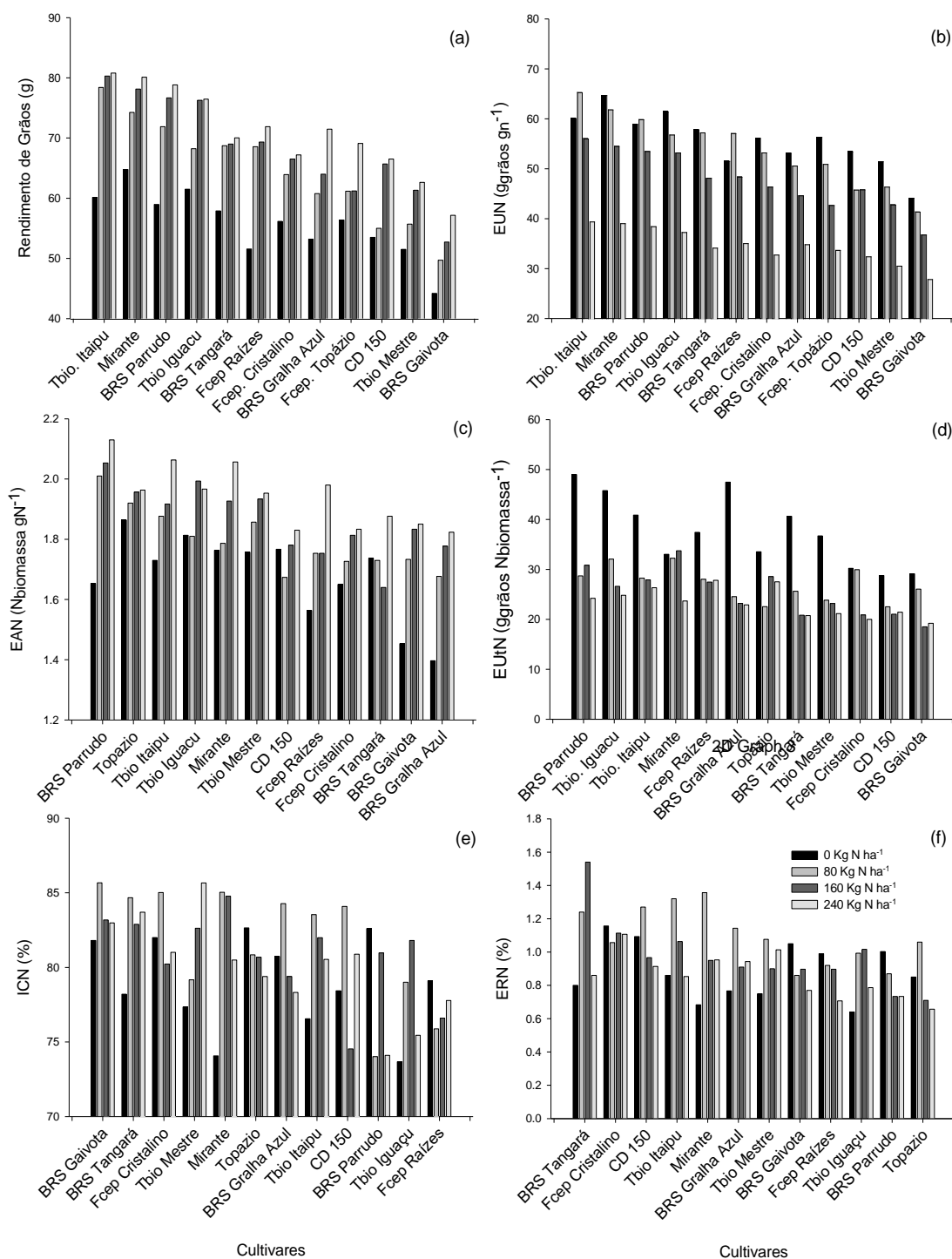


Figura 2. Médias de doses de nitrogênio para o Rendimento de Grãos (a), Eficiência de uso do nitrogênio (EUN - b), Eficiência de absorção do nitrogênio (EAN – c), Eficiência de utilização do nitrogênio (EUtN – d), Índice de colheita de nitrogênio (ICN – e) e Eficiência de remobilização do nitrogênio (ERN – f) de doze cultivares de trigo. UTFPR, Pato Branco – PR, 2014.

A eficiência agronômica do N aplicado é um indicador da habilidade da planta em elevar o rendimento de grãos em resposta ao nitrogênio aplicado e reflete a eficiência total com a qual o N é utilizado (HOOPER, 2010). Foi encontrada variação na eficiência agronômica do N para as cultivares e doses de N aplicadas (Tabela 2). No presente estudo este caractere variou entre 4.88 e 18.35 $\text{g}_{\text{grãos}} \text{g}_{\text{Naplicado}}^{-1}$. Segundo Gupta et al. (2009) os máximos valores de eficiência agronômica do N aplicado são encontradas nas doses menores, como foi encontrado no presente estudo.

A máxima eficiência agronômica foi alcançada pela cultivar Fcep Raízes, indicando que com o aumento da disponibilidade de N é possível elevar a produtividade de grãos (18.35 g na dose de 80 Kg N ha^{-1}), não diferenciando estatisticamente da cultivar Tbio Itaipu, a qual foi uma das cultivares mais produtivas mesmo na dose de 0 Kg N ha^{-1} apresentando-se como uma cultivar de elevado potencial mesmo na ausência de N. Com a avaliação deste caractere é possível verificar o ganho econômico da cultura em relação ao N aplicado.

Tabela 2. Comparação de médias pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade de erro da eficiência agronômica do nitrogênio de 12 cultivares avaliadas sob 4 doses de nitrogênio (0, 80, 160 e 240 Kg ha^{-1}). UTFPR, Pato Branco –PR. 2014.

Cultivares	Eficiência Agronômica do Nitrogênio ($\text{g}_{\text{grãos}} \text{g}_{\text{Naplicado}}^{-1}$)		
	Doses (Kg N ha^{-1})		
	80	160	240
BRS Gaivota	11.11bA	7.62cB	6.72bB
BRS Galha Azul	9.28cA	8.01cA	7.64bA
BRS Parrudo	11.58bA	10.52bA	8.91aB
BRS Tangará	8.62cA	7.45cA	5.86cB
CD 150	9.29cA	7.69cB	7.07bB
Fcep Cristalino	8.59cA	6.95cB	5.38cB
Fcep Raízes	18.35aA	13.3 aB	10.60aC
Mirante	12.56bA	12.11bA	10.06aB
Tbio Iguaçu	10.89bA	7.62cB	6.37bB
Tbio Itaipu	18.24aA	14.08aB	10.53aC
Tbio Mestre	8.17cA	7.26cA	4.98cB

Topázio	6.68dA	5.26dB	4.88cB
CV (%)	10.52		

A Figura 3 representa a quantidade de N (g vaso^{-1}) presente na antese, maturação fisiológica e nos grãos. É possível observar que as cultivares que apresentaram maior quantidade de N na antese que nos grãos, apresentaram baixa ERN (Figura 2f), porém apresentaram um elevado rendimento de grãos. Isso é relatado na associação entre o rendimento de grãos e o N na antese (Figura 4a).

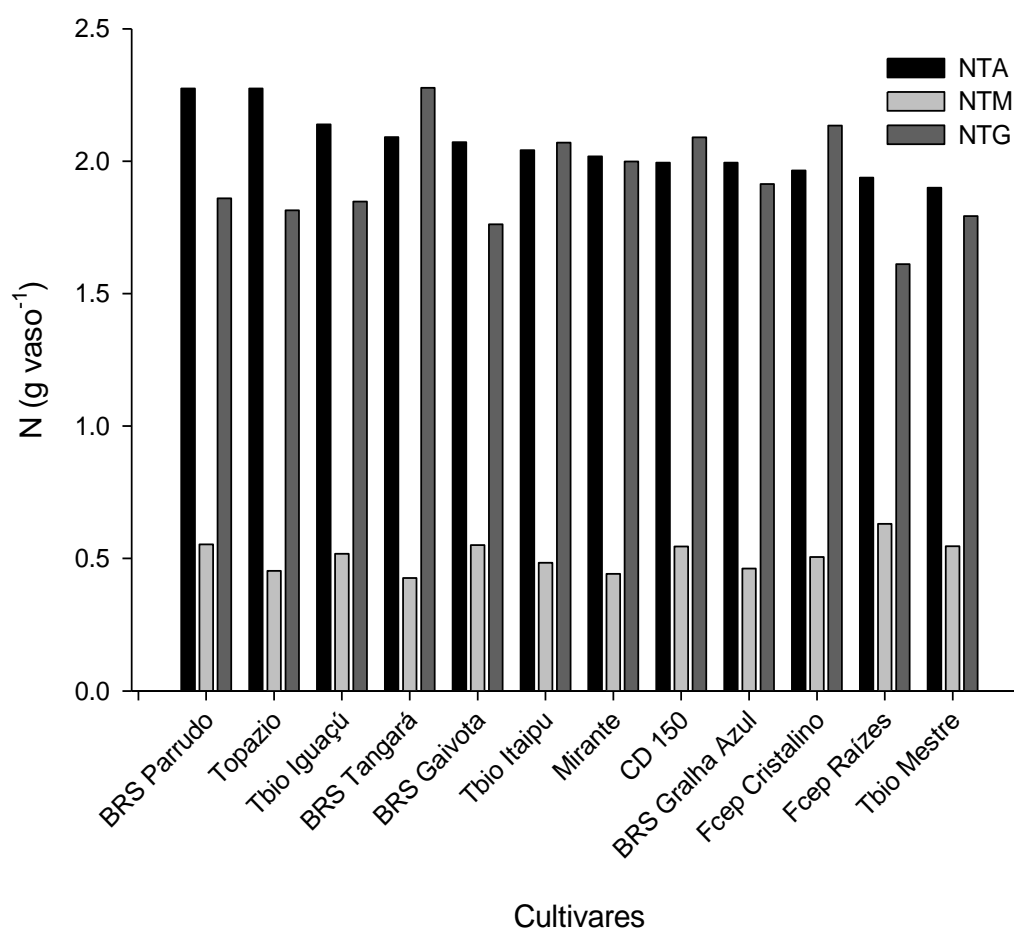


Figura 3. Médias do conteúdo de N em cada fase do desenvolvimento do trigo, N total na antese (NTA), N total na maturação fisiológica (NTM) e N total nos grãos (NTG). UTFPR, Pato Branco – PR, 2014.

Os manejos de N utilizados elevaram o rendimento de grãos assim como o NTA. Estes componentes apresentaram uma elevada associação ($r=0.60^{**}$),

isso mostra que com a análise das plantas em antese é possível prever o rendimento de grãos da cultura.

O aumento verificado na EAN para cada dose de N aplicada (Figura 1c) se explica devido à associação entre EAN e biomassa em antese (NTA – $r=0.73^{**}$) e o N total na biomassa total na maturação fisiológica (NTM – $r=0.52^{**}$, dado não mostrado no trabalho). Estes resultados demonstram que com o aumento da dose nitrogenada houve um aumento na capacidade dos genótipos em captar e armazenar o N disponibilizado corroborando com Sadras e Lawson (2013).

Houve uma associação negativa entre EAN e EUN ($r=-0.32^*$), corroborando com Gaju et al. (2011) que encontrou associação negativa destes em baixos e altos níveis de N. O rendimento de grãos apresentou elevada associação com a EAN mostrando que cultivares com maior potencial de absorção do N aplicado tendem a apresentar elevado rendimento de grãos.

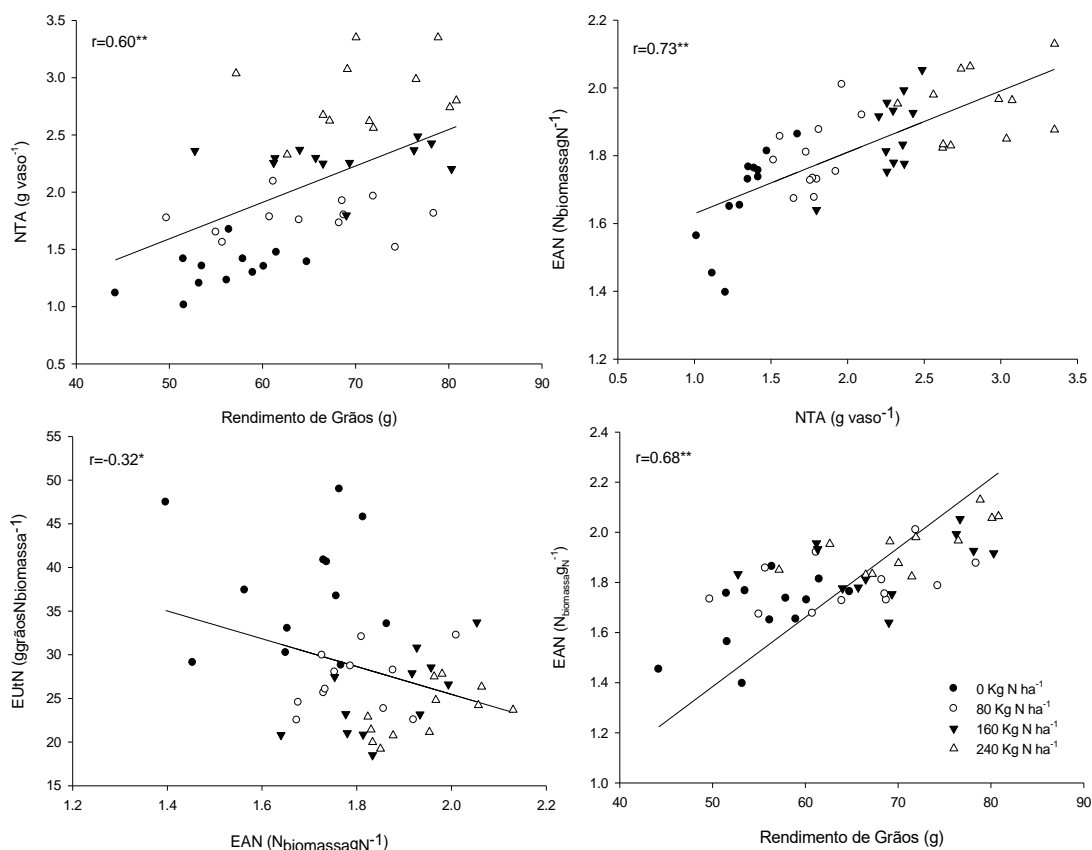


Figura 4. Associação entre N total na antese (NTA) e rendimento de grãos (a), entre eficiência de absorção do N (EAN) e NTA (b), entre eficiência de remobilização do N (ERN) e índice de colheita de N (ICN – c) e entre

EAN e rendimento de grãos (d). UTFPR, Câmpus Pato Branco – PR, 2014.

Os resultados encontrados no presente trabalho mostraram que as variações genéticas encontradas para EUN estão mais fortemente associadas à EUtN sob baixo e alto nível de N do que à EAN (Figura 5a - 5b). LeGouis et al. (2000) avaliando 20 genótipos de trigo na França, também encontraram que a EUtN está fortemente ligada a variação genética na EUN.

A associação entre EUN e EUtN apresentou-se elevada tanto na baixa quanto na alta disponibilidade de N (Figura 5b). Porém em baixo N a EAN explicou uma quantidade semelhante ($r=0.38$) da variação genética da EUN como a EUtN, o mesmo foi encontrado por Gaju et al. (2011). Esses resultados também foram reportados por Barraclough et al. (2010) que observaram que a EUtN foi o componente chave para determinar a variabilidade encontrada na EUN sob baixa e alta disponibilidade de N.

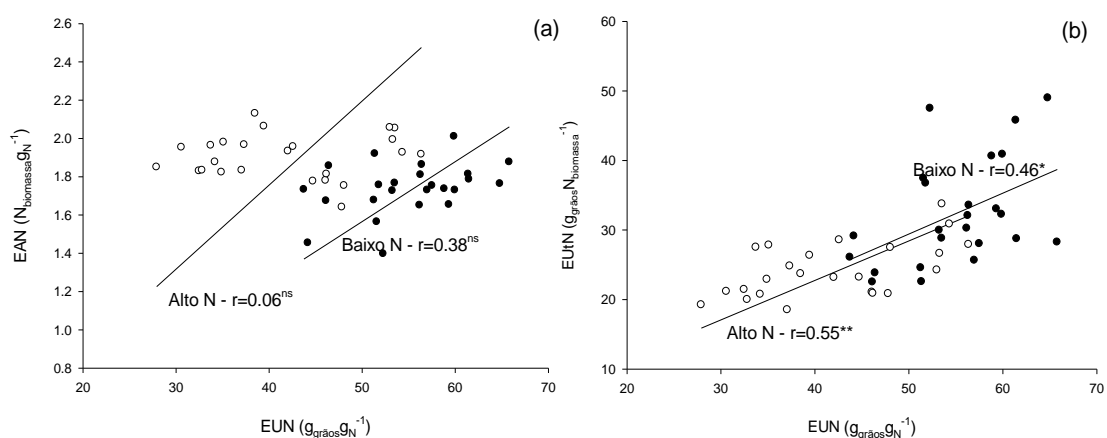


Figura 5. Associação entre eficiência do uso do N (EUN) e eficiência de absorção do N (EAN) em baixa e alta disponibilidade de N (a); associação entre EUN e eficiência de utilização do N (EUtN) em baixa e alta disponibilidade de N (b). UTFPR, Pato Branco – PR, 2014.

A caracterização de cultivares para a EUN é de extrema importância em programas de melhoramento, visando à utilização racional do N. Este estudo indica que a eficiência de utilização do N esteve mais fortemente associada a EUN do que a EAN. Mais estudos abrangendo competição de cultivares para a EUN, a atividade do N na planta e sua taxa de remobilização devem ser

conduzidos com a finalidade de mostrar na prática o efeito do N aplicado nas áreas cultivadas com a cultura do trigo.

6. Conclusões

As cultivares Mirante, Tbio Itaipu e BRS Parrudo foram mais eficientes no uso do N.

A eficiência agronômica do N aplicado foi maior para as cultivares Fundacep Raízes e Tbio Itaipu, indicando a maior resposta dessas cultivares ao N aplicado.

A variabilidade genética encontrada para a EUN foi mais explicada pela EUtN do que pela EAN.

A quantidade de N na antese teve associação positiva com o rendimento de grãos e a EAN, mostrando que programas de melhoramento podem utilizar esse caractere para seleção de genótipos mais eficientes.

Referências

ALLARD, V.; MARTRE, P.; LEGOUIS, J. Genetic variability in biomass allocation to roots in wheat is mainly related to crop tillering dynamics and nitrogen status. **European Journal of Agronomy**. v. 46. p. 68 – 76. 2013.

ASPLUND, L.; BERGKVIST, G.; WEIH, M. Proof of concept: nitrogen use efficiency of contrasting spring wheat varieties grown in greenhouse and field. **Plant Soil**. v. 374. p. 829 – 842. 2014.

BARRACLOUGH, P.B.; HOWARTH, J.R.; JONES, J.; LOPEZ-BELLIDO, R.; PARMAR, S.; SHEPHERD, C.E.; HAWKESFORD, M.J. Nitrogen efficiency of wheat: Genotypic and environmental variation and prospects for improvement. **European Journal of Agronomy**. v. 33. p. 1 – 11. 2010.

BARRACLOUGH, P.B.; LOPEZ-BELLIDO, R.; HAWKESFORD, M.J. Genotypic variation in the uptake, partitioning and remobilisation of nitrogen during grain-filling in wheat. **Field Crops Research**. v. 156. p. 242 – 248. 2014.

BENIN, G.; BORNHOFEN, E.; BECHE, E.; PAGLIOSA, E.S.; SILVA, C.L.; PINNOW, C. Agronomic performance of wheat cultivars in response to nitrogen fertilization levels. **Acta Scientiarum**. v. 34. n. 3. p. 275 – 283. 2012.

CAZETTA, D.A.; FORNASIERI FILHO, D.; ARF, O. Resposta de cultivares de trigo e triticale ao nitrogênio no sistema de plantio direto. **Científica**. v. 35, n.2, p. 155-165, 2007.

CONAB – Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_03_12_08_41_24_boletim_graos_marco_2014.pdf>. Acesso em: 20/03/2014.

CORMIER, F.; FAURE, S.; DUBREUIL, P.; HEUMEZ, E.; BEAUCHÊNE, K.; LAFARGE, S.; PRAUD, S.; LEGOUIS, J. A multi-environmental study of recent breeding progress on nitrogen use efficiency in wheat (*Triticum aestivum* L.). **Theor Appl Genet**. v. 126. p. 3035 – 3048. 2013.

COSSANI, C.M.; SLAFER, G.A.; SAVIN, R. Nitrogen and water use efficiencies of wheat and barley under a Mediterranean environment in Catalonia. **Field Crops Research**. v. 128. p. 109 – 118. 2012.

CRUZ, C.D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**. v.35, n.3, p.271-276, 2013

CUI, Z.; ZHANG, F.; CHEN, X.; LI, F.; TONG, Y. Using in-season nitrogen management and wheat cultivars to improve nitrogen use efficiency. **Soil Science Society of America Journal**. v. 75. n. 3. p. 976 – 983. 2011.

DUAN, Y.; SHI, X.; LI, S.; SUN, X.; HE, X. Nitrogen use efficiency as affected by phosphorus and potassium in long-term rice and wheat experiments. **Journal of Integrative Agriculture**. v. 13. p. 588 – 596. 2014.

FAO – FAOSTAT. Disponível em: < <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em: 20/03/2014.

FITZGERALD, G. A.; RODRIGUEZ, D. B.; LEARY, G. O. Measuring and predicting canopy nitrogen nutrition in wheat using a spectral index - The canopy chlorophyll content index (CCCI). **Field Crops Research**. v. 116. p. 318–324. 2010.

GAJU, O.; ALLARD, V.; MARTRE, P.; SNAPE, J.W.; HEUMEZ, E.; LEGOUIS, J.; MOREAU, D.; BOGARD, M.; GRIFFITHS, S.; ORFORD, S.; HUBBART, S.; FOULKES, M.J. Identification of traits to improve the nitrogen-use efficiency of wheat genotypes. **Field Crops Research**. v. 123. p. 139 – 152. 2011.

GAJU, O.; ALLARD, V.; MARTRE, P.; LEGOUIS, J.; DELPHINE, M.; BOGARD, M.; HUBBART, S.; FOULKES, M.J. Nitrogen partitioning and remobilization in relation to leaf senescence, grain yield and grain nitrogen concentration in wheat cultivars. **Field Crops Research**. v. 155. p. 213 – 223. 2014.

GOODING, M.J. The wheat crop – Wheat Chemistry and Technology. **AACC International**. p. 19 – 49. 2009.

GÓRNY, A. G.; BANASZAK, Z.; LUGOWSKA, B.; RATAJCZAK, D. Inheritance of the efficiency of nitrogen uptake and utilization in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) under diverse nutrition levels. **Euphytica**. n. 77. p. 191–206. 2011.

GUPTA, R.K.; GURPREET, S.; JAGMOHAN, S.; BIJAY, S. Nitrogen and residue management effects on agronomic productivity and nitrogen use efficiency in rice-wheat system in Indian Punjab. **Nutr Cycli Agroecosyst**. v. 84, p. 141 – 154. 2009.

HAILE, D.; NIGUSSIE, D.; AYANA, A. Nitrogen use efficiency of bread wheat: effects of nitrogen rate and time of application. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**. v. 12. n. 3. p. 389 – 409. 2012.

HAWKESFORD, M. J. The diversity of nitrogen use efficiency for wheat varieties and the potential for crop improvement. **Better Crops**, v.96 n.3. p. 10-12. 2012.

HAWKESFORD, M. J. Reducing the reliance on nitrogen fertilizer for wheat production. **Journal of Cereal Science**. p. 1 – 8. 2013.

HOOPER, P. Strategic applications of nitrogen fertiliser to increase the yield and nitrogen use efficiency of wheat. **School of Agriculture, Food and Wine – University of Adelaide**. 2010.

JACOBSEN, L.A.; BRUSCHI, R. Avaliação da qualidade do trigo gaúcho. **EMATER-RS**. 2012. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/culturas/trigo/av_quali_trigo_emater_2012.pdf>. Acesso em: 20/03/2014

LEGOUIS, J.; BEGHIN, D.; HEUMEZ, E.; PLUCHARD, P. Genetic differences for nitrogen uptake and nitrogen utilization efficiencies in winter wheat. **European Journal of Agronomy**. v. 12, n. 3 – 4, p. 163 – 173. 2000.

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

MENEGHIN, M.F.S.; RAMOS, M.L.G.; OLIVEIRA, S.A.; RIBEIRO JUNIOR, W.Q.; AMABILE, R.F. Avaliação da disponibilidade de nitrogênio no solo para o trigo em latossolo vermelho do Distrito Federal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 32. n. 5. 2008.

NOULAS, C. Parameters of nitrogen use efficiency of swiss spring wheat genotypes (*Triticum aestivum* L.). **Dissertation - Agricultural University of Athens** (Greece). 2002.

PIETRO-SOUZA, W.; BONFIM-SILVA, E.M.; SCHLICHTING, A.F.; SILVA, M.C. Desenvolvimento inicial de trigo sob doses de nitrogênio em latossolo vermelho de cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 17, n.6, p. 575-580, 2013.

PINNOW, C.; BENIN, G.; VIOLA, R.; SILVA, C.L.; GUTKOSKI, L.C.; CASSOL, L.C. Qualidade industrial do trigo em resposta à adubação verde e doses de nitrogênio. **Bragantia**. v. 72. n. 1. 2013.

PRANDO, A.M.; ZUCARELI, C.; FRONZA, V.; OLIVEIRA, A.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. Características produtivas do trigo em função de fontes e doses de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. v. 43. n. 1. 2013.

QURAIISHI, U.M.; ABROUK, M.; MURAT, F.; PONT, C.; FOUCRIER, S.; DESMAIZIERES, G.; CONFOLENT, C.; RIVIERE, N.; CHARMET, G.; PAUX, E.; MAURIGNEUX, A.; GUERREIRO, L.; LAFARGE, S.; LEGOUIS, J.; FEUILLET, C.; SALSE, J. Cross-genome map based dissection of a nitrogen use efficiency ortho-meta QTL in bread wheat unravels concerted cereal genome evolution. **The Plant Journal**. v. 65. p. 745 – 756. 2011.

RAHIMIZADEH, M.; KASHANI, A.; ZARE-FEIZABADI, A.; KOOCHKEKI, A. R.; NASSIRI-MAHALLATI, M. Nitrogen use efficiency of wheat as affected by preceding crop, application rate of nitrogen and crop residues. **AJCS**. v. 4, n. 5, p. 363-368, 2010.

RÖDER, M.; THORNLEY, P.; CAMPBELL, G.; BOWS-LARKIN, A. Emissions associated with meeting the future global wheat demand: A case study of UK production under climate change constraints. **Environmental Science & Policy**. v. 39. p. 13 – 24. 2014.

SALVAGIOTTI, F.; CASTELLARÍN, J.M.; MIRALLES, D.J.; PEDROL, H.M. Sulfur fertilization improves nitrogen use efficiency in wheat by increasing nitrogen uptake. **Field Crops Research**. v. 113, p. 170 – 177. 2009.

SCHIRMANN, J. Estratégias para melhorar o fornecimento de nitrogênio ao milho e trigo por dejetos de suínos e reduzir a emissão de óxido nitroso do solo. **Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria – Santa Maria, 2012.**

SHI, Y.; YU, Z.; WANG, D.; LI, Y.; WANG, X. Effects of nitrogen rate and ratio of base fertilizer and topdressing on uptake, translocation of nitrogen and yield in wheat. **Front. Agric. China**. v. 1. n. 2. p. 142 – 148. 2007.

SILVA, S.A.; ARF, O.; BUZETTI, S.; SILVA, M.G. Fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em trigo em sistema plantio direto no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 32. 2008.

TRINDADE, M.G.; STONE, L.F.; HEINEMANN, A.B.; CÁNOVAS, A.D.; MOREIRA, J.A.A. Nitrogênio e água como fatores de produtividade do trigo no cerrado. **Revista bras. eng. agríc. ambiental**. v. 10. n.1. 2006.

XU, G.; FAN, X.; MILLER, A. J. Plant nitrogen assimilation and use efficiency. **Annual Review of Plant Biology**. n. 63. p. 153 – 82. 2012.

VIANA, E.M.; KIEHL, J.C. Doses de nitrogênio e potássio no crescimento do trigo. **Bragantia**. v. 69. n. 4. 2010.

ZADOKS, J.C.; CHANG, T.T.; KONZAC, C.F. A decimal code for the growth stages of cereals. **Weed Research**, v. 14, p. 415-421, 1974.

ZAGONEL, J.; VENANCIO, W.S.; KUNZ, R.P.; TANAMATI, H. Doses de nitrogênio e densidades de plantas com e sem um regulador de crescimento afetando o trigo, cultivar OR-1. **Ciência Rural**. v. 32. n.1. 2002.

ZHAO, R.F.; CHEN, X.P.; ZHANG, F.S.; ZHANG, H.; SCHRODER, J.; ROMHELD, V. Fertilization and nitrogen balance in a wheat-maize rotation system in North China. **Agronomy Journal**. v. 98, p. 935-945. 2006.