UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DOUTORADO EM AGRONOMIA

JOÃO EDSON KAEFER

RESPOSTA DA CANOLA A FONTES, DOESES E PARCELAMENTO DE NITROGÊNIO, EM TOLEDO – PR.

Marechal Cândido Rondon
2012

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DOUTORADO EM AGRONOMIA

JOÃO EDSON KAEFER

RESPOSTA DA CANOLA A FONTES, DOESES E PARCELAMENTO DE NITROGÊNIO, EM TOLEDO – PR.

Tese apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em agronomia para obtenção do título de doutor.
Orientador: Vandeir Francisco Guimarães
Co-Orientador: Maria do Carmo Lana
Co-Orientador: Gilberto Omar Tomm

Marechal Cândido Rondon

2012

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DOUTORADO EM AGRONOMIA

JOÃO EDSON KAEFER

RESPOSTA DA CANOLA A FONTES, DOESES E PARCELAMENTO DE NITROGÊNIO, EM TOLEDO – PR.

Tese apresentada como pré-requisito de conclusão de curso de Doutorado da Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

Marechal Cândido Rondon, 25 de maio de 2012.

BANCA EXAMINADORA

_____
Vandeir Francisco Guimarães

_____
Maria do Carmo Lana

_____
Gilberto Omar Tomm

_____
Gert Marcos Lubeck

_____
Eurides Kuster Macedo Júnior

AGRADECIMENTOS

Nada na vida conquistamos sozinhos. Sempre precisamos de outras pessoas. Às vezes um simples gesto pode contribuir para o nosso sucesso.

Agradecer não é uma tarefa fácil, pois podemos cometer injustiças, não nomeando pessoas que também contribuíram para o trabalho.

Devo contar que esta não foi uma caminhada fácil e nem breve. Mais parecia uma travessia que parecia não ter fim, principalmente pelas intercorrências pessoais de toda ordem que me atropelaram. Esses percalços, longe de obscurecerem o trajeto, aumentaram-lhe o brilho. E ao invés de me deterem, impulsionaram-me com mais força.

Se o desafio era enorme, as motivações eram grandiosas, somadas às espontâneas generosidades dos que contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho. Desta maneira, quero agradecer a todos que ao longo do meu doutorado me ajudaram de alguma maneira a alcançar os meus objetivos.

Meu agradecimento especial ao meu orientador, professor Dr. Vandeir Francisco Guimarães por aceitar me orientar e por ter acreditado em meu potencial. Sua inteligência, serenidade e dedicação ao longo dos trabalhos me deram segurança e me indicaram o caminho a ser seguido.

À minha co-orientadora professora Dra. Maria do Carmo Lana por suas valiosas contribuições ao longo das atividades.

Ao professor Eurides Kuster Macedo Júnior pela sua valiosa contribuição na estatística do trabalho.

Ao meu co-orientador PhD. Gilberto Omar Tomm agradeço, sobretudo, o privilégio de haver trabalhado em um tema para o qual ele tanto vem contribuindo, ou seja, a cultura da canola.

Aos professores e colegas Dr. Gert Marcos Lübeck pelo incentivo à realização do doutorado e Dr. Alfredo Richart pelo apoio e valiosa contribuição na metodologia.

À minha esposa Miriam, um amor especial. Às minhas filhas Camila e Carolina que trazem tanta luz e gosto para minha vida. Pela paciência, incentivo e compreensão nas longas jornadas de leitura, pesquisa e elaboração da tese.

A UNIOESTE por me acolher como aluno. À PUC por incentivar e apoiar meus estudos.

Aos funcionários da PUC Débora Adriel Borth por sua valiosa colaboração na realização das análises laboratoriais e João Hentches, pelo apoio na condução dos experimentos.

Aos professores do doutorado por seus ensinamentos e agradável convivência Vandeir Francisco Guimarães, José Renato Stangarlin, Maria do Carmo Lana, Gilberto Costa Braga, Marcia de Moraes Echer, Paulo Sérgio Rabello de Oliveira e Eurides Kuster Macedo Júnior.

Aos colegas professores que me apoiaram ao longo da jornada, Rodrigo Campagnolo, Aline Regina Limberger, Jacir Daga, Alfredo Richart, Márcia de Holanda Nozaki, Gert Marcos Lubeck.

Aos estagiários que me ajudaram nos projetos de extensão da canola, fazendo com que fosse possível a condução e coleta de dados dos experimentos.

Ao pesquisador da Embrapa Dr. Sirio Wiethölther por sua valiosa contribuição no início do trabalho.

Aos colegas de turma pela solidariedade e amizade compartilhadas durante todo este tempo, em especial a Jacir Daga, Elisiane Ines Dall Oglio Chaves, Darci da Fontoura, Michele Alessandra Hartmann Schmidt, Deise Dalazen Castagnaro, Cristiane Cláudia Meiners, Paulo Barbosa de Oliveira Filho.

E finalmente a Deus por me iluminar e me guiar especialmente nos momentos mais difíceis da jornada.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS..... i
LISTA DE QUADROS..... iii
LISTA DE TABELAS iv
LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS vii
RESUMO GERAL..... viii
ABSTRACT..... ix
I INTRODUÇÃO GERAL..... 18
II REVISÃO DE LITERATURA..... 21
2.1 Caracterização Botânica da Canola..... 21
2.2 Estádios Fenológicos da Canola..... 22
2.3 Exigências Nutricionais da Canola..... 24
2.4 Adubação Nitrogenada na Cultura da Canola..... 25
2.4.1 Fontes de Adubação Nitrogenada..... 25
2.4.2 Formas de Aplicação da Adubação Nitrogenada..... 26
2.4.3 Doses de Nitrogênio..... 27
2.5 Dinâmica do Nitrogênio no Solo..... 28
2.5.1 Transformações do Nitrogênio no Solo que Reduzem sua Disponibilidade para a Canola..... 29
2.5.1.1 Desnitrificação..... 29
2.5.1.2 Volatilização de Amônia (NH_3)..... 30
2.6 Dinâmica do Nitrogênio na Planta 30
2.7 Influência da Disponibilidade de Água e da Temperatura na Cultura da Canola..... 32
2.8 Componentes da Produção e Produtividade da Cultura da Canola.... 33
2.8.1 Densidade de Plantas..... 34
2.8.2 Número de Síliquas por Planta..... 35
2.8.3 Massa de Grãos por Síliqua..... 35
2.8.4 Massa por Grão..... 36
III REFERÊNCIAS..... 37
IV CAPÍTULO 1 - RESPOSTA DA CANOLA À FONTES E DOSES DE NITROGÊNIO APLICADAS NA SEMEADURA..... 42
RESUMO..... 43

ABSTRACT..... 43
1. INTRODUÇÃO..... 45
2. MATERIAL E MÉTODOS..... 47
2.1 Localização e Caracterização da Área Experimental..... 47
2.2 Delineamento Experimental e Condução do Experimento 47
2.3 Caracterização do Material Vegetal..... 48
2.4 Variáveis Avaliadas..... 48
2.4.1 Variáveis biométricas..... 48
2.4.1.1 Diâmetro basal..... 48
2.4.1.2 Altura de planta..... 49
2.4.1.3 Número de plantas por metro quadrado..... 49
2.4.1.4 Massa seca da parte aérea: massa seca foliar; massa seca de caule + pecíolo; Massa seca de inflorescência 49
2.4.1.5 Área foliar..... 49
2.4.1.6 Razão de área foliar..... 50
2.4.2 Determinação Nitrogênio Foliar..... 50
2.4.3 Determinação do Teor de Proteína Bruta e Óleo na Massa de Grãos..... 51
2.4.4 Componentes da Produção e Produtividade..... 52
3.4.4.1 Massa de síliquas por planta..... 52
2.4.4.2 Massa por síliqua..... 52
2.4.4.3 Massa de grãos por síliqua..... 52
2.4.4.4 Massa de 1.000 grãos..... 52
2.4.4.5 Produtividade..... 53
2.4.5 Determinação do Rendimento de Óleo..... 53
2.5 Análise dos Dados..... 53
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... 54
3.1 Variáveis Biométricas..... 54
3.2 Componentes da Produção e Produtividade..... 62
3.3 Teor de Nitrogênio Foliar, Teor de Proteína e Óleo na Massa de Grãos e Rendimento de Óleo..... 67
4. CONCLUSÕES..... 73
5. REFERÊNCIAS..... 74

V CAPÍTULO 2 - RESPOSTA DA CANOLA A FONTES E PARCELAMENTO DE NITROGÊNIO..... 79
RESUMO..... 80
ABSTRACT..... 80
1 INTRODUÇÃO..... 82
2 MATERIAL E MÉTODOS..... 84
2.1 Localização e Caracterização da Área Experimental..... 84
2.2 Delineamento Experimental e Condução do Experimento 85
2.3 Caracterização do Material Vegetal..... 88
2.4 Variáveis Avaliadas..... 86
2.4.1 Variáveis biométricas..... 86
2.4.1.1 Diâmetro basal..... 86
2.4.1.2 Altura de planta..... 86
2.4.1.3 Número de plantas por metro quadrado..... 86
2.4.1.4 Massa seca total da planta; Massa seca foliar; massa seca de caule + pecíolo; Massa seca de inflorescência..... 87
2.4.1.5 Área foliar..... 87
2.4.1.6 Razão de área foliar..... 87
2.4.2 Determinação Nitrogênio Foliar..... 88
2.4.3 Determinação do Teor de Proteína Bruta e Óleo na Massa de Grãos..... 88
2.4.4 Componentes da Produção e Produtividade..... 89
3.4.4.1 Massa de síliquas por planta..... 89
2.4.4.2 Massa por síliqua..... 90
2.4.4.3 Massa de grãos por síliqua..... 90
2.4.4.4 Massa de 1.000 grãos..... 90
2.4.4.5 Produtividade..... 90
2.4.5 Determinação do Rendimento de Óleo..... 91
2.5 Análise dos Dados..... 91
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... 92
3.1 Variáveis Biométricas..... 92
3.2 Componentes da Produção e Produtividade..... 97
3.3 Teor de Nitrogênio Foliar, Teor de Proteína e Óleo na Massa de

Grãos e Rendimento de Óleo..... 101
4 CONCLUSÕES..... 105
REFERÊNCIAS..... 106
VI CONCLUSÕES GERAIS..... 109

LISTA DE FIGURAS

II REVISÃO DE LITERATURA

Figura 1: Estrutura dos componentes de produção e produtividade da cultura da canola (Diepenbrock e Grosse, 1995)..... 34

IV CAPÍTULO 1 - RESPOSTA DA CANOLA À FONTES E DOSES DE NITROGÊNIO APLICADAS NA SEMEADURA

Figura 1. Médias mensais de precipitação e temperatura da área do experimento nos anos 2009 e 2010 (Fonte: SIMEPAR, 2010)..... 56

Figura 2. Diâmetro basal (a), altura de planta (b), massa seca de folha (c) e massa seca de caule+pecíolo (d) de plantas de canola, híbrido Hyola 61, em função de diferentes doses de N aplicadas em dois experimentos semeados em 12/05/09 e 23/04/10. Marechal Cândido Rondon, UNIOESTE, 2009/2010..... 59

Figura 3. Massa seca de inflorescência (a), massa seca da parte aérea (b), área foliar (c) e razão de área foliar (d) de plantas de canola, híbrido Hyola 61, em função de diferentes doses de N aplicadas em dois experimentos semeados em 12/05/09 e 23/04/10. Marechal Cândido Rondon, UNIOESTE, 2009/2010..... 60

Figura 4. Massa de síliquas por planta (a), massa por síliqua (b), massa de grãos por síliqua (c) massa de mil grãos (d) e produtividade (e) de plantas de canola, híbrido Hyola 61, em função de diferentes doses de N aplicadas em dois experimentos semeados em 12/05/09 e 23/04/10. Marechal Cândido Rondon, UNIOESTE, 2009/2010..... 65

Figura 5. Teor de nitrogênio foliar (a), teor de proteína na massa de grãos (b), teor de óleo na massa de grãos (c) e rendimento de óleo de plantas de canola, híbrido Hyola 61, em função de diferentes doses de N aplicadas em dois experimentos semeados em 12/05/09 e 23/04/10. Marechal Cândido Rondon, UNIOESTE, 2009/2010..... 70

V CAPÍTULO 2 - RESPOSTA DA CANOLA A FONTES E PARCELAMENTO DE NITROGÊNIO

Figura 1 – Médias mensais de precipitação e temperatura da área do experimento nos anos 2009 e 2010 (Fonte: SIMEPAR, 2010). Marechal Cândido Rondon, UNIOESTE, 2009/2010..... 84

LISTA DE QUADROS

II REVISÃO DE LITERATURA

Quadro 1. Estádios fenológicos da cultura da canola (adaptado de CETION, 1992 apud Iriarte e Valetti (2008); Cordeiro et al. (1999)). Marechal Cândido Rondon, UNIOESTE, 2009/2010..... 23

IV CAPÍTULO 1 - RESPOSTA DA CANOLA À FONTES E DOSES DE NITROGÊNIO APLICADAS NA SEMEADURA

Quadro 1. Características químicas das amostras de solo na profundidade de 0 – 20 cm, coletadas previamente a implantação dos experimentos (IAPAR, 1992). Marechal Cândido Rondon, UNIOESTE, 2009/2010..... 47

V CAPÍTULO 2 - RESPOSTA DA CANOLA A FONTES E PARCELAMENTO DE NITROGÊNIO

Quadro 1 – Características químicas das amostras de solo na profundidade de 0 –20 cm, coletadas previamente a implantação dos experimentos (IAPAR, 1992). Marechal Cândido Rondon, UNIOESTE, 2009/2010. 85

LISTA DE TABELAS

IV CAPÍTULO 1 - RESPOSTA DA CANOLA À FONTES E DOSES DE NITROGÊNIO APLICADAS NA SEMEADURA

Tabela 1. Resumo da análise de variância para diâmetro basal (DB), altura de planta (AP), número de plantas por metro quadrado (NPM2), massa seca de folha (MSF), massa seca de caule+pecíolo (MSC+P), massa seca de inflorescência (MSI), massa seca total (MST), área foliar (AF) e razão de área foliar (RAF) de plantas de canola, híbrido Hyola 61, em função de dois experimentos, fontes e doses de nitrogênio aplicadas na semeadura. Marechal Cândido Rondon, UNIOESTE, 2009/2010..... 55

Tabela 2. Diâmetro basal (DB), altura de planta (AP), número de plantas m^{-2} (NPM2) e massa seca de folha (MSF) de plantas de canola, híbrido Hyola 61, em função de dois experimentos dentro de diferentes doses de nitrogênio aplicadas na semeadura. Marechal Cândido Rondon, UNIOESTE, 2009/2010..... 57

Tabela 3. Resultados médios para massa seca de caule+pecíolo (MSC+P) e massa seca de inflorescência (MSI), massa seca de parte aérea (MSA), área foliar (AF) e razão de área foliar (RAF) de plantas de canola, híbrido Hyola 61, em função de dois experimentos dentro de diferentes doses de nitrogênio aplicadas na semeadura. Marechal Cândido Rondon, UNIOESTE, 2009/2010..... 58

Tabela 4. Resumo da análise de variância para massa de síliqua por planta (MSP), massa por síliqua (MS), massa de grãos por síliqua (MGS) massa de mil grãos (MMG) e produtividade (PROD) de plantas de canola, híbrido Hyola 61, em função de dois experimentos, doses e fontes de N aplicado na semeadura. Marechal Cândido Rondon, UNIOESTE, 2009/2010..... 62

Tabela 5. Resultados médios para massa de síliquas por planta (MSP), massa por síliqua (MS), massa de grãos por síliqua (MGS), massa de mil grãos (MMG) e produtividade (PROD) de plantas de canola, híbrido Hyola 61, em função de dois experimentos, dentro de diferentes doses de nitrogênio, aplicadas na semeadura. Marechal Cândido Rondon,

UNIOESTE, 2009/2010..... 63

Tabela 6. Resumo da análise de variância para teor de nitrogênio foliar (NFOL), teor de proteína (PROT), teor de óleo (OLEO) e rendimento de óleo (ROLEO) nos grãos de plantas de canola, híbrido Hyola 61, em função de dois experimentos, doses e fonte de N. Marechal Cândido Rondon, UNIOESTE, 2009/2010..... 68

Tabela 7. Resultados médios para teor de nitrogênio foliar (NFOL), teor de proteína (PROT), teor de óleo (OLEO) e rendimento de óleo (ROLEO) nos grãos de plantas de canola, híbrido Hyola 61, em função de dois experimentos, dentro de diferentes doses de N aplicadas na semeadura. Marechal Cândido Rondon, UNIOESTE, 2009/2010..... 69

V CAPÍTULO 2 - RESPOSTA DA CANOLA A FONTES E PARCELAMENTO DE NITROGÊNIO

Tabela 1. Resumo da análise de variância para diâmetro basal (DB), altura de planta (AP), número de plantas por metro quadrado (NPM2), massa seca de folha (MSF), massa seca de caule+pecíolo (MSC+P), massa seca de inflorescência (MSI), massa seca da parte aérea (MSA), área foliar (AF) e razão de área foliar (RAF) de plantas de canola, híbrido Hyola 61, em função de dois experimentos, fontes e parcelamento de nitrogênio (N). Marechal Cândido Rondon, UNIOESTE, 2009/2010 93

Tabela 2. Resumo da análise de variância e média dos contrastes para diâmetro basal (DB), altura de planta (AP), número de plantas por metro quadrado (NPM2), massa seca de folha (MSF), massa seca de caule+pecíolo (MSC+P), massa seca de inflorescência (MSI), massa seca da parte aérea (MSA), área foliar (AF) e razão de área foliar (RAF) de plantas de canola, híbrido Hyola 61, em função de dois experimentos e diferentes parcelamentos de N. Marechal Cândido Rondon, UNIOESTE, 2009/2010..... 96

Tabela 3. Resumo da análise de variância para os componentes da produção massa de síliqua por planta (MSP), massa por síliqua (MS), massa de grãos por síliqua (MGS) massa de mil grãos (MMG) e produtividade (PROD) de plantas de canola, híbrido Hyola 61, em função

de dois experimentos e diferentes parcelamentos de N. Marechal Cândido Rondon, UNIOESTE, 2009/2010..... 97

Tabela 4. Resumo da análise de variância e média dos contrastes para os componentes da produção massa de síliqua por planta (MSP), massa por síliqua (MS), massa de grãos por síliqua (MGS) massa de mil grãos (MMG) e produtividade (PROD) de plantas de canola, híbrido Hyola 61, em função de dois experimentos e diferentes parcelamentos de N. Marechal Cândido Rondon, UNIOESTE, 2009/2010..... 100

Tabela 5. Resumo da análise de variância para teor de nitrogênio foliar (NFOL), teor de proteína (PROT), teor de óleo (OLEO) e rendimento de óleo (ROLEO) nos grãos de canola, híbrido Hyola 61, em função de dois experimentos e diferentes parcelamentos de N. Marechal Cândido Rondon, UNIOESTE, 2009/2010 101

Tabela 6. Resumo da análise de variância e média dos contrastes para os componentes da produção massa de síliqua por planta (MSP), massa por síliqua (MS), massa de grãos por síliqua (MGS) massa de mil grãos (MMG) e produtividade (PROD) de plantas de canola, híbrido Hyola 61, em função de dois experimentos e diferentes parcelamentos de N. Marechal Cândido Rondon, UNIOESTE, 2009/2010..... 103

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS

%	Porcentagem
S	Enxofre
N	Nitrogênio
P	Fósforo
K	Potássio
H	Hidrogênio
N_2	Nitrogênio atmosférico
NO_2^-	Nitrito
NO_3^-	Nitrato
SO_4^{2-}	Sulfato
$(NH_4)_2SO_4$	Sulfato de Amônio
$CO(NH_2)_2$	Uréia
NH_2	Amida
NH_3^+	Amônia
NH_4^+	Amônio
CO_2	Dióxido de carbono
kg ha^{-1}	Quilograma por hectare
g kg^{-1}	Gramas por quilograma
mg dm^{-2}	Miligramas por decímetro quadrado
µmol g^{-1}	Micromol por grama
µg	Micrograma
a.C.	Antes de Cristo
EUA	Estados Unidos da América
Mg ha^{-1}	Megagrama por hectare = Toneladas por hectare
ºC	Graus Celsius
m	Metro
m^2	Metro quadrado
±	Variação permitida, para mais ou para menos
kg	Quilograma
mm	Milímetros = Litros por metro quadrado
mL	Mililitros

RESUMO GERAL

RESPOSTA DA CANOLA A FONTES, DOESES E PARCELAMENTO DE NITROGÊNIO, EM TOLEDO – PR.

O termo canola é um acrônimo de CANadian Oil Low Acid e foi adotado como padrão para indicar baixos teores de ácido erúcico e glucosinolatos. De um modo geral, os solos tropicais apresentam baixa disponibilidade de nitrogênio (N) em função dos baixos estoques de matéria orgânica, exigindo o fornecimento externo de N para suprir as demandas da cultura. Dentre as principais fontes de N utilizados na cultura da canola estão os adubos nitrogenados uréia e sulfato de amônio. Além da escolha do adubo nitrogenado relacionado à fonte de N, ajustar o momento da aplicação do N ao momento de maior demanda da cultura aumenta a eficiência de produção. Visando instrumentar decisões relativas a estas alternativas de manejo, foram desenvolvidos quatro experimentos no período de maio de 2009 a abril de 2010. Estes experimentos tiveram como principal objetivo avaliar a resposta da canola a fontes, doses e momento de aplicação do N em Toledo – Pr. Todos os experimentos foram conduzidos na unidade experimental da Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PUCPR - campus Toledo. Para quantificar as respostas da canola relativas a doses e fontes de N foram implantados dois experimentos de blocos casualizados, em esquema fatorial 7x2, constando de sete doses de N na semeadura (0; 20; 40; 60; 80; 100 e 120 kg ha^{-1} de N) e duas fontes de N (sulfato de amônio e uréia), com quatro repetições. Para quantificar as respostas da canola relativas ao momento de aplicação e às fontes de N foram implantados mais dois experimentos, sendo estes conduzidos em blocos casualizados, em esquema fatorial 5x2, constando de cinco combinações de momento de aplicação do N, na semeadura e/ou em cobertura, respectivamente (0 e 0; 120 e 0; 0 e 120; 40 e 80; 80 e 40 kg ha^{-1} de N) e duas fontes de N (sulfato de amônio e uréia), com quatro repetições. A adubação em cobertura foi realizada no estádio B_4. Os quatro experimentos foram implantados em duas épocas de semeadura: 12/05 e 23/04. Todos os tratamentos receberam a adubação correspondente a 300 kg ha^{-1} de N, P_2O_5 e K_2O na formulação 00-25-25 aplicado na semeadura, além da quantidade de N correspondente ao tratamento pré-estabelecido. Nos quatro experimentos foram avaliados o diâmetro basal, altura de planta, número de plantas m^{-2}, massa seca de folhas, massa seca de caule+pecíolo, massa seca de inflorescência, massa seca da parte aérea, área foliar, razão de área foliar, massa de síliquas por planta, massa por síliqua, massa de grãos por síliqua, massa de mil grãos, produtividade, teor de N foliar, teor de proteína e óleo nos grãos e rendimento de óleo por hectare. Os resultados obtidos mostram que as variáveis avaliadas não foram influenciadas pelas fontes de N utilizadas, sulfato de amônio e uréia, para nenhum dos quatro experimentos conduzidos. Quanto à resposta às doses de N estas influenciaram as variáveis mensuradas, sendo a maior produtividade alcançada com 88 kg ha^{-1} de N. O aumento nas doses de N promove um incremento nos teores de proteína reduzindo, por consequência o teor de óleo nos grãos. O momento de aplicação do N também influenciou as variáveis mensuradas, sendo os melhores resultados alcançados pelo parcelamento da adubação aplicando-se um terço na semeadura e dois terços em cobertura (40 e 80 kg ha^{-1} de N).

Palavras-chaves: fontes de adubos nitrogenados, formas de aplicação de adubos nitrogenados, *Brassica napus* L. teor de proteína, teor de óleo.

ABSTRACT

RESPONSE OF CANOLA TO NITROGEN FERTILIZATION

The canola term is an acronym for Canadian Oil Low Acid and was adopted as the standard to indicate low levels of erucic acid and glucosinolates. In general, tropical soils are poor in available nitrogen (N) because of the low stocks of organic matter, requiring the external supply of N to meet the demands of the culture. Among the main sources of N used in the culture of canola are nitrogen fertilizers urea and ammonium sulfate. Besides the choice of fertilizer nitrogen source related to N, to adjust the timing of nitrogen application at the time of greatest demand increased demand will increase crop production efficiency In view of this, six experiments were carried out from May 2009 to April 2010. These experiments were mainly aimed at evaluating the response of canola to nitrogen sources and application methods (seeding and / or coverage) of nitrogen fertilizer. All experiments were conducted in the experimental units at the Catholic University of Paraná - PUCPR - Toledo campus. To attend the responses of canola relative to rates and N sources were implanted three experiments in randomized blocks in a 7x2 factorial arrangement, consisting of seven levels of nitrogen at sowing (0, 20, 40, 60, 80, 100 and 120 kg ha $^{-1}$) and two N sources (ammonium sulphate and urea), with four replications. To attend the responses of canola on the forms of nitrogen application and nitrogen sources were implanted over three experiments, which are conducted in randomized blocks in a 5x2 factorial arrangement consisting of five forms of nitrogen in the seeding and / or in coverage, respectively (0 and 0, 120 and 0, 0 and 120, 40 and 80, 80 and 40 kg N ha^{-1}) and two nitrogen sources (ammonium sulphate and urea), with four replications. The coverage fertilization was performed in stage B_4. The six experiments were carried out in three production cycles, two experiments in each cycle, corresponding to the following sowing dates: cycle 1: 12/05/2009; cycle 2: 20/06/2009 and cycle 3: 23/04 / 2010. All treatments received a fertilizer equivalent to 300 kg ha^{-1} 00-25-25 formulation, each plot received the amount of nitrogen corresponding to the predetermined treatment. For the six experiments were evaluated the basal diameter, plant height, number of plants m^{-2}, dry leaves, dry weight of stem + petioles, inflorescence dry mass, total plant dry mass, leaf area, area ratio of leaf, mass of pods per plant, weight per pod, weight of grains per pod, thousand grain weight, yield, leaf N content, protein and oil content in grain and oil yield per hectare. The results show that the variables were not influenced by sources of nitrogen fertilizer, ammonium sulfate and urea, for any of the six experiments conducted. The response to N rates influence these variables measured, and the higher productivity achieved with 88 kg ha^{-1} N. The increase of N doses promotes an increase in the protein reducing therefore the oil content in grains. The forms of nitrogen application also influenced the variables measured, and the best results achieved by the split of applying fertilizer at planting one-third and two-thirds coverage (40 and 80 kg N ha^{-1}).

Keywords: sources of nitrogen fertilizers, application forms of nitrogen fertilizers, *Brassica napus* L. protein content, oil content.

I INTRUDUÇÃO GERAL

A canola (*Brassica napus* L var oleífera) é uma oleaginosa de inverno desenvolvida a partir do melhoramento genético da colza. Pertence à família das brássicas e ao gênero *Brassica*. Nas últimas décadas vem tendo sua área de produção ampliada pelo interesse na obtenção de proteínas, óleo de alta qualidade e biodiesel. O termo canola é um acrônimo de CANadian Oil Low Acid e foi adotado como padrão para indicar baixos teores de ácido erúcico (menos de 2% do total de ácidos graxos) e glucosinolatos (menos de 30 μmol g^{-1} de farelo seco e desengordurado).

No Brasil, as pesquisas e o cultivo de canola iniciaram em 1974, no Rio Grande do Sul, e nos anos 80, no Paraná. Elas indicam que para uma boa produção é necessário ter solos férteis e bem adubados. Em termos de nutrição, a canola tem grande demanda em nitrogênio (N) e enxofre (S) sendo o N quem mais limita a produção de canola, o que reveste de importância o manejo adequado deste nutriente em seu cultivo. Destaca-se ainda que, de modo geral, os solos tropicais apresentam baixa disponibilidade de N em função dos baixos estoques de matéria orgânica, exigindo o fornecimento externo de N para suprir as demandas da cultura.

Na cultura da canola, o N influencia o número de hastes por planta, o número e a massa de síliquas por planta, a massa por síliqua, a massa seca da parte aérea da planta, a área foliar, e o número e a massa de grãos por planta, estando intimamente ligado ao controle do crescimento vegetativo da planta, determinando conseqüentemente o desempenho do ciclo reprodutivo. O fornecimento adequado de N não só incrementa o desenvolvimento, mas também a manutenção das folhas fotossinteticamente ativas, melhorando ainda a produção de flores e vagens (CHEEMA, et al., 2010). Determinar a fonte, a dose e o momento adequado de aplicação do N são aspectos de estrema relevância na produção da canola.

Alguns adubos nitrogenados utilizados na cultura da canola, como a uréia ($CO(NH_2)_2$), suprem um único elemento macronutriente (N), enquanto outros como o sulfato de amônio ($(NH_4)_2SO_4$), fornecem mais de um macronutriente (N e S). A escolha do adubo nitrogenado mais adequado depende de um balanço de fatores: o custo do N por kg, o efeito sobre o crescimento vegetal e a magnitude de perda de N por lixiviação, volatilização e desnitrificação.

A resposta e a eficiência do uso do N na canola varia de acordo com a dose aplicada. Diversos estudos indicam o efeito positivo do N sobre a produtividade da cultura da canola (NARITZ, 2010; ÖZTÜRK, 2010; TOMM et al., 2009, KARAASLAN, 2008; RATHKE, et al., 2006). Outros no entanto, apontam uma estagnação ou redução na produtividade da canola com altas doses de N (EL-NAKHLAWY e BAKHASHWAIN, 2009; CHEEMA et al., 2001; GAMMELVIND, 1996). Entretanto, na produtividade da cultura da canola, além das quantidades de N, existem outros fatores que interferem diretamente sobre o desempenho da canola, tais como níveis de fertilidade do solo, fatores ambientais de temperatura e precipitação e a qualidade genética das sementes.

No Brasil para uma expectativa de produção entre 1.500 a 2.500 kg ha^{-1}, recomenda-se aplicar 60 a 80 kg ha^{-1} de N (TOMM et al., 2009). Nos Estados Unidos, pesquisas desenvolvidas com 170 kg ha^{-1} de N resultou em uma produtividade de 3.300 kg ha^{-1}. (FRANZEN e LUKACH, 2009). No Paquistão, a mesma quantidade de N, proporcionou uma produtividade de 2.800 kg ha^{-1} (CHEEMA et al., 2001). No Canadá, a dose de 160 kg ha^{-1} de N apontou para uma produtividade de 2.600 kg ha^{-1} (KARAMANOS et al.,2006).

Ajustar o momento da aplicação do N ao momento de maior demanda da cultura tende a aumentar sua eficiência de produção. A análise de solo permite determinar o momento adequado da aplicação de N, na semeadura e/ou em cobertura, pois o desenvolvimento da canola pode ser comprometido quando há necessidade de altas doses N e não se fornecer o nutriente no momento adequado.

Em condições de baixa fertilidade do solo há uma maior resposta à aplicação de maiores doses na semeadura ou então no estádio inicial de desenvolvimento da cultura. Em condições de boa fertilidade do solo, a aplicação de nitrogênio em cobertura deve ser realizada preferencialmente, no estádio de quatro folhas verdadeiras, melhorando a eficiência do uso de N durante o estádio vegetativo e reprodutivo (TOMM et al, 2009; BEHRENS, 2002).

A resposta desta cultura ao N varia em função dos tipos de solo, dos cultivos precedentes, do teor de matéria orgânica do solo, da umidade disponível entre outros fatores, sendo os resultados sobre este assunto no Paraná escassos. Portanto, existe a necessidade de gerar informações relacionadas à quantidade de N a ser aplicada, qual o melhor momento de aplicação do N (semeadura e/ou em

cobertura), qual a melhor fonte de adubação nitrogenada e a eficiência de utilização deste nutriente pela planta.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi quantificar a resposta da cultura da canola a fontes, doses e parcelamento de N.

II REVISÃO DE LITERATURA

A canola é uma cultura bem antiga, conhecida nos primórdios por colza e mostarda. Escritos indianos datados de 2.000 a 1.500 a.C., na Grécia antiga, Roma e China (500 a 200 a.C.) se referem diretamente a canola como colza e mostarda. Na Europa, a domesticação da cultura pode ter ocorrido durante a Idade Média. Inicialmente o óleo da colza era utilizado principalmente em lamparinas. Mais tarde, começou a ser usado como lubrificantes nos motores a vapor. A primeira produção comercial ocorreu no Canadá em 1942 como lubrificante de navios de guerra (GENE TECHNOLOGY REGULATOR, 2002).

Embora amplamente usado como óleo comestível na Ásia, apenas após 1974, a partir da produção de óleo com menores níveis de ácido erúcico, é que houve um incremento no consumo nas nações ocidentais. China, Índia, Europa e Canadá são atualmente os maiores produtores. Também se observa enorme potencial para seu cultivo na Austrália, Estados Unidos e América do Sul (CANADIAN FOOD INSPECTION AGENCY, 2009).

2.1 Caracterização Botânica da Canola

A canola (*Brassica napus* L var oleífera) é uma oleaginosa de inverno desenvolvida a partir do melhoramento genético da colza. Pertence à família das brássicas e ao gênero *Brassica*. O termo canola é um acrônimo de CANadian Oil Low Acid e foi adotado como padrão para indicar baixos teores de ácido erúcico (menos de 2% do total de ácidos graxos) e glucosinolatos (menos de 30 μmol g^{-1} de farelo seco e desengordurado) (CANOLA COUNCIL OF CANADA, 2009).

A canola é uma espécie cultivada tradicionalmente em regiões de clima temperado, sendo no mundo cultivado cinco espécies (IRIARTE e VALETTI, 2008; STAFF, 2002): 1) *Brassica napus* L var. *oleifera* – é a mais cultivada na Europa e no Canadá. Existem cultivares de primavera e inverno, sendo a de primavera a que se cultiva no Brasil. É um espécie anual semi autógama, que apresenta até 30% de polinização cruzada. A semente é de cor preta; 2) *Brassica rapa* L – também conhecida por *B. campestris*. Também apresenta cultivares de primavera e inverno.

É cultivada no Oeste do Canadá e em algumas regiões da Europa. Apresenta um ciclo mais precoce; 3) *Brassica juncea* - também conhecida por mostarda marrom ou mostarda oriental. Adapta-se bem a regiões mais secas. Apresentam um ciclo bem precoce. É cultivada principalmente como condimento, embora já existam cultivares com padrão canola; 4) *Brassica carinata* – apresenta um crescimento bem lento. Cultiva-se principalmente na Etiópia e no Leste da África; 5) *Sinapis alba* – também conhecida como *B. hirta* ou mostarda branca na Europa e amarela nos Estados Unidos. É usada como condimento.

Brassica napus L. é uma planta herbácea anual, com raiz pivotante e grande número de raízes secundárias fasciculadas. A haste é ereta, ascendente, ramificada, glabra, verde, variando de acordo com a espécie. Dependendo do meio onde se desenvolve, pode ser mais ou menos ramificada, podendo alcançar altura superior a 1,5 m. As folhas são glabras, mais ou menos recortadas, sendo as superiores cordiformes e as inferiores lobuladas e pecioladas, de cores verde-azuladas a verde-claras, dependendo da espécie e variedade, apresentando disposição alternada no caule. A haste principal da planta possui em seu extremo numerosas flores de pétalas amarelas, dispostas na forma de cruz (CORDEIRO et al., 1999). O fruto da canola é uma síliqua, ou seja, em formato capsular, seco, alongado e bivalvo, com cerca de 5 a 7 cm de comprimento, cujas sementes (20 a 30 sementes por síliqua) se aderem a duas rupturas longitudinais e opostas. São frutos que apresentam deiscência, e as sementes, quando maduras, caem ao solo com facilidade. O peso de 1.000 sementes varia de 4 a 6 gramas (CORDEIRO et al., 1999), contendo em torno de 24 a 27% de proteína e em média 38 % óleo (TOMM et al. 2009).

2.2 Estádios Fenológicas da Canola

Como em todos os cultivos, a canola apresenta durante seu ciclo um período vegetativo e um reprodutivo. Existem diferentes escalas para determinar os estádios fenológicos da canola. Uma das mais usadas é a que foi desenvolvida por CETIOM, na França. Ela se refere às observações realizadas na haste principal (CETION, 1992 apud IRIARTE e VALETTI, 2008; CORDEIRO et al., 1999).

A duração de cada estádio fenológico da canola é influenciada pela temperatura, umidade, luz, pelos nutrientes do solo e pelas diferentes cultivares

(variedades e/ou híbridos) (CORDEIRO et al. 1999). Na pré-emergência, a semente absorve água, rompendo o tegumento, iniciando o crescimento da radícula e do hipocótilo, o qual empurra os cotilédones para a superfície. A partir da emergência, têm-se diferentes estádios fenológicos, conforme pode ser observado na Quadro 1.

Quadro 1. Estádios fenológicos da cultura da canola (adaptado de CETION, 1992 apud IRIARTE e VALETTI (2008); CORDEIRO et al. (1999)). Marechal Cândido Rondon, UNIOESTE, 2009/2010.

Estádio	Denominação	Descrição
Plântula	**A**	estádio cotiledonar, folhas verdadeiras ausentes;
	B_1	uma folha verdadeira desenrolada;
	B_2	duas folhas verdadeiras desenroladas.
Roseta	**B_3**	três folhas verdadeiras desenroladas;
	B_4	quatro folhas verdadeiras desenroladas;
	B_5	cinco folhas verdadeiras desenroladas;
	B_6	seis folhas verdadeiras desenroladas;
	B_n	n folhas verdadeiras desenroladas;
	C_1	aumento da vegetação e aparecimento de folhas jovens.
Alongamento e formação do botão floral	**C_2**	entrenós visíveis;
	D_1	gemas unidas, escondidas pelas folhas terminais;
	D_2	inflorescência principal desenrolada, gemas unidas, inflorescências secundárias visíveis;
	E	gemas separadas, pedúnculos florais que se alargam, começando por aquelas da periferia.
Floração-formação de síliquas-maturação	**F_1**	primeiras flores abertas;
	F_2	alongamento do ramo floral, numerosas flores abertas;
	G_1	queda das primeiras pétalas, as dez primeiras síliquas têm largura inferior a 2 cm. A floração das inflorescências secundárias ocorre nessa fase;
	G_2	as dez primeiras síliquas têm largura entre 2 e 4 cm;
	G_3	as dez primeiras síliquas têm largura superior a 4 cm;
	G_4	as dez primeiras síliquas começam a madurar;
	G_5	inicia a coloração de grãos.

2.3 Exigências Nutricionais da Canola

Em termos de nutrição, a canola é conhecida como uma cultura que exige solo com fertilidade de mediana a elevada e sensível à toxidez de alumínio do solo (CASTRO e BOARETTO, 2004). Neste caso, o conhecimento das exigências nutricionais e o fornecimento adequado de nutrientes para a cultura são considerados fatores importantes na produtividade (CHEEMA et al., 2001). Fertilizantes que contenham nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) desempenham um papel vital na melhoria do rendimento das culturas. O N é o elemento absorvido em maior quantidade pela cultura. Wright et al. (1988) relatam que grandes quantidade de N aplicadas aumentam o desenvolvimento da área foliar, aumenta a duração da área foliar após a floração e aumenta a assimilação da cultura em geral, contribuindo significativamente para o aumento no rendimento de grãos.

Embora os padrões de absorção e distribuição de N sejam bem documentados, relatórios sobre o acúmulo e distribuição de P e K na canola são poucos, e apresentam resultados conflitantes (ROSSATO et al., 2001). Holmes (1980) relata que o acúmulo máximo de P nas plantas de canola ocorre na maturidade ou no enchimento (BARRACLOUGH, 1989). Assim, a deficiência de P em canola também restringe o crescimento da parte aérea e o crescimento radicular. Com deficiência grave, o sistema radicular é pouco desenvolvido e as hastes são finas e eretas, apresentando poucos ramos e folhas pequenas e estreitas. Por outro lado, altas doses de P aplicado aumentaram o teor de óleo (BAILEY e GRANT, 1990).

O K é um elemento que tem recebido destaque. Holmes (1980) apresentou dados de diversos estudos na Europa, que mostram variação no tempo máximo de absorção de K (de meados de floração à maturidade), enquanto que um estudo no Reino Unido informou que o pico de acúmulo de K ocorreu durante os últimos estágios de enchimento síliqua (BARRACLOUGH, 1989). Neste caso, um adequado suprimento de K promove aumento do peso das sementes e na resistência ao desenvolvimento de doença (SHARMA e KOLTE, 1994). Além disso, as interações desse nutriente com o N e o boro podem afetar a produtividade e a qualidade das sementes (DALIPARTHY e BARKER, 1994).

2.4 Adubação Nitrogenada na Cultura da Canola

A adubação nitrogenada é de fundamental importância na cultura da canola. O nitrogênio tem influência direta no conteúdo de proteína dos grãos de canola. Por outro lado, altas doses de N podem diminuir os conteúdos de óleo da semente, ou seja, há uma relação inversamente proporcional entre os níveis de proteína e óleo: enquanto um aumenta, o outro diminui. No entanto, essa diminuição nos níveis de óleo, pode ser compensada pelo aumento da produtividade ao se fazer uso de maiores doses de N (CANOLA COUNCIL OF CANADA, 2009).

Por ser uma espécie não-leguminosa, semeada no outono-inverno, a cultura da canola apresenta alta exigência em nitrogênio. Dependo do potencial genético da variedade, a canola responde a altas doses de nitrogênio (HALLEY; DEIBERT, 1996). O manejo adequado da adubação nitrogenada baseado em fontes, doses, e momento de aplicação (na semeadura e/ou na base) são aspectos primordiais a serem considerados para otimizar a produtividade e dar sustentabilidade à produção de canola (GRANT et al., 2002).

2.4.1 Fontes de adubação nitrogenada

Dentre as principais fontes de adubação nitrogenada usadas para suprir as necessidades de N na cultura da canola estão a uréia ($CO(NH_2)_2$) e o sulfato de amônio ($(NH_4)_2SO_4$). A uréia contém 46% de N e o sulfato de amônio contém 21% de N e 24% de S (MALAVOLTA et al. 2002).

O sulfato de amônio é um produto sólido, na forma de cristais ou granulado, produzido a partir da reação direta entre ácido sulfúrico e amônia. Embora apresente uma baixa concentração de N (21%), possui 24% de S, que o torna importante em solos com baixa concentração de S. Trata-se de um produto com certa vulnerabilidade às perdas de N por volatilização. Seu uso tende a acidificar o solo, requerendo correção do mesmo (FRANCO e NETO, 2007)

A uréia é um produto sólido em forma de grãos, que tem como principal característica o N na forma amídica (NH_2). Um dos cuidados necessários para aumentar a sua eficiência é, sempre que possível, fazer a incorporação ao solo no momento da aplicação para minimizar perdas por volatilização. Tais perdas ocorrem

através da liberação da amônia formada devido à ação da enzima urease, que catalisa a hidrólise da uréia, decompondo-a em amônia e gás carbônico (FRANCO e NETO, 2007).

A escolha da fonte de adubação nitrogenada mais adequada depende de um balanço de fatores: o custo do N por kg, o efeito sobre o crescimento vegetal e a magnitude de perda de N por lixiviação, volatilização e desnitrificação (WHITE, 2009).

O alto conteúdo de N, e consequentemente a menor massa a ser transportada, o menor preço por unidade e a facilidade de manuseio fazem da uréia o fertilizante nitrogenado mais empregado. No entanto é passível de grandes perdas por volatilização, especialmente quando aplicado em cobertura em solos úmidos e com pH elevado, ocorrendo a hidrólise enzimática e a liberação de N amoniacal, e conseqüentemente perdas de N por volatilização (NOVAIS, 2007). Em solos secos, as perdas de N decorrentes da aplicação de uréia em cobertura podem ser minimizadas com a incorporação ou a ocorrência de chuvas imediatamente após a sua aplicação, pois a água ocasiona a incorporação do N ao solo. (MOTLEY et al., 2002).

2.4.2 Momento de aplicação da adubação nitrogenada

Ajustar o momento da aplicação da adubação nitrogenada ao momento de maior demanda da cultura tende a aumentar a sua eficiência de produção (WHITE, 2009). Na Europa a canola é semeada no outono, passando a fase de plântula durante o inverno, completando seu ciclo na primavera. Grandes quantidades de N aplicadas durante o outono normalmente reduzem a taxa de sobrevivência das plantas durante o inverno, pois altas doses de N aumentam a sensibilidade da canola às baixas temperaturas. Nestas condições é mais indicada a adubação de cobertura na primavera, quando a cultura apresenta uma alta demanda pelo nutriente (RATHKE et al., 2006).

Em outros países como Austrália, Iran, Paquistão e Brasil onde o inverno não é tão rigoroso, há uma maior resposta à adubação nitrogenada aplicada na semeadura e/ou no início do desenvolvimento da cultura (TOMM et al, 2010; RATHKE et al., 2006).

A análise de solo permite determinar o melhor momento da aplicação de N, na semeadura e/ou em cobertura. O desenvolvimento da canola pode ser comprometido quando há necessidade de altas doses N e não se fornece o nutriente no momento adequado (CANOLA COUNCIL OF CANADA, 2009; RATHKE et al., 2004; DIEPENBROCK, 2000). Sob baixa fertilidade do solo há uma maior resposta a aplicação de doses maiores na semeadura ou então no estádio inicial de desenvolvimento da cultura. Em condições de boa fertilidade do solo, a aplicação de nitrogênio em cobertura deve ser realizada preferentemente, no estádio de quatro folhas verdadeiras (TOMM et al, 2009), melhorando a eficiência do uso de N durante o estádio vegetativo e reprodutivo (BEHRENS, 2002).

Com relação ao momento da aplicação do nitrogênio na canola, no Paquistão Ahamad et al. (2006) conduziram um experimento avaliando três doses de N (80, 120 e 160 kg ha^{-1}) aplicados em três momentos (uma só aplicação na semeadura; parcelada em duas vezes: metade na semeadura e metade no estádio B_4 e; parcelada em três vezes: um terço na semeadura, um terço no estádio de B_4 e um terço no estádio D_1). Obtiveram maior produtividade com 120 kg ha^{-1} de N aplicados na semeadura. Na Estônia em um trabalho conduzido por Narits (2010), aplicando-se três doses de N (120, 140 e 160 kg ha^{-1}) nos mesmos momentos de aplicação do experimento conduzido por Ahmad et al. (2006), observou que a maior produtividade foi alcançada quando se aplicou 120 kg ha^{-1} de N parcelado em três vezes. No Brasil, para uma expectativa de produção de 1.500 kg ha^{-1} de grãos, se recomenda a aplicação de 30 kg ha^{-1} de N na semeadura e 30 em cobertura. Para expectativas de rendimento superiores, deve-se acrescentar 20 kg ha^{-1} de N por tonelada adicional de grãos (TOMM et al., 2009).

2.4.3 Doses de nitrogênio

Existem diversos estudos indicando o efeito positivo do N sobre a produtividade da cultura da canola (NARITZ, 2010; ÖZTÜRK, 2010; TOMM et al., 2009, KARAASLAN, 2008). No entanto, alguns autores observaram uma estagnação ou redução na produtividade da canola com altas doses de N (EL-NAKHLAWY e BAKHASHWAIN, 2009; CHEEMA et al., 2001; GAMMELVIND, 1996). A resposta e a

eficiência do uso de N varia com a dose aplicada. Entretanto, na produtividade da cultura da canola, além das quantidades de N, existem outros fatores que interferem diretamente sobre o desempenho da canola, tais como níveis de fertilidade do solo, fatores ambientais como a temperatura e a precipitação e a qualidade genética das sementes (RATHKE, et al., 2006).

No Brasil, para uma expectativa de produção de 1.500 kg ha^{-1} de grãos, recomenda-se a aplicação de 60 kg ha^{-1} de N. Para expectativas de rendimento superiores, deve-se acrescentar 20 kg ha^{-1} de N por tonelada adicional de grãos (TOMM et al., 2009). Já nos Estados Unidos, Franzen e Lukach (2009) utilizando uma adubação de 170 kg ha^{-1} de N, e obtiveram uma produção de grãos de mais de 3.300 kg ha^{-1}. Cheema et al. (2010) no Paquistão, aplicando a mesma dose, obtiveram a produtividade de 2.812 kg ha^{-1}. Karamanos et al. (2006) no Canadá, obtiveram a produtividade de 2.600 kg ha^{-1} aplicando a dose de 160 kg ha^{-1} de N

2.5 Dinâmica do Nitrogênio no Solo

A canola pode obter o N de diversas fontes: através da decomposição da matéria orgânica, dos resíduos de N dos cultivos anteriores e da adição de N ao longo do seu cultivo (CANOLA COUNCIL OF CANADA, 2009).

A matéria orgânica contém a maior parte das reservas de N no solo. Os microorganismos existentes no solo decompõem a matéria orgânica, liberando o N para as plantas. O processo de decomposição e liberação do nitrogênio é chamado de mineralização (WESTON & SEELIG, 2009). A taxa de decomposição da matéria orgânica, de um modo geral, é lenta e variável. Algo em torno de 0,4 a 5% ao ano. Primeiramente, através da ação de bactérias, o nitrogênio é lentamente transformado em amônio (NH_4^+), depois diferentes bactérias transformam rapidamente o NH_4^+ em nitrato (NO_3^-) em um processo chamado de nitrificação. Antes de ser transformado em NO_3^-, o NH_4^+ é transformado em nitrito (NO_2^-). Em condições normais de solo, a ação da bactéria para transformar amônia em nitrito é muito menor que para transformar nitrito em nitrato. Por esta razão, muito pouco nitrito é encontrado no solo. Isso é desejável, uma vez que o nitrito é tóxico para as plantas. O resultado desta diferença na taxa de oxidação permite que a maioria do nitrogênio disponível no solo esteja na forma de nitrato (RAIJ, 1991).

Sempre que a transformação do nitrogênio resulta da atividade microbiana, condições do solo tais como temperatura, umidade e acidez, afetarão as formas como estes processos ocorrem. Em solos com baixas temperaturas, encharcados ou muito ácidos, as taxas de mineralização e outras atividades microbianas serão mais lentas. A movimentação do solo acelera a decomposição da matéria orgânica e a mineralização do N, em função do aumento da aeração através dos processos físicos de revolvimento do solo e da incorporação dos restos culturais (BISSANI et al., 2004).

2.5.1 Transformações do nitrogênio no solo que reduzem sua disponibilidade para a canola

De acordo com Novais (2007), diferentes mecanismos contribuem para a perda de N no solo, limitando o incremento da produção. É fundamental compreender as condições que promovem tais perdas para melhorar a eficiência da adubação nitrogenada na cultura da canola. Com base nos objetivos propostos do trabalho, se abordará apenas os dois mecanismos principais de perda de N no solo.

2.5.1.1 Desnitrificação

A desnitrificação é definida como um processo respiratório, que acontece na ausência de oxigênio, no qual ocorre a transformação do NO_3^- em nitrogênio (N_2) pela ação de bactérias desnitrificantes, que na ausência de oxigênio atmosférico, usam o nitrato para oxidar compostos orgânicos (respiração anaeróbia), transformando-o em N_2 (MALAVOLTA et al., 2002). Por esse processo, uma parte do nitrato do solo é remetida novamente à atmosfera na forma de gás nitrogênio, fechando assim o ciclo e equilibrando a taxa de nitrato no solo.

A desnitrificação é o principal processo biológico pelo qual o N reativo retorna à atmosfera na forma de N_2, que do ponto de vista agrícola, representa perda de um nutriente importante. Esse processo é parte crucial do ciclo global do N, especialmente porque representa uma das maneiras de despoluir sistemas com excesso de NO_3^- (NOVAIS, 2007).

2.5.1.2 Volatilização de amônia (NH_3)

De acordo com Novais (2007), a magnitude das perdas por volatilização de amônia (NH_3) em condições de campo, depende da combinação de fatores ambientais (temperatura, umidade, vento) e das condições do solo (pH). O equilíbrio entre o íon amônio (NH_4^-) e o íon amônia (NH_3), é dado pela expressão $NH_4^- \leftrightarrow NH_3 + H^+$ (LUCHESE; FAVERO; LENZI, 2002).

Segundo Malavolta (2002), em solos alcalinos ou em pH maior que 7,0 qualquer fertilizante nitrogenado que contém N amoniacal, como por exemplo a uréia, está sujeito a perdas de NH_3 por volatilização. Por outro lado, pouca ou nenhuma perda de NH_3 ocorre quando fertilizantes amoniacais, como o sulfato de amônio, são aplicados a solos ácidos ou neutros, que é a maioria dos casos dos solos do Brasil.

2.6 Dinâmica do Nitrogênio na Planta

O nitrogênio (N) é um elemento fundamental no metabolismo das plantas, pois está diretamente relacionado com a síntese de proteínas, aminoácidos e ácidos nucléicos. Além disso, sua ausência limita o crescimento vegetal e sua limitada disponibilidade tem sido associada à redução da divisão e expansão celular, da área foliar e da fotossíntese. Pode ser absorvido na forma oxidada (NO_3^-) e na forma reduzida (NH_4^+). A concentração de N nas plantas cultivadas varia de 10 a 50 g kg^{-1} de massa seca (TAIZ & ZEIGER, 2004).

A capacidade fotossintética e a produção de biomassa estão diretamente relacionadas com o teor de nitrogênio da planta. A taxa fotossintética é influenciada pela concentração de nitrogênio da planta. No tecido, a concentração de nitrogênio é um fator importante na regulação do fluxo de carbono em para a síntese mais intensa de proteínas. (LAWLOR, 2002).

Além disso, a partição do nitrogênio entre proteínas foliares, especialmente entre enzimas envolvidas na fotossíntese, é também importante na determinação da eficiência do uso do nitrogênio. O teor de nitrogênio nas folhas tem grande influência

na expressão de genes para a síntese de enzimas carboxilativas (MARENCO & LOPES, 2005).

De um modo geral, o maior efeito do N observado nas plantas é um incremento no crescimento, expresso especialmente na altura e no acúmulo de massa seca da planta. Além disso, incrementos nas doses de N na cultura da canola promovem uma maior área foliar, massa por planta, número de inflorescências, número e massa de síliquas por planta e produtividade (CANOLA COUNCIL OF CANADA, 2009)

Na canola, os sintomas característicos de deficiência de N ocorrem nos talos e folhas mais velhas, onde pode ser observado clorose com algumas regiões de cor púrpura que logo se necrosam. As plantas crescem mais lentamente, com caules mais curtos, folhas pequenas e pouca ramificação. O número de síliquas por planta também é reduzido (TOMM et al., 2009).

A mobilidade do N dentro da planta de canola permite que sua concentração nas diferentes partes da planta varie de acordo com os diferentes estádios fenológicos. De acordo com Rossato et al (2001), no início do florescimento a maior concentração de N ocorre nas folhas e no final do florescimento nos caules. Durante o enchimento de grãos, parte deste nitrogênio é deslocado para os grãos, constituindo 55% do total de N dos mesmos.

Em contraste, em observações realizadas por Malagoli et al. (2005), o teor de N das folhas perdidas antes do enchimento de grãos (2 a 2,5% da massa seca) é alto, sugerindo que as partes vegetativas (folhas, caule e raiz) não são eficazes na translocação de N para as síliquas durante o período reprodutivo. De acordo com o mesmo autor, a falta de sincronia entre o início da mobilização de N foliar, induzida pela senescência precoce, e o desenvolvimento das síliquas podem ser responsáveis pelos baixos níveis de mobilização e os altos níveis de N encontrado nas folhas que sofreram abscisão.

Na canola, quando os demais fatores de produção não são limitantes, o total de massa seca está intimamente relacionado com a quantidade de radiação fotossinteticamente ativa interceptada pelo dossel. Quanto maior a interceptação, maior é a produção de biomassa (MÜLLER e DIEPENBROCK, 2006; RATHKE et al, 2006; DIEPENBROCK, 2000). A quantidade de radiação solar interceptada é normalmente afetada pela estrutura do dossel, especialmente pelo índice de área foliar, que por sua vez é diretamente influenciada pelo suprimento de N. O acúmulo

de biomassa é fundamental para a determinação do número de grãos, um dos componentes de produção mais relacionados com a produtividade da cultura (RATHKE et al, 2004).

Após o início do florescimento, a refletância do dossel na cultura da canola aumenta devido à formação de flores amarelas. Desta forma, ocorre uma grande redução na assimilação de CO_2 acompanhado por um intenso dreno de fotoassimilados ocasionado pela formação de flores e síliquas (RATHKE et al, 2006).

No final do florescimento, durante o enchimento das síliquas, a área das síliquas compõe a maior parte da superfície da planta de canola e as folhas remanescentes estão localizadas abaixo, na sombra das mesmas. Nesta fase, mais de 70% dos fotoassimilados necessários para a formação dos grãos são oriundos dos cloroplastos localizados nas camadas externas da parede das síliquas (DIEPENBROCK, 2000; MOGENSEN et al., 1996).

Geralmente a absorção de radiação é menos afetada pela quantidade de radiação recebida do que pela disponibilidade de água e N para a planta. A absorção de N e a absorbância da radiação fotossinteticamente ativa durante o período reprodutivo afetam significativamente a produtividade da canola uma vez que uma deficiência na absorção de N provoca a senescência das folhas, limitando a absorbância da radiação fotossinteticamente ativa (RATHKE et al, 2006).

Na cultura da canola, o nitrogênio influencia o número de hastes por planta, o número e a massa de síliquas por planta, a massa por síliqua, a massa seca total da planta, a área foliar, o número e a massa de grãos por planta (CHEEMA, et al., 2001). O nitrogênio está intimamente ligado ao controle do crescimento vegetativo da planta e, conseqüentemente determina o desempenho do ciclo reprodutivo. O fornecimento adequado de nitrogênio não só incrementa o desenvolvimento, mas também a manutenção das folhas fotossinteticamente ativas, melhorando ainda a produção de flores e síliquas. Escolher a dose e o momento adequado de aplicação da adubação nitrogenada são aspectos de estrema relevância na produção da cultura da canola (AHMAD et al., 2006).

2.7 Influência da Disponibilidade de Água e da Temperatura na Cultura da Canola

Adaptar a adubação nitrogenada aos índices de precipitação (seca ou excesso de chuvas) incrementa a eficiência no aproveitamento do N pela cultura. Fortes chuvas levam a lixiviação de nitrato, diminuindo a absorção do nutriente e afetando a produtividade da cultura. Em contraste, a falta de água reduz a mineralização do N orgânico do solo, bem como prejudica o transporte do N até as raízes, afetando o desenvolvimento da planta (TAIS e ZEIGER, 2004).

O estresse hídrico causa atraso na germinação, diminuição da área foliar e número e tamanho de síliquas, perda de turgor, restringindo a condutividade dos estômatos, limitando a atividade fotossintética e diminuindo o tempo de vida das folhas. Secas prolongadas podem acelerar a senescência das folhas, bem como a deiscência das síliquas. A estrutura dos componentes do rendimento também é afetada. O número de síliquas e de grãos por planta diminuem, enquanto o tamanho dos grãos aumenta como forma de resposta compensatória da planta. Além disso, o estresse hídrico diminui o conteúdo de óleo da massa de grãos (RATHKE, 2006; WALTON et al., 2000)

Na cultura da canola, a germinação, a produção de biomassa, a taxa de crescimento, os teores de óleo e de proteína na semente são controlados pela temperatura. A concentração de óleo e de proteína da massa de grãos está negativamente correlacionada, reagindo de forma oposta à temperatura. Altas temperaturas durante o enchimento de grãos aliadas a altas doses de N diminuem a concentração de óleo ao mesmo tempo em que aumentam o teor de proteína na massa de grãos (TOMM et al., 2009; GUNASEKERA, 2006; RATHKE et al., 2006).

2.8 Componentes da Produção e Produtividade da Cultura da Canola

Na cultura da canola, a produtividade é o produto entre a densidade de plantas, o número de síliquas por planta, o número de sementes por síliqua e a massa individual por semente. Na Figura 1 podem ser observados os componentes primários e secundários de produção e produtividade da cultura da canola. Assim, a produção de grãos de canola é resultado de componentes e uma estrutura de produção altamente plástica. Uma pesquisa da literatura revela que quanto maior o número de características dos componentes de produção, mais difícil é descrever a

estrutura de rendimento. Por último, a confiabilidade da análise de produção e produtividade depende de como os componentes de produção foram selecionados ou colhidos e se uma única planta ou toda a produção foi considerada (RATHKE et al., 2006; DIPENBROCK, 2000).

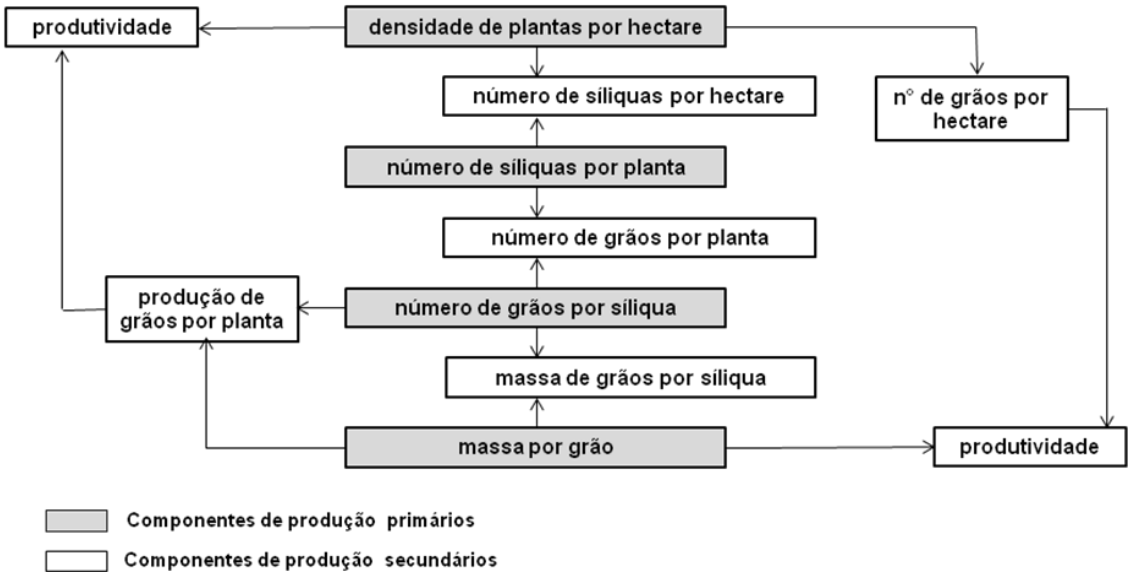

Figura 1. Estrutura dos componentes de produção e de produtividade da cultura da canola (Diepenbrock e Grosse, 1995).

2.8.1 Densidade de plantas

A densidade de plantas exerce grande efeito na produtividade e nos componentes de produção por planta. Variações na quantidade de sementes, plântulas emergidas e a distribuição de plantas na área estabelecem os limites competição intra-específica dentro do dossel. Semeaduras imprecisas, bem como efeitos bióticos e abióticos podem levar a uma distribuição irregular de plantas. Quanto maior a variabilidade na distância das plantas na linha, menor é a produtividade (HUEHN, 1998).

Alta densidade de plantas leva a uma competição entre plantas, de modo que apenas uma porção destas terá uma quantidade adequada de síliquas no momento da colheita. Plantas bem distribuídas são menos afetadas por estresse, resultando em produtividades mais estáveis (DIEPENBROCK, 2000).

2.8.2 Número de síliquas por planta

A produtividade por planta está diretamente relacionada ao número de síliquas por planta, que por sua vez é determinado pelo número de ramos, de flores, e de síliquas, pelo suprimento de água e de nutrientes e por fatores hormonais (RATHKE et al., 2006).

Fatores externos tais como uniformidade de distribuição de plantas, época de semeadura e adubação nitrogenada têm efeito direto sobre o número de síliquas por planta. O número de síliquas por planta é negativamente correlacionado ao número de plantas por área. O aumento na densidade além de reduzir o número de ramos, reduz o número de síliquas em todos os ramos. Semeaduras tardias normalmente reduzem o número de síliquas por planta. O N estimula o crescimento das plantas em função do aumento na área foliar, proporcionando um maior número de síliquas por planta (DIEPENBROCK, 2000).

2.8.3 Massa de grãos por síliqua

A massa de grãos por síliqua é o produto entre o número de grãos por síliqua e a massa média por grão. As síliquas podem conter de 30 a 40 sementes. Assim como acontece com o número de síliquas por planta, o número de grãos por síliqua diminui a partir da haste principal para os ramos laterais. As síliquas da parte basal da haste principal tem um maior número de grãos do que as síliquas da parte apical que se desenvolvem posteriormente (RATHKE et al., 2006; DIEPENBROCK, 2000).

Existe uma correlação negativa entre a densidade de plantas e o número de grãos por síliqua. Em altas densidades, o número de grãos diminui, especialmente nas síliquas dos ramos basais, embora seja praticamente estável na haste principal. Semeaduras tardias muitas vezes resultam em um maior número de sementes por síliqua, como resposta compensatória ao menor número de síliquas observados em estandes com maior densidade de plantas (RATHKE et al., 2006; DIEPENBROCK, 2000).

2.8.4 Massa por grão

A massa por grão é o último componente de produção a ser estabelecido e depende em menor medida das condições ambientais que os demais componentes de produção. O tamanho do grão depende do local de inserção da síliqua na planta. Grãos produzidos na parte basal tendem a ser menores que os grãos produzidos em outras partes da planta. Uma correlação negativa entre a massa do grão e a massa de síliquas por planta tem sido encontrado, assim como, entre a massa do grão e o número de grãos por síliqua. Em geral, há pouca correlação entre a massa por grão e a produtividade. Embora a variação genética na massa de grãos exista, a seleção de grãos com alta massa individual teria um impacto negativo sobre os demais componentes de produção (DIPENBROCK, 2000; LEÓN e BECKER, 1995).

III REFERÊNCIAS

AHMAD, G.; JAN, A.; INAMULLAH; MUHAMMAD, A. Phenology and physiology of canola as affected by nitrogen and sulfur fertilization. **Journal of Agronomy**, 5 (4): 555-562, 2006.

BAILEY, L.D.; GRANT, C.A. Fertilizer placement studies on calcareous and non-calcareous cherrozemic soils, growth, P-uptake, oil content and yield of Canadian rape. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.21, p.2089-2104, 1990.

BARRACLOUGH, P. B. Root growth and nutrient uptake by field crops under temperate conditions. *Aspects of Applied Biology 22,* **Roots and the Soil Environment***,* pp. 227-233, 1989.

BEHRENS, T. Stickstoffeffizienz von Winterraps (*Brassica napus* L.) in Abhängigkeit von der Sorte sowie einer in Menge. In: Zeit und Form variierten Stickstoffdüngung, **Cuvillier Verlag**, Gottingen, 2002.

BISSANI, C.A.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M.J.; CAMARGO, F.A.O. **Fertilidade dos Solos e Manejo da Adubação de Culturas**. Porto Alegre: Gênesis, 2004. 328p.

CANADIAN FOOD INSPECTION AGENCY. **The Biology of *Brassica napus* L. (Canola/Rapeseed).** Plant Biosafety Office, 2009. Disponível em: http://www.inspection.gc.ca/english/plaveg/bio/dir/dir9409e.pdf. Acesso em 15 de agosto de 2011.

CANOLA COUNCIL OF CANADA**. Canola growers' manual.** Winnipeg. Disponível em: <http://www.canola-council.org/manual/canolafr.htm>. Acesso em: 15 de jan. 2009.

CASTRO, A. M. C.; BOARETTO, A. E. Teores e acúmulo de nutrientes em função da população de plantas de canola. **Scientia Agraria**, Vol. 5, No 1, 2004.

CHEEMA, M. A.; SALEEM, M. F.; MUHAMMAD; N.; WAHID, M. A.; BABER, B. H. Impact of rate an timing of nitrogen application on yield and quality of canola (*Brassica napus L.)*. **Pak. J. Bot**., 42(3): 1723-1731, 2010.

CHEEMA, M. A.; MALIK, M. A.; HUSSAIN, A.; SHAH, S. H.; BASRA, S. M. A. Effects of Time and Rate of Nitrogen and Phosphorus Application on the Growth and the Seed and Oil Yields of Canola (*Brassica napus* L.). **Journal of Agronomy and Crop Science**, Vol. 186, Issue 2, p. 103-110, 2001.

CORDEIRO, L. A. M.; REIS, M. S.; ALVARENGA, E. M. **A cultura da canola.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999.

DALIPARTHY, J.; BARKER, A.V. Potassium fractions with other nutrients in crops: a review focusing on the tropics. **Journal of Plant Nutrition**, v.17, p.1859-1886, 1994.

DIEPENBROCK, W**.** Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): a review. **Institute of Agronomy and Crop Science**, Martin-Luther-University Halle, Germany, 2000.

DIEPENBROCK, W., GROSSE, F. Rapeseed (*Brassica napus* L.) physiology. In: Diepenbrock, W., Becker, H.C. (Eds.), **Physiological Potentials for Yield Improvement of Annual Oil and Protein Crops**. Adv. Plant Breeding 17, 21 - 53. 1995.

EL-NAKHLAWY, F. S.; BAKHASHWAIN, A. A. Performance of Canola (*Brassica napus L*.) Seed Yield, Yield Components and Seed Quality under the Effects of Four Genotypes and Nitrogen Fertilizer Rates**. JKAU: Met., Env. & Arid Land Agric. Sci**., Vol. 20, No. 2, pp: 33-47, 2009.

FRANCO, J. A. M.; NETO, A. S. **Produção de fertilizantes nitrogenados e suprimento de matéria prima.** In: Simpósio sobre nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira. Tsuioshi Yamada, Silvia Regina Stipp e Abadalla e Godofredo Cesar Vitti. Piraciacaba, 2007, p 77 – 108.

FRANZEN, D. W.; LUKACH, J. **Fertilizing Canola and Mustard.** SF-1122 , July 2007. North Dakota State University and U.S. Department of Agriculture cooperating. Disponível em: http://www.ag.ndsu.edu/pubs/plantsci/soilfert/sf1122w.htm. Acesso em: 20 de jan. 2009.

GAMMELVIND, L.H.; SCHJOERRING, J.K.; MOGENSEN, V.O.; JENSEN, C.R.; BOCK, J.G.H.,. Photosynthesis in leaves and siliques of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). **Plant Soil.** 186, p. 227–236. 1996.

GENE TECNOLOGY REGULATOR. **The biology and ecology of canola.** Disponível em: http://www.ogtr.gov.au/internet/ogtr/publishing.nsf/content/canola-3/$FILE/brassica.pdf. Acesso em: 15 de agosto de 2011.

GRANT, C. A.; BROWN, K. R.; RACZ, G. J.; BAILEY, L. D. Influence of source, timing and placement of nitrogen fertilization on seed yield and nitrogen accumulation in the seed of canola under reduced and conventional-tillage management Canadian. **Journal of Plant Sciense**. 189.58.165.237; 2002.

GUNASEKERA, C. P.; MARTIN, L. D.; SIDDIQUE, K. H. M.; WALTON, G. H. Genotype by environment interactions of Indian mustard (*Brassica juncea* L.) and canola (*Brassica napus* L.) in Mediterranean-type environments II. Oil and protein concentrations in seed. **European Journal of Agronomy**. 25: 13–21, 2006

HALLEY, S.; DEIBERT E. J. **Canola resonse to fertilizer applications under different tillage and landscape position**. Annual Report to USDA-CSREES Special Programs, Northern Region Canola and North Dakota Council. North Dakota State University Fargo, N. D., 1996.

HOLMES, M.R.J. **Nutrition of the oilseed rape crop.** Applied Science Publishers, London. 1980.

HUEHN, M. A general approach to determine the effect of accuracy of sowing technique on yield per area. **Journal of Agronomy Crop Science**. 181, 249-255. 1998.

IRIARTE, L. B.; VALETTI, O. E. **Cultivo de Colza.** 1° ed. Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuária - INTA. Buenos Aires, 2008. 156p.

KARAASLAN, D. The effect of different nitrogen doses on seed yield, oil, proteins and nutrient contents of spring rape**. Pak. J. Bot.**, 40(2): 807-813, 2008.

KARAMANOS, R. E.; GOH, T. B.; FLATEN, D. N. Nitrogen and sulphur fertilizer management for growing canola on sulphur sufficient soils**. Canadian Journal of Plant Science**, 2006.

LAWLOR, D.W. Carbon and nitrogen assimilation in relation to yield: mechanisms are the key to understanding production systems. **Journal of Experiment Botany**, v. 53, p. 773-787, 2002.

LEON, J.; BECKER, H.C. Rapeseed (*Brassica napus* L.) genetics. In: Diepenbrock, W., Becker, H.C. (Eds.), Physiological Potentials for Yield Improvement of Annual Oil and Protein Crops. **Adv. Plant Breeding** 17, 54-81. 1995.

LUCHESE, E. B; FAVERO, L. O. B.; LENZI, E. **Fundamentos da química do solo**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 2002. 181p.

MALAGOLI, P; LAINE, P.; ROSSATO, L.; OURRY, A.. **Dynamics of Nitrogen Uptake and Mobilization in Field-grown Winter Oilseed Rape (Brassica napus) from Stem Extension to Harvest.** I. Global N Flows between Vegetative and Reproductive Tissues in Relation to Leaf Fall and their Residual N. Ecophysiologie Végétale, Agronomie et nutritions N, C, S. Institut de Biologie Fondamentale et Appliquée, Université de Caen Basse Normandie, F-14032 Caen Cedex .France, 2005.

MALAVOLTA, E.; PIMENTEL - GOMES, F.; ALCARDE, J. C. **Adubos e adubações.** São Paulo: Nobel, 2002, 200p.

MARENCO, R.A.; LOPES, N.F. **Fisiologia Vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa: UFV, 439p., 2005.

MOGENSEN, V. O.; JESEN, C. R.; MORTENSEN, G.; ANDERSEN, M. N.; SCHJERRING, J. K.; THAGE, J. H.; KORIBIDIS, J. Pod photosynthesis and drought adaptation of field grown rape *(Brassica napus L.)* **European Journal of Agronomy**, Denmark, p. 295-307, 1996.

MOTLEY, K.; RICE, A.; HARBISON, D. **Topdressing canola with urea: the importance of timing prior to rainfall.** NSW Agriculture, Central West Farming Systems Group and Hi-Fert Fertilisers. Australian Oil Seeds. 2002. Disponível em www.australianoilseeds.com/effect_of_sowing_time_on_the_yield. Acesso em: 11 de julho de 2011.

MÜLLER, J.; DIEPENBROCK, W. **Measurement and Modelling of Gas Exchange of Leaves and Pods of Oilseed Rape.** Institute of Agronomy and Crop Science, Martin-Luther-University Halle. Halle, Germany, 2006.

NARITS, L. Effect of nitrogen rate and application time to yield and quality of winter oilseed rape (*Brassica napus L. var.oleifera subvar. biennis*). **Agronomy Research,** 8 (Special Issue III), 671–686, 20, 2010.

NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017p.

ÖZTÜRK, Ö. Effects of source and rate of nitrogen fertilizer on yield, yield components and quality of winter rapeseed (*Brassica napus* L.). **Chilean Journal Agricultural Research.** Vol. 70, n 1. 2010.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do Solo e Adubação**. Piracicaba: Ceres, 1991. 343p.

RATHKE, G. W.; BEHRENS, B.; DIEPENBROCK, W. Integrated Nitrogen Management Strategies to Improve Seed Yield, Oil Content and Nitrogen Efficiency of Winter Oilseed Rape (*Brassica napus* l.): A Review. **Elsevier – Science Direct, Agriculture, Ecosystems and Enviroment**. Halle, Germany, 2006.

RATHKE, G. W.; CHRISTEN, O.; DIEPENBROCK, W. Effects of Nitrogen Source and Rate on Productivity and Quality of Winter Oilseed Rape (*Brassica napus* L.) Grown in Different Crop Rotations. **Field Crops Res**. 94 (2–3), 103–113. Institute of Agronomy and Crop Science, Martin-Luther-University Halle. Halle, Germany, 2004.

ROSSATO, L.; LAINÉ, P; OURRY, A. Nitrogen Storage an Remobilization in *Brassica napus* L. During de Growth Cicle: Nitrogen Fluxes Within the Plant and Changes and Soluble Proteins Patterns**. Journal fo Experimental Botany**, Vol. 52, No. 361, pp. 1655-1663, Université de Caen, France, 2001.

SHARMA, S.R.; KOLTE, S.J. Effect of soil applied NPK fertilizers on the severty of black spot disease (*Alternaria brassicae*) and yield of oilssed rape. **Plant Soil**, v.167, p.313-320, 1994.

STAFF, O. **Agronomy guide for field crops –** publication 811, 2002. Disponível em www.omafra.gov.on.ca/english/crops/pub811/p811toc.html. Acesso em 07 junho 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 719p., 2004.

TOMM, G. O.; FERREIRA, P. E. P.; AGUIAR, J. L. P.; CASTRO, M. G.; LIMA, S. M. V.; MORI, C. **Panorama atual e indicações para aumento da eficiência da produção de canola no Brasil.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2010. 27 p. Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do118.htm. Acesso em 03 de julho de 2012.

TOMM, G. O.; WIETHÖLTER, S.; DALMAGO, G. A.; SANTOS, H. P. **Tecnologia para a produção de canola no Rio Grande do Sul.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009. 41 p. Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do113.htm. Acesso em 03 julho de 2012.

WALTON, G.; MENDHAM, N. ROBERTSON, M. POTTER, T. **Phenology, Physiology and Agronomy.** 2000. Disponível em: http://regional.org.au/au/gcirc/canola/p-04.htm?print=1. Acesso em: 17 de julho de 2011.

WESTON, D., SEELIG, B., **Managing Nitrogen Fertilizer to Prevent Groundwater Contamination**. Extension Bulletin No. 64, April, 1994. North Dakota State University. Disponível em: http://www.ag.ndsu.edu/pubs/plantsci/soilfert/eb64w.htm. Acesso em: 20 de jan. 2009.

WHITE, R. E. **Princípios e práticas da ciência do solo: o solo como um recurso natural**. 4° Ed. São Paulo: Andrei, 2009. 426 p.

WRIGHT, G.C.; SMITH, C.J.; WOODRO, M. R. The effect of irrigation and nitrogen fertilizer on rapeseed (*Brassica napus*) production in South-Eastern Australia. **Growth and seed yield. Irrigation Science**, v.9, p.1 – 13, 1988.

IV CAPÍTULO 1 - RESPOSTA DA CANOLA À FONTES E DOSES DE NITROGÊNIO APLICADAS NA SEMEADURA

RESUMO

RESPOSTA DA CANOLA À FONTES E DOSES DE NITROGÊNIO APLICADAS NA SEMEADURA

O termo canola é um acrônimo de CANadian Oil Low Acid e foi adotado como padrão para indicar baixos teores de ácido erúcico e glucosinolatos. De um modo geral, os solos tropicais apresentam baixa disponibilidade de nitrogênio (N) em função dos baixos estoques de matéria orgânica, exigindo o fornecimento externo de N para suprir as demandas da cultura. Dentre as principais fontes de N utilizados na cultura da canola estão os adubos nitrogenados uréia e sulfato de amônio. Existem diversos estudos indicando o efeito positivo do N sobre a produtividade da cultura da canola. No entanto, alguns autores observaram uma estagnação ou redução na produtividade da canola com altas doses de N. Neste contexto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a respostas da cultura da canola a fontes e doses de N. O experimento foi realizado na unidade experimental da Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PUCPR - campus Toledo. O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial 7x2, constando de sete doses de nitrogênio na semeadura (0; 20; 40; 60; 80; 100 e 120 kg ha^{-1} de N) e duas fontes de N (sulfato de amônio e uréia), com quatro repetições. O experimento foi implantado em três épocas de semeadura: 23/04, 12/05 e 20/06, correspondendo respectivamente ao centro, fim e após o período recomendado no Zoneamento Agrícola. Todos os tratamentos receberam a adubação correspondente a 300 kg ha^{-1} de N, P_2O_5 e K_2O na formulação 00-25-25 aplicado na semeadura, além da quantidade de N correspondente ao tratamento pré-estabelecido. Foram avaliados o diâmetro basal, altura de planta, número de plantas m^{-2}, massa seca de folhas, massa seca de caule+pecíolo, massa seca de inflorescência, massa seca da parte aérea, área foliar, razão de área foliar, massa de síliquas por planta, massa por síliqua, massa de grãos por síliqua, massa de mil grãos, produtividade, teor de nitrogênio foliar, teor de proteína e óleo nos grãos e rendimento de óleo por hectare. Os resultados obtidos mostram que as variáveis avaliadas não foram influenciadas pelas fontes de nitrogênio utilizadas, sulfato de amônio e uréia. Entretanto, as variáveis foram influenciadas significativamente pelas doses de nitrogênio, sendo a maior produtividade alcançada com 88 kg ha^{-1} de N. O aumento nas doses de N promove um incremento nos teores de proteína reduzindo, por consequência o teor de óleo nos grãos.

Palavras-chaves: sulfato de amônio, uréia, teor de proteína, teor de óleo.

ABSTRACT

RESPONSE OF CANOLA TO RATE AND NITROGEN SOURCES APPLIED IN THE SOWING.

The canola term is an acronym for Canadian Oil Low Acid and was adopted as the standard to indicate low levels of erucic acid and glucosinolates. In general, tropical soils are poor in available nitrogen (N) because of the low stocks of organic matter, requiring the external supply of N to meet the demands of the culture. Among the main sources of N used in the culture of canola are nitrogen fertilizers urea and ammonium sulfate. There are several studies indicating the positive effect of N on the yield of canola. However, some authors have observed a stagnation or decrease in

productivity of canola with high doses of N. In this context, the objective of this study was evaluate the response of canola to nitrogen sources and doses. The experiment was conducted in the experimental units at the Catholic University of Paraná - PUCPR - Toledo campus. The experimental design was randomized blocks in a 7x2 factorial arrangement, consisting of seven levels of nitrogen at sowing (0, 20, 40, 60, 80, 100 and 120 kg N ha^{-1}) and two N sources (ammonium sulfate and urea), with four replications. The experiment was implemented in three production cycles, corresponding to the following sowing dates: production cycle 1: 12/05/2009; production cycle 2: 20/06/2009 and production cycle 3: 23/04/2010. All treatments received a fertilizer equivalent to 300 kg ha^{-1} of NPK 00-25-25 formulation. Each plot, in addition the dose of NPK, received the corresponding amount of nitrogen treatment. Were evaluated the basal diameter, plant height, number of plants m^{-2}, dry leaves, dry weight of stem + petioles, inflorescence dry mass, total plant dry mass, leaf area, leaf area ratio, mass pods per plant, weight per pod, weight of grains per pod, thousand grain weight, yield, leaf N content, protein and oil content in grain and oil yield per hectare. The results show that the variables were not influenced by sources of nitrogen fertilizer, ammonium sulfate and urea. However, the variables were significantly influenced by nitrogen levels, and the higher productivity achieved with 88 kg ha^{-1} N. The increase of N doses promotes an increase in the protein content reducing therefore the oil content in grains.

Keywords: ammonium sulfate, urea, protein, oil content.

1 INTRODUÇÃO

A canola (*Brassica napus* L var oleífera) pertence à família das brássicas e ao gênero *Brassica.* É uma oleaginosa de inverno desenvolvida a partir do melhoramento genético da colza. O termo canola é um acrônimo de CANadian Oil Low Acid e foi adotado como padrão para indicar baixos teores de ácido erúcico (menos de 2% do total de ácidos graxos) e glucosinolatos (menos de 30 μmol g^{-1} de farelo seco e desengordurado).

A canola é uma cultura altamente responsiva à aplicação de nitrogênio (N), sendo necessário o fornecimento externo deste elemento, pois de um modo geral, os solos tropicais apresentam baixa disponibilidade em função dos baixos estoques de matéria orgânica (WHITE, 2009).

Dentre as principais fontes de adubação nitrogenada usadas para suprir as necessidades de N na cultura da canola estão a uréia ($CO(NH_2)_2$) e o sulfato de amônio (NH_4NO_3). A uréia contém 45% de N e o sulfato de amônio contém 21% de N e 23% de S (MALAVOLTA et al. 2002).

Existem diversos estudos indicando o efeito positivo do N sobre a produtividade da cultura da canola (NARITS, 2010; ÖZTÜRK, 2010; TOMM et al., 2009, KARAASLAN, 2008; RATHKE, et al., 2006). No entanto, alguns autores observaram uma estagnação ou redução na produtividade da canola com altas doses de N (EL-NAKHLAWY e BAKHASHWAIN, 2009; CHEEMA et al., 2001; GAMMELVIND, 1996). A resposta e a eficiência do uso de N varia de acordo com a dose aplicada. Entretanto na produtividade da cultura da canola, além das quantidades de N, existem outros fatores que interferem diretamente sobre o desempenho da canola, tais como níveis de fertilidade do solo, fatores ambientais como a temperatura e a precipitação e a qualidade genética das sementes.

No Brasil, para uma expectativa de produção de 1.500 kg ha^{-1} de grãos, recomenda-se a aplicação de 60 kg ha^{-1} de N. Para expectativas de rendimento superiores, deve-se acrescentar 20 kg ha^{-1} de N por tonelada adicional de grãos (TOMM et al., 2009). Nos Estados Unidos, Franzen e Lukach (2009), utilizando uma adubação de 170 kg ha^{-1} de N, obtiveram uma produção de grãos de mais de 3.300 kg ha^{-1}. Cheema et al. (2010) no Paquistão, aplicando a mesma dose, obtiveram a produtividade de 2.812 kg ha^{-1}. Karamanos et al., (2006), no Canadá, obtiveram a produtividade de 2.600 kg ha^{-1} aplicando a dose de 160 kg ha^{-1} de N

Na cultura da canola, o N influencia o número de hastes por planta, o número e a massa de síliquas por planta, a massa da síliqua, a massa seca total da planta, a área foliar, o número e a massa de grãos por planta (CHEEMA, et al.,2001). O fornecimento adequado de N não só incrementa o desenvolvimento, mas também a manutenção das folhas fotossinteticamente ativas, melhorando ainda a produção de flores e síliquas. Determinar a fonte e a dose da adubação nitrogenada são aspectos de extrema relevância na produção da cultura da canola (AHMAD et al., 2006).

Este trabalho teve por objetivo quantificar as respostas da cultura da canola a fontes e doses de nitrogênio aplicadas na semeadura.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização e Caracterização da Área Experimental

O experimento foi conduzido na unidade experimental da Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PUCPR – Campus Toledo, região Oeste do Paraná, localizada a 24º 42' 49'' S, e 53º 44' 35'' W e altitude de 574m. Com base na classificação climática de Köeppen, o clima é do tipo subtropical úmido mesotérmico, com verões quentes, sem estações secas e com poucas geadas, com uma temperatura média de 22°C e precipitação média da região de 1600 mm (CAVIGLIONE et al, 2000).

O solo da unidade experimental foi classificado como LATOSSOLO VERMELHO Eutroférrico típico (EMBRAPA, 2006). Foram coletadas amostras de solo nas profundidades de 0 a 20 cm para análise química, sendo os resultados apresentados no quadro 1.

Quadro 1 – Características químicas das amostras de solo na profundidade de 0 – 20 cm, coletadas previamente a implantação dos experimentos (IAPAR, 1992). Marechal Cândido Rondon, UNIOESTE, 2009/2010. [1]ES = época de semeadura

ES[1]	pH ($CaCl_2$)	C	P	S-SO_4	H+Al	Al^{3+}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^{+}	Areia	Silte	Argila
		g dm^{-3}	mg dm^{-3}		$cmol_c$ dm^{-3}					g kg^{-1}		
12/04/09	5,0	28,4	15,6	12,4	6,21	0,00	6,34	2,47	0,26	110	140	750
23/04/10	4,7	21,4	13,0	13,3	7,20	0,00	5,04	2,30	0,18	90	130	780

2.2 Delineamento Experimental e Condução do Experimento

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial 7x2, com quatro repetições, constando de sete doses de nitrogênio aplicados na semeadura (0; 20; 40; 60; 80; 100 e 120 kg ha^{-1} de N) e duas fontes de nitrogênio (sulfato de amônio e uréia).

O experimento foi implantado em dois anos agrícolas, nas datas de semeadura correspondente a 12/05/2009 e 23/04/2010. Cada parcela foi constituída por 15 fileiras, com espaçamento de 0,17 m e 6 m de comprimento, perfazendo uma área de 15,3 m^2 (2,55 m x 6 m). Em cada parcela, a coleta das informações foi realizada dentro da área útil, composta pela área da parcela desconsiderando-se um metro em cada uma das extremidades no sentido longitudinal e as quatro linhas em

cada um dos lados da parcela, perfazendo-se uma área de 5 m^2 de área útil. Na data da semeadura foram aplicados 300 kg ha^{-1} de adubo na fórmula 00-25-25, quantidade que se ajusta à expectativa de produtividade de 2.500 kg ha^{-1} (TOMM, 2007b). Como fonte de N foram utilizados o sulfato de amônio e a uréia na quantidade equivalente às doses de N estabelecidas nos respectivos tratamentos.

No momento da semeadura da canola foram utilizadas entre oito a dez sementes por metro linear, objetivando obter uma população de 40 a 50 plantas m^{-2}.

2.3 Caracterização do Material Vegetal

O genótipo de canola usado foi o híbrido Hyola 61. Suas sementes são produzidas na Austrália, sendo utilizadas em muitos países devido à sua elevada estabilidade de rendimento em ambientes diversos (América do Norte, Oriente Médio, Ásia, Oceania e América do Sul). Segundo Tomm (2007b), as principais características deste híbrido são: resistência poligênica ao fungo causador da canela-preta; ciclo médio de 123 a 155 dias; altura média de plantas de 78 a 129 cm; excelente desempenho tanto sob deficiência hídrica como sob frios intensos.

2.4 Variáveis Avaliadas

2.4.1 Variáveis biométricas

As variáveis biométricas avaliadas estão de acordo com os critérios adotados no Canadá e na Austrália (TOMM, 2006). De cada parcela, foram selecionadas ao acaso, cinco plantas para a análise das seguintes variáveis:

2.4.1.1 Diâmetro basal

Foi determinado com o auxílio de um paquímetro digital, medindo-se aleatoriamente o diâmetro basal de cinco plantas por parcela.

2.4.1.2 Altura de planta

Para a mensuração da altura média de plantas foi considerada a medida da base até a extremidade superior dos ramos com síliquas. Esta foi determinada no estádio G_4 (quando as dez primeiras síliquas começam a madurar), com o auxílio de uma régua, em cinco pontos aleatórios da área útil da parcela.

2.4.1.3 Número de plantas por metro quadrado

*A*pós a colheita da canola, foi realizada a contagem de todas as plantas dentro da área útil, sendo o resultado dividido por cinco para obtenção da média por parcela.

2.4.1.4 Massa seca total da parte aérea da planta, massa seca de folhas; massa seca de caule + pecíolo; e massa seca de inflorescências

No estádio D_1 (pré florescimento) foram coletadas cinco plantas por parcela e seccionadas em folhas, caule+pecíolo e flores. Cada parte foi acondicionada em sacos de papel e postas para secar em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C até atingirem massa constante. Em seguida as amostras foram pesadas em balança de precisão obtendo-se as seguintes variáveis: massa seca de folhas, massa seca de caule + pecíolo, massa seca de inflorescências e massa seca total da planta.

2.4.1.5 Área foliar

Das folhas coletadas nas cinco plantas, foram realizadas amostragem para determinação da área foliar, seguindo metodologia de BENINCASA (1988), com modificações. Após a separação das folhas, foram retirados 20 discos foliares de área conhecida (1,77 cm^2) de cada parcela experimental, que foi considerada a área

foliar da amostra ($AF_{amostra}$). Em seguida, após a secagem em estufa de circulação forçada de ar, à temperatura de 65ºC, até atingirem massa constante (≅ 24 horas), foi determinada a massa seca da amostra ($MS_{amostra}$) e a massa seca das folhas (MSF). A área foliar total (AF) foi obtida através da seguinte equação:

$AF = [(AF_{amostra} \times MSF)/MS_{amostra}]$.

2.4.1.6 Razão de área foliar

A razão de área foliar é a relação entre área foliar (dm^2) necessária para produzir um grama de massa seca da planta. Para a obtenção da razão de área foliar foi dividido a área foliar da planta pela massa seca total da planta.

2.4.2 Determinação do Teor de Nitrogênio Foliar

Para avaliar o teor de nitrogênio foliar foram coletadas cinco plantas de cada parcela no estádio D_1. O nitrogênio foliar foi determinado pelos métodos de digestão, destilação e titulação, descrito por TEDESCO et al. (1995). O procedimento utilizado foi o de aquecimento das amostras (0,2 gramas de folhas de canola + 0,7 gramas da mistura (Na_2SO_4 + $CuSO_4$ + Se)) em tubos de ensaio com cinco mL de ácido sulfúrico e dois mL de água oxigenada em um aquecedor, elevando-se a temperatura gradualmente em 50°C a cada 30 minutos, até atingir a temperatura de 350°C para digestão. Em seguida as amostras foram submetidas à destilação com NaOH concentrado, aquecendo-se em seguida para a liberação da amônia dentro de um volume de 5 mL de uma solução com ácido bórico, sendo titulado na sequência com HCl. Com o valor obtido a partir da titulação, foi calculado a concentração de nitrogênio total (NT) a partir da seguinte equação:

$$NT = \{[(Va - Vb) \times F \times 0,1 \times 0,014 \times 100]\}/P_1$$

Onde:

NT – teor de nitrogênio total na amostra, em porcentagem;

Va – volume (mL) da solução de HCl gasto na titulação da amostra;

Vb – volume (mL) da solução de HCl gasto na titulação em branco;

F – fator de correção para o HCl 0,01 mol L^{-1};

P_1 – massa (g) da amostra.

2.4.3 Determinação do Teor de Proteína Bruta e Óleo na Massa de Grãos

Para as análises de teor de proteína bruta e teor de óleo dos grãos foi retirada uma amostra de 100 g de material seco em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C e moído em moinho tipo martelo, modelo Tecnal TE 631/2.

O teor de nitrogênio nos grãos (NT) foi obtido pelos métodos de digestão, destilação e titulação, descrito por TEDESCO et al. (1995), como já descrito.

Para a determinação do teor de proteína bruta, multiplicou-se o valor encontrado para NT, por 6,25, fator que converte o NT em proteína bruta, ao considerar que a proteína contém em suas moléculas aproximadamente 16% de nitrogênio (JONES, 1931). Desta forma, a proteína bruta (PB) foi calculada pela equação:

$$PB = NT \times 6,25$$

O teor de óleo por sua vez, foi determinado calculando-se o extrato etéreo, segundo SILVA (1990). Da amostra de grãos, foram pesados dois gramas, que foram embrulhados em papel pesafiltro na forma de cartucho e inseridos nos tubos coletores do aparelho de extração modelo Goldfish. Em cada um dos tubos se adicionou ainda 60 mL de éter de petróleo. Os tubos com as amostras permaneceram no aparelho por aproximadamente cinco horas para a extração total do óleo. Após esse período, os tubos foram levados para uma estufa a 140 °C por uma hora, para a evaporação total do éter, restando apenas o óleo, sendo em seguida levados ao dessecador para resfriamento e posterior pesagem. O teor de óleo (%) da massa de grãos foi obtido a partir da seguinte equação:

$$TO = [(T_2 - T_1) \times 100] / P_1$$

Onde:

TO – teor de óleo;

T_2 – massa do tubo com óleo;

T_1 – massa do tubo vazio;

P_1 – massa (g) da amostra.

2.4.4 Componentes da Produção e Produtividade

2.4.4.1 Massa de síliquas por planta

Foram retiradas as síliquas de cinco plantas por parcela. Estas síliquas foram colocadas em estufa de circulação forçada de ar a 65°C até atingir massa constante, sendo então pesados e esse peso dividido por cinco.

2.4.4.2 Massa por síliqua

Foram retiradas aleatoriamente 50 síliquas de cinco plantas por parcelas. As síliquas foram colocadas em estufa de circulação forçada de ar a 65°C até atingir massa constante, sendo então pesados e o resultado dividido por 50.

2.4.4.3 Massa de grãos por síliqua

A massa seca dos grãos foi determinada a partir da debulha manual de 50 síliquas retiradas aleatoriamente de cinco plantas por parcela. Os grãos foram colocados em estufa de circulação forçada de ar a 65°C até atingir massa constante, sendo então pesados e esse peso dividido por 50.

2.4.4.4 Massa de 1.000 grãos

Para determinar a massa de mil grãos foi realizada a contagem de 10 sub-amostras de 100 grãos. A massa de mil grãos obtida através da somatória da massa das 10 sub-amostras.

2.4.4.5 Produtividade

As plantas de uma área de cinco metros quadrados de cada parcela foram debulhadas em trilhadora mecânica, e os grãos secados em estufa de circulação forçada de ar a 65°C até atingir massa constante, sendo posteriormente pesadas.

Para todos os componentes da produção e produtividade, a massa obtida foi corrigida para 10% de umidade, base úmida, segundo metodologia descrita nas Regras para Análises de Sementes (Brasil, 2009).

2.4.5 Determinação do Rendimento de Óleo

A determinação do rendimento de óleo da massa de grãos por unidade de área (hectare) foi realizada multiplicando-se o resultado do teor de óleo da massa de grãos versus a produtividade obtida.

2.5 Análise dos Dados

Após a tabulação, os dados dos experimentos foram submetidos à análise de variância conjunta pelo teste F ($P \leq 0,05$) e quando significativos foram submetidas à análise de regressão polinomial, utilizando-se o software “SISVAR” (FERREIRA, 2000). Usou-se o teste T de Student para a escolha da equação para a análise de regressão em relação às doses de nitrogênio utilizadas.

Para a determinação da dose de N, que resultou em máxima eficiência para as variáveis, calculou-se a derivada primeira de cada equação de regressão igualando-a a zero.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Variáveis Biométricas

Constataram-se diferenças significativas pelo teste F($p \leq 0,05$) para as variáveis biométricas diâmetro basal (DB), altura de planta (AP), número de plantas por metro quadrado (NPM2), massa seca de folhas (MSF), massa seca de caule+pecíolo (MSC+P), massa seca da parte aérea (MSA) relacionadas às fontes de variação experimento, para todas as variáveis biométricas menos número de plantas por metro quadrado (NPM2) relacionadas dose, para as variáveis biométricas DB, AP MSF, MSI e MSA relacionadas à interação experimento e doses de nitrogênio (N) da cultura da canola. Por outro lado, não se observaram diferenças significativas pelo teste F ($p \leq 0,05$) para as fontes de variação fonte de N e as interações experimento e fonte de N, fonte e dose de N e a interação tripla experimento, fonte e dose de N, conforme pode ser observado na tabela 1.

Analisando-se a interação experimento e dose de N (Tabelas 2 e 3 e Figuras 2 e 3), especificamente com relação aos experimentos (Tabelas 2 e 3), pode-se observar que para as variáveis DB, AP, NPM2, MSF, MSI e MSA houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre os experimentos, sendo que o experimento semeado em 12/05/09 apresentou um maior DB, MSF, MSI e MSA, enquanto que o experimento semeado em 23/04/10 apresentou uma maior AP e NPM2, indicando que existe uma relação diretamente proporcional entre o NPM2 e AP, e que estes por sua vez, tem uma relação inversamente proporcional sobre DB, MSF, MSI e MSA: quanto menor o NPM2, menor a AP, maior o DB, MSF, MSI e MSA.

O menor NPM2 observado no experimento semeado em 12/05/09 pode estar associado aos altos índices pluviométricos (Figura 1) ocorridos no período de sua semeadura, uma vez que as fortes chuvas podem ter afetado o índice de emergência das plântulas, pois as demais condições como qualidade das sementes e profundidade de semeaduras estavam adequadas.

Tabela 1. Resumo da análise de variância para diâmetro basal (DB), altura de planta (AP), número de plantas por metro quadrado (NPM2), massa seca de folha (MSF), massa seca de caule+pecíolo (MSC+P), massa seca de inflorescência (MSI), massa seca da parte aérea (MSA), área foliar (AF) e razão de área foliar (RAF) de plantas de canola, híbrido Hyola 61, em função de dois experimentos, fontes e doses de N aplicadas na semeadura. Marechal Cândido Rondon, UNIOESTE, 2009/2010

Fontes de Variação	GL	QUADRADO MÉDIO								
		DB	AP	NPM2	MSF	MSC+P	MSI	MSA	AF	RAF
Bloco/Exp	6	3,84	258,80	275,38	9,53	12,45	5,18	22,43	371,90	0,78
Exp[1] (A)	1	290,60**	9.833,06**	3.132,21**	113,76**	6,47*	501,89**	1.198,32 **	548.88 ns	0,64 ns
Fonte N[2] (B)	1	2,89 ns	36,29 ns	0,03 ns	1,82 ns	0,32 ns	0,43 ns	1,59 ns	91,66 ns	0,28 ns
Dose N[3] (C)	6	48,68**	628,36**	66,93 ns	189,15**	208,64**	65,08**	1.308,64**	5.670,20**	33,67**
A x B	1	4,02 ns	0,04 ns	0,00 ns	4,89 ns	14,21 ns	0,05 ns	3,21 ns	641,76 ns	0,58 ns
A x C	6	4,34**	28,79 *	2,68 ns	9,23*	1,79 ns	16,05**	40,53 **	30,94 ns	0,19 ns
B x C	6	7,25 ns	9,56 ns	51,51 ns	4,77 ns	4,63 ns	0,60 ns	21,19 ns	193,16 ns	0,26 ns
A x B x C	6	2,44 ns	9,38 ns	2,06 ns	1,86 ns	8,67 ns	0,37 ns	7,36 ns	166,41 ns	0,61 ns
Resíduo	78	2,41	18,60	42,02	3,33	3,49	1,19	9.18	114,90	0,49
Média Geral		14,66	96,29	26,44	8,81	7,88	4,70	21,38	103,84	5,42
CV (%)		10,59	4,48	24,51	20,71	23,72	23,19	14,17	10,32	12,97

ns, *, ** Não significativo, significativo a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. [1]Correspondente a dois experimentos semeados em dois anos agrícolas, na data de 12/05/2009 e 23/04/2010. [2]Correspondente a duas fontes de nitrogênio: uréia e sulfato de amônio. [3]Correspondente a sete doses de nitrogênio, sendo todas aplicadas na semeadura.

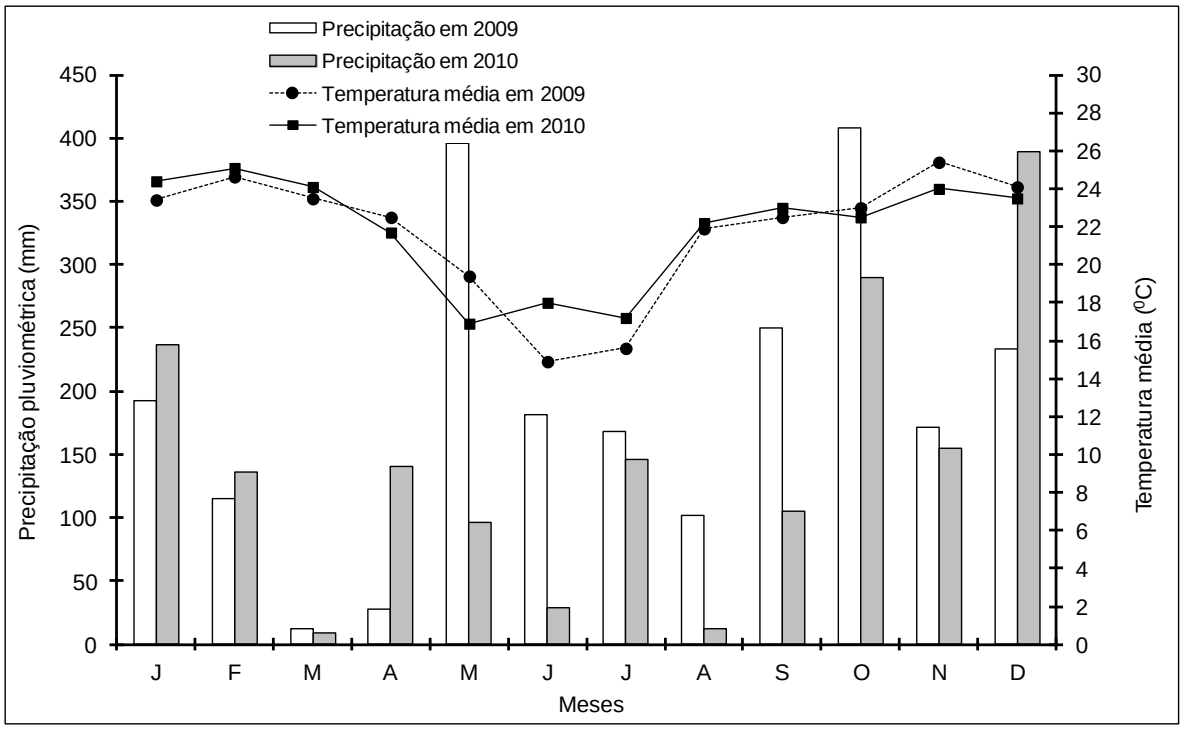

Figura 1 – Médias mensais de precipitação e temperatura da área do experimento nos anos 2009 e 2010 (Fonte: SIMEPAR, 2010). Marechal Cândido Rondon, UNIOESTE, 2009/2010.

As menores quantidades de MSF, MSI e MSA observados no experimento semeado em 23/04/10 podem ter sido influenciadas também pelos índices pluviométricos muito abaixo da média nos meses de maio e junho, período em que foi feita a coleta do material vegetal, pois a falta de umidade no solo durante a antese pode reduzir em 50% a produção de massa seca da parte aérea e consequentemente a produtividade da canola (WALTON et al., 2000).

Não houve diferença significativa ($p>0,05$) entre os experimentos para as variáveis biométricas área foliar (AF) e razão de área foliar (RAF), conforme pode ser observado na tabela 4.

Com relação às doses da adubação nitrogenada, pode-se observar que as variáveis DB, AP, MSF, FSC+P, MSI, MST, AF e RAF foram influenciadas significativamente ($p\leq0,05$) pelas doses de N (Figuras 2 e 3). Por outro lado, a variável NPM2 não foi influenciada ($p>0,05$) pelas doses de N, indicando que o N não afeta a germinação e a emergência das plântulas de canola.

Tabela 2. Resultados médios para diâmetro basal (DB), altura de planta (AP), número de plantas m^{-2} (NPM2) e massa seca de folha (MSF) de plantas de canola, híbrido Hyola 61, em função de dois experimentos dentro de diferentes doses de nitrogênio aplicadas na semeadura. Marechal Cândido Rondon, UNIOESTE, 2009/2010

Doses[3]	DB		AP		NPM2		MSF	
	--- mm / planta ---		---- cm / planta ----		---- n° plantas ----		----- g / planta ----	
	12/05[2]	23/04[2]	12/05	23/04	12/05	23/04	12/05	23/04
0	12,35a[1]	10,34b	75,90b	89,62a	22,18b	33,26a	4,45a	3,60a
20	16,37a	12,41b	86,31b	105,37a	18,14b	27,22a	7,83a	5,52b
40	14,96a	12,79b	87,66b	106,12a	21,99b	32,99a	9,16a	6,49b
60	16,07a	13,50b	88,92b	110,12a	22,24b	33,36a	12,46a	8,82b
80	18,50a	14,05b	90,97b	108,12a	22,81b	34,22a	17,79a	12,11b
100	18,74a	14,38b	90,91b	112,37a	20,48b	30,71a	10,78a	8,43b
120	16,92a	13,83b	87,77b	107,87a	20,23b	30,34a	8,94a	6,92b

[1]Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05). [2]Correspondente a dois experimentos semeados em dois anos agrícolas, na data de 12/05/2009 e 23/04/2010. [3]Correspondente a kg ha^{-1} de N.

Tabela 3. Resultados médios para massa seca de caule+pecíolo (MSC+P) e massa seca de inflorescência (MSI), massa seca de parte aérea (MSA), área foliar (AF) e razão de área foliar (RAF) de plantas de canola, híbrido Hyola 61, em função de dois experimentos dentro de diferentes doses de nitrogênio aplicadas na semeadura. Marechal Cândido Rondon, UNIOESTE, 2009/2010

Doses[3]	MSC+P		MSI		MSA		AF		RAF	
	---- g / planta ---		-- g / planta --		-- g / planta --		- dm^2 / planta -		--- dm^2 gr^{-1}---	
	12/05[2]	23/04[2]	12/05	23/04	12/05	23/04	12/05	23/04	12/05	23/04
0	3,40a[1]	3,16a	3,12a	1,25b	10,97a	8,00b	78,3a	73,1a	7,81a	8,33a
20	5,23a	4,75a	4,55a	2,22b	17,61a	12,49b	93,3a	89,9a	6,17a	6,18a
40	6,48a	7,02a	6,47a	2,15b	22,11a	15,65b	105,0a	97,8a	5,51a	5,46a
60	9,35a	10,98a	8,56a	3,34b	30,38a	23,15b	118,1a	114,3a	4,45a	4,39a
80	13,97a	14,43a	12,26a	4,42b	44,02a	30,96b	139,0a	130,5a	3,64a	3,62a
100	8,49a	9,42a	7,43a	2,78b	26,63a	26,70b	109,5a	109,3a	4,53a	4,81a
120	6,46a	7,08a	5,29a	1,91b	20,80a	15,91b	99,2a	96,4a	5,32a	5,42a

[1]Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05). [2]Correspondente a dois experimentos semeados em dois anos agrícolas, na data de 12/05/2009 e 23/04/2010. [3]Correspondente a kg ha^{-1} de N.

Observando-se a Figura 2, pode-se constatar que a variável DB (Figura 2a) apresentou um melhor desempenho com 96 e 95 kg ha^{-1} de N, respectivamente nos experimentos semeados em 12/05/09 e 23/04/10, proporcionando respectivamente o DB de 17,9 e 14,2 mm. Paralelamente, a variável AP (Figura 2b) apresentou um melhor resultado com 80 e 82 kg ha^{-1} de N, respectivamente nos dois experimentos,

12/05/09 e 23/04/10, proporcionando uma altura de 91 e 116 cm. Os resultados indicam que há uma relação inversamente proporcional entre DB e AP. No entanto, doses maiores de N proporcionam aumentos tanto no DB quanto na AP, pois o N incrementa a taxa de conversão de carboidratos em proteínas, que por sua vez são importantes na estrutura do protoplasma celular, incrementando o tamanho da célula que é manifestado morfologicamente no aumento da área foliar e nas taxas de crescimento da cultura (YASARI, 2008).

Com relação à MSF pode-se constatar que houve um melhor desempenho com a adubação de 73 e 74 kg ha^{-1} de N, respectivamente nos experimentos semeados em 12/05/09 e 23/04/10, proporcionando respectivamente 14 e 9 g $planta^{-1}$ de MSF (Figura 2c). Curiosamente no experimento semeado em 23/04/10 houve uma maior absorção de N, proporcionando, no entanto, menor resultado em termos de produção de MSF. No referido experimento, houveram condições climáticas de precipitação e temperatura que proporcionaram um bom desenvolvimento inicial da cultura (Figura 1), mas que foram adversas no período de coleta do material vegetal. Este resultado é corroborado pela variável MSI, apresentando também resultado inferior neste experimento, conforme pode ser observado na Figura 3a, onde houve um melhor desempenho com 71 e 69 kg ha^{-1} de N, nos experimentos semeados respectivamente em 12/05/09 e 23/04/10, proporcionando 9 e 3 g $planta^{-1}$ de MSI.

Quando se avalia a MSC+P (Figura 2d), o melhor desempenho para a variável foi alcançado com 74 e 75 kg ha^{-1} de N, respectivamente, nos experimentos semeados em 12/05/09 e 23/04/10, proporcionando, respectivamente 10 e 11 g por planta de MSC+P, levando a inferir que a quantidade de N absorvida foi semelhante nos dois experimentos da cultura, gerando resultados proporcionais em termos de produção de MSC+P.

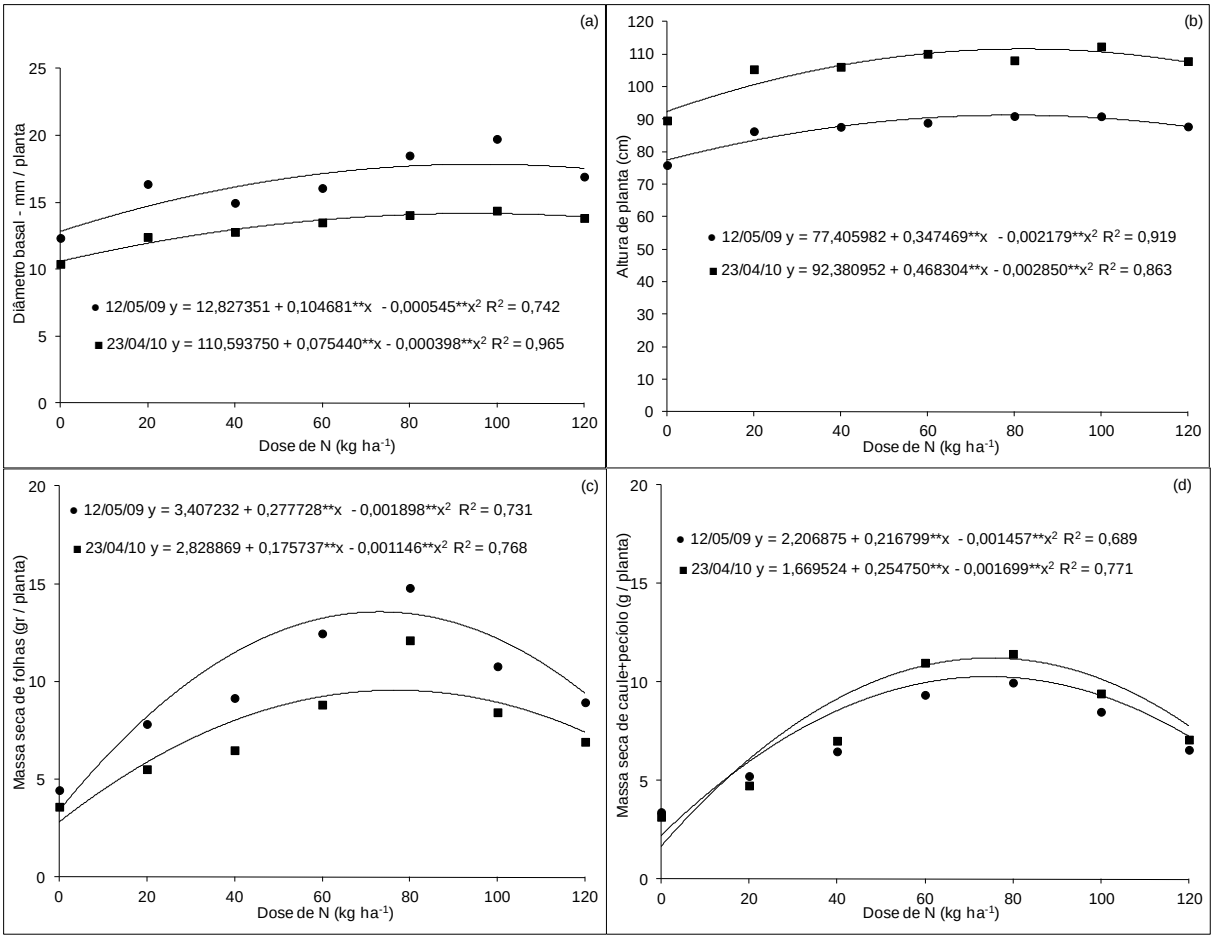

Figura 2. Diâmetro basal (a), altura de planta (b), massa seca de folha (c) e massa seca de caule+pecíolo (d) de plantas de canola, híbrido Hyola 61, em função de diferentes doses de N aplicadas em dois experimentos semeados em 12/05/09 e 23/04/10. Marechal Cândido Rondon, UNIOESTE, 2009/2010. **significativo pelo teste T de Student (p≤0,01).

Quanto à MSA das plantas, na figura 3b observa-se que os melhores resultados foram alcançados com 74 e 73 kg ha^{-1} de N, respectivamente nos experimentos semeados em 12/05/09 e 23/04/10, proporcionando respectivamente 29 e 28 g $planta^{-1}$ de MSA. Os resultados das doses de N encontrados para a produção de massa seca da parte aérea, para os dois experimentos da cultura, indicam que há uma tendência de que a dose de 73 kg ha^{-1} de N seja a quantidade mais indicada para a produção de massa seca da parte aérea da cultura da canola. Cheema et al. (2001) tiveram uma maior produção de MSA com 90 kg ha^{-1} de N. Mandal e Sinha (2004) observaram que houve um aumento na taxa de fotossíntese com a dose de 100 kg ha^{-1} de N, com concomitante incremento no aproveitamento da radiação solar, proporcionando um aumento no acúmulo de MAS. No entanto, diversas pesquisas relatam que a massa seca da parte aérea da cultura da canola aumenta linearmente com o aumento nas taxas de aplicação de N (TAYLOR et al,

1991; KUMAR et al., 1997; EL-NAKHLAWY e BAKHASHWAIN, 2009, SHARIFI et al., 2009).

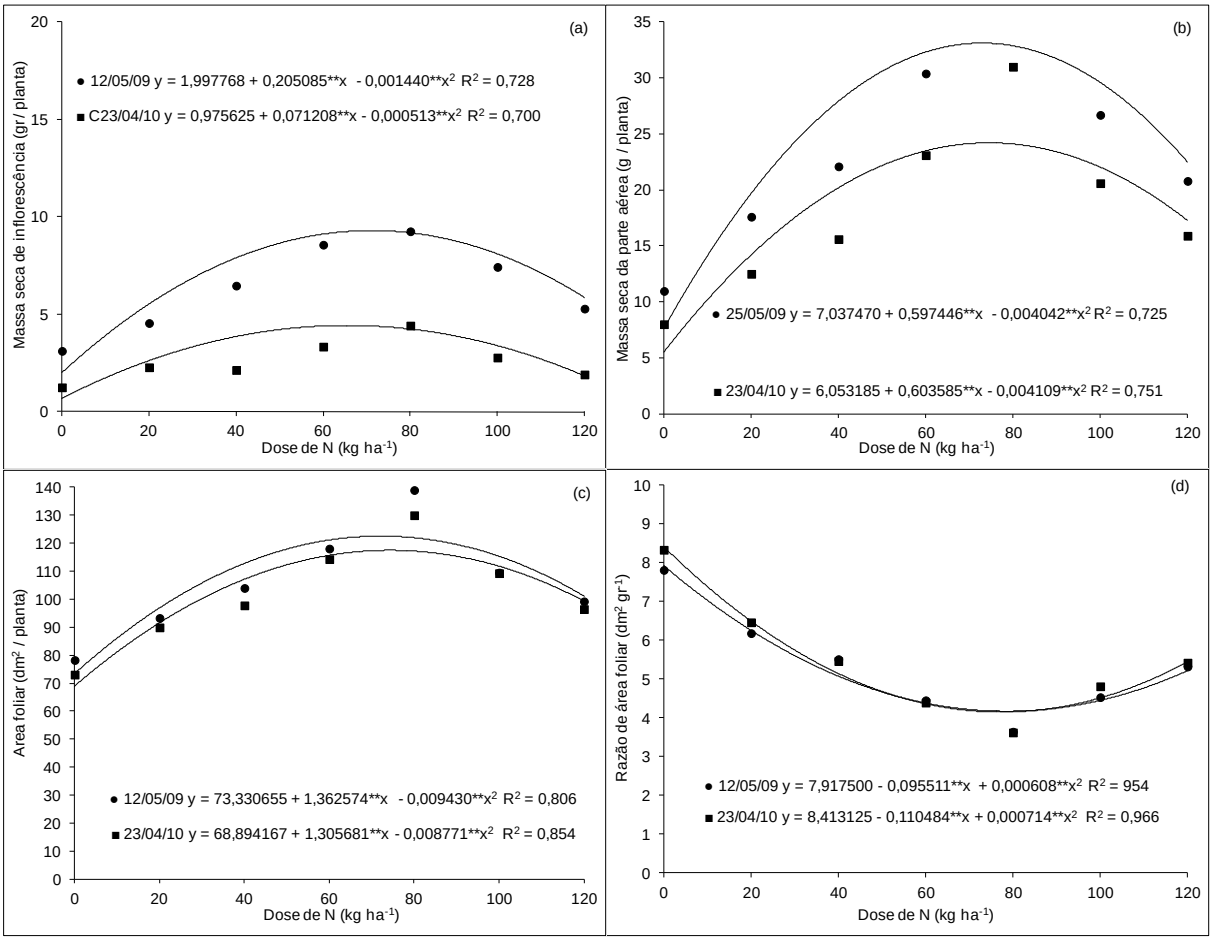

Figura 3. Massa seca de inflorescência (a), massa seca da parte aérea (b), área foliar (c) e razão de área foliar (d) de plantas de canola, híbrido Hyola 61, em função de diferentes doses de N aplicadas em dois experimentos semeados em 12/05/09 e 23/04/10. Marechal Cândido Rondon, UNIOESTE, 2009/2010. **significativo pelo teste T de Student (p≤0,01).

Com relação à área foliar (AF) (Figura 3c) pode-se observar que houve melhor desempenho com 72 e 74 kg ha^{-1} de N, respectivamente nos experimentos semeados em 12/05/09 e 23/04/10, proporcionando respectivamente 122 e 117 dm^2 por planta de AF. Este resultado indica que há uma relação entre o consumo de N e o desenvolvimento de folhas na cultura, sendo o experimento semeado em 12/04/09 mais eficiente na absorção do N quando comparado ao experimento semeado em 23/04/10. Estes resultados podem ter sido influenciados pelas melhores condições de precipitação e temperatura observados no experimento semeado em 12/05/09. são semelhantes aos relatados por Walton et al. (2000), que observaram que a taxa de crescimento da canola está relacionada a quantidade de radiação solar

interceptada pelas folhas. Dependendo do híbrido e da data de semeadura, são produzidos de 9 a 30 folhas em cada um dos principais ramos da planta.

Ainda no que se refere à figura 3c, a área foliar encontrada no presente estudo não é condizente com os resultados encontrados por outros autores. Walton et al. (2000), relatam que nas condições de solo e clima da Austrália, o máximo de área foliar que uma planta pode atingir, quando se desenvolve livre de qualquer tipo de estresse, é de 200 cm^2. Faraji (2010) observou que com 75 kg ha^{-1} de N houve incremento para AF e número de flores por planta na cultura da canola. Rathke (1999) observou que para a canola, o montante de interceptação da área foliar é afetado principalmente pela estrutura do dossel, especialmente pela área foliar, que é diretamente influenciada pela suplementação de N. Cheema et al. (2001) observaram um incremento linear da área foliar na canola com o incremento da adubação nitrogenada.

Quando se considera a RAF (Figura 3d), pode-se constatar que houve um melhor desempenho com 78 e 77 kg ha^{-1} de N, respectivamente nos experimentos semeados em 12/05/09 e 23/04/10, proporcionando uma RAF de 4,1 e 4,1 dm^2 g^{-1}. Com relação à AF e RAF (Figura 3c e 3d), pode-se observar que as doses de N que obtiveram uma maior AF, obtiveram respectivamente a menor RAF, mostrando uma correlação negativa entre os dados, o que é desejável, uma vez que a RAF é a razão entre área foliar necessária para produzir um grama de massa seca da parte aérea. É desejável ainda que se tenha uma planta com grande área foliar, pois assim haverá uma maior interceptação da energia solar, ao mesmo tempo em que se busca uma alta eficiência em transformar esta energia solar em fotoassimilados para a planta (RATHKE, et al., 2006, MARENCO e LOPES, 20205 DIEPENBROCK, 2000).

Como consideração geral sobre os resultados referentes às variáveis biométricas da cultura da canola em resposta a doses e fontes de N, pode-se constatar que para as realidades de produção dos países da Europa, América do Norte e Austrália, as quantidades de N utilizadas são muito maiores que as quantidades usadas no Brasil. Os resultados indicam que a canola naqueles países é muito mais responsiva à aplicação de N do que no Brasil. Nestes países, as doses de N que proporcionam melhores resultados estão entre 150 a 200 kg ha^{-1} (KAZEMEINI, 2010; SHARIFI, 2009, SLATON et al, 2009, CHEEMA et al., 2001). Por outro lado, para as condições de solo e clima do Brasil, os resultados deste trabalho

indicam que há uma tendência a uma melhor resposta às quantidades de 70 a 80 kg ha^{-1} de N, informação corroborada por experimentos conduzidos por Tomm (2007b).

3.2 Componentes da Produção e Produtividade

Constataram-se diferenças significativas (p≤0,05) para os componentes da produção e produtividade massa de síliquas por planta (MSP), massa de mil grãos (MMG) e produtividade (PROD) relacionados ao fator experimento, para todos os componentes da produção e produtividade relacionados ao fator dose de N, para os componentes da produção e produtividade MSP e PROD relacionados ao fator interação experimento e dose de N na cultura da canola. Por outro lado, não se observaram diferenças significativas (p>0,05) para os componentes da produção e produtividade relacionados à fontes de N utilizadas e tampouco para as interações experimento e fonte de N, fonte e dose de N e para a interação tripla experimento, fonte e dose de N, conforme pode ser observado na tabela 4.

Tabela 4. Resumo da análise de variância para massa de síliqua por planta (MSP), massa por síliqua (MS), massa de grãos por síliqua (MGS) massa de mil grãos (MMG) e produtividade (PROD) de plantas de canola, híbrido Hyola 61, em função de dois experimentos, doses e fontes de N aplicado na semeadura. Marechal Cândido Rondon, UNIOESTE, 2009/2010

Fontes de Variação	GL	QUADRADO MÉDIO				
		MSP	MS	MGS	MMG	PROD
Bloco/Exp	6	69,48	466,15	260,00	0,52	212.881,67
Exp[1] (A)	1	6.682,90**	486,18 ^{ns}	169,15 ^{ns}	0,76*	521.876,37**
Fonte[2] (B)	1	0,73^{ns}	5,24 ^{ns}	158,70 ^{ns}	0,06 ^{ns}	50.773,67 ^{ns}
Dose[3] (C)	6	905,02**	3.028,06**	845,87**	2,61**	2.158.172,22**
A x B	1	22,90 ^{ns}	14,31 ^{ns}	155,85 ^{ns}	0,18 ^{ns}	36.683,26 ^{ns}
A x C	6	182,63**	367,17 ^{ns}	115,91 ^{ns}	0,21 ^{ns}	113.426,62*
B x C	6	25,32 ^{ns}	83,00 ^{ns}	62,05 ^{ns}	0,10 ^{ns}	23.657,20 ^{ns}
A x B x C	6	42,91 ^{ns}	288,73 ^{ns}	58,35 ^{ns}	0,11 ^{ns}	13.907,84 ^{ns}
Resíduo	78	32,58	205,91	57,07	0,16	39.600,80
Média Geral		27,18	80,51	39,15	2,53	1.240,96
CV (%)		21,00	17,82	19,29	16,07	16,04

^{ns}, *, ** Não significativo, significativo a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. [1]Correspondente a dois experimentos semeados em dois anos agrícolas, na data de 12/05/2009 e 23/04/2010. [2]Correspondente a duas fontes de nitrogênio: uréia e sulfato de amônio. [3]Correspondente a sete doses de nitrogênio, sendo todas aplicadas na semeadura.

Analisando-se a interação experimento e dose de N aplicado na semeadura (Tabela 5 e Figura 4), especificamente com relação aos experimentos (Tabela 5), pode-se observar que houve diferença significativa pelo teste de Tukey (p≤0,05) para os componentes da produção e produtividade MSP, MMG e PROD, sendo a MSP do experimento semeado em 12/05/09 superior ao experimento semeado em 23/04/10. Por outro lado, o experimento semeado em 23/04/10 apresenta resultados superiores com relação a MMG e a PROD.

A maior MSP do experimento semeado em 12/05/09 pode ter sido influenciado pelo menor NPM2 observado neste experimento (Tabela 2). Quanto menor o número de plantas, maior a MSP (DIEPENBROCK, 2000). Entretanto, o maior NPM2 observado no experimento semeado em 23/04/10 pode ter proporcionado uma maior PROD. De acordo com Rathke el al. (2006), a PROD está diretamente relacionada a MSP, que por sua vez é determinada pela uniformidade de distribuição e pelo número de plantas por unidade de área, pelo número de ramos, de flores e de síliquas, pelo suprimento de água, de nutrientes e por fatores hormonais. Provavelmente o maior NPM2 observado no experimento semeado em 23/04/10 tenha proporcionado uma maior PROD.

Tabela 5. Resultados médios para massa de síliquas por planta (MSP), massa por síliqua (MS), massa de grãos por síliqua (MGS), massa de mil grãos (MMG) e produtividade (PROD) de plantas de canola, híbrido Hyola 61, em função de dois experimentos, dentro de diferentes doses de nitrogênio, aplicadas na semeadura. Marechal Cândido Rondon, UNIOESTE, 2009/2010

Doses[3]	MSP		MS		MGS		MMG		PROD	
	-------- g ----------		------- mg --------		-------- mg --------		------- g ------		--------- kg ha^{-1}--------	
	12/05[2]	23/04[2]	12/05	23/04	12/05	23/04	12/05	23/04	12/05	23/04
0	20,5a[1]	12,3b	53,7a	62,6a	25,4a	26,2a	1,8a	1,8a	628a	689a
20	24,9a	16,4b	60,8b	80,2a	32,9a	39,4a	2,1b	2,6a	830b	1.057a
40	30,4a	17,3b	70,4a	80,1a	39,7a	36,9a	2,3ab	2,7a	1.018b	1.250a
60	39,3a	20,3b	81,2a	84,8a	41,0a	39,0a	2,7a	2,8a	1.234b	1.450a
80	51,3a	24,6b	101,8a	92,7a	51,6a	40,6b	3,1a	2,9a	1.764a	1.563b
100	44,1a	24,1b	94,0a	95,7a	50,6a	45,6a	2,7a	2,9a	1.515b	1.815a
120	33,9a	21,3b	87,0a	87,0a	41,5a	37,7a	2,4a	2,4a	1.218a	1.341a

[1]Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05). [2]Correspondente a dois experimentos semeados em dois anos agrícolas, na data de 12/05/2009 e 23/04/2010. [3]Correspondente a kg ha^{-1} de N.

Com relação às doses de N, pode-se observar que para a variável MSP (Figura 4a) houve uma melhor resposta à dose de 83 e 98 kg ha^{-1} de N

respectivamente, nos experimentos semeados em 12/05/09 e 23/04/10, proporcionando respectivamente 43 e 23 g por planta de síliquas. Estes resultados indicam que houve uma maior eficiência na obsorção de N no experimento semeado em 12/05/09, provavelmente por apresentar um menor NPM2, conforme pode ser observado na tabela 2. Desta forma, era esperado que o experimento semeado em 12/05/09 obtivesse uma maior MSP por apresentar um menor NPM2.

Em relação ainda ao NPM2 e as doses de N, no Iran, Ahmadi e Bahrani (2009) e Sharifi et al (2009), e El-Nachlawy e Bakhashwain (2009) no Egito, obtiveram os melhores resultados em termos de número de síliquas por planta, respectivamente com 225, 150 e 184 kg ha^{-1} de N proporcionando 152, 85 e 206 síliquas por planta e uma produtividade de 3.251, 1.167 e 1.489 kg ha^{-1} para cada dose de nitrogênio relatada. No Brasil a literatura relacionada aos componentes da produção e produtividade para a cultura da canola é escassa. Fazendo-se uma análise com os dados de MSP e produtividade do presente experimento, pode-se constatar que a dose de 83 kg ha^{-1} de N que proporcionou a melhor MSP e uma produtividade de 1.468 kg ha^{-1} (Figura 4e) é relativamente baixa se comparada com os resultados dos trabalhos citados anteriormente.

Com relação à massa por síliqua (MS) (Figura 4b) pode-se observar que houve uma melhor resposta às doses de 103 e 83 kg ha^{-1} de N respectivamente nos experimentos semeados em 12/05/09 e 23/04/10, proporcionando 93 e 91 miligramas por síliqua. Para esta variável, o experimento semeado em 12/05/09 foi quem proporcionou os melhores resultados em temos de MS, apesar da demanda de uma maior quantidade de N. Na literatura não foram encontradas referências que adotem a MS como um dos componentes da produção. No entanto, em função dos resultados encontrados no presente estudo, pode-se constatar que a MS, a exemplo dos demais componentes de produção, é um indicativo da correlação entre a dose da adubação nitrogenada que proporciona os melhores resultados em termos de produtividade na cultura da canola.

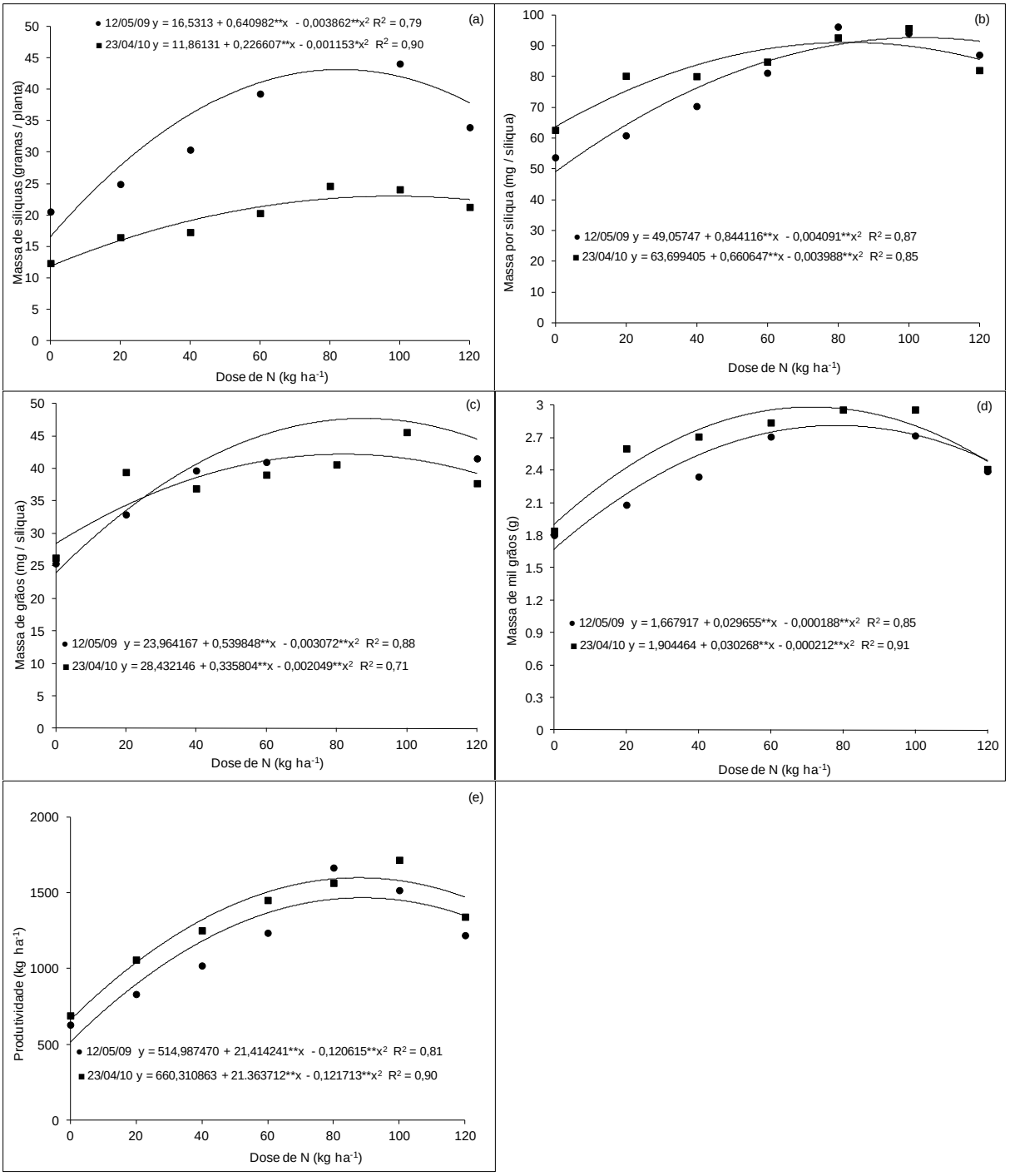

Figura 4. Massa de síliquas por planta (a), massa por síliqua (b), massa de grãos por síliqua (c) massa de mil grãos (d) e produtividade (e) de plantas de canola, híbrido Hyola 61, em função de diferentes doses de N aplicadas em dois experimentos semeados em 12/05/09 e 23/04/10. Marechal Cândido Rondon, UNIOESTE, 2009/2010. *, ** significativo a 5 e 1% respectivamente, pelo teste T de Student.

Analisando-se ainda a figura 4, quando se considera a massa de grãos por síliqua (MGS) (Figura 4c), obteve-se maiores índices com 88 e 82 kg ha^{-1} de N, respectivamente nos experimentos semeados em 12/05/09 e 23/04/10, proporcionando respectivamente 48 e 42 miligramas de grãos por síliqua. Apesar de

o experimento semeado em 12/05/09 apresentar os melhores resultados, pode-se observar que os valores com relação à quantidade de N estão relativamente próximos. Na literatura não há publicações que mencionam a MGS e sim o número de grãos por síliqua (NGS). Neste sentido, Kazemeini et al. (2010) e Ghanbari-Malidarreh (2010) no Iran e Ali et al. (2003) no Paquistão, obtiveram os melhores resultados de NGS respectivamente com as doses de 150, 200 e 120 kg ha^{-1} proporcionando respectivamente 11, 30 e 26 grãos por síliqua e uma produtividade de 3.528, 4.080 e 3.972 kg ha^{-1} respectivamente. Aqui novamente as doses de N utilizadas na adubação nitrogenada são muito superiores às observadas no Brasil, que de acordo com Tomm (2007b) estão em torno de 70 kg ha^{-1} de N. Por outro lado, as produtividades no Brasil são menores, conforme pode ser observado na Figura 4e, na qual a dose de 88 kg ha^{-1} proporcionou 1.598 kg ha^{-1}.

Ao se considerar a massa de mil grãos (MMG) (Figura 4d), pode-se observar que se obteve os maiores índices com 79 e 72 kg ha^{-1} de N, respectivamente nos experimentos semeados em 12/05/09 e 23/04/10, proporcionando 2,8 e 3 gramas respectivamente. O resultado de MMG de 3 gramas proporcionado pela dose de 72 kg ha^{-1} de N é relativamente inferior ao encontrado na literatura internacional. Na Turquia, Öztürk (2010), obteve os melhores resultados com fornecimento de 150 kg ha^{-1} de N, obtendo uma MMG de 4,3 gramas. No Egito, El-Habbasha e El-Salam (2010), obtiveram uma resposta linear para a MMG em função da aplicação de N, sendo que a dose de 143 kg ha^{-1} de N proporcionou uma MMG de 3,57 gramas. No Paquistão, Ali et al. (2003), obtiveram a MMG de 4,03 gramas, aplicando 90 kg ha^{-1} de N. Como se percebe, nestes países, a canola responde melhor à adubação nitrogenada quando comparado aos resultados encontrados no presente trabalho. Não foram encontradas na literatura referências de trabalhos realizados no Brasil sobre a MMG.

Para a produtividade (PROD) (Figura 4e), pode-se constatar que os melhores resultados foram alcançados com 89 e 88 kg ha^{-1} de N respectivamente nos experimentos semeados em 12/05/09 e 23/04/10, proporcionando uma produtividade de 1.465 e 1.598 kg ha^{-1}. Pode-se verificar que o experimento semeado em 23/04/10 foi quem apresentou a melhor eficiência, proporcionando a maior produtividade com a menor dose de N. Estes resultados podem ter sido influenciados pelo maior número de plantas por m^2 (NPM2) observados no experimento semeado em 23/04/10, pois de acordo com Diepenbrock (2000) a densidade de plantas é a

variável que mais influencia os componentes de produção e a produtividade. Essa informação é corroborada por Rathke, Behrens e Diepenbrock (2006), que relatam que a produtividade da canola é dependente da inter-relação entre os componentes da produção MSP e MGS.

Outro fator que pode ter influenciado negativamente a PROD no experimento 12/05/09 foi a época semeadura tardia. Para híbridos de ciclo precoce e solos do tipo 3, a época de semeadura é de 01 de março a 31 de maio (MAPA, 2011), sendo as semeaduras precoces favorecidas em detrimento das tardias (EDWARDS & MARTIN, 2009).

A produtividade de 1.598 kg ha^{-1} alcançada com a dose de 88 kg ha^{-1} de N está dentro dos padrões alcançados no Brasil. Em pesquisa realizada por Tomm et al. (2010), a aplicação de 60 kg ha^{-1} de N elevou a produtividade de 717 para 1.517 kg ha^{-1}. Já a nível mundial, a resposta às doses de N e consequentemente à produtividade são bem mais elevadas. Neste sentido, em um trabalho conduzido na Estônia, Narits (2010) aplicando 120 kg ha^{-1} de N, obteve produtividade de 5.356 kg ha^{-1}. Cheema et al. (2010) no Paquistão, aplicando a mesma dose, obtiveram produtividade de 2.812 kg ha^{-1}. Karamanos et al. (2006) no Canadá, obtiveram a produtividade de 2.600 kg ha^{-1} aplicando 160 kg ha^{-1} de N. Rathke et al. (2004) na Alemanha, obtiveram 4.900 kg ha^{-1} aplicando 240 kg ha^{-1} de N. Nos EUA, Jackson (2000), alcançou a produtividade de 2.700 kg ha^{-1} com aplicação de 220 kg ha^{-1} de N.

A partir dos resultados obtidos pode-se constatar uma relação direta entre os componentes da produção e a produtividade da canola, evidenciando que as doses de N que proporcionam as melhores respostas para os componentes da produção influenciam da mesma forma a produtividade. Pode-se, então destacar de maneira geral que a aplicação de 88 kg ha^{-1} de N foi quem proporcionou os melhores resultados, quanto se refere aos componentes da produção e produtividade para a canola.

3.3 Teor de Nitrogênio Foliar, Teor de Proteína e Óleo nos Grãos e Rendimento de Óleo

Constataram-se diferenças significativas pelo teste F ($p \leq 0,05$) para o teor de nitrogênio foliar (NFOL), teor de óleo (OLEO) nos grãos e rendimento de óleo

(ROLEO) relacionadas às fontes de variação experimento, para todas as variáveis relacionadas às fontes de variação dose, para as variáveis NFOL e ROLEO relacionadas às fontes de variação interação experimento e dose. Não se observaram diferenças significativas (p>0,05) para as variáveis relacionadas às fontes de variação fontes, tampouco para as interações experimento e fonte, fonte e dose e para a interação tripla experimento, fonte e dose (Tabela 6).

Tabela 6. Resumo da análise de variância para teor de nitrogênio foliar (NFOL), teor de proteína (PROT), teor de óleo (OLEO) e rendimento de óleo (ROLEO) nos grãos de plantas de canola, híbrido Hyola 61, em função de dois experimentos, doses e fonte de N. Marechal Cândido Rondon, UNIOESTE, 2009/2010

Fontes de Variação	QUADRADO MÉDIO				
	GL	NFOL	PROT	OLEO	ROLEO
Bloco/Exp	6	1,38	1,05	1,30	17.686,00
Exp[1] (A)	1	0,41*	0,11^{ns}	2,19*	32.131,45**
Fonte[2] (B)	1	0,00^{ns}	0,04^{ns}	0,00^{ns}	3.892,47^{ns}
Dose[3] (C)	6	8,16**	89,22**	48,51**	116.429,87**
A x B	1	0,06^{ns}	0,00^{ns}	0,09 ^{ns}	2.896,11^{ns}
A x C	6	0,27*	0,25 ^{ns}	0,36 ^{ns}	8.441,35*
B x C	6	0,02^{ns}	0,47^{ns}	0,49 ^{ns}	1.466,26^{ns}
A x B x C	6	0,09^{ns}	0,41^{ns}	0,44 ^{ns}	905,11^{ns}
Resíduo	78	0,09	0,35	0,39	2.830,10
Média Geral		4,82	24,27	27,32	334,48
CV (%)		6,40	2,59	2,29	15,90

^{ns}, *, ** Não significativo, significativo a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. [1]Correspondente a dois experimentos semeados em dois anos agrícolas, na data de 12/05/2009 e 23/04/2010. [2]Correspondente a duas fontes de nitrogênio: uréia e sulfato de amônio. [3]Correspondente a sete doses de nitrogênio, sendo todas aplicadas na semeadura.

Analisando-se a interação experimentos e dose de N aplicado na semeadura da cultura da canola (Tabelas 7 e Figura 5), especificamente com relação aos experimentos (Tabelas 9), pode-se observar que de um modo geral, não houve diferença significativa (p>0,05) para NFOL, teor de proteína nos grãos (PROT), OLEO e ROLEO, indicando que as variáveis analisadas em cada um dos experimentos responderam de forma idêntica às condições edafoclimáticas observadas durante a sua condução.

Tabela 7. Resultados médios para teor de nitrogênio foliar (NFOL), teor de proteína (PROT), teor de óleo (OLEO) e rendimento de óleo (ROLEO) nos grãos de plantas de canola, híbrido Hyola 61, em função de dois experimentos, dentro de diferentes doses de N aplicadas na semeadura. Marechal Cândido Rondon, UNIOESTE, 2009/2010

Doses[3]	NFOL		PROT		OLEO		ROLEO	
	------- % ----------		------ % --------		------ % --------		-------- kg ha^{-1} --------	
	12/05[2]	23/04[2]	12/05	23/04	12/05	23/04	12/05	23/04
0	3,48a[1]	3,60a	20,18a	20,22a	30,39a	29,69a	190,70a	205,37a
20	4,33a	4,36a	22,72a	21,87a	28,79a	28,77a	239,00b	304,12a
40	4,19a	4,86a	24,02a	24,22a	27,94a	27,91a	284,67b	349,36a
60	5,38a	5,24a	24,86a	25,15a	27,40a	27,14a	338,54a	393,84a
80	5,78a	5,75a	25,75a	25,61a	26,69a	26,31a	471,06a	410,77b
100	4,91b	5,22a	26,40a	26,24a	25,92a	25,30a	392,51b	458,60a
120	4,50b	5,11a	27,14a	26,81a	25,13a	25,17a	306,34a	337,89a

[1]Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). [2]Correspondente a dois experimentos semeados em dois anos agrícolas, na data de 12/05/2009 e 23/04/2010. [3]Correspondente a kg ha^{-1} de N.

Analisando-se especificamente às doses de N, pode-se observar que com relação ao NFOL (Figura 5a) houve uma melhor resposta às doses de 71 e 83 kg ha^{-1} de N respectivamente nos experimentos semeados em 12/05/09 e 23/04/10, proporcionando respectivamente 5,5 e 5,5 % de N foliar, indicando que o experimento semeado em 12/05/09 foi mais eficiente na absorção do N aplicado. Neste sentido, no Iran, Morshedi e Farahbakhsh (2009) e Yasari et al. (2009), obtiveram a concentração de 3,8 e 3,1 % de NFOL usando respectivamente a dose de 300 e 113 kg ha^{-1} de N. No Paquistão, Kulsum et al. (2007), observaram um incremento linear nos níveis de NFOL, chegando a concentração de 2% com a dose de 100 kg ha^{-1} de N. Na Austrália, Hocking et al. (2002), obtiveram a concentração 3,48% de NFOL com a aplicação de 75 kg ha^{-1} de N. Estes resultados podem indicar que nas condições em que a canola é cultivada no Brasil ela é mais eficiente na absorção de N, pois apesar das menores doses de nitrogênio aplicadas, os teores de NFOL são maiores.

Quanto ao PROT (Figura 5b) pode-se observar que houve uma resposta linear crescente entre as doses de N e a porcentagem de proteína nos grãos de canola, sendo que a dose máxima de 120 kg ha^{-1} proporcionou nos experimentos uma média de 27% de proteína, padrões considerados normais para as condições de produção do Brasil (TOMM et al. 2009). Entretanto, em outros países os teores

de proteínas são relativamente menores. Na Turquia, Öztürk (2010), aplicando a dose de 150 kg ha^{-1} de N obtive um teor de proteína de 23,9%. Na Alemanha, Rathke et al. (2004) obtiveram a maior concentração de proteína (22,5%), aplicando a quantidade de 240 kg ha^{-1} de N. No Paquistão, Ali et al. (2003) observaram que a dose de 120 kg ha^{-1} de N proporcionou um percentual de proteína de 21,45%.

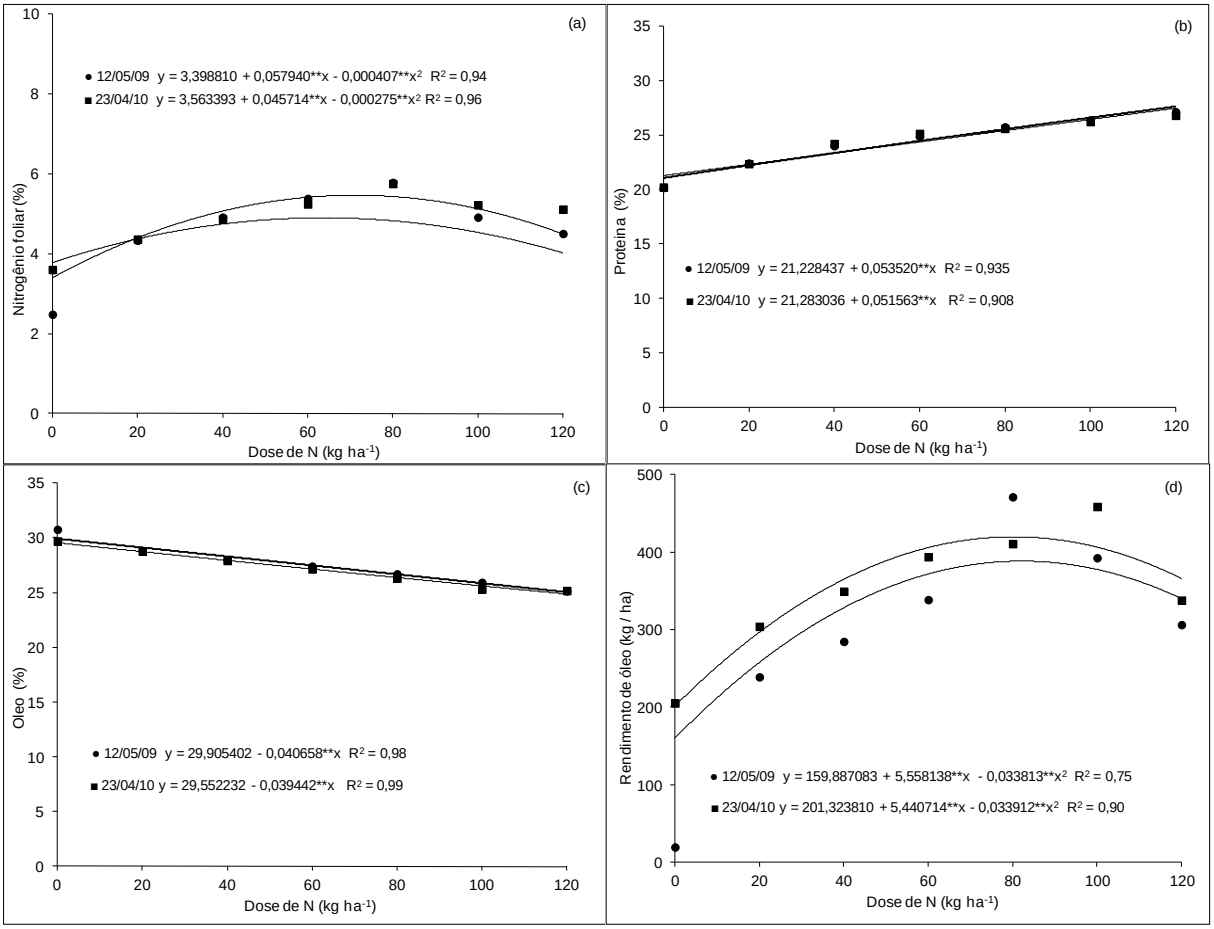

Figura 5. Teor de nitrogênio foliar (a), teor de proteína na massa de grãos (b), teor de óleo na massa de grãos (c) e rendimento de óleo de plantas de canola, híbrido Hyola 61, em função de diferentes doses de N aplicadas em dois experimentos semeados em 12/05/09 e 23/04/10. Marechal Cândido Rondon, UNIOESTE, 2009/2010. **significativo pelo teste T de Student (p≤0,01).

Ao se considerar o OLEO (Figura 5c) houve uma correlação inversamente proporcional entre as doses de N e os teores de óleo (resposta linear decrescente) sendo os maiores teores observados na testemunha, apresentando uma média entre os dois experimentos de 30 % de óleo nos grãos de canola. Estes teores estão abaixo da média brasileira e mundial. No Brasil, a literatura cita que os teores variam entre 38% (TOMM et al., 2009) a 45 % (CORDEIRO, 1999). No Iran, Kamkar et al. (2011) relatam uma concentração de óleo de 41,9% na testemunha (sem N) e de 37,7 com a aplicação de 270 kg ha^{-1} de N. No Paquistão, Cheema et al (2010)

observaram uma concentração de óleo de 46,3% para a testemunha (sem N) e de 42,5% com a aplicação de 120 kg ha^{-1} de N. Na Austrália, Hocking et al. (1997) obtiveram uma concentração de óleo de 40% na testemunha (sem N) e 35,8 % com a aplicação de 75 kg ha^{-1}.

Os baixos teores de óleo encontrados no presente estudo podem ter sido influenciados pelas altas temperaturas observadas durante o enchimento de grãos da cultura (Figura 1). De acordo com Walton et al. (2000), altas temperaturas durante o enchimento de grãos, estresse hídrico e altos doses de N diminuem a concentração de óleo na massa de grãos da cultura da canola. Os mesmos autores relatam que a canola tem uma maior produção de óleo nas faixas de temperatura que vão de 13 a 22^{o}C, especialmente durante o enchimento de grãos. Segundo Tomm et al. (2010), existe uma redução de 1,5% em óleo para cada grau Celsius de incremento na temperatura durante o enchimento de grãos da cultura da canola. Para Gunasekera (2006), dentre os fatores ambientais que regulam a concentração de óleo, a temperatura é o mais importante, pois altas temperaturas reduzem a concentração de óleo na massa de grãos da cultura. Rathke et al. (2006), comentam que os conteúdos de óleo e proteína são negativamente correlacionadas, reagindo de forma oposta à temperatura: temperaturas mais altas durante a maturação reduzem o conteúdo de óleo, aumentando o conteúdo de proteína.

Analisando-se o comportamento dos teores de PROT e OLEO (Figuras 5b e 5c) nos grãos da canola, pode-se afirmar que existe uma relação inversamente proporcional entre estas variáveis e as doses de adubação nitrogenada. O aumento nas doses de N promove um aumento nos teores de PROT ao mesmo tempo diminuem os teores de OLEO.

Com relação ao ROLEO (Figura 5d) houve uma melhor resposta para as doses de 82 e 80 kg ha^{-1} de N respectivamente nos experimentos semeados em 12/05/09 e 23/04/10, proporcionando rendimentos de 388 e 419 kg ha^{-1} de óleo em função das doses de N. O ROLEO é o produto entre o percentual de óleo da massa de grãos (Figura 5c) e a produtividade em kg ha^{-1} de grãos (Figura 4e). Desta forma, quanto maior a produtividade, maior o ROLEO. Assim, mesmo havendo uma redução no percentual de óleo (OLEO) ao se usar a adubação nitrogenada, conforme indica o resultado de OLEO (Figura 5c) entre a testemunha (sem adubação) e com o uso de N, há um incremento na produção final de óleo em função do aumento na produtividade. Em pesquisa realizada no Iran por Ghanbari-

Malidarreh (2010), observou-se um ROLEO de 1.390 kg ha^{-1} com a aplicação de 200 kg ha^{-1}. Na Estônia, Narits (2010) obteve um ROLEO de 2.391 kg ha^{-1} aplicando uma dose de 120 kg ha^{-1} de N. Na Arábia Saudita, El-Nakhlawy e Bakhashwain (2009), obtiveram um ROLEO de 537 kg ha^{-1}, aplicando a dose de 138 kg ha^{-1} de N.

De um modo geral, as variáveis analisadas respondem positivamente às doses de N aplicadas, exceção feita ao percentual de óleo nos grãos, que respondeu de forma negativa às doses de N. Nas condições edafoclimáticas em que foram conduzidos os experimentos, a canola apresentou teores de NFOL e de PROT nos grãos superiores aos encontrados na literatura. Por outro lado, apresentou teores inferiores de OLEO.

4 CONCLUSÕES

Nas condições de solo, ambientais de precipitação e temperatura em que foram conduzidos os experimentos pode-se concluir que:

1. As variáveis biométricas, os componentes da produção e produtividade, os níveis de nitrogênio foliar, de proteína e óleo na massa de grãos e o rendimento de óleo por unidade de área da cultura da canola não são influenciados pelas fontes de adubação nitrogenada, sulfato de amônio e ureia;
2. As variáveis biométricas analisadas tem um melhor desempenho com as doses de 70 a 80 kg ha^{-1} de N;
3. Os componentes de produção apresentaram um melhor desempenho nas doses entre 70 a 100 kg ha^{-1} de N;
4. As maiores produtividades foram alcançadas com 88 kg ha^{-1} de N proporcionando 1.598 kg ha^{-1} de grãos ;
5. O aumento nas doses de N promove um aumento nos níveis de proteína ao mesmo tempo que diminuem os níveis de óleo.

6. 5 REFERÊNCIAS

Ahmadi, M.; Bahrani, M.J. Yield and Yield Components of Rapeseed as Influenced by Water Stress at Different Growth Stages and Nitrogen Levels. **Am-Euras J Agric Environ Sci** 5 (6): 755-761, 2009

AHMAD, G.; JAN, A.; INAMULLAH; MUHAMMAD, A. Phenology and physiology of canola as affected by nitrogen and sulfur fertilization. **Journal of Agronomy**, 5 (4): 555-562, 2006.

ALI, M. A.; MUNIR, M. K.; MALIK, A.; SALEEM, M. F. Effect of different irrigation and nitrogen levels on the seed and oil yield o canola (*Brassica napus* L.). **Pakistan Journal of Agricultural Science**. Vol. 40 (3-4), 2003.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**. Jaboticabal, FUNEP,1988, 42p.

BRASIL. **Regras para análise de sementes** / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretária de Defesa Agropecuária: Mapa/ACS, 2009. 399 p.

CAVIGLIONE, J. H.; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina : IAPAR, 2000. CD.

CHEEMA, M. A.; SALEEM, M. F.; MUHAMMAD; N.; WAHID, M. A.; BABER, B. H. Impact of rate an timing of nitrogen application on yield and quality of canola (*Brassica napus L.)*. ***Pak. J. Bot.***, 42(3): 1723-1731, 2010.

CHEEMA, M. A.; MALIK, M. A.; HUSSAIN, A.; SHAH, S. H.; BASRA, S. M. A. Effects of Time and Rate of Nitrogen and Phosphorus Application on the Growth and the Seed and Oil Yields of Canola (*Brassica napus* L.). **Journal of Agronomy and Crop Science,** Vol. 186, Issue 2, p. 103-110, 2001.

CORDEIRO, L. A. M.; REIS, M. S.; ALVARENGA, E. M. **A cultura da canola.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999.

DIEPENBROCK, W**.** Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): a review. **Institute of Agronomy and Crop Science**, Martin-Luther-University Halle, Germany, 2000.

EDWARDS, J.; MARTIN, P. T**he effect of sowing time on the yield and quality of canola (*Brassica napus)*** – preliminary findigs. Australian Oil Seeds. 2009. Disponível em www.australianoilseeds.com/effect_of_sowing_time_on_the_yield. Acesso em: 11 de julho de 2011.

EL-HABBASHA, S. F.; EL-SALAM, M. S. Response of two canola varieties (*Brassica napus L.)* to nitrogen fertilizer levels and zinc foliar aplication**.** Egypt**. Interational Journal of Academic Research.** Vol. 2, n^{o} 2. 2010.

EL-NAKHLAWY, F. S.; BAKHASHWAIN, A. A. Performance of Canola (*Brassica napus L*.) Seed Yield, Yield Components and Seed Quality under the Effects of Four

Genotypes and Nitrogen Fertilizer Rates**. JKAU: Met., Env. & Arid Land Agric. Sci**., Vol. 20, No. 2, pp: 33-47, 2009.

EMBRAPA, **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA – CNPS, 2006. 306p.

FARAJI, A. Flower formation and pod/flower ratio in canola (*Brassica napus* L.) affected by assimilates supply around flowering. **International Journal of Plant Production**, *4(4): 271-280, 2010.*

FERREIRA, D. F. **Manual do sistema Sisvar para análises estatísticas**. Lavras: UFLA, 66p. 2000.

FRANZEN, D. W.; LUKACH, J. **Fertilizing Canola and Mustard.** SF-1122 , July 2007. North Dakota State University and U.S. Department of Agriculture cooperating. Disponível em: http://www.ag.ndsu.edu/pubs/plantsci/soilfert/sf1122w.htm. Acesso em: 20 de jan. 2009.

GAMMELVIND, L.H.; SCHJOERRING, J.K.; MOGENSEN, V.O.; JENSEN, C.R.; BOCK, J.G.H.,. Photosynthesis in leaves and siliques of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). **Plant Soil** 186, p. 227–236. 1996.

GHANBARI-MALIDARREH, A. Effects of Nitrogen Rates and Splitting on Oil Content and Seed Yield of Canola (*Brassica napus* L.). **American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.,** 8 (2): 161-166, 2010.

GUNASEKERA, C. P.; MARTIN, L. D.; SIDDIQUE, K. H. M.; WALTON, G. H. Genotype by environment interactions of Indian mustard (*Brassica juncea* L.) and canola (*Brassica napus* L.) in Mediterranean-type environments II. Oil and protein concentrations in seed. **European Journal of Agronomy** 25: 13–21, 2006

HOCKING, P. J.; KIRKEGAARD, J. A.; ANGUS, J. F.; BERNARDI, A.; MASON, L. M. Comparison of canola, Indian mustard and Linola in two contrasting environments III. Effects of nitrogen fertilizer on nitrogen uptake by plants and on soil nitrogen extraction. **Field Crops Research**, 79: 153–172, 2002.

HOCKING, P. J.; RANDALL, P. J.; DEMARCO, D. The response of dryland canola to nitrogen fertilizer: partitioning and mobilization of dry matter and nitrogen, and nitrogen effects on yield components. **CSIRO Plant Industry**, GPO Box 1600, Canberra, ACT 2601, Australia, 1997.

IAPAR. **Manual de análise química de solo e controle de qualidade**. Londrina, PR: Instituto Agronômico do Paraná, Circular 76,1992. 37p.

JACKSON, G. D. Effects of Nitrogen and Sulfur on Canola Yield and Nutrient Uptake. **Agronomy Journal** 92:644–649, 2000.

JONES, D. B. Factors for converting percentages of nitrogen in foods and feeds into percentages of protein. **U. S., Dep. Agric., Circ.,** Washington, v. 183, p. 1-21, 1931.

KAMKAR, B.; DANESHMAND, A. R.; GUOOSHCHI, F.; SHIRANIRAD, A. H.; SAFAHANI LANGEROUNDI, A. R.; The effects of irrigation regimes and nitrogen rates on some agronomic traits of canola under a semiarid environment. **Agricultural Water Management**. 98:1005–1012, 2011.

KARAASLAN, D. The effect of different nitrogen doses on seed yield, oil, proteins and nutrient contents of spring rape. **Pakistan Journal of Botanic**, 40(2): 807-813, 2008.

KARAMANOS, R. E.; GOH, T. B.; FLATEN, D. N. Nitrogen and sulphur fertilizer management for growing canola on sulphur sufficient soils. **Canadian Journal of Plant Science**, 2006.

KAZEMEINI, S. A. The impact of nitrogen and organic matter on winter canola seed yield and yield components. **Australian Journal of Crop Science**, 2010.

KUMAR, S.; SING, J.; DHINGRA, K. K. Leaf area index relationship with solar-radiation interception and yield of Indian mustard (Brassica juncea) as influenced by plant population and nitrogen, **Indian Journal of Agronomy**, 42: 348-351, 1997.

KULSUM, M. U.; BAQUE, M. A.; KARIM, M. A. Effects of different nitogen levels on the leaf chlorophyll content nutrient concentration and nutrient uptake pattern of blackgram. **Pakistan Journal of Biological Sciences** 10 (2): 250-254, 2007.

MALAVOLTA, E.; PIMENTEL-GOMES, F.; ALCARDE, J. C. **Adubos e adubações.** São Paulo: Nobel, 2002, 200p.

MANDAL, K. G.; SINHA, A. C. Nutrient Management Effects on Light Interception, Photosynthesis, Growth, Dry-matter Production and Yield of Indian Mustard **(***Brassica juncea***). Journal of Agronomy and Crop Science**, Vol. 190, issue 2, p. 119-129, 2004.

MAPA, Mistério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento. **Zoneamento Agrícola para a cultura da canola**. Portaria 481/2011. D.O.U. 15/12/2012. Disponível em http://www.cnpt.embrapa.br/culturas/canola/zoneamento/pr2011-2012.pdf. Acesso em 07/07/2012.

MARENCO, R.A.; LOPES, N.F. **Fisiologia Vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa: UFV, 439p., 2005.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; BLOCH, M. F. M. **Análise química de tecido vegetal**. Londrina: IAPAR, 1992. 17 p. (Circular, 74).

MORSHEDI, A; FARAHBAKHSH, H. Effects of sowing time, N and P fertilizers on seed yield, oil and protein production in canola**. Plant Ecophysiology** 1: 9-15, 2009.

MOTLEY, K.; RICE, A.; HARBISON, D. **Top dressing canola with urea: the importance of timing prior to rainfall.** NSW Agriculture, Central West Farming Systems Group and Hi-Fert Fertilisers. Australian Oil Seeds. 2002. Disponível em

www.australianoilseeds.com/effect_of_sowing_time_on_the_yield. Acesso em: 11 de julho de 2011.

NARITS, L. Effect of nitrogen rate and application time to yield and quality of winter oilseed rape (*Brassica napus L*. *var.oleifera subvar. biennis*). ***Agronomy Research*** 8 (Special Issue III), 671–686, 20, 2010.

ÖZTÜRK, Ö. Effects of source and rate of nitrogen fertilizer on yield, yield components and quality of winter rapeseed (*Brassica napus* L.). **Chilean Journal Agricultural Research.** Vol. 70, n 1. 2010.

RATHKE, G. W.; BEHRENS, B.; DIEPENBROCK, W. Integrated Nitrogen Management Strategies to Improve Seed Yield, Oil Content and Nitrogen Efficiency of Winter Oilseed Rape (*Brassica napus* l.): A Review. **Elsevier – Science Direct, Agriculture, Ecosystems and Enviroment**. Halle, Germany, 2006.

RATHKE, G. W.; CHRISTEN, O.; DIEPENBROCK, W. Effects of Nitrogen Source and Rate on Productivity and Quality of Winter Oilseed Rape (*Brassica napus* L.) Grown in Different Crop Rotations. Field Crops Res. 94 (2–3), 103–113. **Institute of Agronomy and Crop Science**, Martin-Luther-University Halle. Halle, Germany, 2004.

RATHKE, G. W. Auswirkung von vorfrucht und stickstoff (N) – Düngung auf die energiebilanz des winterrapsanbaus. **Cuvillier Verlag**, Göttingen, 1999.

SHARIFI, R. S.; ZADEH, M. Z.; SEIEDI, M. N. Evaluation of yield and growth indices of canola (*Brassica* Napus L.) cultivars in defferent nitrogen fertilization levels. **Journal of Phytology**, 1(6): 475–481, 2009.

SILVA, D. J. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 2 ed. Viçosa, UFV, Imprensa Universitária. 1990. 165p.

SLATON, N. A.; DELONG, R. E.; BACON, R. K; KELLY, J. Canola Response to Nitrogen, Sulfur, Phosphorus, and Potassium Fertilization in Arkansas. **Wayne E. Sabbe Arkansas Soil Fertility Studies**, 2009.

TAYLOR, A.J.; SMITH , C.J.; WILSON, I.B. Effect of irrigation and nitrogen fertilizer on yield, oil content, nitrogen accumulation and water use of canola (*Brassica napus,* L.), **Fertilizer Res**., 29(3): 249-260, 1991.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHMEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solos, plantas e outros materiais**. Bol. téc n. 5, 2 ed. rev. e ampl. Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS, 1995. 174p.

TOMM, G. O.; FERREIRA, P. E. P.; AGUIAR, J. L. P.; CASTRO, M. G.; LIMA, S. M. V.; MORI, C. **Panorama atual e indicações para aumento da eficiência da produção de canola no Brasil.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2010. 27 p. Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do118.htm. Acesso em 03 de julho de 2012.

TOMM, G. O.; WIETHÖLTER, S.; DALMAGO, G. A.; SANTOS, H. P. **Tecnologia para a produção de canola no Rio Grande do Sul.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009. 41 p. Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do113.htm. Acesso em 03 julho de 2012.

TOMM, G. O **Indicativos tecnológicos para a produção da canola no Rio Grande do Sul**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2007. 68p. Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/culturas/canola/p_sp03_2007.pdf. Acesso em 03 de julho de 2012.

TOMM, G. O. Canola: alternativa de renda e benefícios para os cultivos seguintes. **Revista Plantio Direto**, v. 15, n. 94, jul./ago. 2006. Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/culturas/canola/canola-rev_plantio_direto2006.pdf. Acesso em 07 de julho de 2012.

WALTON, G.; MENDHAM, N. ROBERTSON, M. POTTER, T. **Phenology, Physiology and Agronomy.** 2000. Disponível em: http://regional.org.au/au/gcirc/canola/p-04.htm?print=1. Acesso em: 17 de julho de 2011.

WHITE, R. E. **Princípios e práticas da ciência do solo: o solo como um recurso natural**. 4° Ed. São Paulo: Andrei, 2009. 426 p.

YASARI, M. A. E.; AZADGOLEH, E.; MOZAFARI, S.; ALASHTI, M. R. Enhancement of growth and nutrient uptake of rapeseed (*Brassica napus* L.) by applying mineral nutrients and biofertilizers. **Pakistan Journal of Biological Sciences** 12(2): 127-133, 2009

V CAPÍTULO 2 - RESPOSTA DA CANOLA A FONTES E PARCELAMENTO DE NITROGÊNIO

RESUMO

RESPOSTA DA CANOLA A FONTES E PARCELAMENTO DE NITROGÊNIO.

O termo canola é um acrônimo de CANadian Oil Low Acid e foi adotado como padrão para indicar baixos teores de ácido erúcico e glucosinolatos. De um modo geral, os solos tropicais apresentam baixa disponibilidade de nitrogênio (N) em função dos baixos estoques de matéria orgânica, exigindo o fornecimento externo do nutriente para suprir as demandas da cultura. Dentre as principais fontes de nitrogênio na forma de fertilizantes nitrogenados usadas na cultura da canola estão a uréia e o sulfato de amônio. Ajustar o momento da aplicação do N ao momento de maior demanda da cultura tende a aumenta a eficiência de produção. Estudos sobre a fisiologia da canola têm demonstrado que o desenvolvimento da canola pode ser comprometido quando há necessidade de altas doses N e não se fornecer o nutriente no momento adequado. O presente trabalho teve por objetivo avaliar a respostas da cultura da canola a fontes e ao parcelamento do N. O experimento foi conduzido na unidade experimental da Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PUCPR - campus Toledo. O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial 5x2, constando de cinco parcelamentos de N, aplicados na semeadura e/ou em cobertura, respectivamente (0 e 0; 120 e 0; 0 e 120; 40 e 80; 80 e 40 kg ha^{-1} de N) e duas fontes de nitrogênio (sulfato de amônio e uréia), com quatro repetições. O N em cobertura foi aplicado no estádio B_4. O experimento foi implantado em dois anos agrícolas, nas datas de semeadura correspondentes a 12/05/2009 e 23/04/2010. Todos os tratamentos receberam a adubação correspondente a 300 kg ha^{-1} de N, P_2O_5, K_2O na formulação 00-25-25. Cada parcela, além da dose de N, P_2O_5, K_2O, recebeu a quantidade de N correspondente ao tratamento. Foi avaliado o diâmetro basal, altura de planta, número de plantas por metro quadrado, massa seca de folhas, massa seca de caule+pecíolo, massa seca de inflorescência, massa seca da parte aérea, área foliar, razão de área foliar, massa de síliquas por planta, massa por síliqua, massa de grãos por síliqua, massa de mil grãos, produtividade, teor de nitrogênio foliar, teor de proteína e óleo nos grãos e rendimento de óleo por hectare. Os resultados obtidos mostram que as variáveis avaliadas não foram influenciadas pelas fontes de adubação nitrogenada, sulfato de amônio e uréia. Entretanto, as variáveis foram influenciadas significativamente pelo parcelamento do N, sendo os melhores resultados alcançados pelo parcelamento aplicando-se um terço na semeadura e dois terços em cobertura (40 e 80 kg ha^{-1} de N).

Palavras-chaves: uréia; sulfato de amônio; teor de proteína; teor de óleo.

ABSTRACT

RESPONSE OF CANOLA (BRASSICA NAPUS L. VAR OLEIFERA) OF SOURCES AND FORMS OF NITROGEN FERTILIZATION.

The canola term is an acronym of Canadian Oil Low Acid and was adopted as a standard to indicate low levels of erucic acid and glucosinolates. In general, tropical soils are poor in available nitrogen (N) because of the low stocks of organic matter, requiring the external supply of N to meet the demands of culture. Among the major sources of nitrogen fertilizer used in cultivation of canola are urea and ammonium sulfate. Adjust the timing of nitrogen application at the time of greatest demand

increased demand will increase crop production efficiency. Studies on the physiology of canola have shown that the development of canola can be compromised when there is need for high dose of N and the nutrient supply is not at the proper time. This study aimed to evaluate the responses of canola crop sources and forms of application (at planting and / or coverage) of nitrogen. The experiment was conducted in the experimental units at the Catholic University of Paraná - PUCPR - Toledo campus. The experimental design was randomized blocks in a 5x2 factorial arrangement consisting of five forms of nitrogen fertilizer at planting and / or coverage (0 and 0, 120 and 0, 0 and 120, 40 and 80, 80 and 40 kg N ha^{-1}) and two sources of nitrogen (ammonium sulphate and urea), with four replications. The coverage N was applied at B_4. The experiment was implemented in three production cycles, corresponding to the following sowing dates: cycle 1: 12/05/2009; cycle 2: 20/06/2009 and cycle 3: 23/04/2010. All treatments received a fertilizer equivalent to 300 kg ha^{-1} of NPK 00-25-25 formulation. Each plot, in addition the dose of NPK, received the corresponding amount of nitrogen treatment. Were evaluated the basal diameter, plant height, number of plants per square meter, leaf dry mass, dry mass of stem + petioles, inflorescence dry mass, total plant dry mass, leaf area, leaf area ratio, weight of pods per plant, weight per pod, weight of grains per pod, thousand grain weight, yield, leaf N content, protein and oil content in grains and oil yield per hectare. The results show that the variables were not affected by nitrogen sources, ammonium sulfate and urea. On the other hand, the variables were significantly influenced by the forms of nitrogen fertilizer, and the best results achieved by the split of applying fertilizer at planting one-third and two-thirds coverage.

Keywords: split fertilization, urea, ammonium sulfate, protein content, oil content.

1 INTRODUÇÃO

A canola (*Brassica napus* L var oleífera) é uma oleaginosa de inverno desenvolvida a partir do melhoramento genético da colza. Pertence à família das crucíferas e ao gênero *Brassica*. O termo canola é um acrônimo de CANadian Oil Low Acid e foi adotado como padrão para indicar baixos teores de ácido erúcico (menos de 2% do total de ácidos graxos) e glucosinolatos (menos de 30 μmol g^{-1} de farelo seco e desengordurado) (CANOLA COUNCIL OF CANADA, 2009).

De modo geral, os solos tropicais apresentam baixa disponibilidade de nitrogênio (N) em função dos baixos estoques de matéria orgânica, exigindo o fornecimento externo de N para suprir as demandas da cultura (WHITE, 2009).

Dentre as principais fontes de nitrogênio usadas para suprir as necessidades de N na cultura da canola estão os fertilizantes uréia ($CO(NH_2)_2$) e sulfato de amônio (NH_4NO_3). A uréia contém 45% de N e o sulfato de amônio contém 21% de N e 23% de S (MALAVOLTA et al. 2002).

Ajustar o momento da aplicação de N ao momento de maior demanda da cultura tende a aumentar a sua eficiência de produção (WHITE, 2009). Na Europa a canola é semeada no outono, passando a fase de plântula durante o inverno, completando seu ciclo na primavera. Grandes quantidades de N aplicadas durante o outono normalmente reduzem a taxa de sobrevivência das plantas durante o inverno, pois altas doses de N aumentam a sensibilidade da canola às baixas temperaturas. Nestas condições é mais indicada a adubação de cobertura na primavera, quando a cultura apresenta uma alta demanda pelo nutriente. (RATHKE et al., 2006). Em outros países como Austrália, Iran, Paquistão e Brasil, onde o inverno não é tão rigoroso, há uma maior resposta à adubação nitrogenada aplicada na semeadura e/ou no início do desenvolvimento da cultura (TOMM et al., 2010; RATHKE et al., 2006).

A análise de solo permite determinar o melhor momento da aplicação de N, se na semeadura e/ou em cobertura. O desenvolvimento da canola pode ser comprometido quando há necessidade de altas doses de N e não se fornecer o nutriente no momento adequado. Em condições de baixa fertilidade do solo há uma maior resposta à aplicação de maiores doses de N na semeadura ou então no estádio inicial de desenvolvimento da cultura. Em condições de boa fertilidade do solo, a aplicação de N em cobertura deve ser realizada preferencialmente, no

estádio de quatro folhas verdadeiras (TOMM et al., 2009), melhorando a eficiência do uso de N durante o estádio vegetativo e reprodutivo (BEHRENS, 2002).

No Brasil, para uma expectativa de produção de 1.500 kg ha^{-1} de grãos, se recomenda a aplicação de 30 kg ha^{-1} de N na semeadura e 30 em cobertura. Para expectativas de produtividades superiores, deve-se acrescentar 20 kg ha^{-1} de N por tonelada adicional de grãos (TOMM et al., 2009).

Na cultura da canola, o N influencia o número de hastes por planta, o número e a massa de síliquas por planta, a massa da síliqua, a massa seca da parte aérea da planta, a área foliar, o número e a massa de grãos por planta (CHEEMA, et al., 2001). O fornecimento adequado de N não só incrementa o desenvolvimento, mas também a manutenção das folhas fotossinteticamente ativas, melhorando ainda a produção de flores e síliquas. Determinar a fonte e o momento mais adequado de aplicação de N são aspectos de estrema relevância na produção da cultura da canola (AHMAD et al., 2006).

Neste contexto, este trabalho teve por objetivo quantificar a respostas da canola a fontes e parcelamento de N.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização e Caracterização da Área Experimental

O experimento foi conduzido na unidade experimental da Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PUCPR – Campus Toledo, região Oeste do Paraná, localizada a 24º 42' 49'' S, e 53º 44' 35'' W e altitude de 574m. Com base na classificação climática de Köeppen, o clima é do tipo subtropical úmido mesotérmico, com verões quentes, sem estações secas e com poucas geadas, com uma temperatura média de 22°C e precipitação média da região de 1600 mm (CAVIGLIONE et al, 2000). As médias de temperatura e precipitação durante a condução dos experimentos podem ser observadas na figura 1.

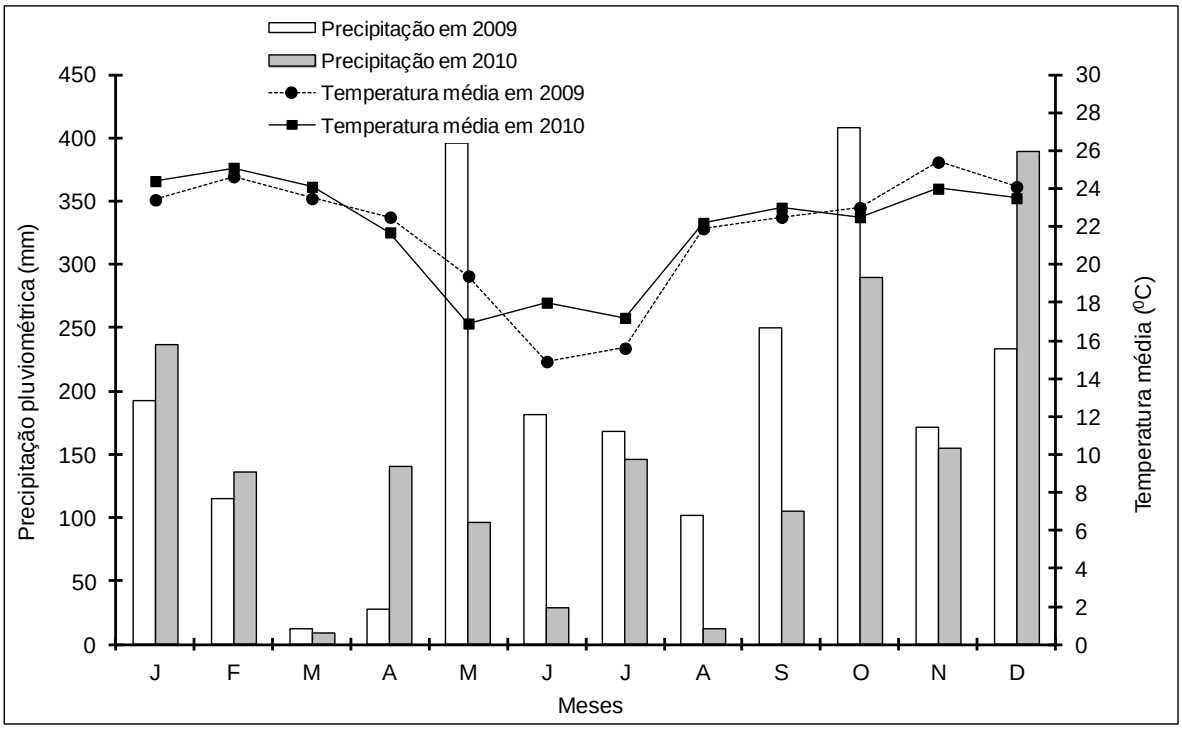

Figura 1 – Médias mensais de precipitação e temperatura da área do experimento nos anos 2009 e 2010 (Fonte: SIMEPAR, 2010). Marechal Cândido Rondon, UNIOESTE, 2009/2010.

O solo da unidade experimental foi classificado como LATOSSOLO VERMELHO Eutroférrico típico (EMBRAPA, 2006). Foram coletadas amostras de solo nas profundidades de 0 a 20 cm para análise química, sendo os resultados apresentados no quadro 1.

Quadro 1 – Características químicas das amostras de solo na profundidade de 0 – 20 cm, coletadas previamente a implantação dos experimentos (IAPAR, 1992). Marechal Cândido Rondon, UNIOESTE, 2009/2010. [1]ES = época de semeadura

ES[1]	pH ($CaCl_2$)	C	P	$S\text{-}SO_4$	H+Al	Al^{3+}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	Areia	Silte	Argila
		g dm^{-3}	mg dm^{-3}		$cmol_c$ dm^{-3}					g kg^{-1}		
12/04/09	5,0	28,4	15,6	12,4	6,21	0,00	6,34	2,47	0,26	110	140	750
23/04/10	4,7	21,4	13,0	13,3	7,20	0,00	5,04	2,30	0,18	90	130	780

2.2 Delineamento Experimental e Condução do Experimento

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial 5x2, constando de cinco combinações de parcelamento de nitrogênio (N) na semeadura e/ou em cobertura (0 e 0; 120 e 0; 0 e 120; 40 e 80; 80 e 40 kg ha^{-1} de N) e duas fontes de N (sulfato de amônio e uréia). A adubação em cobertura foi realizada no estádio B_4 (plantas com quatro folhas verdadeiras).

O experimento foi implantado em dois anos agrícolas, nas datas de semeadura correspondentes a 12/05/2009 e 23/04/2010. Cada parcela foi constituída por 15 fileiras, com espaçamento de 0,17 m e 6 m de comprimento, perfazendo uma área de 15,3 m^2 (2,55 m x 6 m). Em cada parcela, a coleta das informações foi realizada dentro da área útil, composta pela área da parcela desconsiderando-se um metro em cada uma das extremidades no sentido longitudinal e as quatro linhas em cada um dos lados da parcela, perfazendo-se uma área de 5 m^2 de área útil. Na data da semeadura foram aplicados 300 kg ha^{-1} de adubo na fórmula 00-25-25, quantidade que se ajusta à expectativa de produtividade de 2.500 kg ha^{-1} (TOMM, 2007). Como fonte de N foram utilizados o sulfato de amônio e a uréia na quantidade de N equivalente ao estabelecida nos respectivos tratamentos.

No momento da semeadura da canola foram utilizadas entre oito a dez sementes por metro linear, objetivando obter uma população de 40 a 50 plantas m^{-2}.

2.3 Caracterização do Material Vegetal

O genótipo de canola usado foi o híbrido Hyola 61. Suas sementes são produzidas na Austrália, sendo utilizadas em muitos países devido à sua elevada

estabilidade de rendimento em ambientes diversos (América do Norte, Oriente Médio, Ásia, Oceania e América do Sul). Segundo Tomm (2007), as principais características deste híbrido são: resistência poligênica ao fungo causador da canela-preta; ciclo médio de 123 a 155 dias; altura média de plantas de 78 a 129 cm; excelente desempenho tanto sob deficiência hídrica como sob frios intensos.

2.4 Variáveis Avaliadas

2.4.1 Variáveis biométricas

As variáveis biométricas avaliadas estão de acordo com os critérios adotados no Canadá e na Austrália (TOMM, 2006). De cada parcela, foram selecionadas ao acaso, cinco plantas para a análise das seguintes variáveis:

2.4.1.1 Diâmetro basal

Foi determinado com o auxílio de um paquímetro digital, medindo-se aleatoriamente o diâmetro basal de cinco plantas por parcela.

2.4.1.2 Altura de planta

Para a mensuração da altura média de plantas foi considerada a medida da base até a extremidade superior dos ramos com síliquas. Esta foi determinada no estádio G_4 (quando as dez primeiras síliquas começam a madurar), com o auxílio de uma régua, em cinco pontos aleatórios da área útil da parcela.

2.4.1.3 Número de plantas por metro quadrado

*A*pós a colheita da canola, foi realizada a contagem de todas as plantas dentro da área útil, sendo o resultado dividido por cinco para obtenção da média por parcela.

2.4.1.4 Massa seca total da parte aérea da planta, massa seca de folhas; massa seca de caule + pecíolo; e massa seca de inflorescências

No estádio D_1 (pré florescimento) foram coletadas cinco plantas por parcela e seccionadas em folhas, caule+pecíolo e flores. Cada parte foi acondicionada em sacos de papel e postas para secar em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C até atingirem massa constante. Em seguida as amostras foram pesadas em balança de precisão obtendo-se as seguintes variáveis: massa seca de folhas, massa seca de caule + pecíolo, massa seca de inflorescências e massa seca total da planta.

2.4.1.5 Área foliar

Das folhas coletadas nas cinco plantas, foram realizadas amostragem para determinação da área foliar, seguindo metodologia de BENINCASA (1988), com modificações. Após a separação das folhas, foram retirados 20 discos foliares de área conhecida (1,77 cm^2) de cada parcela experimental, que foi considerada a área foliar da amostra ($AF_{amostra}$). Em seguida, após a secagem em estufa de circulação forçada de ar, à temperatura de 65ºC, até atingirem massa constante (≅ 24 horas), foi determinada a massa seca da amostra ($MS_{amostra}$) e a massa seca das folhas (MSF). A área foliar total (AF) foi obtida através da seguinte equação:

$$AF = [(AF_{amostra} \times MSF)/MS_{amostra}].$$

2.4.1.6 Razão de área foliar

A razão de área foliar é a relação entre área foliar (dm^2) necessária para produzir um grama de massa seca da planta. Para a obtenção da razão de área foliar foi dividido a área foliar da planta pela massa seca total da planta.

2.4.2 Determinação do Teor de Nitrogênio Foliar

Para avaliar o teor de nitrogênio foliar foram coletadas cinco plantas de cada parcela no estádio D_1. O nitrogênio foliar foi determinado pelos métodos de digestão, destilação e titulação, descrito por TEDESCO et al. (1995). O procedimento utilizado foi o de aquecimento das amostras (0,2 gramas de folhas de canola + 0,7 gramas da mistura (Na_2SO_4 + $CuSO_4$ + Se)) em tubos de ensaio com cinco mL de ácido sulfúrico e dois mL de água oxigenada em um aquecedor, elevando-se a temperatura gradualmente em 50°C a cada 30 minutos, até atingir a temperatura de 350°C para digestão. Em seguida as amostras foram submetidas à destilação com NaOH concentrado, aquecendo-se em seguida para a liberação da amônia dentro de um volume de 5 mL de uma solução com ácido bórico, sendo titulado na sequência com HCl. Com o valor obtido a partir da titulação, foi calculado a concentração de nitrogênio total (NT) a partir da seguinte equação:

$$NT = \{[(Va - Vb) \times F \times 0,1 \times 0,014 \times 100]\}/P_1$$

Onde:

NT – teor de nitrogênio total na amostra, em porcentagem;

Va – volume (mL) da solução de HCl gasto na titulação da amostra;

Vb – volume (mL) da solução de HCl gasto na titulação em branco;

F – fator de correção para o HCl 0,01 mol L^{-1};

P_1 – massa (g) da amostra.

2.4.3 Determinação do Teor de Proteína Bruta e Óleo na Massa de Grãos

Para as análises de teor de proteína bruta e teor de óleo dos grãos foi retirada uma amostra de 100 g de material seco em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C e moído em moinho tipo martelo, modelo Tecnal TE 631/2.

O teor de nitrogênio nos grãos (NT) foi obtido pelos métodos de digestão, destilação e titulação, descrito por TEDESCO et al. (1995), como já descrito.

Para a determinação do teor de proteína bruta, multiplicou-se o valor encontrado para NT, por 6,25, fator que converte o NT em proteína bruta, ao considerar que a proteína contém em suas moléculas aproximadamente 16% de nitrogênio (JONES, 1931). Desta forma, a proteína bruta (PB) foi calculada pela equação:

$$PB = NT \times 6,25$$

O teor de óleo por sua vez, foi determinado calculando-se o extrato etéreo, segundo SILVA (1990). Da amostra de grãos, foram pesados dois gramas, que foram embrulhados em papel pesafiltro na forma de cartucho e inseridos nos tubos coletores do aparelho de extração modelo Goldfish. Em cada um dos tubos se adicionou ainda 60 mL de éter de petróleo. Os tubos com as amostras permaneceram no aparelho por aproximadamente cinco horas para a extração total do óleo. Após esse período, os tubos foram levados para uma estufa a 140 °C por uma hora, para a evaporação total do éter, restando apenas o óleo, sendo em seguida levados ao dessecador para resfriamento e posterior pesagem. O teor de óleo (%) da massa de grãos foi obtido a partir da seguinte equação:

$$TO = [(T_2 - T_1) \times 100] / P_1$$

Onde:

TO – teor de óleo;

T_2 – massa do tubo com óleo;

T_1 – massa do tubo vazio;

P_1 – massa (g) da amostra.

2.4.4 Componentes da Produção e Produtividade

2.4.4.1 Massa de síliquas por planta

Foram retiradas as síliquas de cinco plantas por parcela. Estas síliquas foram colocadas em estufa de circulação forçada de ar a 65°C até atingir massa constante, sendo então pesados e esse peso dividido por cinco.

2.4.4.2 Massa por síliqua

Foram retiradas aleatoriamente 50 síliquas de cinco plantas por parcelas. As síliquas foram colocadas em estufa de circulação forçada de ar a 65°C até atingir massa constante, sendo então pesados e o resultado dividido por 50.

2.4.4.3 Massa de grãos por síliqua

A massa seca dos grãos foi determinada a partir da debulha manual de 50 síliquas retiradas aleatoriamente de cinco plantas por parcela. Os grãos foram colocados em estufa de circulação forçada de ar a 65°C até atingir massa constante, sendo então pesados e esse peso dividido por 50.

2.4.4.4 Massa de 1.000 grãos

Para determinar a massa de mil grãos foi realizada a contagem de 10 sub-amostras de 100 grãos. A massa de mil grãos obtida através da somatória da massa das 10 sub-amostras.

2.4.4.5 Produtividade

As plantas de uma área de cinco metros quadrados de cada parcela foram debulhadas em trilhadora mecânica, e os grãos secados em estufa de circulação forçada de ar a 65°C até atingir massa constante, sendo posteriormente pesadas.

Para todos os componentes da produção e produtividade, a massa obtida foi corrigida para 10% de umidade, base úmida, segundo metodologia descrita nas Regras para Análises de Sementes (Brasil, 2009).

2.4.5 Determinação do Rendimento de Óleo

A determinação do rendimento de óleo da massa de grãos por unidade de área (hectare) foi realizada multiplicando-se o resultado do teor de óleo da massa de grãos versus a produtividade obtida.

2.5 Análise dos Dados

Após a tabulação, os dados dos experimentos foram submetidos à análise de variância conjunta pelo teste F ($P \leq 0,05$) e as médias dos tratamentos foram comparadas por contratastes ortogonais ($p \leq 0,05$) utilizando-se o software “SISVAR” (FERREIRA, 2000).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Variáveis Biométricas

Constataram-se diferenças significativas pelo teste F ($p \leq 0,05$) para todas as variáveis biométricas exceto altura de planta (AP) e razão de área foliar (RAF) relacionadas à fonte de variação experimento, para todas as variáveis relacionadas à fonte de variação parcelamento, para as variáveis massa de caule+pecíolo (MSC+P), massa seca de inflorescência (MSI), massa seca da parte aérea (MAS), área foliar (AF) e razão de área foliar (RAF) relacionada à interação experimento e parcelamento. Não se observaram diferenças significativas pelo teste F ($p > 0,05$) para as demais variáveis e para todas as variáveis relacionadas às fontes de variação fonte, e as interações experimento e fonte, fonte e parcelamento e a interação tripla experimento, fonte e parcelamento (Tabela 1).

Observando-se a tabela 2 pode-se constatar que houve diferença significativa pelo teste F ($p \leq 0,05$), em ambos os experimentos e para todas as variáveis biométricas, exceto para massa seca de inflorescência (MSI) no experimento semeado em 23/04/09, quando se comparou a testemunha (sem nitrogênio) com as diferentes combinações de parcelamento de nitrogênio (N), indicando que a canola responde positivamente a adubação com N.

Ao se comparar a aplicação do N todo na semeadura (120 kg ha^{-1}) com a aplicação do N todo em cobertura (120 kg ha^{-1}, no estádio B_4 – plantas com quatro folhas verdadeiras), não houve diferença significativa pelo teste de F ($p > 0,05$) para as variáveis diâmetro basal (DB) e altura de planta (AP) em ambos os experimentos semeados em 12/05/09 e 23/04/10, e para a variável massa seca de inflorescência no experimento semeado em 23/04/10. Houve diferença significativa pelo teste F ($p \leq 0,05$) para as demais variáveis em ambos os experimentos, conforme pode ser observado na tabela 2. Observando-se as médias destas variáveis (Tabela 2), pode-se constatar que ao se aplicar o N todo na semeadura o resultado foi superior à aplicação do N todo em cobertura, provavelmente em função da deficiência de N nos estádios fenológicos iniciais da cultura, não permitindo à planta condições plenas de desenvolvimento de seus processos fisiológicos.

Tabela 1. Resumo da análise de variância para diâmetro basal (DB), altura de planta (AP), número de plantas por metro quadrado (NPM2), massa seca de folha (MSF), massa seca de caule+pecíolo (MSC+P), massa seca de inflorescência (MSI), massa seca da parte aérea (MSA), área foliar (AF) e razão de área foliar (RAF) de plantas de canola, híbrido Hyola 61, em função de dois experimentos, fontes e parcelamento de nitrogênio (N). Marechal Cândido Rondon, UNIOESTE, 2009/2010

Fontes de Variação	GL	QUADRADO MÉDIO								
		DB	AP	NPM2	MSF	MSC+P	MSI	MSA	AF	RAF
Bloco/Exp	6	4,50	276,93	119,21	5,65	10,54	0,49	32,64	507,73	0,14
Exp[1] (A)	1	445,38**	1,52 ns	1.887,23 **	72,60**	278,22**	65,70**	1.109,30**	27.444,79**	0,11 ns
Fonte[2] (B)	1	5,40ns	1,51ns	45,15 ns	7,47 ns	0,17 ns	1,18 ns	2,53 ns	201,14 ns	0,06 ns
Parcelamento[3] (C)	4	63,20*	938,25**	38,39 *	266,94**	305,54**	30,84**	1.530,81**	6.174,97**	43,43**
A x B	1	4,65ns	3,60 ns	1,81 ns	2,83 ns	0,05 ns	0,42 ns	6,60 ns	303,61 ns	0,30 ns
A x C	4	12,31ns	21,38 ns	1,54 ns	6,28 ns	9,61*	12,72*	40,22*	855,83*	0,80**
B x C	4	0,73 ns	61,22 ns	34,04 ns	0,98 ns	8,52 ns	0,15 ns	10,83 ns	73,81 ns	0,34 ns
A x B x C	4	4,38ns	55,37 ns	1,36 ns	1,34 ns	1,18 ns	1,78 ns	3,92 ns	59,34 ns	0,04 ns
Resíduo	54	3,11	19,13	19,79	1,95	2,04	0,59	4,91	78,82	0,12
Média Geral		14,47	98,14	24,28	10,60	9,64	3,25	23,49	110,22	5,22
CV (%)		12,20	4,46	18,32	13,18	14,80	23,60	9,44	8,06	6,70

ns, *, ** Não significativo, significativo a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. [1]Correspondente a dois experimentos semeados respectivamente em 12/05/09 e 23/04/10. [2]Correspondente a duas fontes de N: uréia e sulfato de amônio. [3]Correspondente a cinco parcelamentos de N aplicados na semeadura e em cobertura, sendo a aplicação de N em cobertura realizada no estádio de quatro folhas verdadeiras da cultura.

Analisando-se o parcelamento de N de 1/3 na semeadura e 2/3 em cobertura (respectivamente 40 e 80 kg ha^{-1} de N) em comparação com o parcelamento de N de 2/3 na semeadura e 1/3 em cobertura (respectivamente 80 e 40 kg ha^{-1} de N) não houve diferença significativa ($p>0,05$) para as variáveis DB, AP e número de plantas por metro quadrado (NPM2) para ambos os experimentos semeados em 12/05/09 e 23/04/10, e para as variáveis massa seca de folhas (MSF) e área foliar (AF) do experimento semeado em 23/04/10. No entanto, houve diferença significativa pelo teste de F ($p\leq0,05$) para as demais variáveis biométricas avaliadas (Tabela 2). As médias destas variáveis indicam que, de um modo geral, houve uma maior resposta das variáveis avaliadas quando se aplicou 1/3 do N na semeadura e 2/3 em cobertura, indicando provavelmente que a planta de canola necessita inicialmente de uma menor quantidade de N, e que esta demanda vai crescendo ao longo do ciclo da cultura.

Ao se comparar a aplicação do N todo na semeadura em conjunto com a aplicação do N todo em cobertura e destes com o parcelamento de N 1/3 na semeadura e de 2/3 em cobertura em conjunto com 2/3 em semeadura e 1/3 em cobertura, podo-se constatar que não houve resposta significativa pelo teste F ($p>0,05$) para as variáveis DB e AP para ambos os experimentos semeados em 12/05/09 e 23/04/10, e para as variáveis NPM2 e MSI no experimento semeado em 23/04/10. No entanto, houve diferença significativa pelo teste de F ($p\leq0,05$) para as demais variáveis biométricas (Tabela 2). As médias indicam que há uma maior resposta das variáveis ao se parcelar o N em comparação à sua aplicação em dose única, em semeadura e em cobertura (Tabela 2).

O parcelamento do N proporcionando melhores resultados em comparação a aplicação a sua aplicação em dose única, também foi constado por Cheema et al. (2010), que observaram um maior acúmulo de massa seca da parte aérea (MSA) quando utilizaram a um terço do N na semeadura e dois terços em pré florescimento. O'Connor, Wardle e Poole (2009) observaram um maior acúmulo de MSA quando a metade do N foi aplicada na semeadura e outra metade no início do alongamento do caule. Hocking, Randall e DeMarco (1997), obtiveram um maior acúmulo de MSA quando da aplicação de um terço do N na semeadura e dois terços em cobertura no estádio de roseta.

Com relação a área foliar (AF), Yasari et al. (2008) obtiveram os melhores resultados ao aplicarem 250 kg ha^{-1} de N, um terço na semeadura, um terço após a

formação de roseta e outro terço durante o alongamento do caule. A obtenção destes resultados ocorre possivelmente porque ao se parcelar a adubação nitrogenada, ocorre um melhor aproveitamento do nitrogênio pela planta. O nitrogênio é um elemento fundamental no metabolismo das plantas, pois está diretamente relacionado com a síntese de proteínas, aminoácidos e ácidos nucléicos. Sua ausência limita o crescimento vegetal e sua disponibilidade tem sido associada ao aumento da divisão e expansão celular, da área foliar e da fotossíntese (TAIZ & ZEIGER, 2008).

É importante mencionar que com aos resultados médios de área foliar (AF) e razão de área foliar (RAF), apresentados na tabela 2, pode-se observar que as combinações de parcelamento de N que obtiveram uma maior AF obtiveram respectivamente uma menor RAF, mostrando uma correlação negativa entre os dados. Isto é desejável, uma vez que a RAF é a razão entre área foliar necessária para produzir um grama de massa seca da parte aérea da planta de canola. É desejável ainda que se tenha uma planta com grande área foliar, pois assim haverá uma maior interceptação da energia solar, ao mesmo tempo em que se busca uma alta eficiência em transformar esta energia solar em fotoassimilados para a planta (RATHKE, et al., 2006, MARENCO e LOPES, 2005, DIEPENBROCK, 2000).

Tabela 2. Resumo da análise de variância e média dos contrastes para diâmetro basal (DB), altura de planta (AP), número de plantas por metro quadrado (NPM2), massa seca de folha (MSF), massa seca de caule+pecíolo (MSC+P), massa seca de inflorescência (MSI), massa seca da parte aérea (MSA), área foliar (AF) e razão de área foliar (RAF) de plantas de canola, híbrido Hyola 61, em função de dois experimentos e diferentes parcelamentos de N. Marechal Cândido Rondon, UNIOESTE, 2009/2010

Contrastes			SN versus TNS+TNC+ $^{1/3}NS^{2/3}NC$+ $^{2/3}NC^{1/3}NS$	TNS versus TNC	$^{1/3}NS^{2/3}NC$ versus $^{2/3}NC^{1/3}NS$	TNS + TNC versus $^{1/3}NS^{2/3}NC$+ $^{2/3}NC^{1/3}NS$
Graus de liberdade			1	1	1	1
DB	12/05[1]	QM	42,71*	18,55^{ns}	8,55^{ns}	225,43^{ns}
		Méd	14,7 x 17,3	17,5 x 15,4	19,0 x 17,5	16,4 x 18,
	23/04[1]	QM	196,60**	0,07^{ns}	9,95^{ns}	0,17^{ns}
		Méd	7,7 x 13,2	12,5 x 13,2	14,1 x 13,1	12,8 x 13,6
AP	12/05	QM	1.402,33*	34,02^{ns}	75,21^{ns}	3,63^{ns}
		Méd	86,2 x 101,0	99,1 x 99,2	103,5 x 102,1	99,1 x 102,8
	23/04	QM	2.146,22*	169,00^{ns}	4,00^{ns}	6,12^{ns}
		Méd	83,6 x 101,9	101,9 x 98,2	102,9 x 104,7	100,1 x 103,8
NPM2	12/05	QM	24,43 *	18,42 *	0,40^{ns}	5,86^{ns}
		Méd	17,9 x 19,8	20,1 x 18,3	20,4 x 20,4	19,2 x 20,4
	23/04	QM	55,02**	41,47**	0,88^{ns}	13,25*
		Méd	26,8 x 29,7	30,1 x 27,5	30,6 x 30,7	28,8 x 30,6
MSF	12/05	QM	338,05**	29,13**	110,88**	139,57**
		Méd	5,7 x 13,0	12,5 x 9,6	17,7 x 12,3	11,0 x 15,0
	23/04	QM	55,02**	41,47**	0,88^{ns}	13,25*
		Méd	7,8 x 13,2	10,0 x 8,7	14,1 x 11,7	9,4 x 12,9
MSC+P	12/05	QM	403,64**	31,92**	114,65**	270,85**
		Méd	5,15 x 13,1	12,3 x 9,8	17,7 x 12,3	11,0 x 15,2
	23/04	QM	201,24**	56,29**	63,37**	118,32**
		Méd	3,3 x 8,9	6,2 x 5,6	4,4 x 9,4	15,9 x 11,9
MSI	12/05	QM	79,51**	24,42*	24,52*	35,40*
		Méd	1,3 X 4,9	4,25 X 2,7	7,2 X 5,2	3,5 X 6,2
	23/04	Méd	1,7 x 2,5	2,8 x 1,8	2,8 x 2,6	2,3 x 2,7
		QM	4,72^{ns}	2,81^{ns}	2,85^{ns}	0,00^{ns}
MAS	12/05	QM	2.246,10**	255,60**	754,85**	748,16**
		Méd	12,3 x 31,0	29,0 x 22,1	42,7 x 30,1	25,5 x 36,4
	23/04	QM	1.225,34**	226,65**	219,56**	608,11**
		Méd	8,7 x 22,5	19,0 x 16,2	31,3 x 23,7	17,6 x 27,5
AF	12/05	QM	13.726,47**	854,39*	5.099,74**	2.639,13**
		Méd	91,7 x 138,0	137,8 x 118,1	163,5 x 132,7	127,9 x 148,1
	23/04	QM	3.720,27**	728,05*	171,96^{ns}	1.183,19*
		Méd	72,4 x 96,5	90,24 x 87,5	107,4 x 100,9	88,8 x 104,2
RAF	12/05	QM	55,14**	3,51**	2,87**	3,42**
		Méd	7,5 x 4,6	4,8 x 5,4	3,8 x 4,4	5,1 x 4,1
	23/04	QM	94,77**	5,45**	4,63**	7,13**
		Méd	8,3 x 4,5	4,8 x 5, 4	3,4 x 4,3	5,1 x 3,9

^{ns}, *, ** Não significativo, significativo a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. SN: sem nitrogênio; TNS: 120 e 0 kg ha^{-1} de N aplicados na semeadura e em cobertura; TNC: 0 e 120 kg ha^{-1} de N aplicados na semeadura e em cobertura; $^{1/3}NS^{2/3}NC$: 40 e 80 kg ha^{-1} de N aplicados na semeadura e em cobertura; $^{2/3}NC^{1/3}NS$: 80 e 40 kg ha^{-1} de N aplicados na semeadura e em cobertura. [1]Correspondente a dois experimentos semeados respectivamente em 12/05/09 e 23/04/10.

3.2 Componentes da Produção e Produtividade

Constataram-se diferenças significativas pelo teste F (p≤0,05) para 0s componentes da produção massa síliquas por planta (MSP), massa de grãos por síliqua (MGS), massa se mil grãos (MMG) e produtividade (PROD) relacionadas à fontes de variação experimento, para todas os componentes da produção e produtividade relacionadas à fonte de variação parcelamento e para massa por síliqua (MS) e PROD relacionadas à interação experimento e parcelamento. Não se observaram diferenças significativas pelo teste F (p>0,05) para as fontes de N e as interações experimento x fontes de N, fontes de N x parcelamento e a interação tripla experimento x fontes de N x parcelamento de N (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo da análise de variância para os componentes da produção massa de síliqua por planta (MSP), massa por síliqua (MS), massa de grãos por síliqua (MGS) massa de mil grãos (MMG) e produtividade (PROD) de plantas de canola, híbrido Hyola 61, em função de dois experimentos e diferentes parcelamentos de N. Marechal Cândido Rondon, UNIOESTE, 2009/2010

Fontes de Variação	GL	QUADRADO MÉDIO				
		MSP	MS	MGS	MMG	PROD
Bloco/Exp	6	55,10	281,25	200,38	0,13	192.489,00
Exp[1] (A)	1	3.627,87**	4,58 ns	3.825,79**	4,96*	623.752,96**
Fonte[2] (B)	1	0,89 ns	165,05 ns	17,70 ns	0,19 ns	13774,16 ns
Parcelamento[3] (C)	4	646,38*	4.832,90**	1.257,61*	4,49**	2.825.335,53**
A x B	1	35,1 ns	29,60 ns	48,62 ns	0,11 ns	12.988,94 ns
A x C	4	71,00 ns	4486,17**	94,53 ns	0,56 ns	173.282,94*
B x C	4	38,05 ns	141,80 ns	41,31 ns	0,14 ns	30.758,81 ns
A x B x C	4	62,12 ns	30,19 ns	100,23 ns	0,24 ns	11.089,09 ns
Resíduo	54	34,02	130,24	64,81	0,14	37.273,03
Média Geral		26,51	77,73	38,02	2,36	1.176
CV (%)		22	14,68	21,17	15,84	16,42

ns, *, ** Não significativo, significativo a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. [1]Correspondente a dois experimentos semeados respectivamente em 12/05/09 e 23/04/10. [2]Correspondente a duas fontes de N: uréia e sulfato de amônio. [3]Correspondente a cinco parcelamentos de N aplicados na semeadura e em cobertura, sendo a aplicação de N em cobertura realizada no estádio de quatro folhas verdadeiras da cultura.

Observando-se a tabela 4 pode-se constatar que houve diferença significativa pelo teste F ($p \leq 0,05$), em ambos os experimentos e para todos os componentes de produção e produtividade, quando se comparou a testemunha (sem nitrogênio) com as diferentes combinações de parcelamento de nitrogênio (N), indicando que as variáveis avaliadas respondem positivamente à aplicação de N.

Quando se compara a aplicação de N todo em semeadura com a aplicação de N todo em cobertura (Tabela 4) no estádio de quatro folhas verdadeiras da cultura, pode-se constatar que não houve diferença significativa pelo teste de F ($p > 0,05$) para MSP em ambos os experimentos semeados em 12/05/09 e 23/04/10, para MGS no experimento semeado em 12/05/09 e para MMG no experimento semeado em 23/04/10. Houve diferença significativa pelo teste de F ($p \leq 0,05$) para MS e PROD em ambos os experimentos, para MGS no experimento semeado em 23/04/10 e para MGS no experimento semeado em 12/05/10. Analisando-se as médias dos componentes da produção e produtividade (Tabela 4), pode-se constatar que houve uma maior resposta à aplicação do N todo na semeadura, em comparação a aplicação do N todo em cobertura. Este resultado corrobora as informações observadas com relação ao desempenho das variáveis biométricas (Tabela 2). O melhor resultado da aplicação do N todo na semeadura provavelmente esteja relacionado a um melhor aproveitamento do nutriente quando este é disponibilizado nos estádios iniciais de desenvolvimento da canola.

O desempenho dos componentes da produção e produtividade foi muito semelhante quando se avaliou o parcelamento do N aplicando-se um terço na semeadura e dois terços em cobertura (40 e 80 kg ha^{-1} de N respectivamente) comparado com o parcelamento do N aplicando-se dois terços na semeadura e um terço em cobertura (80 e 40 ha^{-1} de N respectivamente). Não se observou diferença significativa ($p > 0,05$) para maioria dos componentes da produção. Apenas a MMG do experimento semeado em 23/04/10 e a PROD para ambos os experimentos apresentaram diferença significativa pelo teste de F ($p \leq 0,05$), conforme pode ser observado na tabela 4.

As médias das variáveis MMG e PROD revelam que houve uma melhor resposta ao parcelamento do N quando se aplica um terço na semeadura e dois terços em

cobertura. Este resultado pode indicar que a canola demanda uma menor quantidade de N no estádio inicial de desenvolvimento da cultura. Além disso, este parcelamento permite um manejo mais adequado do N aplicado, diminuindo-se as possibilidades de perdas por lixiviação e imobilização deste nutriente quando aplicado em maiores quantidades na semeadura.

O desempenho superior da canola com o parcelamento do N fica evidente quando ele é comparado com a aplicação em dose única, seja na semeadura ou em cobertura, conforme pode ser observado na tabela 4. Ainda que nos componentes da produção MSP e MGS em ambos os experimentos e MMG no experimento semeado em 12/05/09 não houve diferença significativa ($p>0,05$), para os componentes da produção e produtividade MS e PROD em ambos os experimentos e MMG no experimento semeado em 23/04/10 houve diferença significativa ($p\leq0,05$).

Ao se analisar as médias dos componentes da produção MS e MMG e a PROD em função da aplicação do N em dose única, na semeadura e em cobertura, em comparação ao seu parcelamento, o resultado de MSP e MGS mostra que o experimento respondeu positivamente à adubação nitrogenada, não necessariamente ao parcelamento da adubação. Por outro lado, o comportamento especialmente da MS e da PROD revelam a importância do parcelamento, pois ambas as variáveis estão positivamente correlacionadas ao manejo adequado do N (DIEPENBROCK, 2000). Altas doses de N aplicadas em uma só vez estão sujeito a maiores perdas por fixação, imobilização, desnitrificação, lixiviação, e perdas de amônia por volatilização (RATHKE, 2006). Além disso, ao se aplicar em dose única, pode ocorrer consumo de luxo de N pela planta e inibição na absorção de outros nutrientes ocasionada pela presença em excesso de N.

Resultados positivos com relação à aplicação do N, em especial ao seu parcelamento, foram relatados por diversos pesquisadores. Yasari et al. (2008) observaram um aumento na massa de síliquas por planta ao aplicarem a dose de 250 kg ha^{-1} de N, um terço na semeadura, um terço após a formação de roseta e outro terço durante o alongamento do caule. Motley et al. (2002), obtiveram uma maior produtividade da canola aplicando 50% + 50% do N respectivamente na semeadura e em cobertura, em relação a 100% da adubação na semeadura. Hocking et al. (1997),

constataram que a canola responde melhor a aplicação de 75 kg ha^{-1} na semeadura em comparação a aplicação da mesma dose no pré florescimento. Narits (2010) observou que as maiores produtividades foram obtidas com 120 kg ha^{-1} de N dividido em três parcelas, 40 na semeadura, 40 quando a haste principal tinha 10 cm e 40 kg no início do florescimento, sendo este resultado superior à aplicação de 140 kg ha^{-1} em dose única na semeadura, indicando que a qualidade conferida pelo parcelamento do N tem maior impacto sobre a produtividade que a quantidade de N aplicada em dose única.

Tabela 4. Resumo da análise de variância e média dos contrastes para os componentes da produção massa de síliqua por planta (MSP), massa por síliqua (MS), massa de grãos por síliqua (MGS) massa de mil grãos (MMG) e produtividade (PROD) de plantas de canola, híbrido Hyola 61, em função de dois experimentos e diferentes parcelamentos de N. Marechal Cândido Rondon, UNIOESTE, 2009/2010

Contrastes			SN versus TNS+TNC+ $^{1/3}NS^{2/3}NC$+ $^{2/3}NC^{1/3}NS$	TNS versus TNC	$^{1/3}NS^{2/3}NC$ versus $^{2/3}NC^{1/3}NS$	TNS + TNC versus $^{1/3}NS^{2/3}NC$+ $^{2/3}NC^{1/3}NS$
Graus de liberdade			1	1	1	1
MSP	12/05[1]	QM	1.566,75**	160,97 ns	116,48 ns	402,00 ns
		Méd	20,7 x 36,4	37,2 x 29,7	42,6 x 36,0	33.4 x 39,3
	23/04[1]	QM	418,12**	98,30 ns	66,38 ns	40,52 ns
		Méd	13,3 x 21,4	20,5 x 17,8	19,1 x 23,6	24,5 x 22,7
MS	12/05	QM	11.556,26**	2.097,64**	1,81 ns	3.037,71**
		Méd	43,.5 x 86,0	95,4 x 64,8	96,1 x 87,	780,1 x 91,9
	23/04	QM	3.472,82**	448,70*	34,07 ns	627,29*
		Méd	66,7 x 82,6	85,6 x 72,9	88,5 x 83,5	79,2 x 86,0
MGS	12/05	QM	2.135,98*	906,01*	180,90 ns	822,15 ns
		Méd	30,3 x 48,6	50,3 x 36,0	57,0 x 51,0	43,1 x 54,0
	23/04	QM	787,08*	323,37 ns	102,01 ns	151,07 ns
		Méd	27,9 x 33,3	33,0 x 26,7	29,8 x 26,8	38,0 x 35,6
MMG	12/05	QM	3,43*	0,45 ns	0,01 ns	0,94 ns
		Méd	2,0 x 2,8	2,9 x 2,4	2,9 x 2,7	2,7 x 2,9
	23/04	QM	7,14**	3,03*	2,45*	2,73*
		Méd	1,7 x 2,3	2,2 x 1,6	3,0 x 2,5	1,91 x 2,7
PROD	12/05	QM	4.977.806,94**	467.760,24**	303.807,66**	342.765,09**
		Méd	558 x 1.440	1.406 x 1.166	1.682 x 1.508	1.286 x 1.595
	23/04	QM	2.189.928,79**	999.730,02**	1.527.417,91**	1.185.257,21**
		Méd	779 x 1.204	1.088 x 762	1.706 x 1.262	925 x 1.484

ns, *, ** Não significativo, significativo a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. SN: 0 e 0 kg ha^{-1} de N; TNS: 120 e 0 kg ha^{-1} de N aplicados na semeadura e em cobertura; TNC: 0 e 120 kg ha^{-1} de N aplicados na semeadura e em cobertura; $^{1/3}NS^{2/3}NC$: 40 e 80 kg ha^{-1} de N aplicados na semeadura e em cobertura; $^{2/3}NC^{1/3}NS$: 80 e 40 kg ha^{-1} de N aplicados na semeadura e em cobertura. [1]Correspondente a dois experimentos semeados respectivamente em 12/05/09 e 23/04/10.

3.3 Teor de Nitrogênio Foliar, Teor de Proteína e Óleo na Massa de Grãos e Rendimento de Óleo

Constataram-se diferenças significativas pelo teste F (p≤0,05) para o teor de nitrogênio foliar (NFOL), teor de proteínas (PROT) e óleo (OLEO) nos grãos e rendimento de óleo (ROLEO) por hectare relacionados às fontes de variação experimento, parcelamento do N e para NFOL, OLEO e ROLEO para a interação experimento x parcelamento de N na cultura da canola. Não se observaram diferenças significativas pelo teste F (p>0,05) em função das fontes de N utilizadas e as interações experimento x fonte, fonte x parcelamento de N, e a interação tripla experimento x fonte de N x parcelamento de N (Tabela 5).

Tabela 5. Resumo da análise de variância para teor de nitrogênio foliar (NFOL), teor de proteína (PROT), teor de óleo (OLEO) e rendimento de óleo (ROLEO) nos grãos de canola, híbrido Hyola 61, em função de dois experimentos e diferentes parcelamentos de N. Marechal Cândido Rondon, UNIOESTE, 2009/2010

Fontes de Variação	GL	QUADRADO MÉDIO			
		NFOL	PROT	OLEO	ROLEO
Bloco/Exp	6	0,13	0,86	0,47	13.445,88
Exp[1] (A)	1	1,64**	2,62*	10,25**	21.386,45**
Fonte[2] (B)	1	0,01^{ns}	0,36^{ns}	0,39^{ns}	341,63^{ns}
Parcelamento[3] (C)	4	9,88**	92,73**	99,06**	169593,01**
A x B	1	0,00^{ns}	0,01^{ns}	0,00^{ns}	920,86^{ns}
A x C	4	0,29**	0,43^{ns}	2,33**	12.279,78*
B x C	4	0,02^{ns}	0,16^{ns}	0,14^{ns}	2.469,28^{ns}
A x B x C	4	0,02^{ns}	0,19^{ns}	0,11^{ns}	810,69^{ns}
Resíduo	54	0,06	0,28	0,35	2.432,84
Média Geral		4,90	24,59	25,77	298,66
CV (%)		5,01	3,11	2,29	16,52

^{ns}, *, ** Não significativo, significativo a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. [1]Correspondente a dois experimentos semeados respectivamente em 12/05/09 e 23/04/10. [2]Correspondente a duas fontes de N: uréia e sulfato de amônio. [3]Correspondente a cinco parcelamentos de N aplicados na semeadura e em cobertura, sendo a aplicação de N em cobertura realizada no estádio de quatro folhas verdadeiras da cultura.

Analisando-se a tabela 6, pode-se constatar que houve diferença significativa pelo teste F (p≤0,05) para teor de N foliar (NFOL), teor de proteína (PROT) e óleo (OLEO) nos grãos e rendimento de óleo (ROLEO) por unidade de área da cultura da

canola quando se comparou a testemunha (sem N) com as demais combinações de parcelamento de N. Ao se observar as médias proporcionadas por estas variáveis (Tabela 6), pode-se destacar que estes resultados corroboram as informações obtidas anteriormente com relação às variáveis biométricas (Tabela 2) e componentes da produção e produtividade (Tabela 4), indicando que a canola responde positivamente a aplicação de N.

Houve diferença significativa pelo teste F ($p \leq 0,05$) para as variáveis analisadas quando se comparou a aplicação de todo o N na semeadura com a aplicação de todo o N em cobertura, no estádio de quatro folhas verdadeiras da cultura (Tabela 6). Analisando-se o comportamento das médias das variáveis avaliadas (Tabela 6), há uma maior resposta à aplicação de todo o N na semeadura em detrimento à aplicação de todo o N em cobertura, uma tendência que já vinha sendo observada em relação às variáveis biométricas e os componentes da produção e produtividade.

Todas as variáveis apresentaram diferença significativa pelo teste de F ($p \leq 0,05$) quando se comparou o parcelamento do N aplicando-se um terço na semeadura e dois terços em cobertura em relação à aplicação de dois terços na semeadura e um terço em cobertura. Quando se comparam as suas médias, pode-se observar que ao parcelar o N em um terço na semeadura e dois terços em cobertura, todas as variáveis avaliadas apresentam resultado superior em comparação ao se parcelar em dois terços na semeadura e um terço em cobertura. Considerando o momento da coleta do material para a determinação NFOL realizada próximo ao florescimento e de PROT, OLEO e ROLEO no momento da colheita, estes resultados podem indicar que a canola apresenta um desempenho superior com relação a estas variáveis quando se disponibiliza uma maior quantidade de N em cobertura, revelando que a canola necessita de uma menor quantidade de N nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura, disponibilizada no momento da semeadura.

Quando comparado à aplicação do N todo na semeadura e todo em cobertura, o N aplicado de forma parcelada apresenta um desempenho superior. É o que indicam as médias observadas na tabela 6. Da mesma forma como aconteceu com as variáveis biométricas (Tabela 2) e os componentes de produção e produtividade (Tabela 4), as variáveis NFOL, PROT, OLEO e ROLEO seguiram esta tendência. Como já foi comentado, este resultado provavelmente aponta para um

melhor aproveitamento do N quando aplicado de forma parcelada em função provavelmente de menores perdas por lixiviação, imobilização, volatilização, consumo de luxo e inibição competitiva. Por outro lado, quando aplicado todo em cobertura, o excesso de N pode reduzir a produção por alongar o ciclo, retardando a colheita, aumentar o tamanho das folhas e consequentemente da parte aérea, criando um micro-clima que pode aumentar a incidência de doenças (RATHKE, BEHRENS e DIEPENBROCK, 2006).

Tabela 6. Resumo da análise de variância e média dos contrastes para os componentes da produção massa de síliqua por planta (MSP), massa por síliqua (MS), massa de grãos por síliqua (MGS) massa de mil grãos (MMG) e produtividade (PROD) de plantas de canola, híbrido Hyola 61, em função de dois experimentos e diferentes parcelamentos de N. Marechal Cândido Rondon, UNIOESTE, 2009/2010

Contrastes			SN versus TNS+TNC+ $^{1/3}$NS$^{2/3}$NC+ $^{2/3}$NC$^{1/3}$NS	TNS versus TNC	$^{1/3}$NS$^{2/3}$NC versus $^{2/3}$NC$^{1/3}$NS	TNS+TNC versus $^{1/3}$NS$^{2/3}$NC+ $^{2/3}$NC$^{1/3}$NS
Graus de liberdade			1	1	1	1
NFOL	12/05[1]	QM	21,63**	1,53**	2,53**	1,10**
		Méd	2,6 x 5,4	5,2 x 4,9	6,0 x 5,5	5,1 x 5,8
	23/04[1]	QM	10,39**	1,59**	1,55**	0,37**
		Méd	3,7 x 5,1	4,8 x 4,6	5,4 x 5,2	4,7 x 5,3
PROT	12/05	QM	166,22**	10,81**	18,99**	2,54*
		Méd	20,7 x 25,8	25,0 x 24,7	27,62 x 26,3	24,8 x 26,7
	23/04	QM	132,04**	18,34**	18,49**	5,22**
		Méd	20,8 x 25,3	24,6 x 23,8	26,8 x 26,0	24,2 x 26,4
OLEO	12/05	QM	175,02**	4,08**	2,31*	10,28**
		Méd	29,6 x 24,4	24,6 x 23,3	25,3 x 24,3	23,9 x 24,8
	23/04	QM	169,85**	17,81**	23,64**	2,57**
		Méd	30,3 x 25,1	24,2 x 23,8	26,6 x 25,9	24,0 x 26,2
ROLEO	12/05	QM	224.248,38**	36.294,06**	25.833,33**	35.719,97**
		Méd	169,3 x 352,4	345,7 x 271,4	426,0 x 366,7	308,5 x 396,3
	23/04	QM	90.878,10**	83.794,33**	143.317,14**	87.405,89**
		Méd	187,0 x 306,1	263,8 x 181,5	453,0 x 326,2	222,6 x 389,6

^{ns}, *, ** Não significativo, significativo a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. SN: 0 e 0 kg ha^{-1} de N; TNS: 120 e 0 kg ha^{-1} de N aplicados na semeadura e em cobertura; TNC: 0 e 120 kg ha^{-1} de N aplicados na semeadura e em cobertura; $^{1/3}$NS$^{2/3}$NC: 40 e 80 kg ha^{-1} de N aplicados na semeadura e em cobertura; $^{2/3}$NC$^{1/3}$NS: 80 e 40 kg ha^{-1} de N aplicados na semeadura e em cobertura. [1]Correspondente a dois experimentos semeados respectivamente em 12/05/09 e 23/04/10.

A literatura aponta para resultados semelhantes com relação ao parcelamento do N. Yasari et al. (2008) obtiveram resultados de NFOL da canola na ordem de 3,47% ao aplicarem a dose de 250 kg ha^{-1} de N, um terço na semeadura, um terço após a formação de roseta e outro terço durante o alongamento do caule. Os

mesmos autores constataram ainda que o incremento de NFOL coincidiu com o aumento da produtividade da cultura. Grant et al. (2002), observaram que o parcelamento do N, aplicando-se 50% na semeadura e 50% em cobertura, proporcionou melhores resultados em comparação à aplicação do N em dose única na semeadura.

É importante notar que o teor de óleo nos grãos da canola é inversamente influenciado pela quantidade de N aplicada (EL-HABBASHA & EL-SALAM, 2010; GHANBARI-MALIDARREH, 2010; NARITS, 2010; KARAASLAN, 2008). Isso explica por que na testemunha (sem N) os níveis de óleo são maiores em comparação aos demais tratamentos. Cheema et al. (2010) avaliaram dois parcelamentos de N (100% na semeadura e 50% na semeadura e 50% no estádio de formação de roseta), observaram que os melhores rendimentos de óleo foram alcançados com 120 kg ha^{-1} de N aplicados 50% na semeadura e 50% no estádio de roseta.

Vale destacar ainda que o ROLEO é uma relação entre OLEO e a PROD (Tabela 4). Desta forma, menores teores de óleo nos grãos ocasionados pelo uso de N podem ser compensados por uma maior produtividade (kg ha^{-1}) alcançada com o uso do nutriente. Neste sentido, Narits (2010) observou um maior ROLEO na dose de 120 kg ha^{-1} de N aplicados de forma parcelada, sendo 1/3 + 1/3 + 1/3 respectivamente semeadura, estádio de roseta e florescimento. Ghanbari-Malidarreh (2010) constatou que a dose de N que proporcionou o melhor ROLEO foi de 200 kg ha^{-1} parcelados em 25% + 50% + 25% respectivamente semeadura, estádio de alongamento do caule e início do florescimento.

Os resultados apontam para um maior desempenho das variáveis quando o N é aplicado de forma parcelada em comparação a aplicação em dose única, especialmente quando se aplica um terço na semeadura e dois terços em cobertura. Quando em dose única, os maiores resultados alcançados foram quando o N foi aplicado na semeadura.

4 CONCLUSÕES

Nas condições experimentais relatadas, levando-se em consideração os dois experimentos da cultura da canola, pode-se conlcuir que:

1. As variáveis biométricas, os componentes de produção e produtividade, os níveis de nitrogênio foliar, de proteína e óleo nos grãos e o rendimento de óleo por unidade de área da cultura da canola não foram influenciados pelas fontes de adubação nitrogenada, sulfato de amônio e uréia;
2. Todas as variáveis avaliadas, excetuando-se o teor de óleo nos grãos, responderam positivamente ao uso do N;
3. Há uma tendência de maior resposta das variáveis avaliadas quando o N é aplicado todo na semeadura em comparação à aplicação do N todo em cobertura;
4. Há uma maior resposta das variáveis, em especial da produtividade, quando o N é aplicado um terço da semeadura e dois terços em cobertura em comparação a aplicação do N dois terços na semeadura e um terço em cobertura;
5. O parcelamento do N, um terço na semeadura e dois terços em cobertura, combinado com dois terços na semeadura e um terço em cobertura, proporcionou um maior resposta das variáveis avaliadas quando comparado com a aplicação do N em dose única, seja na semeadura ou em cobertura.

5 REFERÊNCIAS

AHMAD, G.; JAN, A.; INAMULLAH; MUHAMMAD, A. Phenology and physiology of canola as affected by nitrogen and sulfur fertilization**. Journal of Agronomy**, 5 (4): 555-562, 2006.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**. Jaboticabal, FUNEP,1988, 42p.

BEHRENS, T. Stickstoffeffizienz von Winterraps (*Brassica napus* L.) in Abhängigkeit von der Sorte sowie einer in Menge. In: Zeit und Form variierten Stickstoffdüngung, **Cuvillier Verlag**, Gottingen, 2002.

CANOLA COUNCIL OF CANADA**. Canola growers' manual.** Winnipeg. 2009. <http://www.canola-council.org/manual/canolafr.htm>. Acesso em: 15 de jan. 2009.

CAVIGLIONE, J. H.; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina : IAPAR, 2000. CD.

CHEEMA, M. A.; SALEEM, M. F.; MUHAMMAD; N.; WAHID, M. A.; BABER, B. H. Impact of rate an timing of nitrogen application on yield and quality of canola (*Brassica napus L.)*. ***Pak. J. Bot***., 42(3): 1723-1731, 2010.

CHEEMA, M. A.; MALIK, M. A.; HUSSAIN, A.; SHAH, S. H.; BASRA, S. M. A. Effects of Time and Rate of Nitrogen and Phosphorus Application on the Growth and the Seed and Oil Yields of Canola (*Brassica napus* L.). **Journal of Agronomy and Crop Science,** Vol. 186, Issue 2, p. 103-110, 2001.

DIEPENBROCK, W**.** Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): a review. **Institute of Agronomy and Crop Science**, Martin-Luther-University Halle, Germany, 2000.

EL-HABBASHA, S. F.; EL-SALAM, M. S. Response of two canola varieties (*Brassica napus L.)* to nitrogen fertilizer levels and zinc foliar aplication**.** Egypt**. Interational Journal of Academic Research**. Vol. 2, n^{o} 2. 2010.

EMBRAPA, **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA – CNPS, 2006. 306p.

FERREIRA, D. F. **Manual do sistema Sisvar para análises estatísticas**. Lavras: UFLA, 66p. 2000.

GHANBARI-MALIDARREH, A. Effects of Nitrogen Rates and Splitting on Oil Content and Seed Yield of Canola (*Brassica napus* L.). **American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.,** 8 (2): 161-166, 2010.

GRANT, C. A.; BROWN, K. R.; RACZ, G. J.; BAILEY, L. D. Influence of source, timing and placement of nitrogen fertilization on seed yield and nitrogen accumulation in the seed of canola under reducedand conventional-tillage management **Canadian. Journal of Plant Sciense**. 189.58.165.237; 2002.

HOCKING, P. J.; RANDALL, P. J.; DEMARCO, D. The response of dryland canola to nitrogen fertilizer: partitioning and mobilization of dry matter and nitrogen, and nitrogen effects on yield components. ***CSIRO Plant Industry****, GPO Box 1600, Canberra, ACT 2601, Australia,* 1997.

IAPAR. **Manual de análise química de solo e controle de qualidade**. Londrina, PR: Instituto Agronômico do Paraná, Circular 76,1992. 37p.

JONES, D. B. Factors for converting percentages of nitrogen in foods and feeds into percentages of protein. **U. S., Dep. Agric., Circ.,** Washington, v. 183, p. 1-21, 1931.

KARAASLAN, D. The effect of different nitrogen doses on seed yield, oil, proteins and nutrient contents of spring rape. **Pakistan Journal of Botanic**, 40(2): 807-813, 2008.

MALAVOLTA, E.; PIMENTEL-GOMES, F.; ALCARDE, J. C. **Adubos e adubações.** São Paulo: Nobel, 2002, 200p.

MARENCO, R.A.; LOPES, N.F. **Fisiologia Vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa: UFV, 439p., 2005.

MOTLEY, K.; RICE, A.; HARBISON, D. **Top dressing canola with urea: the importance of timing prior to rainfall.** NSW Agriculture, Central West Farming Systems Group and Hi-Fert Fertilisers. Australian Oil Seeds. 2002. Disponível em www.australianoilseeds.com/effect_of_sowing_time_on_the_yield. Acesso em: 11 de julho de 2011.

NARITS, L. Effect of nitrogen rate and application time to yield and quality of winter oilseed rape (*Brassica napus L*. *var.oleifera subvar. biennis*). **Agronomy Research** 8 (Special Issue III), 671–686, 20, 2010.

O'CONNOR, B.; WARDLE, R.; POOLE, N. Canopy Management Evaluation in Canola 2008**.** 16th **Australian Research Assembly on Brassicas**. Ballarat Victoria, 2009.

RATHKE, G. W.; BEHRENS, B.; DIEPENBROCK, W. Integrated Nitrogen Management Strategies to Improve Seed Yield, Oil Content and Nitrogen Efficiency of Winter Oilseed Rape (*Brassica napus* l.): A Review. **Elsevier – Science Direct, Agriculture, Ecosystems and Enviroment**. Halle, Germany, 2006.

SILVA, D. J. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 2 ed. Viçosa, UFV, Imprensa Universitária. 1990. 165p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 719p., 2008.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHMEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solos, plantas e outros materiais**. Bol. téc n. 5, 2 ed. rev. e ampl. Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS, 1995. 174p.

TOMM, G. O.; FERREIRA, P. E. P.; AGUIAR, J. L. P.; CASTRO, M. G.; LIMA, S. M. V.; MORI, C. **Panorama atual e indicações para aumento da eficiência da produção de canola no Brasil.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2010. 27 p. Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do118.htm. Acesso em 03 de julho de 2012.

TOMM, G. O.; WIETHÖLTER, S.; DALMAGO, G. A.; SANTOS, H. P. **Tecnologia para a produção de canola no Rio Grande do Sul.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009. 41 p. Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do113.htm. Acesso em 03 julho de 2012.

TOMM, G. O **Indicativos tecnológicos para a produção da canola no Rio Grande do Sul**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2007. 68p. Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/culturas/canola/p_sp03_2007.pdf. Acesso em 03 de julho de 2012.

TOMM, G. O. Canola: alternativa de renda e benefícios para os cultivos seguintes. **Revista Plantio Direto**, v. 15, n. 94, jul./ago. 2006. Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/culturas/canola/canola-rev_plantio_direto2006.pdf. Acesso em 07 de julho de 2012.

WHITE, R. E. **Princípios e práticas da ciência do solo: o solo como um recurso natural**. 4° Ed. São Paulo: Andrei, 2009. 426 p.

YASARI, I.; PATWARDHAN, A. M.; GHOLE, V. S.; OMID, G. C.; AHMAD, A. Relationship of Growth Parameters and Nutrients Uptake with Canola (*Brassica napus L.*) Yield and Yield Contribution at Different Nutrients Availability. **Pakistan Journal of Biological Sciences** 11 (6): 845-853, 2008.

VI CONCLUSÕES GERAIS

Nas condições edafoclimáticas em que foram conduzidos os quatro experimentos, nos dois anos agrícolas, para a cultura da canola, híbrido Hyola 61, pode-se concluir de uma forma geral que:

1. O desenvolvimento, produtividade e teor de óleo nos grãos da canola não sofrem influência das fontes de nitrogênio, sulfato de amônio e uréia;

2. As doses de N testadas influenciaram o desenvolvimento, produtividade e o teor de óleo nos grãos da canola, híbrido Hyola 61, sendo a maior produtividade alcançada com 88 kg ha^{-1} de N, aplicados na semeadura;

3. O aumento nas doses até 120 kg ha^{-1} promove incremento nos teores de proteína reduzindo, por consequência, o teor de óleo nos grãos;

4. O parcelamento do N influenciou o desenvolvimento, produtividade e o teor de óleo nos grãos da canola, sendo os melhores resultados alcançados pelo parcelamento do nutriente, aplicando-se um terço na semeadura e dois terços em cobertura (40 e 80 kg ha^{-1} de N).