

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA E FITOSSANIDADE
CURSO DE AGRONOMIA**

JEAN RICARDO OLINIK

**DOSES DE NITROGÊNIO E ESTOQUE DE CARBONO NO SOLO EM
PLANTIO DIRETO E PLANTIO CONVENCIONAL NA PRODUÇÃO DE
HORTALIÇAS**

**PONTA GROSSA
2016**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA E FITOSSANIDADE
CURSO DE AGRONOMIA**

JEAN RICARDO OLINIK

**DOSES DE NITROGÊNIO E ESTOQUE DE CARBONO NO SOLO EM
PLANTIO DIRETO E PLANTIO CONVENCIONAL NA PRODUÇÃO DE
HORTALIÇAS**

Tese apresentada como requisito parcial à
obtenção do título de Doutor na Universidade
Estadual de Ponta Grossa, Área de
Concentração em Agricultura.

Orientadora: Prof^{fa}. Dr^a. Amanda Regina Godoy
Baptistão

Co-orientador: Prof. Dr. João Carlos de Moraes
Sá

**PONTA GROSSA
2016**

O46 Olinik, Jean Ricardo
Doses de nitrogênio e estoque de carbono no solo em plantio direto e
plantio convencional na produção de hortaliças/Jean Ricardo Olinik Ponta
Grossa, 2016.
117 f.

Tese (Doutorado em Agronomia– Área de concentração –
Agricultura), Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientadora: Profa. Dra. Amanda Regina Godoy Baptista
Coorientador: Prof. Dr. João Carlos de Moraes Sá

1. *Curcubita pepo*. 2. *Brassica oleracea* var. 3. Capitata. 4.
Plantio direto. 5. Plantio convencional. 6. Nitrato. 7. Fração lábil do
carbono. I. Baptista, Amanda Regina Godoy. II. Sá, João Carlos de
Moraes. III. Universidade Estadual de Ponta Grossa - Doutorado em
Agronomia. IV. T.

CDD : 631.4



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

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título da Tese: “Doses de nitrogênio e estoque de carbono no solo em plantio direto e plantio convencional na produção de hortaliças”.

Nome: Jean Ricardo Olinik

Orientadora: Amanda Regina Godoy Baptistão

Aprovado pela Comissão Examinadora:

Profª Drª Amanda Regina Godoy Baptistão

Prof. Dr. Juliano Tadeu Vilela de Resende

Drª Lutécia Beatriz Canalli

Profª Drª Rosana Fernandes Otto

Prof. Dr. Pedro Henrique Weirich Neto

Data da Realização: 19 de dezembro 2016.

DEDICO

As pessoas mais importantes da minha vida:
meus pais, João Pedro e Elisabete;
meu irmão João Ricardo;
minha esposa Fabiane Guido e meu filho Davi.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por ter-me proporcionado saúde para a realização deste trabalho.

Aos meus pais pelo incentivo e por muitas vezes abrirem mão de seus sonhos para que pudesse chegar até este momento.

Ao meu irmão João Ricardo Olinik, que por muitas vezes me auxiliou na parte prática do trabalho, meu muito obrigado.

A minha esposa Fabiane Guido, pela grande ajuda efetiva no trabalho, e também por sempre ter palavras de incentivo nos momentos mais difíceis, me dando forças para continuar.

Ao meu filho Davi, que certamente foi a grande fonte de inspiração para a finalização deste trabalho. Saiba que sem você não seria possível a realização deste trabalho.

A orientadora, professora Amanda Regina Godoy Baptistão, que com seus conhecimentos proporcionou que este trabalho pudesse ser realizado.

Ao co-orientador, professor João Carlos de Moraes Sá, pelo incentivo e ensinamentos para a realização deste trabalho, seu auxílio foi fundamental.

A professora Rosana Fernandes Otto, pelo incentivo no Doutorado nesta instituição e também por todos os ensinamentos desde a graduação.

Ao funcionário Neri, que sempre ajudou em todos os experimentos realizados desde a graduação.

Aos amigos Carla Fernanda Ferreira, Luis Miguel Schiebelbein, Jucimare Romaniw, Daiani da Cruz Hartman, e Ademir de Oliveira Ferreira. Sem vocês a realização deste trabalho não seria possível.

Aos alunos Ana Paula Sloboda, Erivelton Francisco Lara Bomfim, Genezio Junior Begosso, Igor Rogério Ruppel, Igor Tadashi Araki, Jean Cleristo Penteado, Raylan Roberto Kruger, Rafael Alberto Tullio, Ricardo Minardes, Robson Albeto Biassio, Wesley Lauber Silva. Agradeço muito pela ajuda no trabalho em campo, vocês foram fundamentais.

A Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG, por proporcionar-me a oportunidade da realização do Doutorado.

Ao Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais, pelo incentivo e entender os momentos de ausência quando estava nas atividades relacionadas ao Doutorado.

RESUMO

DOSES DE NITROGÊNIO E ESTOQUE DE CARBONO NO SOLO EM PLANTIO DIRETO E PLANTIO CONVENCIONAL NA PRODUÇÃO DE HORTALIÇAS

O nitrogênio é o nutriente exigido em maior quantidade pelas culturas, pois atua na síntese de vários compostos essenciais ao desenvolvimento das plantas. Os objetivos do trabalho foram: avaliar o efeito de doses de nitrogênio na produtividade e estoque de carbono no solo para as culturas da abobrinha e repolho cultivados em sistema de plantio convencional e plantio direto. Os experimentos foram conduzidos na Fazenda Escola Capão da Onça (FESCON) pertencente à Universidade Estadual de Ponta Grossa, localizada em Ponta Grossa – PR, no ano de 2014 para a cultura da abobrinha e 2015 para a cultura do repolho. Foram utilizados dois sistemas de preparo de solo: plantio convencional (PC) e plantio direto (PD), onde cada um representou um experimento. Para cada experimento, o delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com quatro repetições e cinco doses de nitrogênio: 0; 20; 40; 60 e 80 kg ha⁻¹ para a abobrinha e 0; 70; 140; 210 e 280 kg ha⁻¹ para o repolho, sendo a ureia a fonte de nitrogênio utilizada. Para a cultura da abobrinha foram avaliadas características de diâmetro e comprimento do fruto; Número, massa fresca e seca das folhas; índice de área foliar; número de flores masculinas e femininas; porcentagem de pegamento de frutos; número de frutos por planta; massa fresca do fruto e produtividade. Para a cultura do repolho foram avaliadas as características de número, massa fresca e seca das folhas da saia; índice de área foliar; Massa fresca, diâmetro longitudinal e transversal da cabeça; índice de formato; comprimento do coração e produtividade. Para os dois experimentos foi determinado o estoque de carbono no solo (0-10; 10-20 e 20-40 cm de profundidade) seguindo a metodologia proposta por Ghani; Dexter; Perrott (2003) para o carbono extraído por água quente (C-AQ) e Tirol-Padre; Ladha (2004) para o carbono extraído por permanganato de potássio (C-OMP). Para a cultura da abobrinha, em sistema de plantio convencional o nitrogênio promoveu incremento tanto da parte vegetativa quanto reprodutiva. Plantas submetidas a dose 62,16 kg ha⁻¹ de N apresentaram maiores valores de massa seca do limbo foliar. Os maiores valores para as características de número de flores femininas, porcentagem de pegamento de frutos e número de frutos por planta foram obtidos com 41,23; 47,41 e 42,45 kg ha⁻¹ de N, respectivamente. A dose de 51,49 kg ha⁻¹ proporcionou a máxima produtividade (31,45 t ha⁻¹) com incremento de 13,26 t ha⁻¹ em relação a testemunha. Na cultura do repolho em sistema de plantio convencional, o nitrogênio promoveu incremento quadrático para todas as características avaliadas. Com a aplicação de 247,60 kg ha⁻¹ N, obteve-se produtividade de 51,92 t ha⁻¹, apresentando um incremento de 30,66 t ha⁻¹ quando comparado a dose 0. Para a cultura da abobrinha, no sistema de plantio direto, a maior massa seca do limbo foliar (48,13 g) foi obtida com a dose de 55,73 kg ha⁻¹ N, representando um incremento de aproximadamente 58 % em relação a ausência de nitrogênio. Os maiores valores para as características de número de flores femininas, porcentagem de pegamento de frutos e número de frutos por planta foram obtidos com 48,38; 48,88 e 46,44 kg ha⁻¹ N, respectivamente. A máxima produtividade (17,29 t ha⁻¹) foi obtida com a dose de 48,42 kg ha⁻¹ de N, obtendo um incremento de 14,07 t ha⁻¹ em relação a dose 0. Para o repolho em sistema de plantio direto, foram obtidas respostas significativas para todas as características analisadas em função das doses de N. A aplicação de 243,33 kg ha⁻¹

N, proporcionou produtividade de 40,53 t ha⁻¹, apresentando um incremento de 35,53 t ha⁻¹ quando comparado a dose 0. Para as culturas da abobrinha e repolho em plantio convencional as doses de 51,49 kg ha⁻¹ e 247,60 kg ha⁻¹ proporcionaram as maiores produtividades, respectivamente. Já para as culturas da abobrinha e repolho em plantio direto as doses de 48,42 kg ha⁻¹ e 243,33 kg ha⁻¹ proporcionaram as maiores produtividades, respectivamente. Para os dois experimentos não foi observado efeito significativo das doses de N nos estoques de carbono do solo.

Palavras-chave: *Cucurbita pepo*. *Brassica oleracea* var. capitata. plantio direto e convencional. Nitrato. fração lábil do carbono.

ABSTRACT

NITROGEN DOSES AND CARBON STOCKS IN THE SOIL IN NO TILLAGE AND CONVENTIONAL TILLAGE IN THE VEGETABLE CROPS PRODUCTION

Nitrogen is the most required nutrient in crops, as it acts in the synthesis of several compounds essential to the development of plants. The objectives of this work were: to evaluate the effect of nitrogen rates on yield and carbon stock in the soil for zucchini and cabbage cultivated under conventional tillage and no-tillage systems. The experiments were conducted at Fazenda Escola Capão da Onça (FESCON) belonging to the State University of Ponta Grossa, located in Ponta Grossa - PR, in the year 2014 for the cultivation of zucchini and 2015 for the culture of cabbage. Two tillage systems were used: conventional tillage (PC) and no-tillage (PD), where each one represented one experiment. For each experiment, the experimental design was a randomized block with four replicates and five nitrogen doses: 0; 20; 40; 60 and 80 kg ha⁻¹ for zucchini and 0; 70; 140; 210 and 280 kg ha⁻¹ for cabbage, with urea being the source of nitrogen used. For the culture of the zucchini were evaluated characteristics of diameter and length of the fruit; Number, fresh and dry mass of leaves; Leaf area index; Number of male and female flowers; Percentage of fruit setting; Number of fruits per plant; Fresh fruit mass and productivity. For the cabbage crop were evaluated the characteristics of number, fresh and dry mass of the leaves of the skirt; Leaf area index; Fresh mass, longitudinal and transverse head diameter; Format index; Length of heart and productivity. For the two experiments the soil carbon stock (0-10, 10-20 and 20-40 cm depth) was determined following the methodology proposed by Ghani; Dexter; Perrott (2003) for carbon extracted from hot water (C-AQ) and Tirol-Padre; Ladha (2004) for the carbon extracted by potassium permanganate (C-OXP). For the cultivation of zucchini, in a conventional planting system, nitrogen promoted an increase of both vegetative and reproductive. Plants submitted to dose 62,16 kg ha⁻¹ of N presented higher leaf mass dry mass values. The highest values for the characteristics of number of female flowers, percentage of fruit glue and number of fruits per plant were obtained with 41,23; 47,41 and 42,45 kg ha⁻¹ of N, respectively. The dose of 51, 49 kg ha⁻¹ yielded the maximum yield (31,45 t ha⁻¹) with an increase of 13,26 t ha⁻¹ relative to the control. In the cabbage crop under conventional tillage system, nitrogen promoted a quadratic increase for all characteristics evaluated. With the application of 247,60 kg ha⁻¹ N, yields of 51.92 t ha⁻¹ were obtained, presenting an increase of 30,66 t ha⁻¹ when compared to dose 0. For zucchini (48,13 g) was obtained with the 55,73 kg ha⁻¹ N dose, representing an increase of approximately 58% in relation to the absence of nitrogen. The highest values for the characteristics of number of female flowers, percentage of fruit setting and number of fruits per plant were obtained with 48,38; 48,88 and 46,44 kg ha⁻¹ N, respectively. The maximum yield (17,29 t ha⁻¹) was obtained with the dose of 48,42 kg ha⁻¹ of N, obtaining an increase of 14,07 t ha⁻¹ in relation to dose 0. For cabbage in system of no-tillage, significant responses were obtained for all traits analyzed as a function of N doses. The application of 24,33 kg ha⁻¹ N, yielded a productivity of 40,53 t ha⁻¹, presenting an increase of 35,53 t ha⁻¹ when compared to dose 0. For crops of zucchini and cabbage in conventional tillage, the doses of 51,49 kg ha⁻¹ and 247,60 kg ha⁻¹ provided the highest yields, respectively. For the cultivation of zucchini and cabbage in no-tillage, the yields of 48,42 kg ha⁻¹ and 243,33 kg ha⁻¹ provided the highest yields, respectively. For the two experiments, no significant effect of N rates on soil carbon stocks was observed.

Keywords: *Cucurbita pepo*. *Brassica oleracea* var. capitata. no-tillage and conventional. nitrate labile SOC.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Massa fresca do limbo foliar em função de doses de N para a cultura da abobrinha em sistema de plantio convencional. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2014. 42
- Figura 2 - Massa seca do limbo foliar em função de doses de N para a cultura da abobrinha em sistema de plantio convencional. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2014. 44
- Figura 3 - Índice de área foliar em função de doses de N para a cultura da abobrinha em sistema de plantio convencional. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2014. 45
- Figura 4 - Número de flores femininas por planta em função de doses de N para a cultura da abobrinha em sistema de plantio convencional. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2014. 46
- Figura 5 - Porcentagem de pegamento de frutos em função de doses de N para a cultura da abobrinha em sistema de plantio convencional. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2014. 48
- Figura 6 - Número de frutos por planta em função de doses de N para a cultura da abobrinha em sistema de plantio convencional. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2014. 49
- Figura 7 - Produtividade em função de doses de N para a cultura da abobrinha em sistema de plantio convencional. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2014. 50
- Figura 8 - Variação do estoque de C em água quente (CA-Q) para as profundidades de 0 -10 (A), 10 – 20 (B) e 20 - 40 cm (C) durante o ciclo da cultura da abobrinha em sistema de plantio convencional. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2014. 53
- Figura 9 - Variação do estoque de C em permanganato de potássio (C-OPX) para as profundidades de 0 -10 (A), 10 – 20 (B) e 20 - 40 cm (C) durante o ciclo da cultura da abobrinha em sistema de plantio convencional. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2014. 54
- Figura 10 - Massa fresca de folhas da saia em função de doses de N para a cultura do repolho em sistema de plantio convencional. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2015. 55
- Figura 11 - Massa seca das folhas da saia em função de doses de N para a cultura do repolho em sistema de plantio convencional. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2015. 56
- Figura 12 – Índice de área foliar das folhas da saia em função de doses de N para a cultura do repolho em sistema de plantio convencional. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2015. 56

Figura 13 - Número de folhas da saia em função de doses de N para a cultura do repolho em sistema de plantio convencional. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2015.	57
Figura 14 - Diâmetro transversal da cabeça em função de doses de N para a cultura do repolho em sistema de plantio convencional. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2015.	58
Figura 15 - Diâmetro longitudinal da cabeça em função de doses de N para a cultura do repolho em sistema de plantio convencional. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2015.	59
Figura 16 - Índice de formato da cabeça em função de doses de N para a cultura do repolho em sistema de plantio convencional. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2015.	60
Figura 17 - Comprimento do coração em função de doses de N para a cultura do repolho em sistema de plantio convencional. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2015.	61
Figura 18 - Massa fresca das cabeça em função de doses de N para a cultura do repolho em sistema de plantio convencional. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2015.	62
Figura 19 - Produtividade em função de doses de N para a cultura do repolho em sistema de plantio convencional. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2015.	63
Figura 20 - Variação do estoque de C em água quente (CA-Q) para as profundidades de 0 -10 (A), 10 – 20 (B) e 20 - 40 cm (C) durante o ciclo da cultura do repolho em sistema de plantio convencional. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2014.	66
Figura 21 - Variação do estoque de C em permanganato de potássio (C-OPX) para as profundidades de 0 -10 (A), 10 – 20 (B) e 20 - 40 cm (C) durante o ciclo da cultura da abobrinha em sistema de plantio convencional. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2014.	67
Figura 22 - Cronologia do uso da área experimental para as culturas da abobrinha e repolho em sistema de plantio direto. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2015.	72
Figura 23 - Massa fresca do limbo foliar em função de doses de N para a cultura da abobrinha em sistema de plantio direto. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2014.	79
Figura 24 - Massa seca do limbo foliar em função de doses de N para a cultura da abobrinha em sistema de plantio direto. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2014.	80
Figura 25 - Índice de área foliar (IAF) em função de doses de N para a cultura da abobrinha em sistema de cultivo em plantio direto. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2014.	81

Figura 26 - Número de flores femininas por planta em função de doses de N no sistema de plantio direto para a cultura da abobrinha. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2014.....	82
Figura 27 - Porcentagem de pegamento de frutos em função de doses de N no sistema de plantio direto para a cultura da abobrinha. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2014.....	83
Figura 28 - Número de frutos por planta em função de doses de N no sistema de plantio direto para a cultura da abobrinha. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2014.....	83
Figura 29 - Produtividade em função de doses de N no sistema de plantio direto para a cultura da abobrinha. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2014.	84
Figura 30 - Variação do estoque de C em água quente (CA-Q) para as profundidades de 0 -10 (A), 10 – 20 (B) e 20 - 40 cm (C) durante o ciclo da cultura da abobrinha em sistema de plantio direto. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2014.	88
Figura 31 - Variação do estoque de C em permanganato de potássio (C-OPX) para as profundidades de 0 -10 (A), 10 – 20 (B) e 20 - 40 cm (C) durante o ciclo da cultura da abobrinha em sistema de plantio direto. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2014.....	89
Figura 32 - Massa fresca de folhas da saia em função de doses de N para a cultura do repolho em sistema de plantio direto. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2015	90
Figura 33 - Massa seca das folhas da saia em função de doses de N para a cultura do repolho em sistema de plantio direto. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2015	91
Figura 34 - Índice de área foliar das folhas da saia em função de doses de N para a cultura do repolho em sistema de plantio direto. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2015	92
Figura 35 - Número de folhas da saia em função de doses de N para a cultura do repolho em sistema de plantio direto. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2015	93
Figura 36 - Diâmetro transversal da cabeça em função de doses de N para a cultura do repolho em sistema de plantio direto. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2015	93
Figura 37 - Diâmetro longitudinal da cabeça em função de doses de N para a cultura do repolho em sistema de plantio direto. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2015	94
Figura 38 - Índice de formato da cabeça em função de doses de N para a cultura do repolho em sistema de plantio direto. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2015.	95

- Figura 39 - Comprimento do coração em função de doses de N para a cultura do repolho em sistema de plantio direto. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2015.95
- Figura 40 - Massa fresca da cabeça em função de doses de N para a cultura do repolho em sistema de plantio direto. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2015.96
- Figura 41 - Produtividade em função de doses de N para a cultura do repolho em sistema de plantio direto. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2015. 97
- Figura 42 - Variação do estoque de C em água quente (CA-Q) para as profundidades de 0 -10 (A), 10 – 20 (B) e 20 - 40 cm (C) durante o ciclo da cultura do repolho em sistema de plantio direto. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2014. 101
- Figura 43 - Variação do estoque de C em permanganato de potássio (C-OPX) para as profundidades de 0 -10 (A), 10 – 20 (B) e 20 - 40 cm (C) durante o ciclo da cultura da abobrinha em sistema de plantio convencional. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2014. 102

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Análise química do solo da área experimental para a cultura da abobrinha. Ponta Grossa - PR. UEPG, 2014.	36
Tabela 2 - Análise química do solo da área experimental para a cultura do repolho. Ponta Grossa - PR. UEPG, 2015.	39
Tabela 3 - Ciclo da cultura do repolho em função de doses de N para a cultura do repolho em sistema de plantio convencional. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2015.	63
Tabela 4 - Análise química do solo da área experimental para a cultura da abobrinha em sistema de plantio direto. Ponta Grossa - PR. UEPG, 2014.	73
Tabela 5 - Análise química do solo da área experimental para a cultura do repolho em sistema de plantio direto. Ponta Grossa - PR. UEPG, 2015.	76
Tabela 6 - Ciclo da cultura do repolho em função de doses de N para a cultura do repolho em sistema de plantio direto. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2015.	98

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1 CULTURA DA ABOBRINHA	12
2.2 CULTURA DO REPOLHO	13
2.3 NITROGÊNIO	14
2.4 CARBONO NO SOLO.....	19
2.5 SISTEMAS DE PREPARO DE SOLO	22
2.5.1 Plantio convencional	22
2.5.2 Plantio direto	24
3 DOSES DE NITROGÊNIO NA PRODUTIVIDADE DE ABOBRINHA E REPOLHO E NO ESTOQUE DE CARBONO NO SOLO EM PLANTIO CONVENCIONAL.....	31
3.1 INTRODUÇÃO.....	33
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	35
3.2.1 Cultura da abobrinha	35
3.2.2 Cultura do repolho	39
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
3.3.1 Cultura da abobrinha	42
3.3.2 Cultura do repolho	54
3.4 CONCLUSÕES.....	67
4 DOSES DE NITROGÊNIO NA PRODUTIVIDADE DE ABOBRINHA E REPOLHO E NO ESTOQUE DE CARBONO NO SOLO EM PLANTIO DIRETO.....	68
4.3 INTRODUÇÃO.....	70
4.4 MATERIAL E MÉTODOS.....	72
4.4.1 Cultura da abobrinha	73
4.4.2 Cultura do repolho	76
4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	79
4.5.1 Cultura da abobrinha	79
4.5.2 Cultura do repolho	90
4.6 CONCLUSÕES.....	102
REFERÊNCIAS	104
APÊNDICE	117

1 INTRODUÇÃO

A produção de hortaliças é uma atividade intensiva em toda a sua cadeia produtiva, tendo como característica a produção de diferentes espécies ao longo do ano, sendo que estas possuem ciclo curto e exigências climáticas específicas de acordo com a espécie cultivada.

A abobrinha (*Cucurbita pepo*) está entre as hortaliças fruto mais produzidas no estado do Paraná, ocupando a quinta posição na safra 2013/2014. Além do valor econômico e alimentar, apresenta importância social, contribuindo para geração de empregos diretos e indiretos, pois demanda grande quantidade de mão-de-obra, desde o cultivo até a comercialização.

Dentre as hortaliças folhosas, o repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata*) foi a mais cultivada no estado do Paraná na safra 2013/2014. Possui como destaque alta taxa de crescimento e valor nutritivo.

Para obter-se produtividades satisfatórias no cultivo dessas hortaliças, vários fatores são determinantes, dentre eles a nutrição mineral merece destaque, pois, plantas bem nutridas tem a capacidade de expressar todo seu potencial genético. Porém, cabe ressaltar que hortaliças fruto e folhosas possuem necessidades distintas quanto a suplementação pelos nutrientes.

Entre os nutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas, o nitrogênio (N) é um dos elementos mais requeridos, porém a eficiência de absorção deste, normalmente, chega a 50 % do que é aplicado, estando diretamente relacionada com o tipo de solo, a forma de aplicação dos fertilizantes nitrogenados e, principalmente, pelo sistema de preparo de solo (TROEH; THOMPSON, 2007).

O sistema de preparo do solo mais comumente utilizado para a produção de hortaliças é o convencional, onde ocorre intenso revolvimento do solo, promovendo a desestruturação dos agregados do solo, alteração nos atributos químicos, físicos e biológicos, acelerando a decomposição da matéria orgânica do solo, com perda de C e N, aspectos nem sempre favoráveis ao cultivo e também ao meio ambiente (MARCHIORI JÚNIOR; MELO, 2000; SOUZA; RESENDE, 2006).

Em relação ao C, a maioria das pesquisas determinam estoques de C total do solo, porém as alterações nesta fração da matéria orgânica são menos suscetíveis aos sistemas de preparo de solo em um curto espaço de tempo, característica do cultivo da maioria das hortaliças. Já a fração lábil da matéria orgânica é altamente

influenciada pelos sistemas de cultivo e também apresenta variação do conteúdo, sendo possível identificar sua decomposição ou incremento em um curto espaço de tempo.

Com isso, o uso de sistemas de manejo sustentáveis ganha cada vez mais atenção no cenário agrícola atual. Um exemplo é a utilização do sistema de plantio direto, considerado um manejo conservacionista do solo, pois está baseado em três princípios básicos, sendo revolvimento do solo restrito a cova ou sulco de plantio, rotação de culturas e o solo sempre protegido com palha e ou culturas em desenvolvimento.

O sistema de plantio direto é adotado em sua grande maioria pelos produtores de grãos, principalmente soja e milho, porém, esta é uma prática ainda pouco utilizada para a produção de hortaliças.

O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de doses de nitrogênio na produtividade e estoque de carbono no solo para a cultura da abobrinha e repolho cultivados em sistema de plantio convencional e plantio direto.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CULTURA DA ABOBRINHA

A abobrinha italiana (*Cucurbita pepo*), também chamada de abobrinha de moita, de tronco ou de árvore é uma hortaliça pertencente à família Cucurbitaceae e tem como centro de origem à região central do México (FILGUEIRA, 2008a).

A produção de abobrinha no Estado do Paraná na safra 2010 foi de 36.801 t, cultivados em 2.065 ha, com uma produtividade de 17,82 t ha⁻¹. Já para a safra de 2014 com uma produção de 48.926 t em uma área de 2.490 ha e produtividade de 19,64 t ha⁻¹. Observa-se que da safra 2010 para 2014 ocorreu um incremento em área produção e produtividade, na ordem de 464 ha, 12.125 t e 1,82 t ha⁻¹ respectivamente (DERAL, 2016).

A abobrinha italiana possui hábito de crescimento indeterminado, com hastes curtas, folhas recortadas de coloração verde e manchas prateadas. O sistema radicular é superficial, concentrando-se na camada de 20 cm de solo (FONTES, 2005).

O hábito de florescimento é monoico, onde as flores masculinas são, geralmente, as primeiras a aparecer na axila das folhas basais. Nos nós seguintes são emitidas as flores femininas, geralmente, em menor número em relação às flores masculinas (RECH, 2003).

O número de flores femininas na planta representa a possível produtividade da mesma, já que cada flor feminina quando polinizada produzirá um fruto. A polinização das flores é fundamental, pois quando as mesmas não são polinizadas ocorre o processo de abortamento que compreende a abscisão do ovário, com a consequente queda da flor (GODOY; CARDOSO, 2004). A antese ocorre apenas uma vez ao dia no período da manhã, onde os grãos de pólen apresentam aderência e viscosidade, sendo indispensável à polinização por insetos ou artificial (COSTA et al., 2015).

Os frutos são bagas, de formato cilíndricos apresentando cerca de 15 a 20 cm de comprimento, tamanho este determinado pelo mercado consumidor. A coloração dos frutos é verde clara, podendo haver finas estrias longitudinais, de cor verde escura. Geralmente, são colhidos entre 45 a 60 dias após a semeadura, sempre no estágio imaturo, a colheita pode estender-se por até 60 dias (GUTIERREZ, 2010).

A espécie não se adapta ao cultivo sob baixas temperaturas, sendo o desenvolvimento da planta favorecido por temperaturas entre 18 a 24°C (PUIATTI; SILVA, 2005). Temperaturas baixas (10 a 15 °C) e altas pluviosidades influenciam negativamente na taxa de florescimento e na atividade dos insetos, podendo reduzir significativamente a polinização e conseqüentemente a produção, já temperaturas altas e fotoperíodo longo podem aumentar a proporção de flores masculinas, ao passo que temperaturas mais baixas e fotoperíodo curto tendem a estimular a produção de flores femininas (LOPES; MACIEL; NASCIMENTO, 2014).

Segundo Puiatti; Silva (2005) a produtividade da abobrinha é variável em função do nível de tecnologia aplicada e das características peculiares de cada cultivar. Fato este que pode ser comprovado pelos seguintes estudos, Câmara et al., (2011) com 28 t ha⁻¹, Porto (2011) com 29 t ha⁻¹, Bianchini,(2013) com 22 t ha⁻¹, Azambuja et al. (2015) com 32 t ha⁻¹.

2.2 CULTURA DO REPOLHO

O repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata*) é uma hortaliça pertencente à família Brassicaceae e tem o centro de origem ao longo da costa do Mediterrâneo, de onde provavelmente disseminou-se por toda a Europa. A hipótese mais aceita sobre a origem das variedades de *Brassica oleracea* é de que essas sejam derivadas de uma espécie selvagem denominada de *Brassica oleracea* var. *silvestris*, semelhante à couve comum (FREITAS, 2010).

Entre as variedades botânicas da espécie *Brassica oleracea*, o repolho destaca-se por ser a hortaliça com maior expressão econômica, sendo que no estado do Paraná na safra 2013/2014 foi a terceira hortaliça mais cultivada em uma área de 8.411 ha, produção de 322.707 t e produtividade de 38,36 t ha⁻¹ (DERAL, 2016).

O repolho é uma planta herbácea com folhas arredondadas e cerosas, havendo a superposição das folhas centrais, formando uma cabeça compacta. O sistema radicular pode atingir profundidade superior a 1,5 m, porém a maior parte das raízes concentra-se entre 20 e 30 cm do solo. O ciclo pode variar de 80 a 100 dias e sua produtividade geralmente supera 50 t ha⁻¹ (FILGUEIRA, 2008b). O mercado consumidor prefere cabeças de coloração verde clara, formato semi-achatado com peso médio de 1,5 a 2,0 kg.

A cultura do repolho, originalmente, foi desenvolvida para condições de temperaturas amenas (15 a 25°C), com tolerância à geadas. Com o melhoramento genético foram desenvolvidas cultivares adaptadas a temperaturas elevadas, ampliando os períodos de plantio e de colheita (SILVA JÚNIOR, 1989; FILGUEIRA, 2008b).

Por ser uma hortaliça herbácea, o N tende a ser o nutriente de maior influência na produtividade e qualidade, pois além de estimular o crescimento foliar, é componente de aminoácidos e de proteínas (ARAÚJO et al., 2011; MOREIRA et al., 2011)

Doses de N adequadas favorecem o crescimento vegetativo, o acúmulo de massa, o aumento de área foliar e, conseqüentemente, a expressão do potencial produtivo da cultura (CARDOSO; HIRAKI, 2001; TORRES; FABIAN; POYAY, 2003).

2.3 NITROGÊNIO

O nitrogênio (N) é o nutriente exigido em maior quantidade pelas culturas, pois a maioria dos componentes orgânicos nas plantas contém N. Entre os componentes de N estão os aminoácidos, enzimas e materiais de transferência de energia, como clorofila, ADP e ATP, sendo que na ausência de N a planta não consegue dar continuidade aos processos vitais e, com isso, não completará o ciclo (TROEH; THOMPSON, 2007).

O N também faz parte da estrutura de proteínas e outros compostos orgânicos constituintes da estrutura da célula e quando na forma de NO_3^- é armazenado no vacúolo e tem importante função no equilíbrio de cargas e na absorção de cátions e ânions (KERBAUY, 2004)

Apesar de sua abundância na atmosfera, cerca de 78% é de N_2 , este não pode ser utilizado pelas plantas até que seja quimicamente combinado com hidrogênio, oxigênio ou carbono, sendo assim, o solo é a principal fonte para as plantas. Nos solos, a quantidade de N total varia entre 0,05% e 0,5%, sendo que normalmente mais de 95% do N total está na forma orgânica, a qual apesar de ser o maior reservatório, não é diretamente aproveitada pelas plantas (WHIETHÖLTER, 2000).

O nitrogênio orgânico em moléculas grandes e complexas é indisponível para as plantas e assim permaneceriam se não fosse liberado por microrganismos. A atividade microbiana quebra gradualmente materiais orgânicos complexos em íons

inorgânicos simples que podem ser utilizados pelas plantas (TROEH; THOMPSON, 2007).

O nitrato e o amônio são as principais fontes de N absorvidas pelas plantas para manter o balanço iônico interno. Para isso, a planta excreta prótons ou hidroxilas que modificam o pH da rizosfera, implicando em disponibilidade diferenciada de diversos íons, principalmente os micronutrientes, dependendo da fonte absorvida, NH_4^+ ou NO_3^- . Para ser incorporado em compostos orgânicos e realizar as funções essenciais como nutriente de planta, o nitrato tem que ser reduzido a amônio. Em geral, quando o fornecimento de nitrato externo é baixo, a alta proporção do íon é reduzida nas raízes. A medida que o suprimento aumenta, maior proporção do nitrato absorvido é translocado via xilema para a parte aérea, onde é assimilado ou armazenado nos vacúolos. A primeira etapa do processo de assimilação é a redução do nitrato a nitrito no citoplasma, catalisada pela enzima nitrato redutase (MARSCHNER, 1995).

O nitrito originado pela redução do nitrato do citosol é altamente reativo e potencialmente tóxico. Por isso, as células vegetais precisam transportá-lo rapidamente para o interior dos cloroplastos das folhas e dos plastídios das raízes, onde a enzima nitrito redutase reduz o nitrito a amônio (TAIZ; ZEIGER, 2009).

A maior parte do amônio absorvido tem que ser rapidamente incorporada em compostos orgânicos nas raízes, devido à sua toxicidade. A principal via para esta conversão envolve a ação sequencial da glutamina sintetase (GS) que combina o amônio com o glutamato, para formar a glutamina, e da glutamato sintase (GOGAT), que recebe elétrons no NADH ou da ferredoxina (Fd) e transfere o grupo amida da glutamina para o 2-oxoglutarato, produzindo duas moléculas de glutamato. Uma vez assimilado em glutamina e glutamato, o nitrogênio é incorporado em outros aminoácidos por meio de reações de transaminação. Os compostos nitrogenados formados são liberados para o xilema e transportados para a parte aérea, onde são rapidamente metabolizados (TAIZ; ZEIGER, 2009).

As plantas com deficiência de N crescem lentamente ficando com aparência raquítica e amarelada quando comparada a plantas saudáveis. A cor amarelada se deve à falta de clorofila, pois o nitrogênio faz parte de sua constituição. O crescimento lento deve-se também a clorofila ser utilizada na produção de carboidratos pela fotossíntese (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Já o fornecimento excessivo de nitrogênio normalmente afeta o crescimento vegetativo, fazendo com que a planta fique mais suculenta e verde escura (TROEH; THOMPSON, 2007). O excesso de nitrogênio pode acarretar um aumento na concentração de amônio no tecido vegetal. O amônio em concentrações elevadas é tóxico para as plantas, porque sua presença em excesso dissipa o gradiente de prótons entre as membranas das células. Este gradiente é necessário para os processos de fotossíntese e respiração, além de ser importante na translocação e acúmulo de metabólitos para o vacúolo (TAIZ; ZEIGER, 2009).

No solo, o N pode ser encontrado nas formas orgânica e inorgânica, apesar de praticamente indisponível para as plantas, a forma orgânica predomina em compostos orgânicos, como aminoácidos, proteínas, aminoaçúcares e outros complexos, representando 95 a 99% do N total (FONTES; ARAUJO, 2007).

A disponibilidade de N no solo é controlada principalmente pelos processos de mineralização e imobilização, dois processos opostos e simultâneos que ocorrem durante a decomposição de materiais orgânicos e da matéria orgânica do solo pela população microbiana. A mineralização de N ou amonificação é definida como a transformação do nitrogênio de origem orgânica em formas inorgânicas, como o NH_4^+ ou NO_3^- . Este processo é realizado por organismos heterotróficos do solo que utilizam substâncias orgânicas nitrogenadas como fonte de C, N e energia. A mineralização de N é influenciada pelos fatores que controlam o crescimento e a atividade microbiana no solo, como pela qualidade ou taxa de aplicação do resíduo. A adição de N em resíduos com alta relação C:N aumenta a sua taxa de degradação no solo (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006; CERETTA, 2007).

Já a imobilização é definida como a transformação do N-inorgânico (NH_4^+ , NH_3 , NO_3^- , NO_2^-) para formas orgânicas microbianas. A microbiota assimila os compostos inorgânicos nitrogenados, incorporando-os nos aminoácidos que irão participar da síntese de proteínas de suas células durante a formação da biomassa do solo (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006; CERETTA, 2007).

A imobilização depende também muito do estado de atividade da biomassa. À medida em que a relação C/N se torna estreita e a atividade mais elevada, a imobilização de N aumenta. Isso depende da capacidade da microbiota de reutilizar a biomassa, ou seja, da taxa de crescimento e de mortalidade da população. Além da relação C/N, verifica-se que a taxa de imobilização aumenta com a elevação da

temperatura até aproximadamente 35°C para a maioria dos solos (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006; CERETTA, 2007).

O nitrato é a forma de N mais móvel no solo, e por não serem adsorvidas as partículas do solo, está sujeita à lixiviação. A magnitude da lixiviação de NO_3^- é difícil de estimar e depende de diversas variáveis, incluindo sua quantidade, a quantidade e a duração das chuvas, a taxa de infiltração e de percolação, a evapotranspiração, capacidade de retenção de água do solo e o manejo do solo (CERETTA; FRIES, 1997).

Prunty; Montgomery (1991) citam que o carreamento do N para as camadas mais profundas do solo pode contaminar águas superficiais e subterrâneas, tornando-se assim, séria ameaça à saúde humana, visto que o N possui grande potencial poluidor dentre os nutrientes.

A produção de hortaliças exige adequado fornecimento de nutrientes, desde o transplante até a colheita. O desequilíbrio nutricional, seja por carência ou excesso de nutrientes, é fator que interfere diretamente na produção e na qualidade final das hortaliças (ARAÚJO et al., 2012).

Em cucurbitáceas o aumento da dose de N até determinado limite, proporciona incremento na área foliar da planta portanto, exerce efeito na produção de fotoassimilados e, conseqüentemente, na produção de frutos (QUEIROGA et al. 2007).

Para a cultura da abobrinha, Fernandes (2015) estudando o efeito de doses de N (0, 70, 140, 210 e 280 kg ha⁻¹), observou máxima produtividade (27,30 t ha⁻¹) com a dose de 280 Kg ha⁻¹ de N.

Pôrto et al. (2012a) ao analisarem a produtividade e o acúmulo de nitrato nos frutos de abobrinha em função da adubação nitrogenada, testando cinco doses de N (0; 50; 100; 200 e 400 kg ha⁻¹), obtiveram resposta polinomial quadrática. A produtividade máxima estimada foi de 29,87 kg ha⁻¹ com uma dose ótima estimada de 331 kg ha⁻¹ de N.

Em pesquisa realizada por Costa et al. (2015), testando doses de N para a cultura da abobrinha (0, 90, 180 e 270 kg ha⁻¹) obtiveram a maior produtividade (45,4 t ha⁻¹) com a dose de 180 kg ha⁻¹. Azambuja et al. (2015) para a cultura da abobrinha, verificando o efeito de doses de N (0 a 200 kg ha⁻¹), observaram comportamento linear para a característica de produtividade, obtendo 32 t ha⁻¹ com a dose de 200 kg ha⁻¹).

Silva et al. (2011) verificando o efeito de doses de nitrogênio (0, 30, 60 e 90 kg ha⁻¹) em duas cultivares de abobrinha, obtiveram resposta linear com o incremento das doses de nitrogênio, apresentando média de 19,69 kg planta de frutos com a dose de 90 kg ha⁻¹).

As doses de N para a cultura do repolho são distintas, pois dependem das cultivares, época de implantação, tipo e fertilidade do solo. Aquino et al. (2005) estudando o efeito de doses de N (0 a 300 kg ha⁻¹) obtiveram a maior produtividade com dose de 253 kg ha⁻¹.

Cavarianni, (2008), estudando a influência de doses de N (0 a 300 kg ha⁻¹) para a cultura do repolho, obteve a maior produtividade (72,7 t ha⁻¹), com a dose de 300 kg ha⁻¹. Resultado semelhante a este foi obtido, porém com produtividade inferior, por Campanharo et al., (2014), que com a dose de 300 kg ha⁻¹ obteve máxima produtividade (62,32 t ha⁻¹) para a cultura do repolho.

Castro (2015), observou tendência quadrática para a produtividade em função do incremento de N, onde com a dose de 231 kg ha⁻¹ obteve máxima produtividade (87,13 t ha⁻¹).

Moreira et al. (2011) observaram o incremento para as características de massa fresca da cabeça, diâmetro longitudinal e transversal com o aumento das doses de N.

Aquino et al. (2005) estudando o efeito de doses de N em espaçamentos na cultura do repolho observaram aumento das características de massa fresca da cabeça, área foliar das folhas da saia e índice de área foliar a medida que aumentou-se as doses de N.

O aumento da produção com a aplicação de N para a cultura do repolho já foi comprovado, porém é de fundamental importância a dose adequada a ser aplicada. Doses abaixo do recomendado para a cultura podem resultar em baixa produtividade e cabeças menores em função da reduzida área foliar (CARDOSO; HIRAKI, 2001; TORRES; FABIAN; POYAY, 2003). Já doses maiores, podem favorecer o excessivo crescimento das folhas, redução de teores de açúcares e vitamina C e massa seca da cabeça (DIN; QASIM; ALAM, 2007; KANO et al., 2007).

2.4 CARBONO NO SOLO

O C é o elemento fundamental para todas as formas de vida em nosso planeta e está presente na atmosfera, na vida animal e vegetal, em substâncias orgânicas não vivas, em combustível fóssil, em rochas e dissolvido nos oceanos. É de fundamental importância para as plantas, pois participa ativamente dos processos de fotossíntese e respiração, processos estes vitais para o desenvolvimento das mesmas (TAIZ; ZEIGER, 2009).

A importância do C orgânico do solo está em praticamente todos os processos edáficos, da agregação ao suprimento de nutrientes para as plantas, sendo de fundamental importância na manutenção da sustentabilidade, especialmente em solos tropicais, onde geralmente são encontradas condições químicas restritivas e baixa atividade da fração mineral (REEVES, 1997; STEVENSON; COLE, 1999).

O carbono participa do armazenamento e ciclagem de nutrientes, atua sobre a infiltração e armazenamento de água, formação e estabilidade de agregados (REEVES, 1997; BAYER; MIELNICZUK, 1999), capacidade de troca de cátions e complexação de elementos tóxicos e micronutrientes, atividade microbiana e fauna do solo (BAYER; MIELNICZUK, 1997; REEVES, 1997).

O estoque global de C distribui-se em cinco principais reservatórios: os oceanos, as formações geológicas que contêm C fóssil e mineral, os solos, a atmosfera, e a vegetação, os quais estão em equilíbrio, podendo a alteração em um deles determinar mudanças nos outros (LAL; LOGAN, 1995).

O compartimento de C do solo é o mais importante nos ecossistemas terrestres, conteúdo de 2500 Pg de C (1 bilhão de toneladas), sendo aproximadamente quatro vezes superior ao C da vegetação e 3,3 vezes ao C da atmosfera (LAL, 2004a).

O carbono orgânico do solo compõe-se de 48 a 58% da massa da matéria orgânica que, por sua vez, constitui o maior reservatório de carbono da superfície terrestre (NELSON; SOMMERS 1996).

As práticas agrícolas adotadas e o ciclo do C estão interligados e, dependendo do tipo de prática, o solo poderá atuar como dreno ou fonte de CO₂ para a atmosfera (BRUCE et al., 1999). Os mecanismos envolvidos no processo de preparo do solo possuem a seguinte sequência: a) a ruptura dos agregados expõe a matéria orgânica do solo (MOS) que está atuando como ligante entre os microagregados ao ataque da

biomassa microbiana, b) a mistura de material orgânico fresco com o solo resulta em condições mais favoráveis a decomposição; c) o aumento da atividade da biomassa microbiana devido a maior aeração do solo e a maior oferta de fonte de C facilmente oxidável, resultando maior fluxo de mineralização de C (ELLIOTT, 1986; POWLSON; PROOKES; CHRISTENSEN, 1987; REICOSKY et al., 1995).

O solo torna-se fonte de CO₂ para a atmosfera quando as perdas por oxidação são superiores as adições de C por meio dos resíduos orgânicos vegetais e animais. Os sistemas de manejo que usam o preparo do solo para a produção vegetal constituem-se no principal fator dessas perdas (BRUCE et al., 1999; BAYER et al., 2000; SÁ et al., 2001).

A retirada da vegetação original seguida de práticas de preparo do solo provoca após alguns anos elevada degradação do solo e acentuadas perdas da matéria orgânica com consequente redução da fertilidade do solo (MORAES et al., 2002).

Do ponto de vista do manejo do solo, a sugestão de Duxbury; Smith; Doran, (1989), de alocar os diferentes estágios da dinâmica do C em quatro compartimentos ou “reservatórios”, é útil para a compreensão das intervenções causadas pelo manejo.

O reservatório lábil é o primeiro compartimento constituído de fragmentos vegetais recentes, constituídos de compostos orgânicos facilmente oxidáveis, onde o tipo de sistema de manejo atua diretamente sobre o compartimento. Uma vez que este compartimento atua na biomassa microbiana e nos exsudados de raízes, ocorrem rápidas modificações no C e no N. O reservatório lentamente oxidável controlado pela mineralogia do solo é influenciado pelo sistema de manejo, principalmente pela estabilidade do carbono nos agregados. Em contrapartida, os reservatórios muito lentamente oxidável e o recalcitrante, não apresentam influência pelo sistema de manejo, uma vez que são controlados por microagregados indicados pela estabilidade do agregado em água e pela mineralogia na formação dos complexos organo-argílicos.

O caminho do C oriundo dos resíduos vegetais inicia através das frações lábeis em direção as estáveis (TIVET et al., 2013) e tem implicações no tempo de residência do C atmosférico (BAYER et al., 2004). O C considerado não protegido (MIELNICZUK, 1999) compreende a biomassa microbiana e a fração lábil, associada às partículas de solo com diâmetro superior a 53 µm, enquanto o C protegido é aquele associado aos minerais com tamanho inferior a 53 µm. O C não protegido é

responsável pela agregação temporária e de acordo com Stürmer et al. (2011) essa fração é facilmente afetada por perturbações do meio, possui um tempo de residência no solo entre 1 a 5 anos e representa cerca de um terço do C orgânico total do solo. O C protegido é responsável pela agregação estável e pela grande capacidade de troca de cátions do solo, podendo permanecer no solo por até 100 anos (MIELNICZUK, 1999). Esta fração também está relacionada com a quantidade e qualidade de resíduos depositados ao solo e ao tempo de remanescência, que é governado pelo clima, diferenciando-se entre regiões subtropicais e tropicais (BORTOLUZZI; ELTZ, 2000).

O aumento da matéria orgânica do solo resulta no aumento da agregação dos agregados o que diminui o número de ligações entre as partículas; neste caso, se a força destas ligações não for incrementada, verifica-se redução da resistência tênsil dos agregados, que é um dos atributos físicos mais amplamente utilizado como indicador da condição estrutural do solo. Essa redução da resistência tênsil dos agregados facilita a penetração das semeadoras no solo, aumenta a emergência das plântulas e favorece o crescimento das raízes em camadas que poderão explorar a água e nutrientes do solo em maior profundidade (IMHOFF, 2002).

Um ponto chave para o estudo sobre os níveis de carbono orgânico do solo, é o período de tempo necessário para observar as mudanças nos estoques de C. Este período normalmente situa-se a longo prazo (períodos superiores a 10 anos), limitando assim as avaliações em prazos mais curtos. A utilização de diferentes frações do carbono do solo como uma ferramenta para se obter respostas mais rápidas na gestão da qualidade do solo, tem sido apontada como uma ferramenta eficiente para identificar práticas agrícolas que aumentam o estoque e qualidade do C no solo (GREGORICH et al., 1994).

O C-OXP tem sido sugerido como um indicador mais sensível para alterações induzidas a lavoura (WEIL et al., 2003). O carbono extraído por água quente (C-AQ) é considerado a fração mais lábil e biodegradável de matéria orgânica do solo e está intimamente relacionada com a biomassa microbiana do solo (CHANTIGNY, 2003; GHANI; DEXTER; PERROTT, 2003; WAREMBOURG; ROUMET; LAFONT, 2003).

A dinâmica do C-AQ pode refletir as mudanças na condição do solo (AKAGI; ZSOLNAY; BASTIDA, 2007), desta forma este compartimento desempenha um papel chave no ciclo dos nutrientes nos ecossistemas terrestres (GHANI; DEXTER;

PERROTT, 2003) e pode servir de fonte de energia para as atividades microbianas e alterar processos biogeoquímicos do solo (HASSOUNA et al., 2010).

O carbono extraído em água quente (CAQ) vem sendo utilizado como uma alternativa rápida e barata para mensurar a atividade biológica do solo. Ghani; Dexter; Perrott (2003) citam que o CAQ demonstrou ser uma sensível ferramenta para se avaliar diferenças ocasionadas pelo manejo de solo.

Da mesma forma, Culman et al. (2012), estudando o método de extração de C por permanganato de potássio (KMnO_4) proposto por Weil et al., (2003), observaram que o C extraído está estreitamente relacionado com frações menores ($< 0,053 \text{ mm}$) e mais grosseiras ($> 1.7 \text{ g cm}^{-3}$) de carbono orgânico particulado (COP), indicando um grau de decomposição de C lábil relativamente mais evoluído. O C por permanganato P, da mesma forma que o CAQ demonstrou ser um bom indicador de qualidade do solo, por estar estreitamente relacionado com as demais frações lábeis do C e também com o conteúdo de biomassa microbiana.

2.5 SISTEMAS DE PREPARO DE SOLO

2.5.1 Plantio convencional

Na olericultura, o preparo convencional é uma prática normalmente usada, onde o arado e a grade são utilizados quantas vezes forem necessárias, até que o solo fique completamente destorreado, e por fim, utiliza-se a enxada rotativa e o sulcador ou o encanteirador para realizar-se o plantio (GOMES, 2004).

A prática de revolvimento do solo foi trazida pelos imigrantes europeus, que após o inverno em países de clima temperado realizavam a inversão das camadas do solo com o objetivo de aquecer a superfície. A técnica quando introduzida em solos tropicais, promoveu uma alta exposição da biota do solo e a aceleração na decomposição de materiais orgânicos, intensificando assim processos erosivos, causando uma baixa fertilidade do solo (BIANCHINI, 2013).

Segundo Araujo; Ferreira (2006), o plantio convencional (PC) caracteriza-se pelo conjunto de práticas que antecede ao plantio, e tem como objetivo oferecer condições ideais para semeadura, germinação, emergência, estabelecimento das plantas e o desenvolvimento da cultura. Para o preparo do solo utilizam-se equipamentos de disco, arados ou grade. A aração elimina as camadas superficiais

compactadas e favorece o arejamento, a infiltração de água e o desenvolvimento das raízes das plantas. Essas operações convencionais de preparo do solo normalmente envolvem uma aração e duas gradagens, sendo a primeira gradagem feita logo após a aração, e a segunda antes do plantio.

O intenso revolvimento do solo, em um primeiro momento, foi responsável pelo expressivo aumento da produção de alimentos, por proporcionar melhor preparo da área de transplântio/semeadura, controle da competição de plantas daninhas e maior disponibilidade de N para as culturas em função da rápida oxidação da matéria orgânica. Porém, esta rápida decomposição da matéria orgânica acelera a degradação da estrutura do solo e o processo de erosão, principalmente nas regiões que possuem altas temperaturas e intensidade de chuvas (TRIPLETT; DICK, 2008).

A matéria orgânica tem importância como fonte de nutrientes para as culturas, na retenção de cátions, complexação de elementos tóxicos e de micronutrientes, estabilidade da estrutura, infiltração e retenção de água e, aeração, além de servir como fonte de C e energia aos microrganismos heterotróficos, tornando-se, componente fundamental para o sucesso no cultivo das plantas (BAYER; MIELNICZUK, 2008).

A composição da MOS é bastante conhecida, onde aproximadamente 90% da estrutura da MOS é composta de C (52 a 58%) e O (34 a 35%), seguido de N e H (3,3 a 7%). Enxofre (S) e fósforo (P) ocorrem geralmente em proporções inferiores a 2%. Estes elementos compõem os tecidos, celulose, hemicelulose, proteínas, amido, pectinas, taninos, ligninas e lipídeos que totalizam entre 10 a 25% da massa verde geral. Desses constituintes, os principais são a celulose (20 a 50% da matéria seca), hemicelulose (10 a 30 %), lignina (5 a 30%) e proteínas e aminoácidos (2 a 15%) (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

O estoque de matéria orgânica apresenta rápida queda quando o solo é submetido a sistemas de preparo com intenso revolvimento decorrente do aumento das perdas por erosão hídrica e oxidação microbiana. Esta perda de matéria orgânica reflete-se negativamente na capacidade de troca de cátions (SILVA; LEMAINSKI; RESCK, 1994) e na complexação de elementos tóxicos como o alumínio (MENDONÇA, 1995).

A prática de revolvimento do solo por implementos de preparo do solo também pode ser considerada como uma das principais causas de perda de C, por afetar a decomposição da MOS (LAL, 2004b). A aração e a gradagem, práticas utilizadas em

PC promovem a ruptura dos agregados do solo, aumentando a aeração e proporcionando maior contato solo com o resíduo vegetal. Esta prática reduz a proteção física da MOS, pois aumenta sua exposição aos microrganismos devido à melhor oxigenação do solo, condição necessária para a respiração da biota (SIX et al., 2004; COSTA et al., 2008). Estudos tem demonstrado que os resultados do cultivo intensivo promovem uma perda de C, aumentando assim as emissões de gases de efeito estufa e diminuindo os níveis originais de MOS. A elevada emissão de CO₂ do solo após o seu revolvimento, comparado ao solo não perturbado no plantio direto (PD), foram associados ao aumento da atividade microbiana (REID; GOSS, 1981).

O uso excessivo de equipamentos como grade e arado, gera também problemas de compactação nas camadas sub-superficiais, conhecido como “pé-de-grade” ou “pé-de-arado”. Pela dificuldade de infiltração das águas das chuvas essas camadas compactadas tendem a aumentar a erosão através do escoamento superficial das águas, levando consigo partículas de solo e grande parte da fertilidade (SILVA et al., 2006).

Segundo Bayer; Mielniczuk (1997), a redução ou eliminação do revolvimento do solo constitui pré-requisito para o aumento no conteúdo de matéria orgânica do solo, nas condições de clima subtropical do sul do Brasil. Ressaltam ainda a importância da matéria orgânica como um componente chave na capacidade produtiva dos solos tropicais e subtropicais altamente intemperizados.

2.5.2 Plantio direto

O sistema de plantio direto foi introduzido na década de 1970, com a finalidade de controlar a erosão, e fundamentava-se na ausência de revolvimento do solo e no acúmulo de palhada na superfície, reduzindo os efeitos danosos dos sistemas de preparo convencional (ROSCOE; MERCANTE; SALTON, 2006).

A expressão Plantio Direto é derivada do termo “no-tillage”, que foi definida por Jones et al. (1968), como sendo o procedimento de plantio de uma cultura diretamente sobre uma cobertura vegetal morta quimicamente, ou sobre resíduos da cultura anterior, sem o preparo mecânico do solo por meio de aração, gradagens, escarificações e outros métodos convencionais. Posteriormente, Muzilli (1981) ampliou o conceito, definindo-o como um processo de semeadura em solo não revolvido, no qual a semente é colocada em sulcos ou covas, com largura e

profundidade suficientes para adequada cobertura e contato das sementes com o solo.

De acordo com Landers (1995) o sistema de plantio direto baseia-se na execução de um conjunto de tecnologias, envolvendo obrigatoriamente: a ausência de revolvimento do solo, cobertura permanente do mesmo e rotação de culturas. Este sistema consiste na semeadura ou plantio sem o preparo prévio da área, diminuindo assim, as alterações na estrutura física e na microbiota do solo, desta forma, mantendo a sustentabilidade ambiental do sistema produtivo.

O sistema de plantio direto contribui eficazmente para a diminuição da oxidação da matéria orgânica, promovendo melhoria das propriedades físicas do solo (agregação, porosidade), beneficiando a aeração e a infiltração e o armazenamento da água no solo, além de proporcionar o aumento da CTC e liberação gradativa de nitrogênio (MUZZILLI, 2002).

A adoção do sistema de plantio direto aumenta a biomassa microbiana, graças à adição de exsudatos radiculares, decomposição das raízes e deposição de resíduos de plantas na superfície do solo, além das menores flutuações de temperatura e de umidade do solo (SALINAS-GARCIA; HONS; MATOCHA, 1997).

A presença de palhada ou também cobertura morta no sistema de plantio direto estimula a fauna edáfica, as raízes e a microflora do solo, permitindo manter o solo em equilíbrio e protegido contra a degradação. No plantio direto ocorre um aumento da atividade da micro, meso e da macrofauna do solo, favorecendo uma grande atividade dos organismos engenheiros do ecossistema, destacando-se as minhocas, formigas e besouros (LAVELLE; SPAIN, 2001).

A palhada na superfície do solo sofre a influência de diversos fatores do ambiente, como temperatura, umidade, pH, oxigênio, durante o processo de decomposição, por decomporem mais lentamente quando comparados àqueles resíduos que foram incorporados ao solo. Porém, a velocidade de decomposição depende principalmente da composição química e da relação C/N da espécie utilizada (ALMEIDA, 2004).

Entre as características desejáveis para a seleção de espécies de cobertura, destacam-se a produção de fitomassa e a capacidade de acumular N pela fixação biológica ou pela absorção do nutriente no solo. Esses atributos, juntamente com a relação C/N da palhada, permitem estimar o potencial das plantas de cobertura em

incrementar a oferta de N para as culturas sucessoras (OLIVEIRA; CARVALHO; MORAES, 2002; BOER et al., 2007)

A manutenção da palhada é fundamental para viabilizar o sistema de plantio direto (SPD), geralmente, as gramíneas contribuem com quantidades relativamente elevadas de fitomassa, caracterizadas pela alta relação C/N, o que aumenta a persistência da cobertura do solo ao longo do tempo. Por outro lado, as leguminosas, por fixarem o N atmosférico, possuem altos teores de N na matéria vegetal, e os restos vegetais geralmente têm baixa relação C/N, com decomposição relativamente acelerada, promovendo pequena cobertura do solo e prejudicando o manejo conservacionista (PERIN et al., 2004).

De acordo com Moreira; Siqueira (2006), na presença de fitomassa com concentração de N alta e, conseqüentemente, relação C/N baixa, como das leguminosas de maneira geral, a demanda por N dos microrganismos no processo de decomposição é satisfeita rapidamente, e o N em excesso passa a ser liberado rapidamente no solo. Por outro lado, se a concentração de N dos resíduos vegetais for baixa (relação C/N alta), a quantidade de N mineralizado não é suficiente para atender a demanda dos microrganismos, os quais passam a imobilizar o N mineral disponível no solo, comprometendo a nutrição nitrogenada das lavouras.

Com ênfase na dinâmica do N e manutenção da palhada no sistema plantio direto (SPD), Giacomini et al. (2004) argumentam que existe alternativa para melhorar o desempenho das culturas de cobertura, por meio da consorciação de duas ou mais espécies. O intuito, nesse caso, seria produzir fitomassa com relação C/N intermediária, em comparação aos monocultivos, para proporcionar ao mesmo tempo maior persistência dos restos vegetais na proteção do solo e taxas mais elevadas de disponibilização de N para as lavouras comerciais.

Portanto, no que se refere à participação das plantas de cobertura, de acordo com Oliveira; Carvalho; Moraes (2002), é primordial escolher espécies com elevada capacidade de acumular N na fitomassa, seja pela fixação de N₂ atmosférico, como no caso das leguminosas, seja pela absorção do nutriente no solo, ou por ambas em conjunto.

As gramíneas, aveia, milheto e sorgo são amplamente utilizadas na entressafra das culturas no Brasil, principalmente pela alta adaptabilidade à deficiência hídrica, elevada produção de fitomassa e grande capacidade de reciclar nutrientes. Em contrapartida, as gramíneas de maneira geral apresentam grande demanda por N, e

possuem relação C/N da palhada relativamente elevada quando comparadas às leguminosas (CALVO; FOLONI; BRANCALIAO, 2010).

Segundo Pereira Filho et al. (2005), o milho quando utilizado como planta de cobertura, tem alta eficiência para reciclar nutrientes, imobilizando na palhada nutrientes que estavam contidos em camadas relativamente profundas do solo.

Trabalhos que comparam o sistema de plantio direto em relação ao plantio convencional em diferentes regiões mostram que o aumento da matéria orgânica nos solos ocorre principalmente na camada superficial de 0-10 cm e raramente ultrapassa 15 cm de profundidade. Sá (1993) observou que houve um aumento de 27% no teor de matéria orgânica em solos com 15 anos sob plantio direto.

O plantio direto favorece um ambiente adequado aos microorganismos, que se desenvolvem melhor entre 10 e 40°C, com o ótimo em torno de 35°C. As bactérias nitrificadoras, importantes ao desenvolvimento das plantas, tornam-se mais ativas próximo a 35°C, nos solos tropicais, e 25°C em solos de regiões temperadas (PEIXOTO; AHRENS; SAMAHA, 1997).

Os benefícios apontados com a utilização do plantio direto são alcançados de forma gradual e contínua, conforme a escala de evolução do sistema plantio direto descrita por Sá et al. (2004) que se divide em 4 fases:

- A fase inicial (0 - 5 anos) do sistema se caracteriza pelo baixo acúmulo de palhada e elevada decomposição, reagregação e rearranjo de nova estrutura, baixa disponibilidade de fósforo, restabelecimento da fauna e biomassa microbiana no solo; imobilização de nitrogênio (N) é maior que a mineralização, maior exigência de N mineral nas culturas.

- Fase de transição (6 - 10 anos) é quando ocorre o início de acúmulo de palhada e MOS, aumento da densidade do solo, aumento da disponibilidade de fósforo, aumento da fauna e da biomassa microbiana no solo. A mineralização de N é maior ou igual a imobilização, ainda com grande exigência de N mineral para as culturas.

- Fase de consolidação (11 – 20 anos) acontece acúmulo de palhada na superfície e aumento de carbono (C) e da capacidade de troca catiônica (CTC), estabilização da densidade do solo, aumento de fósforo, aumento da fauna e da biomassa microbiana no solo. A mineralização de N é maior ou igual a imobilização, promovendo a redução da exigência de N mineral. Aumento do armazenamento de água e ciclagem de nutrientes.

- Fase de manutenção (> 20 anos) incide elevado acúmulo de palhada na superfície e acúmulo de C e aumento da CTC, estabilização da densidade do solo, aumento da fauna e da biomassa microbiana no solo; mineralização contínua de N, redução da resposta a N mineral; aumento do armazenamento de água e ciclagem de nutrientes.

A técnica de plantio direto é utilizada e bem conhecida para o cultivo de grãos e pode ser alternativa para o cultivo de hortaliças, porém ainda é pouco estudada (PURQUERIO; TIVELLI 2007). Segundo Fayad (2004), o plantio direto de hortaliças é uma tecnologia inovadora e promissora também do ponto de vista da sustentabilidade.

No caso específico de adoção de plantio direto em hortaliças, as culturas olerícolas não proporcionam resíduos de palhada em quantidade adequada a sistemas de plantio direto, seja pela altíssima relação C/N que apresentam, o que proporciona rápida decomposição, seja pela exportação do material vegetal por ser este o produto comercial de interesse, seja pela ocorrência de patógenos de difícil controle e consequente necessidade de eliminação dos restos culturais (MADEIRA, 2009).

Esse fato pode ser contornado pelo manejo de plantas espontâneas, permitindo-se o seu desenvolvimento após o período crítico de competição com a cultura ou pela escolha adequada do esquema de rotação de culturas. Em hortaliças, o mais recomendado é a sucessão de plantio: hortaliça - planta de cobertura - hortaliça - planta de cobertura, e assim sucessivamente (MADEIRA, 2009).

Os primeiros relatos de plantio direto com hortaliças no Brasil são na cultura da cebola, no Estado de Santa Catarina na década de 80. Devido ao intenso revolvimento do solo para esta cultura na região do Alto Vale do Itajaí, foram desenvolvidas pesquisas para viabilizar esta tecnologia para os produtores. Segundo dados técnicos da Empresa de Pesquisa, Assistência Técnica e extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), a área de cebola no Planalto Catarinense sob plantio direto chegou a cerca de 40% do total em meados da década de 90. Entretanto, em 2009 deve chegar a 5%, possivelmente pela descontinuidade de acompanhamento técnico e o não desenvolvimento de máquinas com melhor desempenho para este sistema de cultivo (MADEIRA, 2009).

Poucos trabalhos foram conduzidos com o cultivo de hortaliças em sistema de plantio direto. Silva et al. (2002), estudando a cultura de brócolis em sistema de plantio

direto orgânico, utilizando crotalária solteira e consorciada com sorgo como plantas de cobertura, concluíram que a presença de crotalária favoreceu a maior produção de matéria seca da inflorescência de brócolis que foi de 71,9 g e 64 g, respectivamente.

Em repolho, Marouelli et al. (2010) observaram que no manejo de irrigação, o uso do plantio direto com diferentes níveis de palhada, não afetou a produtividade da cultura, porém, a eficiência no uso de água, aumentou linearmente com o aumento da quantidade da palhada.

As cucurbitáceas, tais como pepino, melancia e abóboras, podem facilmente ser cultivadas sob sistema de plantio direto, em função do largo espaçamento empregado e do reduzido sistema radicular que possuem. Pode-se utilizar plantas de cobertura cultivadas ou vegetação espontânea dessecada para a formação de cobertura morta. Observa-se ainda, a produção de frutos mais limpos, reduzindo o custo de lavagem e melhorando a qualidade visual do produto comercial, em função do seu desenvolvimento sobre palhada (GASSEN; GASSEN, 1996).

O plantio direto em hortaliças, no caso da cultura da cebola, corresponde àquele em que as mudas são produzidas em canteiros e, em seguida, transplantadas em sulcos preparados por semeadoras adaptadas para o corte da cobertura morta e do solo (EPAGRI, 2013).

Em hortaliças, o estabelecimento de um sistema de plantio direto à longo prazo, similar ao que ocorre em grãos é muito complexo. Tem-se verificado o plantio de culturas sobre a palhada, sem revolvimento do solo (aração e gradagem ou encanteiramento), porém, não permanentes, devido às características próprias à olericultura, mercado muito dinâmico, mudanças na tomada de decisão quanto “ao que plantar” e “quando plantar”; baixa produção de palhada pela grande maioria das hortaliças; adaptabilidade restrita ao plantio sem revolvimento para espécies como, por exemplo, cenoura e batata; muitas propriedades com área restrita e, conseqüentemente, uso intensivo da propriedade (MELO; MADEIRA; PEIXOTO, 2010).

Para que os benefícios do plantio direto sejam alcançados em sua plenitude, faz-se necessário que ele seja entendido como um sistema de manejo conservacionista e que esse sistema envolva todas as técnicas recomendadas para aumentar a produtividade, conservando ou melhorando continuamente o ambiente,

fundamentando-se na ausência de revolvimento do solo, na sua cobertura permanente e na rotação de culturas (BRANDT et al., 2006).

3 DOSES DE NITROGÊNIO NA PRODUTIVIDADE DE ABOBRINHA E REPOLHO E NO ESTOQUE DE CARBONO NO SOLO EM PLANTIO CONVENCIONAL.

RESUMO

O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de doses de nitrogênio na produtividade e no estoque de carbono no solo para a cultura da abobrinha e do repolho cultivados em sistema de plantio convencional. O experimento foi conduzido na Fazenda Escola Capão da Onça (FESCON) pertencente à Universidade Estadual de Ponta Grossa, localizada em Ponta Grossa – PR, no ano de 2014 para a cultura da abobrinha e 2015 para a cultura do repolho. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com quatro repetições e cinco doses de nitrogênio: 0; 20; 40; 60 e 80 kg ha⁻¹ para a abobrinha e 0; 70; 140; 210 e 280 kg ha⁻¹ para o repolho, sendo a ureia a fonte de nitrogênio utilizada. Para a cultura da abobrinha foram avaliadas as características de diâmetro e comprimento do fruto; número, massa fresca e seca das folhas; índice de área foliar; número de flores masculinas e femininas; porcentagem de pegamento de frutos; número de frutos por planta; massa fresca do fruto e produtividade. Para a cultura do repolho foram avaliadas as características de número, massa fresca e seca das folhas da saia; índice de área foliar; massa fresca, diâmetro longitudinal e transversal da cabeça; índice de formato; comprimento do coração e produtividade. Para as duas culturas foi determinado o estoque de carbono no solo (0-10; 10-20 e 20-40 cm de profundidade) seguindo a metodologia proposta por Ghani; Dexter; Perrott (2003) para o carbono extraído por água quente (C-AQ) e Tirol-Padre; Ladha (2004) para o carbono extraído por permanganato de potássio (C-OXP). Para a cultura da abobrinha, o nitrogênio promoveu incremento tanto da parte vegetativa quanto reprodutiva. Plantas submetidas a dose 62,16 kg ha⁻¹ de N apresentaram maiores valores de massa seca do limbo foliar. Os maiores valores para as características de número de flores femininas, porcentagem de pegamento de frutos e número de frutos por planta foram obtidos com 41,23; 47,41 e 42,45 kg ha⁻¹ de N, respectivamente. A dose de 51,49 kg ha⁻¹ proporcionou a máxima produtividade (31,45 t ha⁻¹) com incremento de 13,26 t ha⁻¹ em relação à testemunha. Na cultura do repolho, o nitrogênio promoveu incremento quadrático para todas as características analisadas. Com a aplicação de 247,60 kg ha⁻¹ N, obteve-se produtividade de 51,92 t ha⁻¹, apresentando um incremento de 30,66 t ha⁻¹ quando comparado a dose 0. Para as culturas da abobrinha e repolho, as doses de 51,49 kg ha⁻¹ e 247,60 kg ha⁻¹ proporcionaram as maiores produtividades, respectivamente. Não foi observado efeito significativo das doses de N nos estoques de carbono do solo.

Palavras-chave: *Cucurbita pepo*. *Brassica oleracea* var. capitata. plantio convencional. nitrato.

ABSTRACT

NITROGEN DOSES IN THE PRODUCTION OF ZUCCHINI AND CABBAGE AND IN THE CARBON STOCKS IN THE CONVENTIONAL TILLAGE

The objective of this work were: to evaluate the effect of nitrogen rates on yield and carbon stock in the soil for zucchini and cabbage cultivated under conventional tillage. The experiments were conducted at Fazenda Escola Capão da Onça (FESCON) belonging to the State University of Ponta Grossa, located in Ponta Grossa - PR, in the year 2014 for the cultivation of zucchini and 2015 for the culture of cabbage. The experimental design was a randomized block with four replicates and five nitrogen doses: 0; 20; 40; 60 and 80 kg ha⁻¹ for zucchini and 0; 70; 140; 210 and 280 kg ha⁻¹ for cabbage, with urea being the source of nitrogen used. For the culture of the zucchini were evaluated characteristics of diameter and length of the fruit; Number, fresh and dry mass of leaves; Leaf area index; Number of male and female flowers; Percentage of fruit setting; Number of fruits per plant; Fresh fruit mass and productivity. For the cabbage crop were evaluated the characteristics of number, fresh and dry mass of the leaves of the skirt; Leaf area index; Fresh mass, longitudinal and transverse head diameter; Format index; Length of heart and productivity. For the two vegetables crops, the soil carbon stock (0-10, 10-20 and 20-40 cm depth) was determined following the methodology proposed by Ghani; Dexter; Perrott (2003) for carbon extracted from hot water (C-AQ) and Tirol-Padre; Ladha (2004) for the carbon extracted by potassium permanganate (C-OXP). For the cultivation of zucchini, nitrogen promoted an increase of both vegetative and reproductive. Plants submitted to dose 62,16 kg ha⁻¹ of N presented higher leaf mass dry mass values. The highest values for the characteristics of number of female flowers, percentage of fruit glue and number of fruits per plant were obtained with 41,23; 47,41 and 42,45 kg ha⁻¹ of N, respectively. The dose of 51, 49 kg ha⁻¹ yielded the maximum yield (31,45 t ha⁻¹) with an increase of 13,26 t ha⁻¹ relative to the control. In the cabbage crop under, nitrogen promoted a quadratic increase for all characteristics evaluated. With the application of 247,60 kg ha⁻¹ N, yields of 51.92 t ha⁻¹ were obtained, presenting an increase of 30,66 t ha⁻¹ when compared to dose 0.

For crops of zucchini and cabbage in conventional tillage, the doses of 51,49 kg ha⁻¹ and 247,60 kg ha⁻¹ provided the highest yields, respectively. No significant effect of N rates on soil carbon stocks was observed.

Keywords: *Cucurbita pepo*. *Brassica oleracea* var. capitata. conventional. nitrate.labile SOC.

3.1 INTRODUÇÃO

O manejo adequado do cultivo de hortaliças é um dos fatores determinantes para o sucesso da produção e expressão do potencial produtivo das hortaliças. Vale ressaltar a nutrição mineral, pois, plantas bem nutridas tem a capacidade de expressar seu potencial genético. A nutrição mineral deve ser adequada às condições de cultivo e tipo de hortaliça que está sendo cultivada, com isso, hortaliças fruto e folhosas possuem necessidades distintas quanto a suplementação pelos nutrientes.

A produção de hortaliças no Brasil é realizada principalmente no sistema de preparo de solo convencional, onde o mesmo é preparado por meio de aração, gradagens, e por vezes emprega-se o uso da enxada rotativa, facilitando os processos de semeadura ou transplante das mudas.

A abobrinha italiana (*Cucurbita pepo* L.) pertence à família Cucurbitaceae e ao gênero *Cucurbita* originário das Américas. O crescimento é indeterminado e o caule subarbusivo, com gavinhas de tamanho reduzido. A expressão sexual é monoica, sendo a polinização entomófila (PUIATTI; SILVA, 2005). No Estado do Paraná na safra 2013/2014 a abobrinha apresentou uma produção de 48.926 toneladas em uma área de 2.490 hectares (DERAL, 2016).

O repolho (*Brassica oleracea* var. capitata) é a espécie de maior importância socioeconômica da família Brassicaceae. No estado do Paraná, o repolho destacou-se como a segunda hortaliça na safra 2013/2014 com volume de produção de 322.707 toneladas em uma área de 8.411 hectares, ficando atrás somente da cultura da batata (DERAL, 2016).

A produtividade das hortaliças está relacionada com a expressão do potencial genético, com influência de vários fatores, como técnicas de manejo, cultivares ou híbridos, espaçamento, condições edafoclimáticas e disponibilidade de nutrientes, dentre eles, o nitrogênio. O efeito do nitrogênio para as culturas da abobrinha e repolho já foram relatados por vários autores, demonstrando que este elemento é fundamental para o desenvolvimento das culturas.

Para a cultura da abobrinha o nitrogênio proporcionou incremento no número de frutos por planta (SILVA et al., 2011; AZAMBUJA et al., 2015) e consequentemente na produtividade (AZAMBUJA et al., 2015; COSTA et al., 2015; FERNANDES, 2015)

Para a cultura do repolho a adubação nitrogenada proporcionou incremento na produção (AQUINO et al., 2005a; DIN; QASIM; ALAM, 2007) e melhoria na qualidade da cabeça (AQUINO et al., 2005a; HAQUE et al., 2006). A deficiência de nitrogênio pode resultar em baixa produtividade e cabeças menores por causa da reduzida área foliar (MOREIRA; VIDIGAL, 2011). Já o excesso, favorece o crescimento excessivo das folhas, reduzindo a quantidade de carboidratos com menor acúmulo de massa seca (DIN; QASIM; ALAM, 2007; KANO et al., 2007).

Segundo Troeh; Thompson (2007) a eficiência de absorção do nitrogênio chega a 50 % do que é aplicado, onde o preparo de solo exerce influência direta sobre este processo. Isto se deve ao fato de que o preparo convencional acelera a oxidação da matéria orgânica, predominantemente constituída de C e N, ocasionando a rápida perda de nutrientes.

Devido à intensa dinâmica dos cultivos de hortaliças, o conhecimento do estoque de carbono no solo é importante, pois o mesmo vem sendo usado para diagnosticar solos que possuem alta ou baixa fertilidade (WEIL et al., 2003)

Diante disso, dimensionar a dose correta de nitrogênio para a abobrinha e repolho, bem como quantificar o estoque de carbono no solo se faz necessário para o sucesso no cultivo.

O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de doses de nitrogênio na produtividade e no estoque de carbono no solo da abobrinha e repolho em sistema de plantio convencional.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados na Fazenda Escola Capão da Onça (FESCON) pertencente à Universidade Estadual de Ponta Grossa, localizada no município de Ponta Grossa – PR (25° 05' S e 50° 03' W), com 990 m de altitude. O solo da área foi caracterizado como Cambissolo Háplico (EMBRAPA, 2013), de textura média na camada 0-20 cm (360; 428; 212 g kg⁻¹ de argila, areia e silte respectivamente). O clima é classificado segundo Koppen como Cfb, subtropical úmido mesotérmico, de verões frescos e com ocorrência de geadas severas e frequentes, não apresentando estação seca.

A área onde os experimentos foram realizados tem como histórico a produção de hortaliças, como alface, rúcula, rabanete, couve flor, brócolis, cenoura, cebola, alho e tomate, utilizando o sistema convencional de preparo de solo, sendo constituído pelos processos de aração, gradagem e encanteiramento. O primeiro experimento foi realizado no ano de 2014 utilizando a cultura da abobrinha e o segundo no ano de 2015 com a cultura do repolho.

3.2.1 Cultura da abobrinha

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com 4 repetições e cinco tratamentos, constituídos por doses de nitrogênio, sendo: 0; 20; 40; 60 e 80 kg ha⁻¹.

O preparo do solo foi realizado por meio de uma aração e logo na sequência duas gradagens niveladoras. A adubação de plantio foi realizada com base na análise química do solo (Tabela 1), e recomendação para a cultura (CQFS-RS/SC, 2004) onde utilizou-se 444,44 kg ha⁻¹ de Superfosfato Simples (SSP) e 103,4 kg ha⁻¹ de Cloreto de Potássio (KCl). Para a adubação nitrogenada, a fonte utilizada foi a ureia, a dose utilizada foi de acordo com o tratamento, sendo metade na adubação de plantio e a outra metade 30 dias após o transplante (DAT).

Tabela 1 - Análise química do solo da área experimental para a cultura da abobrinha. Ponta Grossa - PR. UEPG, 2014.

pH	H + Al	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	CTC	K	P	C	V	M.O
	<=====cmolc dm ⁻³ =====>					<=mg dm ⁻³ =>		g dm ⁻³	%	%
5,28	5,77	0,00	5,58	2,65	14,97	381,23	31,70	29,00	61,45	5,00

Para garantia do estande ideal de plantas, foram produzidas mudas de abobrinha em cultivo protegido do tipo arco em bandejas de poliestireno expandido de 128 células contendo substrato a base de casca de pinus, sendo a semeadura realizada no dia 06/10/2014. O híbrido utilizado foi Aline, pertencente ao grupo Caserta que possui resistência a oídio, com frutos uniformes de coloração verde-clara e estrias verde escuras e brilhantes.

O transplante das mudas ocorreu 21 dias após a semeadura, quando estas apresentaram a primeira folha definitiva totalmente expandida, em parcelas com 32 plantas dispostas em 4 linhas. O espaçamento utilizado foi de 1,60 m entre linhas e 0,90 entre plantas, em uma parcela de 4,80 x 7,20 m totalizando 34,56 m².

As aplicações de N (transplante e 30 DAT) foram realizadas de maneira individual para cada planta, e devido à quantidade a ser aplicada por planta, a ureia foi diluída em água (60 mL planta⁻¹), de acordo com as doses de N, e esta foi aplicada ao redor das plantas.

Durante o desenvolvimento da cultura não ocorreram ataque de doenças e de pragas, não sendo necessária a utilização de fungicidas e inseticidas. A área foi mantida livre de plantas daninhas, por meio de capinas manuais com o auxílio de enxada.

A colheita foi realizada nas 12 plantas centrais da parcela, em dias alternados, do dia 23/11/14 até 26/12/14. Os frutos foram colhidos quando apresentavam de 15 a 20 cm, tamanho utilizado como padrão comercial.

As características avaliadas foram:

- Diâmetro do fruto: foi realizado com o auxílio de paquímetro digital com escala milimétrica, onde o mesmo era posicionado no meio do fruto para a tomada das leituras.

- Comprimento do fruto: para esta característica utilizou-se de régua graduada em milímetros.

- Número de folhas por planta: obtido através da contagem do número de folhas da haste principal, ao final do ciclo, utilizando-se seis plantas por parcela.

- Massa fresca do limbo foliar: ao final do ciclo, foram coletados os limbos foliares de seis plantas por parcela, os quais foram levados para o laboratório e pesados individualmente em balança de precisão.

- Massa seca do limbo foliar: obtida por meio da secagem dos limbos foliares. Estes foram acondicionados de maneira individual (por planta) em sacos de papel devidamente identificados de acordo com os tratamentos e colocados em estufa de ventilação forçada a 60 °C até obter a massa seca constante para pesagem em balança de precisão.

- Índice de área foliar: obtida através do medidor de área foliar LI-3100C AREA METER, marca LI-COR®. Com os dados de área foliar foi realizado o cálculo do índice de área foliar, baseado na relação da área foliar da planta pela área de solo disponível.

- Número de flores masculinas e femininas por planta: durante o desenvolvimento da cultura, em seis plantas por parcela, por meio da contagem do número de flores masculinas e femininas por planta.

- Porcentagem de pegamento de frutos: Obtida pela relação do número de flores femininas pelo número de frutos por planta.

- Número de frutos por planta: obtido pela soma dos frutos colhidos durante todo o período de colheita para cada planta.

- Massa fresca do fruto: individualmente cada fruto foi pesado em balança de precisão centesimal.

- Produtividade: obtida pela multiplicação da massa de frutos por planta pela população de plantas em um hectare (10.000 m²).

Durante o desenvolvimento da cultura (0, 15, 30, 45 e 60 DAT), foram selecionadas seis plantas centrais de cada parcela, sendo que ao lado de cada uma, foram retiradas amostras de solo com o auxílio de um trado calador nas profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm. Após as coletas, as amostras de solo foram secas em estufa ajustada para 40°C e posteriormente peneiradas em peneira de 2 mm, homogeneizando-as completamente.

Foram realizadas as determinações dos conteúdos de C lábil dissolvido em água quente e C oxidável por permanganato de potássio. Para a determinação do C em água quente (C-AQ) foi utilizada a metodologia adaptada por Ghani; Dexter;

Perrott, (2003). Foram pesadas 3 g de solo de cada amostra e posteriormente colocadas em tubo de centrifugação de 15 ml. Estes receberam 10 mL de água deionizada, sendo posteriormente agitados manualmente por 10 segundos para garantir total suspensão do meio de extração e submetidos a um período de 16 horas em estufa a 80°C. Após esse período, os tubos foram novamente centrifugados por 10 minutos a 4000 rpm. Do sobrenadante obtido, 6 mL de cada tubo foram pipetados e transferidos para um erlenmeyer. Posteriormente, o C foi analisado por oxidação via úmida modificado de Walkley; Black, (1934) e descrito por Nelson; Sommers (1996).

Para a extração do C oxidável por permanganato de potássio (C-OXP) foi utilizada a metodologia modificada de Tirol-Padre; Ladha (2004). Na amostra de solo remanescente da extração de C-AQ foram adicionados 10 ml da solução de KMnO_4 . Posteriormente, as amostras foram agitadas em mesa horizontal durante 15 min a 200 rpm e centrifugadas durante 15 min a 4000 rpm. Após isso, foram retirados 2 mL do sobrenadante, os quais foram transferidos para um erlenmeyer onde foram adicionados 100 mL de água deionizada. Nesta diluição foi feita a leitura em espectrofotômetro com a absorbância a 565 nm.

Com os dados de concentração de C obtidos pelas metodologias descritas acima, foi realizado o cálculo do estoque para o C-AQ e C-OXP para cada profundidade, com base na seguinte expressão:

$$\text{EstC} = (\text{C} \times \text{Ds} \times e)/10$$

Onde: EstC é o estoque de C oxidado em água quente ou permanganato em determinada profundidade (Mg ha^{-1}); C o conteúdo de carbono (C-AQ ou C-OXP em g kg^{-1}); Ds a densidade do solo em cada profundidade (Mg m^{-3}); e a espessura da camada considerada (cm).

Procedeu-se a análise descritiva dos dados, e quando identificados valores discrepantes (outliers), estes foram removidos, buscando com isso a manutenção da qualidade dos dados levantados. Com base nessas informações as análises de regressão foram realizadas, atendendo os pressupostos indicados pela bibliografia, onde o maior nível de regressão foi atendido quando significativo (BANZATTO; KRONKA, 2006).

3.2.2 Cultura do repolho

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com 4 repetições e cinco tratamentos, constituídos por doses de nitrogênio, sendo: 0; 70; 140; 210 e 280 kg ha⁻¹.

O preparo da área foi realizado pelas etapas de uma aração e duas gradagens niveladoras. A adubação de plantio foi realizada com base na análise química do solo (Tabela 2), e recomendação para a cultura (CQFS-RS/SC, 2004) onde utilizou-se 888,88 kg ha⁻¹ de Superfosfato Simples (SSP) e 206,89 kg ha⁻¹ de Cloreto de Potássio (KCl). Para a adubação nitrogenada, a fonte utilizada foi a ureia, a dose utilizada foi de acordo com o tratamento, sendo aplicada em quatro etapas: 1/4 no transplante, 1/4 25 DAT, 1/4 50 DAT e 1/4 75 DAT.

Tabela 2 - Análise química do solo da área experimental para a cultura do repolho. Ponta Grossa - PR. UEPG, 2015.

pH	H + Al	Al ⁺³	Ca ⁺²	Mg ⁺²	CTC	K	P	C	V	M.O
	<=====cmolc dm ⁻³ =====>					<=mg dm ⁻³ =>		g dm ⁻³	%	%
5,30	4,19	0,00	3,83	1,90	10,5	257,4	21,60	28,21	60,35	4,86

As mudas foram produzidas em sistema de cultivo protegido tipo arco em bandejas de poliestireno expandido de 200 células contendo substrato a base de casca de pinus, sendo a semeadura realizada no dia 28/05/2015. O híbrido utilizado foi Fuyutoyo, que possui peso médio de cabeça de 3,5 kg com formato semiachatado.

O transplante das mudas ocorreu 30 dias após a semeadura quando apresentavam três folhas definitivas expandidas, em parcelas com 40 plantas dispostas em 4 linhas. O espaçamento utilizado foi de 0,80 m entre linhas e 0,60 m entre plantas, em uma parcela de 2,40 x 5,40 m totalizando 12,96 m².

As aplicações de N (transplante, 25, 50 e 75 DAT) foram realizadas de maneira individual para cada planta, e devido à quantidade a ser aplicada por planta, a ureia foi diluída em água (60 mL planta⁻¹), de acordo com as doses de N, e esta foi aplicada ao redor das plantas.

Durante o desenvolvimento da cultura foram realizadas duas aplicações de inseticida (ingrediente ativo deltametrina), a primeira logo após o transplante e a segunda 15 DAT com o objetivo de realizar o controle da lagarta rosca (*Agrotis ipsilon*).

A área foi mantida livre de plantas daninhas, por meio de capinas manuais com o auxílio de enxada.

A colheita foi realizada em seis plantas centrais por parcela, quando as cabeças de repolho apresentavam seu máximo crescimento, identificado pelo início do desprendimento da borda da folha externa da cabeça (CASTRO, 2015), variando de 99 a 122 DAT em função dos tratamentos.

As características avaliadas foram:

- Número de folhas da saia: realizada pela contagem do número de folhas da saia.

- Massa fresca das folhas da saia: as folhas da saia foram levadas para o laboratório de Olericultura e pesados em balança de precisão.

- Índice de área foliar: após realizar a massa fresca das folhas da saia, este material foi analisado pelo medidor de área foliar LI-3100C AREA METER, marca LICOR®. Com os dados de área foliar foi realizado o cálculo do índice de área foliar, baseado na relação da área foliar da planta pela área de solo disponível.

- Massa seca das folhas da saia: após a leitura da área foliar, este material foi acondicionado de maneira individual (por planta) em sacos de papel devidamente identificados de acordo com os tratamentos e colocados em estufa de ventilação forçada a 60 °C até obter massa seca constante desse material para pesagem em balança de precisão centesimal.

- Massa fresca da cabeça: individualmente cada cabeça de repolho foi pesada em balança de precisão centesimal.

- Diâmetro transversal e longitudinal da cabeça: cada cabeça foi cortada de maneira longitudinal e com o auxílio de uma régua graduada em milímetros foi verificado o diâmetro transversal e longitudinal interno da cabeça de uma extremidade até a outra.

- Índice de formato: Obtido pela relação entre o diâmetro longitudinal e transversal.

- Comprimento do coração: com a cabeça cortada, foi aferido o comprimento do caule no interior da cabeça com uma régua graduada em milímetros.

- Produtividade: obtida pela multiplicação da massa da cabeça do repolho pela população de plantas em um hectare (10.000 m⁻²).

Durante o desenvolvimento da cultura (0, 20, 40, 60 e 100 DAT), foram selecionadas seis plantas centrais de cada parcela, sendo que ao lado de cada uma

foram retiradas amostras de solo com o auxílio de um trado calador nas profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm. Os procedimentos de análise das amostras de solo foram os mesmos já descritos para a cultura da abobrinha.

Procedeu-se a análise descritiva dos dados, e quando identificados valores discrepantes (outliers), estes foram removidos, buscando com isso a manutenção da qualidade dos dados levantados. Com base nessas informações as análises de regressão foram realizadas, atendendo os pressupostos indicados pela bibliografia, onde o maior nível de regressão foi atendido quando significativo (BANZATTO; KRONKA, 2006).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

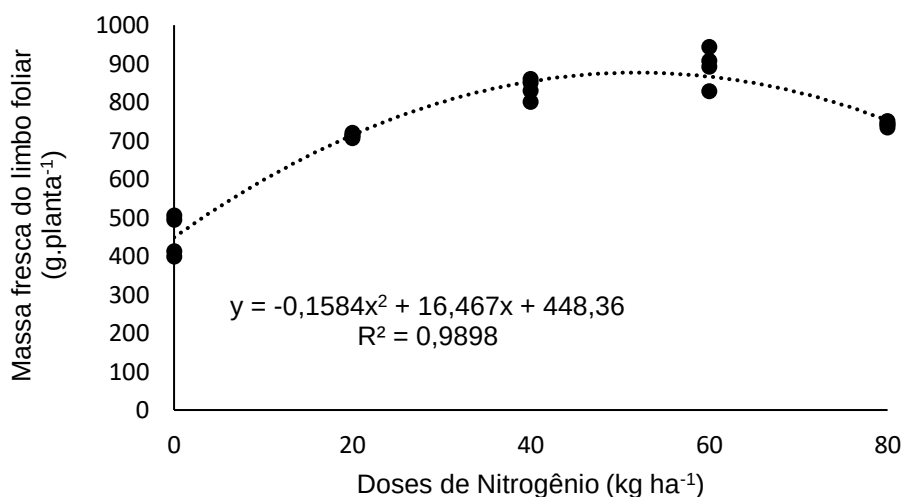
3.3.1 Cultura da abobrinha

Para as características de massa fresca e seca do limbo foliar, índice de área foliar, número de flores masculinas e femininas, porcentagem de pegamento, número de frutos por planta e produtividade foi observada significância para as doses de nitrogênio, ajustando-se ao modelo quadrático.

Já para as características de diâmetro e comprimento de frutos, número de folhas e massa fresca dos frutos não foram observadas diferenças significativas em função das doses de nitrogênio. A uniformidade encontrada para as características dos frutos é devido ao padrão comercial utilizado para se efetuar as colheitas.

Para massa fresca do limbo foliar (Figura 1), a dose estimada de 51,98 kg ha⁻¹ de N foi responsável pela máxima massa fresca do limbo foliar (876,33 g). Esse resultado corresponde a um incremento de 427,97 g em relação a dose 0. O desenvolvimento da parte aérea das plantas está diretamente relacionado com a produtividade, sendo este composto pela produção da biomassa (fresca e seca) entre os diferentes órgãos da planta, que são diretamente afetados pela quantidade dos nutrientes fornecidos para a cultura, como observado no experimento para as doses de N (MARCELIS, 1993).

Figura 1 - Massa fresca do limbo foliar em função de doses de N para a cultura da abobrinha em sistema de plantio convencional. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2014.



O incremento de massa fresca do limbo foliar, até a dose de 51,98 kg ha⁻¹ pode ser explicado pelo maior suprimento de fotoassimilados, pois, sabe-se que o N é absorvido por fluxo de massa e transportado para as folhas, onde aproximadamente 70% desse nutriente estão nos cloroplastos, participando da síntese e da estrutura das moléculas de clorofila (MARENCO; LOPES, 2005).

Para massa seca do limbo foliar (Figura 2) observou-se acréscimo em função das doses de N, sendo que o maior valor para esta característica (88,35 g) foi obtido com a dose de 62,16 kg ha⁻¹. A média da porcentagem de matéria seca do limbo foliar obtida no experimento (10%), obtida pela relação entre massa fresca e seca na dose de 62,16 kg ha⁻¹, assemelha-se ao encontrado por Oliveira et al. (2013) com 9,39%, estudando concentrações de urina de vaca aplicada via solo e foliar na cultura da abobrinha.

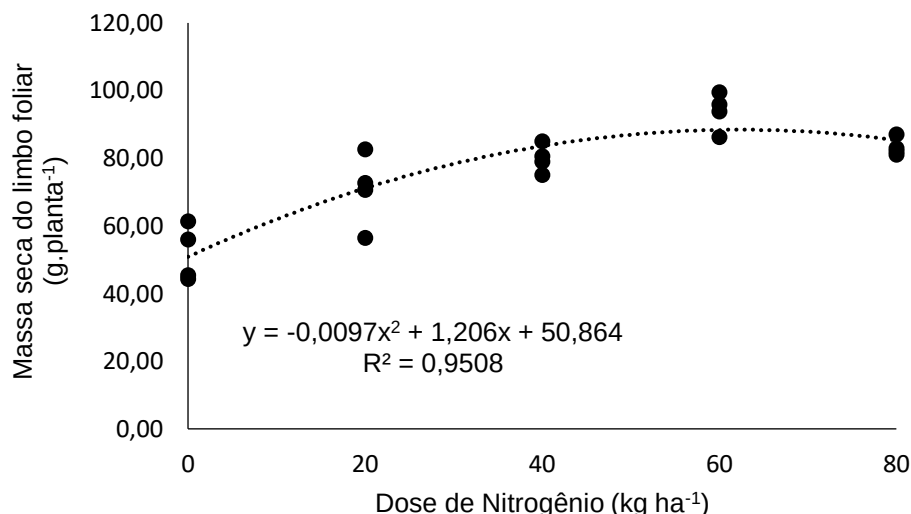
Para a cultura da abobrinha Ibraheim; Mohsen (2015), testando doses de nitrogênio (106; 142 e 178 kg ha⁻¹) obtiveram maior valor da massa seca da planta com a dose de 178 kg ha⁻¹. Também para a cultura da abobrinha, Shafeek; Helmy; Ahmed (2016) estudando o efeito de doses de nitrogênio (120; 238 e 356 kg ha⁻¹) encontraram maior massa seca da planta com a maior dose de nitrogênio.

O efeito promotor que o nitrogênio exerceu no maior acúmulo de massa seca, deve-se ao mesmo estar presente na síntese de proteínas, ácidos nucleicos, além de induzir a divisão celular e a atividade meristemática (MARSCHNER, 1995; NAJM et al., 2012).

A massa seca é importante, pois demonstra o real acúmulo de matéria que a planta obteve durante seu desenvolvimento. Plantas com excesso de água em seus tecidos apresentam baixos valores de massa seca, indicando assim, que acumularam muita água em suas células, ficando mais tenras.

O excesso de N faz com que a planta vegete muito e armazene menos carboidratos, deixando os tecidos das plantas mais tenros, ou seja, com maior acúmulo de água e conseqüentemente menor massa seca (SOUZA; CARVALHO, 2000; MALAVOLTA, 2006). O N é o principal mineral que altera a quantidade de celulose na planta, afetando assim a resistência física das paredes celulares, promovendo maior probabilidade de acamamento e ataque de doenças nas plantas, fato este que não foi observado para este experimento.

Figura 2 - Massa seca do limbo foliar em função de doses de N para a cultura da abobrinha em sistema de plantio convencional. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2014.



O índice de área foliar (Figura 3) apresentou comportamento semelhante à massa fresca e seca do limbo foliar. A dose de N que proporcionou o maior valor para esta característica foi de 47,50 kg ha⁻¹. Esta característica é um indicador da superfície disponível para a interceptação e absorção de luz pelas plantas.

De acordo com Strassburger et al. (2011) plantas que apresentam pequena área foliar, tem redução da interceptação da radiação solar e redução da produção de fotoassimilados, podendo afetar diretamente a produção de massa seca das plantas.

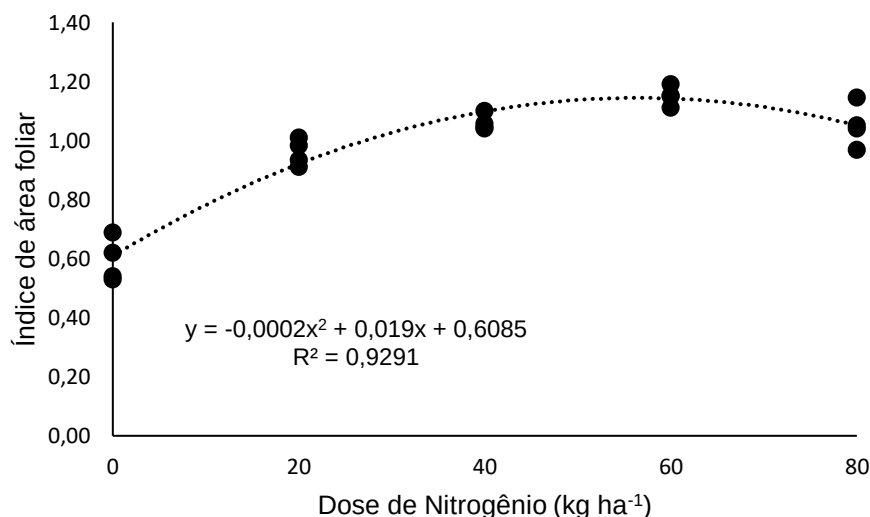
Já valores de IAF superiores a 1, que foram obtidos com doses superiores a 31 kg ha⁻¹ de N, demonstram que a área foliar da planta foi maior que sua área disponível, indicando assim, que pode ter ocorrido uma sobreposição de folhas da mesma planta ou também entre as plantas vizinhas. Esta sobreposição pode indicar um sombreamento entre as folhas, onde a eficiência fotossintética será menor quando comparada a folhas não sombreadas, podendo prejudicar a acúmulo de massa seca e consequentemente produção (BENINCASA, 2003).

Embora o IAF tenha sido superior a 1 a partir da dose de 31 kg ha⁻¹ de N, observa-se que as plantas continuaram acumulando massa seca (Figura 2) até a dose de 62,16 kg ha⁻¹, ou seja, mesma que tenha ocorrido o sombreamento nas folhas, estas continuaram a realizar fotossíntese e acúmulo de carboidratos de maneira eficiente. Isso pode ser atribuído pela incidência de radiação refletida e difusa no interior do dossel (RADIN et al., 2003).

Para a cultura da abobrinha, Ng'etich et al. (2013) estudando doses de nitrogênio (0; 40; 80; 120 e 160 kg ha⁻¹ de N) observaram máxima expansão foliar utilizando a dose de 160 kg ha⁻¹. O incremento da área foliar com a adubação nitrogenada indica que o nitrogênio foi absorvido pela planta e subsequente utilizado na multiplicação celular, síntese de aminoácidos e formação de energia que atua como elemento estrutural, e também na fotossíntese.

Para a cultura do melão, Fogaça et al. (2007) estudando concentrações de N em solução nutritiva observaram comportamento linear do IAF à medida que as concentrações de N aumentaram. De acordo com Huett; Dettmann (1991), o N é um dos nutrientes absorvidos em maior quantidade pelas plantas, exercendo efeito direto na relação fonte-dreno e alterando a distribuição de assimilados entre a parte vegetativa e reprodutiva.

Figura 3 - Índice de área foliar em função de doses de N para a cultura da abobrinha em sistema de plantio convencional. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2014.



A expressão do sexo em cucurbitáceas é determinada geneticamente, sendo influenciada por fatores ambientais, nutrição mineral e reguladores de crescimento (COSTA; PINTO, 1977). Temperatura, energia luminosa e fotoperíodo são os fatores ambientais que exercem influência sobre a expressão do sexo (PUIATTI; SILVA, 2005). Além da temperatura, luminosidade e fotoperíodo, a nutrição mineral também exerce influência, onde valores muito baixo ou muito alto de nitrogênio aumentaram a porcentagem de flores masculinas (KOOISTRA, 1967).

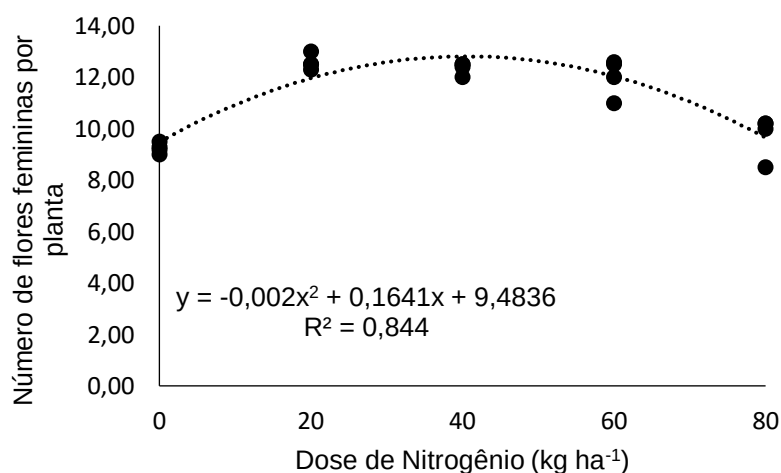
Para a cultura da abobrinha, a produtividade está diretamente associada com a presença de flores femininas e masculinas e a eficiência da transferência do pólen

entre elas, já que não ocorre o desenvolvimento do ovário por partenocarpia (OLIVEIRA et al., 2013).

Para o número de flores femininas, as doses de N avaliadas proporcionaram um aumento até determinado ponto, após este, houve declínio no número de flores (Figura 4). O número máximo de flores femininas (12,79) foi obtido com a dose de 41,23 kg ha⁻¹. O número de flores obtidas situou-se próximo ao encontrado por Oliveira et al. (2013) que, testando concentrações de urina de vaca (1; 2; 3; 4; 5 e 6%, onde a urina apresentava 12.600 mg L⁻¹) para a cultura da abobrinha que obtiveram média de 10 flores femininas por planta.

Para a cultura da abobrinha, Ng'etich et al. (2013) estudando doses de nitrogênio (0 a 160 kg ha⁻¹ de N) observaram incremento máximo no número de flores femininas (10,3) até a dose de 120 kg ha⁻¹, obtendo quatro flores a mais quando comparada a testemunha (ausência de N). Este comportamento pode ser atribuído ao desvio do nitrogênio da produção das flores para a formação de órgãos vegetativos.

Figura 4 - Número de flores femininas por planta em função de doses de N para a cultura da abobrinha em sistema de plantio convencional. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2014.



A eficiência da polinização das flores femininas é de fundamental importância, pois se estas não forem polinizadas ocorre o processo de abortamento, reduzindo assim a taxa de pegamento dos frutos (GODOY; CARDOSO, 2004).

O número de flores não representa diretamente alta produção de frutos, pois a formação destes exige alta demanda na produção, translocação e consumo de carboidratos (COSTA et al., 2015). Plantas com carência de N podem apresentar

restrição no pegamento de frutos pelo abortamento de ovários, como consequência podem apresentar baixa produtividade (MENDES; FARIA; SILVA, 2010).

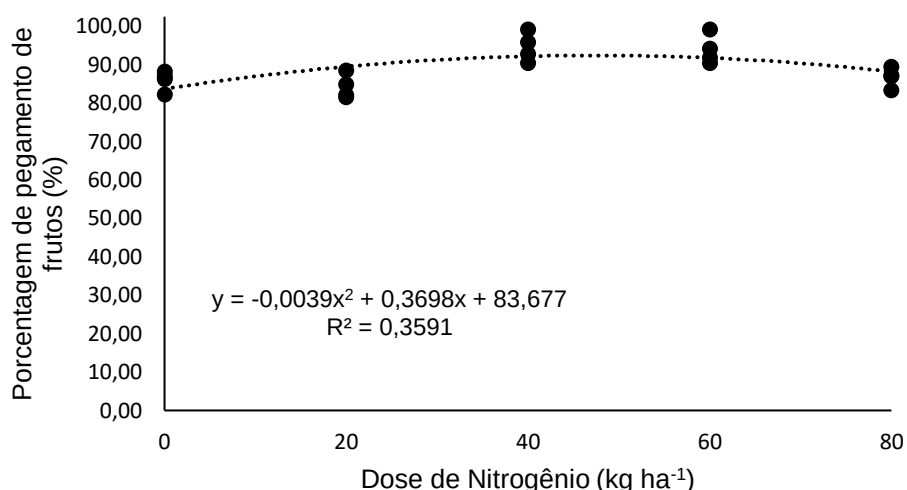
Na cultura da abobrinha, a colheita dos frutos é feita de acordo com o padrão comercial, sendo assim, um dos fatores determinantes para a obtenção de altas produtividades é o número de flores femininas e a porcentagem de pegamento de frutos. A porcentagem de pegamento de frutos variou de 83 % com a dose 0 a 92,44 % com a dose de 47,41 kg ha⁻¹ de N, doses superiores a esta, promoveram queda dos valores para esta característica (Figura 5).

Os resultados obtidos foram superiores aos encontrados por Tokunaga; Cardoso (2001) que estudando o desempenho de cultivares de abobrinha de moita, obtiveram porcentagem média de pegamento de 47,7%.

A quantidade de nitrogênio utilizada neste experimento de (47,41 kg ha⁻¹) é inferior a utilizada por Costa et al. (2015) que utilizaram a dose de 180 kg ha⁻¹ de N para obter o máximo pegamento de frutos (71,2 %), sendo este, inferior ao obtido (92,44%).

Uma adubação nitrogenada equilibrada proporciona maior florescimento e consequentemente maior pegamento de frutos. Entre os nutrientes, o nitrogênio é o que mais afeta a dinâmica do florescimento e do pegamento de frutos. Esse efeito exercido pelo nitrogênio no aumento da taxa de pegamento de frutos está relacionado com seu papel na regulação da taxa fotossintética e da síntese de carboidratos, da massa específica das folhas, da produção de biomassa total e da alocação de carbono em diferentes órgãos na planta, favorecendo a nutrição das gemas floríferas (NAVA, 2007).

Figura 5 - Porcentagem de pegamento de frutos em função de doses de N para a cultura da abobrinha em sistema de plantio convencional. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2014.



A porcentagem de pegamento de frutos e o número de flores femininas estão diretamente relacionados com o número de frutos por planta, pois, para a cultura da abobrinha as flores são unissexuais, onde cada flor feminina produz um fruto quando polinizada de maneira eficiente.

O maior número de frutos por planta (11,84) foi observado com a dose de 42,45 kg ha⁻¹ de N, um incremento de aproximadamente quatro frutos por planta quando comparado a dose 0 (Figura 6). O aumento do número de frutos por planta em função das doses de nitrogênio deve-se ao fato de que o N promoveu o incremento, até determinado ponto, do número de flores femininas por planta e porcentagem de pegamento de frutos. Nota-se que a dose que proporcionou os maiores valores para estas características (número de flores femininas, porcentagem de pegamento de frutos e número de frutos por planta) são semelhantes com 41,23; 47,41 e 42,45 kg ha⁻¹ de N, respectivamente.

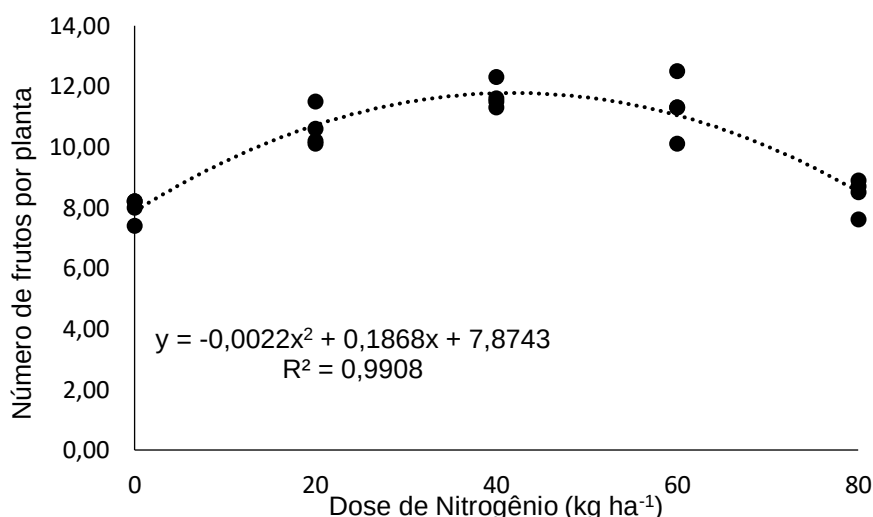
Uma das consequências da baixa disponibilidade de N é a redução no crescimento da parte vegetativa, reduzindo assim a área fotossinteticamente ativa, a qual reflete na fixação e no crescimento dos frutos (FOGAÇA et al., 2007).

Estudo realizado com o objetivo de avaliar a produtividade de abobrinha em função de doses de nitrogênio (0; 50; 100; 150 e 200 kg ha⁻¹), apresentaram incremento do número de frutos por planta, com comportamento linear com o aumento das doses de nitrogênio, obtendo 10,75 frutos por planta com a dose máxima de N (AZAMBUJA et al., 2015).

Pôrto et al. (2012a) avaliando a produtividade de abobrinha em função da adubação nitrogenada obtiveram o número máximo de frutos por planta (7,7) com a dose estimada de 323 kg ha⁻¹ de N.

Em cucurbitáceas, o aumento da dose de N, até determinado limite, proporciona incremento na área foliar da planta portanto, exerce efeito na produção de fotoassimilados e, conseqüentemente, na produção de frutos (QUEIROGA et al., 2007).

Figura 6 - Número de frutos por planta em função de doses de N para a cultura da abobrinha em sistema de plantio convencional. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2014.



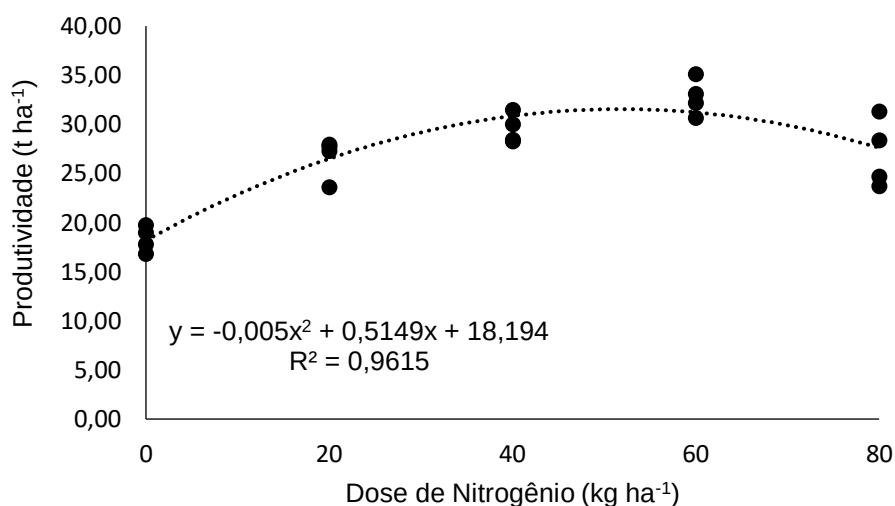
A produtividade da cultura da abobrinha é reflexo de um conjunto de características da planta que interferem diretamente na relação fonte (parte vegetativa) e dreno (parte reprodutiva) da planta. A máxima produtividade (Figura 7) foi de 31,45 t ha⁻¹ com a dose de 51,49 kg ha⁻¹, apresentando um incremento de 13,26 t ha⁻¹ em relação a dose 0.

O aumento da produtividade em função das doses de nitrogênio também foi observado por outros autores; Costa et al. (2015) estudando o efeito da fertirrigação nitrogenada e potássica em abobrinha obtiveram as maiores produtividades (45,4 t ha⁻¹) com a aplicação da dose de 180 kg ha⁻¹.

Pôrto et al. (2012a) avaliando a produtividade de abobrinha em função da adubação nitrogenada (0; 50; 100; 200 e 400 kg ha⁻¹ de N) obtiveram a maior produtividade (29,88 t ha⁻¹) com a dose de 331 kg ha⁻¹ de N. O autor cita que o efeito

da adubação nitrogenada sobre a produção da abobrinha ocorreu em função do aumento do número de frutos, sendo assim, uma característica determinante para a produtividade da cultura.

Figura 7 - Produtividade em função de doses de N para a cultura da abobrinha em sistema de plantio convencional. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2014



O incremento obtido para todas as características avaliadas em função das doses de nitrogênio, até determinado ponto, pode ser explicado devido ao nitrogênio ser um macronutriente de grande destaque participando de diversas moléculas vitais ao ciclo de vida dos vegetais como, por exemplo, o ATP. Um fornecimento adequado de N favorece a dinâmica do processo de absorção, pois a energia da quebra das ligações químicas que formam o ATP auxilia a formação de um gradiente de pH transmembranar contribuindo para o carregamento dos íons de nitrato para o interior das células. Os mesmos posteriormente são conduzidos à parte aérea dos vegetais para que possam participar do processo de fotossíntese que também é dependente de nitrogênio, pois as moléculas de clorofila contêm átomos de nitrogênio em sua composição (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Para todas as características avaliadas observou-se que o excesso de N foi prejudicial, ocasionando queda de produtividade para a cultura. O excesso de N pode acarretar um aumento na concentração de amônio no tecido vegetal. O amônio em concentrações elevadas é tóxico para as plantas, porque sua presença em excesso dissipa o gradiente de prótons entre as membranas das células. Este gradiente é necessário para os processos de fotossíntese e respiração, além de ser importante na translocação e acúmulo de metabólitos para o vacúolo (TAIZ; ZEIGER, 2009).

O conteúdo de C vem sendo utilizado como parâmetro para indicar a qualidade dos solos, principalmente as suas formas lábeis, pois possuem alta correlação com a atividade microbiológica do solo e são sensíveis a mudanças causadas pelo manejo do solo.

Os estoques de carbono no solo (C-AQ e C-XP) não foram influenciados pelas doses de N para nenhuma das profundidades estudadas, por isso, os dados apresentados referem-se as médias de todas doses.

O estoque de C-AQ variou em relação a profundidade amostrada, apresentando um decréscimo à medida que se aprofunda nas camadas do solo, entretanto, a camada 20 a 40 cm apresentou estoque de C-AQ maior que as anteriores. Isso se deve ao cálculo do estoque levar em consideração a espessura da camada amostrada, que neste caso é de 20 cm, já para as outras camadas a espessura é de 10 cm.

Na camada 0 – 10 cm foi obtido 0,85 Mg ha⁻¹, na camada 10 – 20 cm 0,63 Mg ha⁻¹ e 20 a 40 cm 0,99 Mg ha⁻¹. O C-AQ é constituído por materiais orgânicos como sacarídeos, aminoácidos e hemicelulose, derivados principalmente, de resíduos vegetais, e pela atividade da biomassa microbiana (MOLLOY; SPEIR, 1977). Sabe-se também que os microrganismos do solo, incluindo a biomassa microbiana, tem seu desenvolvimento influenciado pelos exsudatos liberados pelo sistema radicular das plantas, substâncias estas que incluem íons, água, enzimas, mucilagem e uma diversidade de metabólitos primários e secundários com C na sua composição, acarretando assim, maior atividade e aumento populacional (CATTELAN; VIDOR, 1990; BERTIN; YANG; WESTON, 2003).

O sistema radicular da abobrinha é extenso e superficial, concentrando-se na camada de 20 cm (FILGUEIRA, 2008a), portanto, pode-se presumir que os exsudatos liberados pelo sistema radicular foram absorvidos pelos microorganismos.

Embora o sistema radicular da abobrinha concentre-se na camada de 20cm, a biomassa microbiana decresce de acordo com a profundidade do solo, pois em camadas mais profundas ocorre um menor aporte de substrato, fazendo com que os processos de decomposição e ciclagem de nutrientes sejam menores, como consequência menores teores de C da fração lábil podem ser encontrados em profundidade (VAN GESTEL; LADD; AMATO, 1992; VARGAS; SCHOLLES, 2000).

A camada superficial do solo, sendo rica em C e nutrientes, promove elevada atividade microbiana (KIMETU et al., 2009; BOWLES et al., 2014), e favorece os

exsudatos microbianos gerados a partir da decomposição dos resíduos, favorecendo o desenvolvimento e manutenção de agregados, refletindo na proteção do C lábil recente e resultando em incremento do mesmo (SIX et al., 2002).

Com o revolvimento do solo (sistema de PC), primeiramente ocorre a desestruturação dos agregados, expondo assim, a matéria orgânica do solo ao ataque da biomassa microbiana, com isso, sua atividade aumenta devido à maior aeração do solo e aumento de C facilmente oxidável, resultando em maior fluxo de mineralização do C (ELLIOTT, 1986; POWLSON; PROOKES; CHRISTENSEN, 1987; REICOSKY et al., 1995).

Solos que passam por processo intensivo de revolvimento tendem a ter menor teor de matéria orgânica, portanto a comunidade biológica é menor e menos diversificada quando comparado a sistemas produtivos sem revolvimento e com cobertura do solo (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

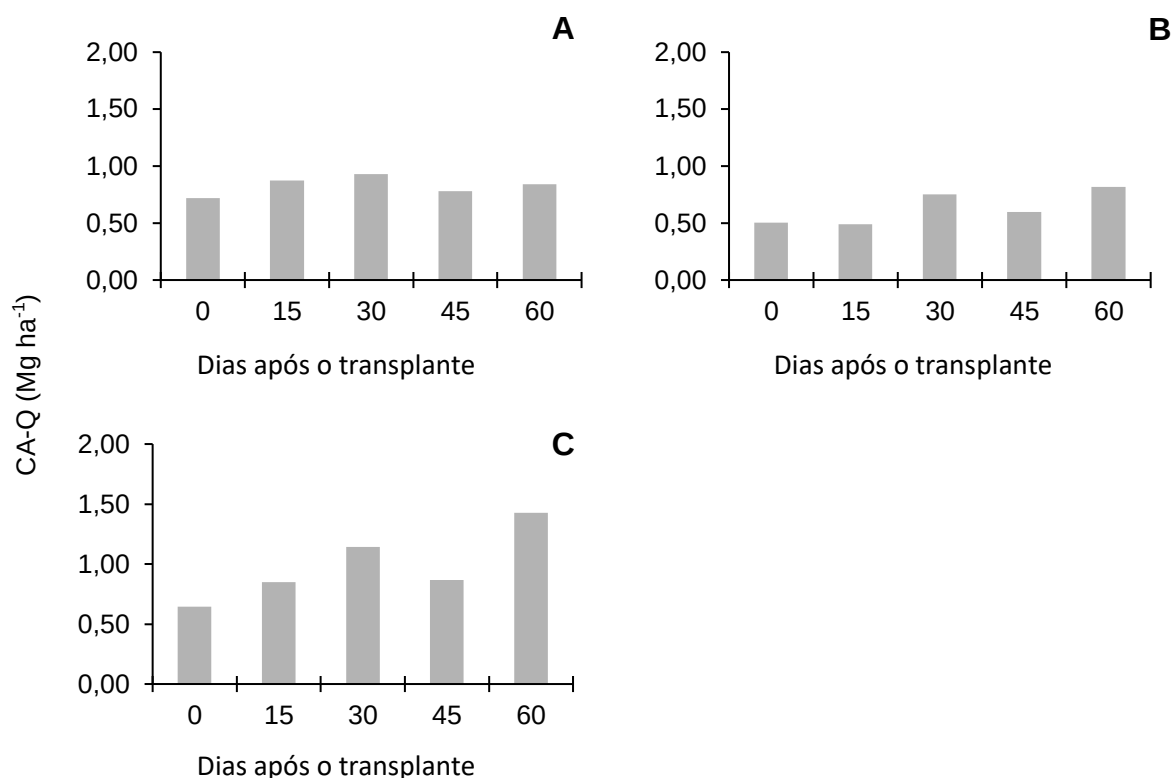
O estoque de C-OXP apresentou comportamento semelhante ao C-AQ, em relação ao decréscimo de seus valores para as profundidades amostradas, onde na camada 0 – 10 cm foi obtido 3,85 Mg ha⁻¹, na camada 10 – 20 cm 3,21 Mg ha⁻¹ e 20 a 40 cm 5,24 Mg ha⁻¹.

Os maiores valores de C-OXP em relação ao C-AQ, podem ser explicados, pelo fato de que comparativamente ao C-AQ, o C-OXP está menos associado a biomassa microbiana, indicando um grau de decomposição de C lábil relativamente mais evoluído. A biomassa microbiana, é constituída por todos os microrganismos menores que 5 x 10⁻³ µm, como fungos, bactérias e actinomicetos, e pela microfauna, como os protozoários. A quantidade e atividade da biomassa microbiana é regulada pela disponibilidade de nutrientes e pela capacidade de proteção do solo (estrutura e estabilidade dos agregados), características que não são preservadas em um sistema de PC (BONDE; SCHNÜRER; ROSSWALL, 1988).

O C-OXP também representa uma fração lábil do C orgânico do solo, sendo que contribui com aproximadamente de 8 a 14% do C orgânico total. Esta fração do C representa um espectro maior quando comparado ao C-AQ (SKJEMSTAD; SWIFT; MCGOWAN, 2006).

O estoque de C-AQ variou pouco durante o desenvolvimento da cultura nas três profundidades com comportamentos semelhantes, sendo encontrados os maiores valores nas camadas superficiais (Figura 8).

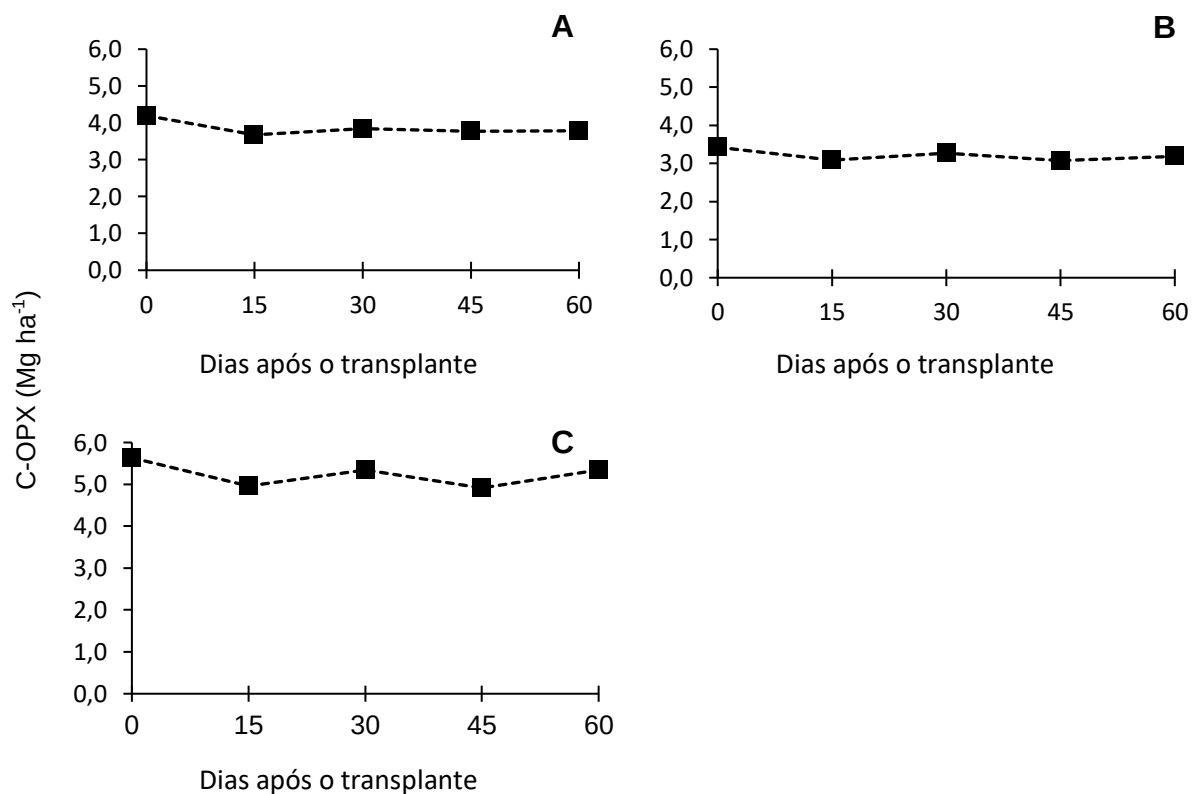
Figura 8 - Variação do estoque de C em água quente (CA-Q) para as profundidades de 0 -10 (A), 10 – 20 (B) e 20 - 40 cm (C) durante o ciclo da cultura da abobrinha em sistema de plantio convencional. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2014.



De acordo com Gregorich et al. (1994), o tempo necessário para verificar mudanças nos estoques de carbono no solo é longo, podendo chegar a 10 anos. Devido a isso são utilizadas frações mais lábeis de carbono, como o C-AQ para detectar essas possíveis mudanças, porém para este experimento não foi observada variação de C-AQ para a cultura da abobrinha.

Em relação ao fluxo do estoque de C-OXP durante o desenvolvimento da abobrinha (Figura 9), observou-se comportamento estável durante o ciclo da cultura para as profundidades amostradas. Esta estabilidade pode ser atribuída pelo fato do C-OXP apresentar ligações químicas mais resistentes, quando comparado ao C-AQ, necessitando assim de um maior poder oxidativo para a degradação das substâncias presentes no solo.

Figura 9 - Variação do estoque de C em permanganato de potássio (C-OPX) para as profundidades de 0 - 10 (A), 10 - 20 (B) e 20 - 40 cm (C) durante o ciclo da cultura da abobrinha em sistema de plantio convencional. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2014.



Pesquisas demonstram que a extração do C-OPX mostrou-se pouco sensível para avaliar alterações rápidas nos teores de C do solo. A solução de permanganato realiza mais facilmente a oxidação de lignina e compostos de baixa biodisponibilidade, em relação aos carboidratos de maior solubilidade (TIROL-PADRE; LADHA, 2004; SKJEMSTAD; SWIFT; MCGOWAN, 2006).

Isto é um indicativo que este método, oxida tanto compostos lábeis como não lábeis, ou seja, também indica a presença de frações de C mais estáveis, sendo estas menos sensíveis a modificações causadas por sistemas de cultivo (DUXBURY; SMITH; DORAN, 1989).

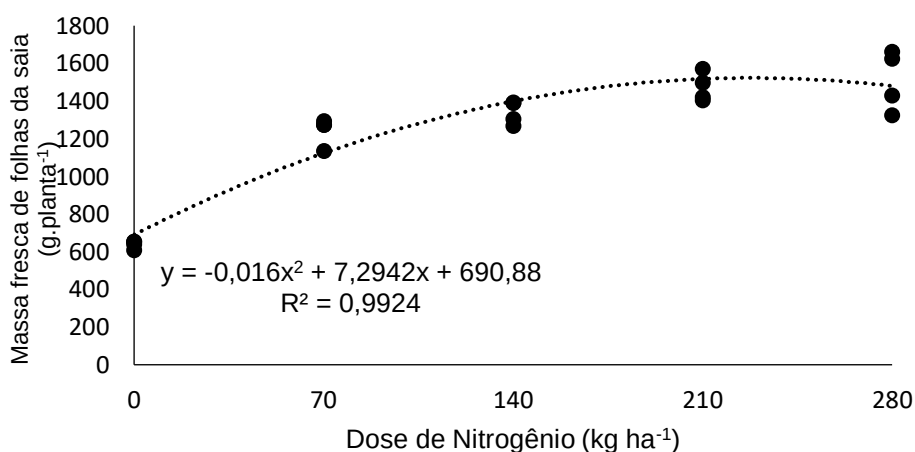
3.3.2 Cultura do repolho

Para todas as características avaliadas, foram observadas significâncias em função das doses de nitrogênio, ajustando-se ao modelo quadrático.

As folhas da saia são importantes para a cultura do repolho, pois estas são responsáveis pela formação e crescimento da cabeça, que devido a sua forma de crescimento, pouco contribui com a síntese de fotoassimilados.

A dose de N que proporcionou maior massa fresca das folhas da saia (1521,25) foi de 227,94 kg ha⁻¹, um incremento de 830,37 g quando comparado a dose 0 (Figura 10), pois o N participa integralmente de muitos compostos essenciais ao processo de crescimento vegetal, estimulando o crescimento e desenvolvimento de folhas (TAIZ; ZEIGER, 2009).

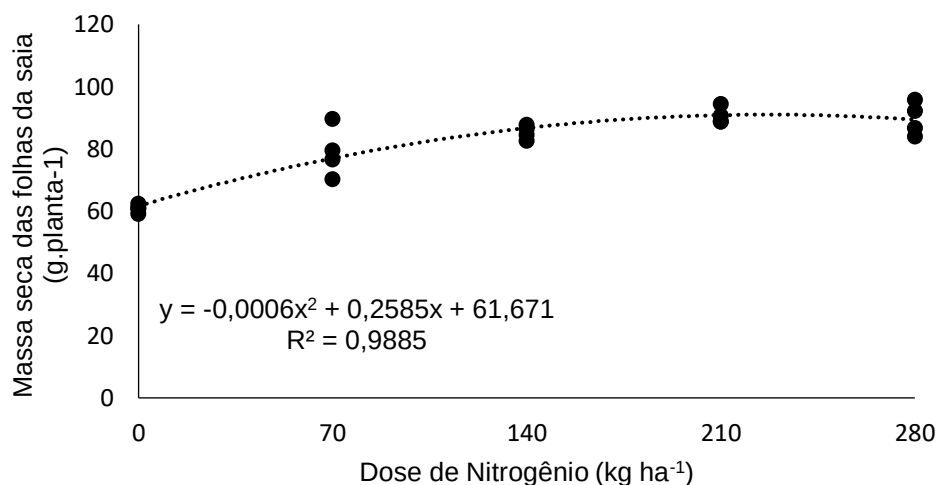
Figura 10 - Massa fresca de folhas da saia em função de doses de N para a cultura do repolho em sistema de plantio convencional. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2015



Castro (2015) testando cinco doses de nitrogênio (0; 150; 200; 250 e 300 kg ha⁻¹) para a cultura do repolho obtiveram o máximo valor (518,68 g) com a dose de 291,55 kg ha⁻¹ de N. A diferença encontrada para a massa fresca das folhas da saia, (aproximadamente 1000 g), pode ser atribuída principalmente ao híbrido utilizado. No presente experimento foi utilizado o híbrido Fuyutoyo, considerado de porte grande e ciclo longo (120 DAT), já no experimento de Castro (2015) foi utilizado o híbrido Sooshu, que possui porte médio de planta e ciclo precoce (55 a 60 DAT).

A máxima massa seca das folhas da saia (Figura 11), foi de 89,51 g com a dose de 215,41 kg ha⁻¹ de N, proporcionando um incremento de aproximadamente 29 g em relação a dose 0. Cavarianni, (2008), observou aumento linear para a massa seca das folhas da saia, obtendo o máximo valor para esta característica (67,96 g) com a dose de 300 kg ha⁻¹.

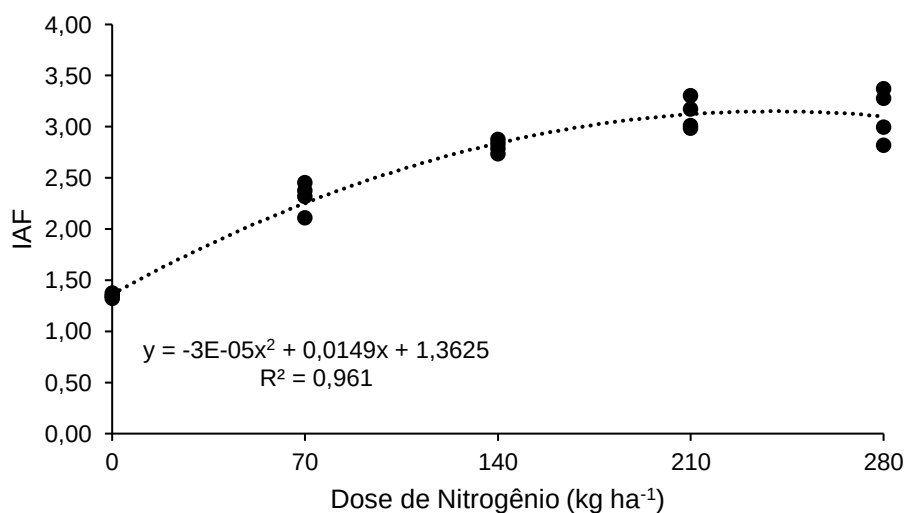
Figura 11 - Massa seca das folhas da saia em função de doses de N para a cultura do repolho em sistema de plantio convencional. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2015



Para a cultura do repolho, as folhas da saia crescem em forma de roseta e muitas vezes pode ocorrer em maior ou menor grau, o sombreamento entre as mesmas, situação não favorável para a cultura. Para verificar possíveis prejuízos causados por esse sombreamento, pode-se utilizar o índice de área foliar como referência, que demonstra a relação da área foliar da planta com a área disponível para o seu desenvolvimento.

Para o índice de área foliar (Figura 12) observou-se incremento em função das doses de N até 248,33 kg ha⁻¹ com índice de 3,21. Índice semelhante (3,2) foi encontrado por Aquino et al. (2005b) com dose superior (300 kg ha⁻¹).

Figura 12 – Índice de área foliar das folhas da saia em função de doses de N para a cultura do repolho em sistema de plantio convencional. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2015



Verifica-se que na dose 0, o IAF é superior a 1 (Figura 12), indicando que a área foliar era maior que a área disponível, podendo ter ocorrido a sobreposição de

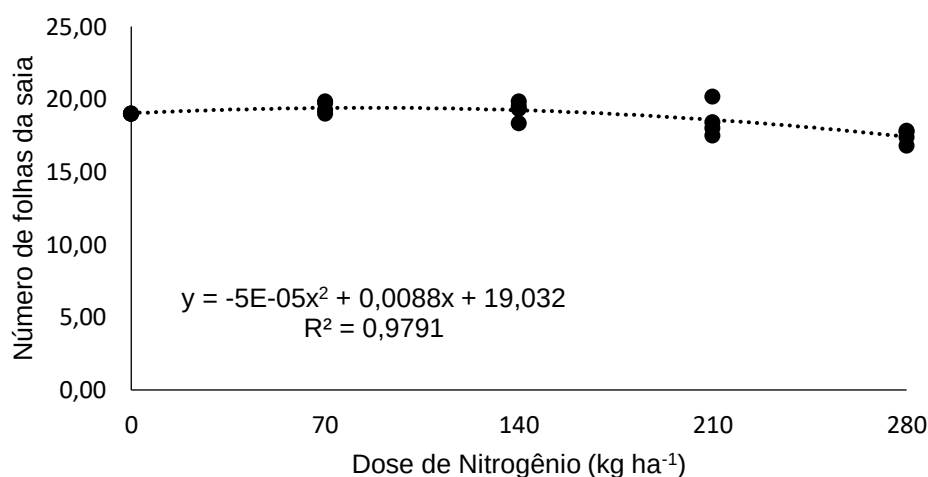
folhas da mesma planta ou também entre as plantas vizinhas. Esta sobreposição pode causar um sombreamento entre as folhas, diminuindo assim, a eficiência fotossintética, podendo prejudicar o acúmulo de massa seca e consequentemente a produção (BENINCASA, 2003).

Apesar do IAF superior a 1 na dose 0, verifica-se que as plantas continuaram acumulando massa seca das folhas (Figura 11) até a dose de 215,41 kg ha⁻¹, isso indica que mesmo com o sombreamento entre as folhas da saia, as mesmas continuaram realizando fotossíntese e acúmulo de carboidratos de maneira eficiente. Isso pode ser atribuído pela incidência de radiação refletida e difusa no interior do dossel (RADIN et al., 2003).

Para o número de folhas da saia (Figura 13) o maior valor (19,42 folhas) foi obtido com a dose de 88 kg ha⁻¹. Entre a dose de máxima e a dose 0, houve um incremento de apenas 0,39 folhas da saia, mostrando que o N exerceu pouca influência no aumento no número de folhas da saia, já que esta é uma característica determinada geneticamente e que sofre pequena influência do ambiente, porém, o N é fundamental para expansão das folhas, como mostra o índice de área foliar.

Cavarianni (2008) estudando a cultura do repolho, não observou diferença significativa para o número de folhas da saia em função do aumento das doses de N, mas relatou a influência do espaçamento, sendo que, as plantas que se desenvolveram em menores espaçamentos apresentaram menor número de folhas.

Figura 13 - Número de folhas da saia em função de doses de N para a cultura do repolho em sistema de plantio convencional. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2015.



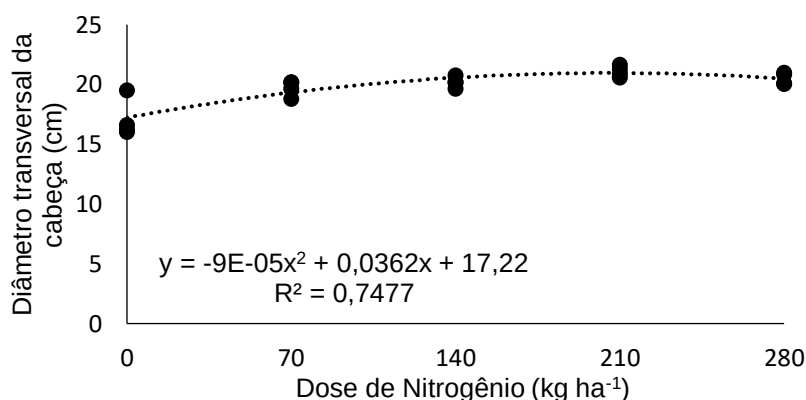
O diâmetro transversal da cabeça do repolho (Figura 14) aumentou de acordo com o incremento das doses de N, sendo o maior valor (20,86 cm) obtido com a dose

de 201,11 kg ha⁻¹ N, apresentando um incremento de 3,64 cm em relação a testemunha.

Moreira et al. (2011), obtiveram valores menores para diâmetro transversal de cabeça (16,9 cm) com dose de N superior (277,8 kg ha⁻¹) a utilizada neste trabalho.

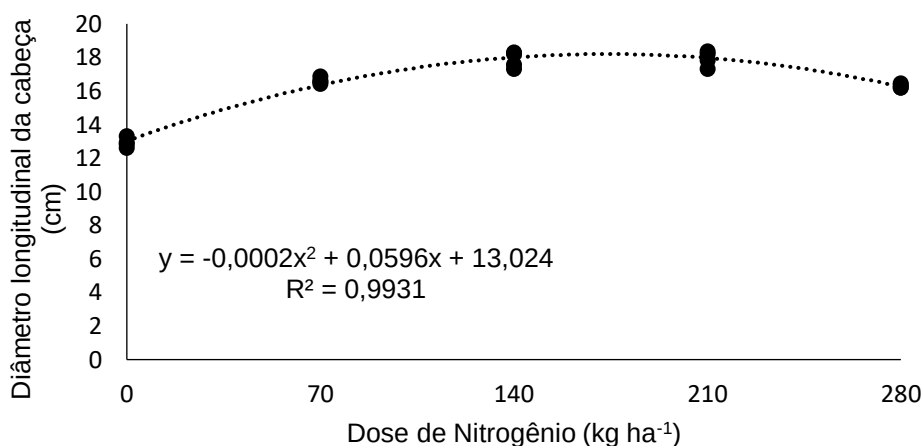
Aquino et al. (2005a) observaram diâmetro de 18,8 cm com a dose de 288,6 kg ha⁻¹ de N. A dose de 267 kg ha⁻¹ de nitrogênio proporcionou o maior diâmetro transversal (22,20 cm) como relatado por Cavarianni (2008). Já Castro (2015) observou que o valor máximo de 15,33 cm foi obtido com a dose de 265 kg N ha⁻¹, demonstrando que o N exerce influência no tamanho da cabeça como reflexo do diâmetro transversal.

Figura 14 - Diâmetro transversal da cabeça em função de doses de N para a cultura do repolho em sistema de plantio convencional. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2015.



Para o diâmetro longitudinal da cabeça (Figura 15), foi encontrado comportamento semelhante ao diâmetro transversal da cabeça. O máximo valor para esta característica, 17,46 cm, foi obtido com a dose de 149 kg ha⁻¹ de N. O incremento para esta característica em função das doses de N também foi encontrado por outros autores. Moreira et al. (2011) observou 12,7 cm com a dose de 277,8 kg ha⁻¹ de N e Aquino et al. (2005a) obteve 13,7 cm com a dose de 215,4 kg ha⁻¹ de N. Castro (2015) relata que a dose de 300 kg N ha⁻¹ proporcionou cabeças com diâmetro longitudinal de 12,08 cm por planta. Na ausência de adubação nitrogenada o diâmetro longitudinal foi de 11,52 cm, uma redução de apenas 0,56 cm em relação a maior dose de N aplicada.

Figura 15 - Diâmetro longitudinal da cabeça em função de doses de N para a cultura do repolho em sistema de plantio convencional. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2015.



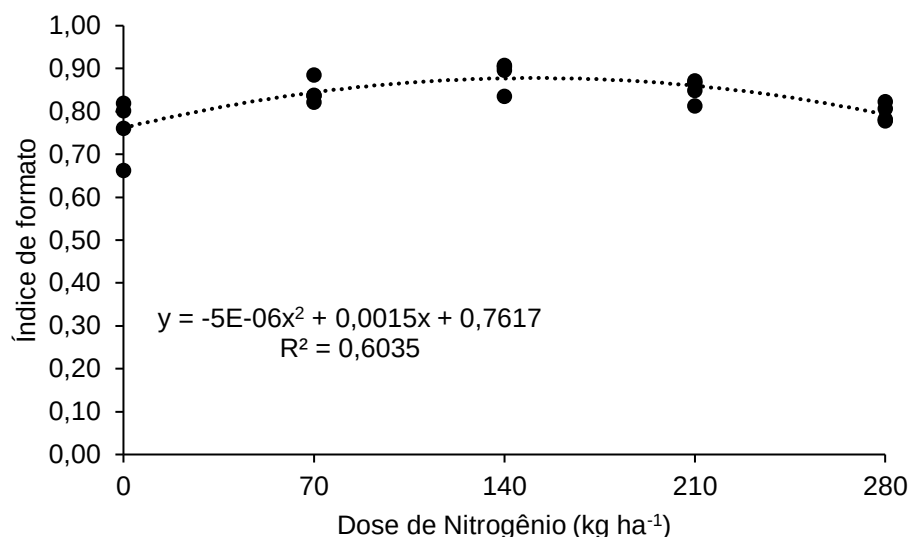
O conhecimento das características de diâmetro transversal e longitudinal da cabeça do repolho são importantes, pois através destes pode-se estabelecer o índice de formato, característica que demonstra como é o formato da cabeça de repolho.

Para o índice de formato (Figura 16) observou-se comportamento quadrático em função das doses de N. O maior índice (0,87) foi obtido com a dose de 150 kg N ha⁻¹, doses superiores ocasionaram a queda deste valor até 0,78 com a dose 280 kg N ha⁻¹ e na ausência de nitrogênio foi obtido índice de 0,76.

De acordo com Ceagesp (2014), cabeças com relação superior a 0,86 podem ser consideradas redondas, mostrando assim que a dose de 150 kg N ha⁻¹ proporcionou cabeças de formato não desejados pelo mercado consumidor. De acordo com Cavarianni (2008) no Brasil dá-se preferência a repolho com cabeças de formato levemente achatado. Cabeças de repolho com relações entre 0,60 e 0,85 podem ser consideradas de formato achatado.

Campanharo et al. (2014) estudando o efeito de doses de N (0 a 300 kg N ha⁻¹) não observaram alteração dessa característica com o aumento da dose de N.

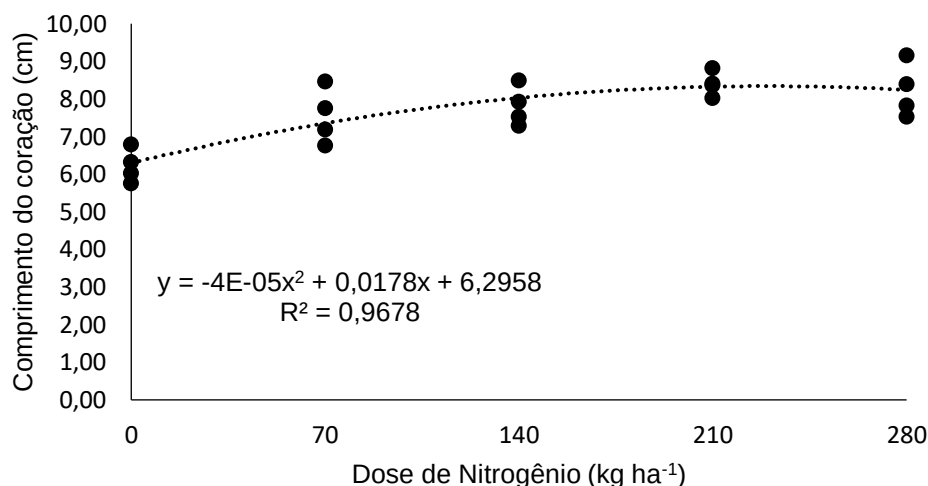
Figura 16 - Índice de formato da cabeça em função de doses de N para a cultura do repolho em sistema de plantio convencional. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2015.



Observou-se que o N promoveu o crescimento do comprimento do coração, de 6,29 cm para a dose 0 até 8,27 cm com a dose de 222,50 kg N ha⁻¹ (Figura 17). Moreira et al. (2011) observaram que aumentos nas doses de N até 243 kg ha⁻¹ aumentaram o comprimento do coração e, que este aumento deve-se ao efeito promotor do N no crescimento da planta do repolho.

O comprimento do coração é importante para a qualidade da cabeça do repolho, pois o comprimento excessivo pode levar a uma queda da qualidade da cabeça, já que o espaço entre os nós das folhas internas será maior, podendo exercer uma alta pressão no interior da cabeça, fazendo assim com que a mesma fique mais suscetível a rachadura. Léo; Sousa; Silva, (2000) testando o desempenho de cultivares e híbridos, observaram que os materiais que apresentaram maior comprimento do caule foram mais suscetíveis ao rachamento, diminuindo assim sua qualidade comercial.

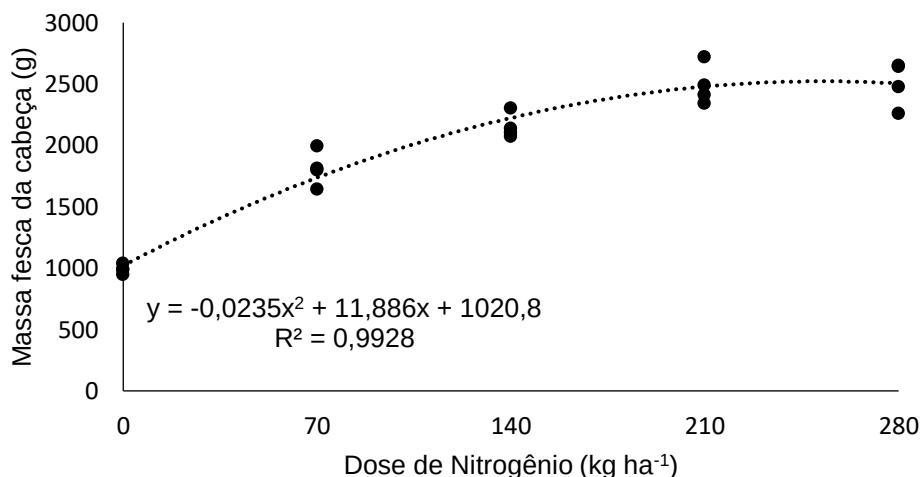
Figura 17 - Comprimento do coração em função de doses de N para a cultura do repolho em sistema de plantio convencional. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2015.



Para a massa fresca da cabeça (Figura 18) o máximo acúmulo (2523,75 g) foi obtido utilizando a dose de 252,89 kg ha⁻¹ N, apresentando um incremento de 1502,95 g quando comparado a dose 0 de N. Moreira et al. (2011) estudando doses de N (0 a 450 kg ha⁻¹) obtiveram 1,13 kg com a dose de 277,8 kg ha⁻¹ N. Aquino et al. (2005b) estudando as características produtivas do repolho em função de doses de N, observaram que a massa fresca da cabeça aumentou linearmente com o incremento das doses de N nas doses de 0 a 300 kg ha⁻¹, obtendo massa de 2310,20 g com a dose de 300 kg ha⁻¹.

O incremento na massa fresca da cabeça do repolho em função das doses de N, até determinado ponto, pode ser atribuído ao efeito promotor de crescimento que o N exerceu na expansão foliar das folhas da saia, pois, são responsáveis pela produção e distribuição de fotoassimilados para a formação da cabeça. Assim, a otimização da adubação nitrogenada é importante, já que o N participa diretamente de muitos compostos essenciais ao processo de crescimento vegetal e, conseqüentemente, estimula o crescimento e desenvolvimento das folhas (MARSCHNER, 1995; TAIZ; ZEIGER, 2009).

Figura 18 - Massa fresca das cabeça em função de doses de N para a cultura do repolho em sistema de plantio convencional. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2015.

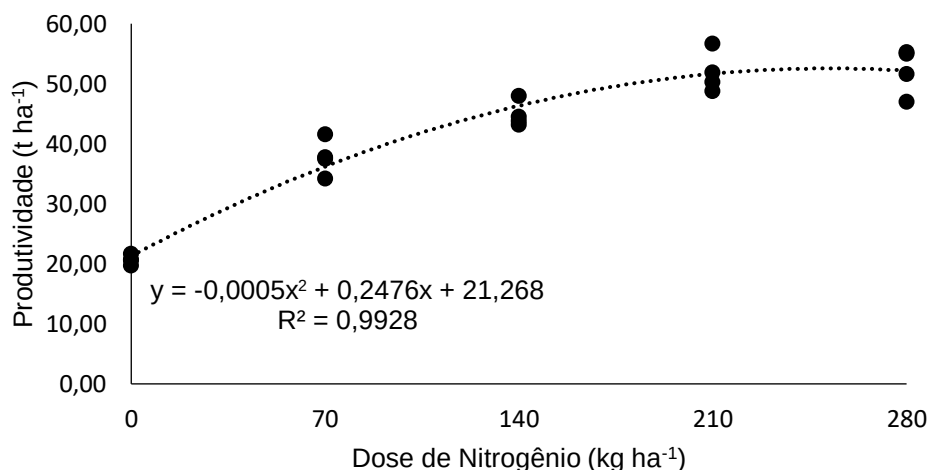


O efeito promotor de crescimento encontrado na massa fresca da cabeça, também foi obtido para a produtividade. A máxima produtividade (51,92 t ha⁻¹) foi obtida com a dose de 247,60 kg ha⁻¹, apresentando um incremento de 30,66 t ha⁻¹ em relação à ausência de N (Figura 19).

Produtividade superior (62,32 t ha⁻¹) foi observada com a dose de 300 kg ha⁻¹ (CAMPANHARO et al. 2014). Aquino et al. (2005b) também obtiveram incremento linear em função das doses de N, obtendo a máxima produtividade (96,28 t ha⁻¹) com a dose de 300 kg ha⁻¹.

Cavarianni (2008), obteve a máxima produtividade (72,67 t ha⁻¹) com a dose de 300 kg ha⁻¹ de N. A menor produtividade observada no experimento pode ser devido ao espaçamento utilizado (80 x 60 cm), enquanto o autor utilizou 80 x 40 entre plantas, ou seja, um menor número de plantas por hectare, podendo assim, justificar a diferença de produtividade entre os experimentos.

Figura 19 - Produtividade em função de doses de N para a cultura do repolho em sistema de plantio convencional. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2015.



As doses de N também influenciaram o ciclo da cultura até atingir o ponto de colheita (Tabela 3). Observou-se uma precocidade na colheita com o incremento das doses de N, obtendo-se uma diferença de 14 dias entre a maior e menor dose de N.

A precocidade na colheita com o aumento das doses de N também foi observada por Aquino et al. (2005b), que obtiveram uma redução de 13 dias no ciclo da cultura comparando a maior (300 kg ha⁻¹) e menor (0 kg ha⁻¹) dose de N.

Tabela 3 - Ciclo da cultura do repolho em função de doses de N para a cultura do repolho em sistema de plantio convencional. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2015.

Doses de N (kg ha⁻¹)	Ciclo da cultura (DAT)
0	113
70	106
140	106
210	99
280	99

DAT: Dias após o transplante

Para todas as características avaliadas, observou-se efeito benéfico do nitrogênio até determinada dose. O fornecimento de doses adequadas de N favorece o crescimento vegetativo, expande a área fotossinteticamente ativa elevando o potencial produtivo da cultura (ANDRADE, 2006). Também observou-se que a partir de determinada dose (variável entre as características), o excesso de nitrogênio foi prejudicial.

Altas concentrações de nitrogênio podem reduzir a taxa de fotossíntese, aumentar a suscetibilidade a desordens fisiológicas e reduzir a espessura da parede celular. Após atingir determinado nível do nutriente, em que ocorre crescimento máximo das plantas, o excesso de nitrogênio pode provocar desequilíbrio entre os nutrientes e causar toxicidade na planta (MARSCHNER, 1995; MALAVOLTA, 2006).

Os estoques de carbono no solo (C-AQ e C-OSP) não foram influenciados pelas doses de N para nenhuma das profundidades estudadas, por isso os dados apresentados referem-se as médias de todas doses.

O estoque de C-AQ variou em relação à profundidade amostrada, apresentando um decréscimo à medida que se aprofunda as camadas do solo, entretanto a camada 20 a 40 cm apresentou estoque de C-AQ maior que as anteriores. Isso se deve ao cálculo do estoque levar em consideração a espessura da camada amostrada, que neste caso é de 20 cm, já para as outras camadas a espessura é de 10 cm.

Na camada 0 – 10 cm foi obtido 0,69 Mg ha⁻¹, na camada 10 – 20 cm 0,53 Mg ha⁻¹ e na camada 20 a 40 cm 0,75 Mg ha⁻¹. Observa-se uma redução dos estoques de C-AQ para as profundidades entre os cultivos de abobrinha e repolho.

Dois fatores podem ter contribuído para que isso tenha ocorrido, a temperatura e a umidade do solo. Sabe-se, que a fração de C-AQ possui alta relação com a biomassa microbiana, sendo que esses microrganismos são influenciados pela temperatura e umidade (CATTELAN; VIDOR, 1990). De acordo com Alvarez et al. (1995), o aumento da temperatura e da umidade do solo aumenta o nível de atividade microbiana.

A cultura do repolho foi cultivada nos meses de junho a outubro, meses onde ocorre o predomínio de baixas temperaturas, onde foi encontrada temperatura média de 15° C, porém houve dias com temperatura mínima de 2° C (apêndice B). Também durante os meses de cultivo a precipitação acumulada foi de 921 mm. Já, a cultura da abobrinha foi cultivada entre os meses de novembro e dezembro, com temperatura média de 19° C e temperatura mínima de 8° C (apêndice A).

Ferreira et al. (2007), observaram que os menores valores de C oriundo da biomassa microbiana foram obtidos após precipitações de mais de 250 mm, o que provavelmente deve ter aumentado a mineralização do C e diminuído a disponibilidade de resíduos para a biomassa microbiana.

O estoque de C-OXP apresentou comportamento semelhante ao C-AQ, em relação ao decréscimo de seus valores para as profundidades amostradas, onde na camada 0 – 10 cm foi obtido 3,77 Mg ha⁻¹, na camada 10 – 20 cm 3,27 Mg ha⁻¹ e na camada 20 a 40 cm 5,34 Mg ha⁻¹.

Os maiores valores de C-OXP em relação ao C-AQ, podem ser explicados, pelo fato de que comparativamente ao C-AQ, o C-OXP está menos associado a biomassa microbiana, indicando um grau de decomposição de C lábil relativamente mais evoluído. A biomassa microbiana, é constituída por todos os microrganismos menores que 5×10^{-3} μm , como fungos, bactérias e actinomicetos, e pela microfauna, como os protozoários. A quantidade e atividade da biomassa microbiana é regulada pela disponibilidade de nutrientes e pela capacidade de proteção do solo (estrutura e estabilidade dos agregados), características que não são preservadas em um sistema de PC (BONDE; SCHNÜRER; ROSSWALL, 1988)

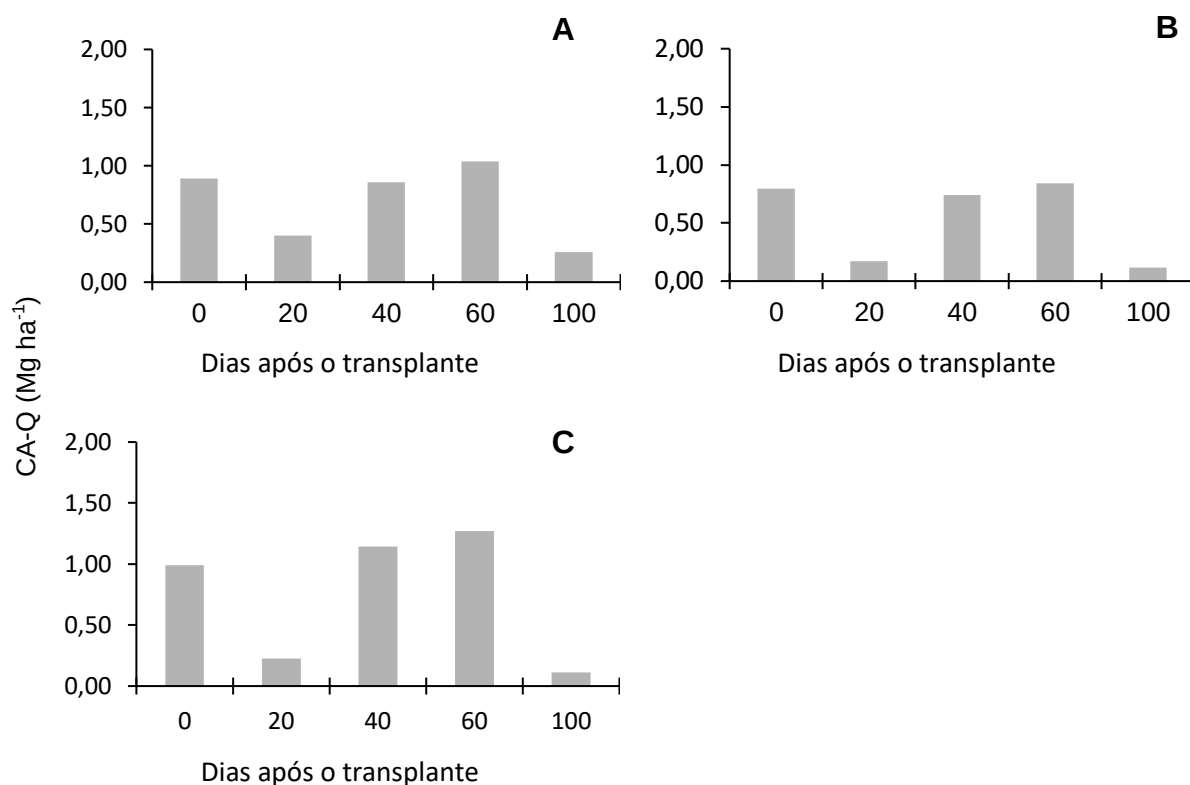
O estoque de C-AQ variou durante o desenvolvimento da cultura nas três profundidades com comportamentos semelhantes, sendo encontrados os maiores valores nas camadas superficiais (Figura 20).

Observa-se que nos vinte primeiros dias de cultivo ocorreu acentuada queda do estoque de C-AQ. Isso provavelmente pode ser atribuído a aplicação de N no início do cultivo com as altas precipitações neste período, aproximadamente 607 mm (apêndice B), que estimularam o desenvolvimento da biomassa microbiana e com isso a rápida mineralização da matéria orgânica do solo.

Houve um incremento dos estoques de C dos vinte até os sessenta dias de cultivo, sendo que neste período foram realizadas duas aplicações de N em cobertura (de acordo com as doses determinadas anteriormente) porém com uma baixa ocorrência de chuvas, sendo registrados apenas dois dias com precipitação. Dos sessenta até os 100 dias de cultivo foi observado novamente rápida redução dos estoques de C, cabe ressaltar que neste período houve elevada precipitação (aproximadamente 253 mm) (apêndice B) e também aplicação de N aos 75 DAT.

Os resultados obtidos, demonstram que o fluxo do estoque de C-AQ foi influenciado pela disponibilidade de N, pela biomassa microbiana e também pelo regime de chuvas durante a condução do experimento.

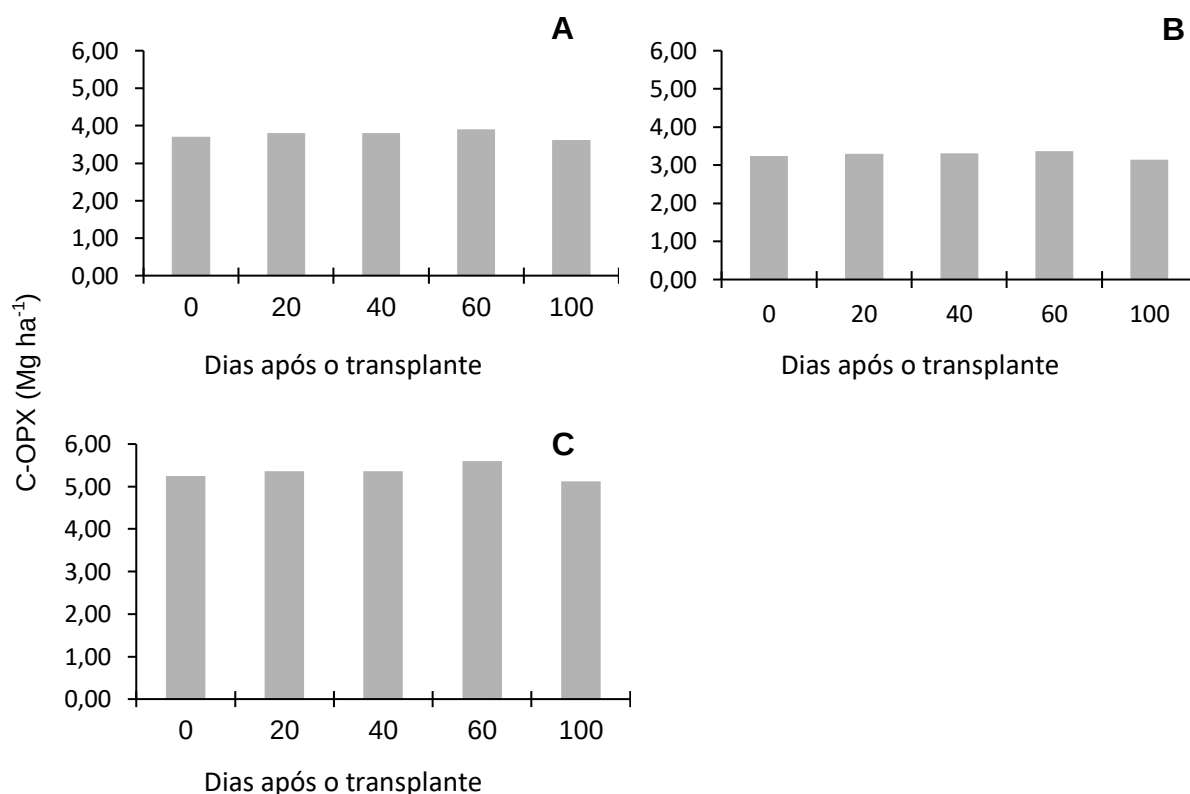
Figura 20 - Variação do estoque de C em água quente (CA-Q) para as profundidades de 0 -10 (A), 10 - 20 (B) e 20 - 40 cm (C) durante o ciclo da cultura do repolho em sistema de plantio convencional. Ponta Grossa – PR. UEPPG, 2014.



Em relação ao fluxo do estoque de C-OXP durante o desenvolvimento do repolho (Figura 21), observou-se comportamento estável durante o ciclo da cultura para as profundidades amostradas. Esta estabilidade pode ser atribuída ao fato do C-OXP apresentar ligações químicas mais resistentes, quando comparado ao C-AQ, necessitando assim de um maior poder oxidativo para a degradação das substâncias presentes no solo.

Pesquisas realizadas demonstram que a extração do C-OXP se mostrou pouco sensível para avaliar alterações rápidas nos teores de C do solo. A solução de permanganato realiza mais facilmente a oxidação de lignina e compostos de baixa biodisponibilidade, em relação aos carboidratos de maior solubilidade (TIROL-PADRE; LADHA, 2004; SKJEMSTAD; SWIFT; MCGOWAN, 2006).

Figura 21 - Variação do estoque de C em permanganato de potássio (C-OPX) para as profundidades de 0 -10 (A), 10 – 20 (B) e 20 - 40 cm (C) durante o ciclo da cultura da abobrinha em sistema de plantio convencional. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2014.



Isto é um indicativo que este método, oxida tanto compostos lábeis como não lábeis, ou seja, também indica a presença de frações de C mais estáveis, sendo estas menos sensíveis a modificações causadas por sistemas de cultivo (DUXBURY; SMITH; DORAN, 1989).

3.4 CONCLUSÕES

Para a cultura da abobrinha, o nitrogênio proporcionou incremento na produtividade, onde a dose de 51,49 kg ha⁻¹ proporcionou a máxima produtividade (31,45 t ha⁻¹).

Para a cultura do repolho, o nitrogênio proporcionou incremento na produtividade, onde a dose de 247,60 kg ha⁻¹, proporcionou máxima produtividade (51,92 t ha⁻¹) para a cultura.

As doses de nitrogênio não exerceram influência nos estoques de carbono no solo (C-AQ e C-OPX) em plantio convencional para a cultura da abobrinha e repolho.

4 DOSES DE NITROGÊNIO NA PRODUTIVIDADE DE ABOBRINHA E REPOLHO E NO ESTOQUE DE CARBONO NO SOLO EM PLANTIO DIRETO.

RESUMO

O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de doses de nitrogênio na produtividade e no estoque de carbono no solo para a cultura da abobrinha e repolho cultivados em sistema de plantio direto. O experimento foi conduzido na Fazenda Escola Capão da Onça (FESCON) pertencente à Universidade Estadual de Ponta Grossa, localizada em Ponta Grossa – PR, no ano de 2014 para a cultura da abobrinha e 2015 para a cultura do repolho. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com quatro repetições e cinco doses de nitrogênio: 0; 20; 40; 60 e 80 kg ha⁻¹ para a abobrinha e 0; 70; 140; 210 e 280 kg ha⁻¹ para o repolho, sendo a ureia a fonte de nitrogênio utilizada. Para a cultura da abobrinha foram avaliadas características de diâmetro e comprimento do fruto; número, massa fresca e seca das folhas; índice de área foliar; número de flores masculinas e femininas; porcentagem de pegamento de frutos; número de frutos por planta; massa fresca do fruto e produtividade. Para a cultura do repolho foram avaliadas as características de número, massa fresca e seca das folhas da saia; índice de área foliar; massa fresca, diâmetro longitudinal e transversal da cabeça; índice de formato; comprimento do coração e produtividade. Para as duas culturas foi determinado o estoque de carbono no solo (0-10; 10-20 e 20-40 cm de profundidade) seguindo a metodologia proposta por Ghani; Dexter; Perrott (2003) para o carbono extraído por água quente (C-AQ) e Tirol-Padre; Ladha (2004) para o carbono extraído por permanganato de potássio (C-OMP). Para a cultura da abobrinha, a maior massa seca do limbo foliar (48,13 g) foi obtida com a dose de 55,73 kg ha⁻¹ N, representando um incremento de aproximadamente 58 % em relação a ausência de nitrogênio. Os maiores valores para as características de número de flores femininas, porcentagem de pegamento de frutos e número de frutos por planta foram obtidos com 48,38, 48,88 e 46,44 kg ha⁻¹ N, respectivamente. A máxima produtividade (17,29 t ha⁻¹) foi obtida com a dose de 48,42 kg ha⁻¹ de N, obtendo um incremento de 14,07 t ha⁻¹ em relação a dose 0. Para o repolho, foram obtidas respostas significativas para todas as características analisadas em função das doses de N. A aplicação de 243,33 kg ha⁻¹ N, proporcionou produtividade de 40,53 t ha⁻¹, apresentando um incremento de 35,53 t ha⁻¹ quando comparado a dose 0. Não foi observado efeito significativo das doses de N nos estoques de carbono do solo.

Palavras-chave: *Cucurbita pepo*. *Brassica oleracea* var. capitata. plantio direto. nitrato.

ABSTRACT

NITROGEN DOSES IN THE PRODUCTION OF ZUCCHINI AND CABBAGE AND IN THE CARBON STOCKS IN THE NO-TILLAGE SYSTEM

The objective of this work were: to evaluate the effect of nitrogen rates on yield and carbon stock in the soil for zucchini and cabbage cultivated under no-tillage. The experiments were conducted at Fazenda Escola Capão da Onça (FESCON) belonging to the State University of Ponta Grossa, located in Ponta Grossa - PR, in the year 2014 for the cultivation of zucchini and 2015 for the culture of cabbage. The experimental design was a randomized block with four replicates and five nitrogen doses: 0; 20; 40; 60 and 80 kg ha⁻¹ for zucchini and 0; 70; 140; 210 and 280 kg ha⁻¹ for cabbage, with urea being the source of nitrogen used. For the culture of the zucchini were evaluated characteristics of diameter and length of the fruit; Number, fresh and dry mass of leaves; Leaf area index; Number of male and female flowers; Percentage of fruit setting; Number of fruits per plant; Fresh fruit mass and productivity. For the cabbage crop were evaluated the characteristics of number, fresh and dry mass of the leaves of the skirt; Leaf area index; Fresh mass, longitudinal and transverse head diameter; Format index; Length of heart and productivity. For the two vegetables crops, the soil carbon stock (0-10, 10-20 and 20-40 cm depth) was determined following the methodology proposed by Ghani; Dexter; Perrott (2003) for carbon extracted from hot water (C-AQ) and Tirol-Padre; Ladha (2004) for the carbon extracted by potassium permanganate (C-OXP). For zucchini (48,13 g) was obtained with the 55,73 kg ha⁻¹ N dose, representing an increase of approximately 58% in relation to the absence of nitrogen. The highest values for the characteristics of number of female flowers, percentage of fruit setting and number of fruits per plant were obtained with 48,38; 48,88 and 46,44 kg ha⁻¹ N, respectively. The maximum yield (17,29 t ha⁻¹) was obtained with the dose of 48,42 kg ha⁻¹ of N, obtaining an increase of 14,07 t ha⁻¹ in relation to dose 0. For cabbage in system of no-tillage, significant responses were obtained for all traits analyzed as a function of N doses. The application of 24,33 kg ha⁻¹ N, yielded a productivity of 40,53 t ha⁻¹, presenting an increase of 35,53 t ha⁻¹ when compared to dose 0. For the cultivation of zucchini and cabbage in no-tillage, the yields of 48,42 kg ha⁻¹ and 243,33 kg ha⁻¹ provided the highest yields, respectively. No significant effect of N rates on soil carbon stocks was observed.

Keywords: *Cucurbita pepo*. *Brassica oleracea* var. capitata. No-tillage. nitrate.labile SOC.

4.3 INTRODUÇÃO

A abobrinha italiana (*Cucurbita pepo* L.) pertence à família Cucurbitaceae e ao gênero *Cucurbita* originário das Américas. O crescimento é indeterminado e o caule subarbustivo, com gavinhas de tamanho reduzido. A expressão sexual é monoica, sendo a polinização entomófila (PUIATTI; SILVA, 2005). No Estado do Paraná na safra 2013/2014 a abobrinha apresentou uma produção de 48.926 toneladas em uma área de 2.490 hectares (DERAL, 2016).

O repolho (*Brassica oleracea* var. capitata) é a espécie de maior importância socioeconômica da família Brassicaceae. No estado do Paraná, o repolho destacou-se como a segunda hortaliça na safra 2013/2014 com volume de produção de 322.707 toneladas em uma área de 8.411 hectares, ficando atrás somente da cultura da batata (DERAL, 2016).

O sistema de produção tradicionalmente utilizado para essas hortaliças, baseia-se no preparo de solo por meio de aração, gradagem e muitas vezes seguidas de encanteiramento com enxada rotativa. Este tipo de preparo, embora proporcione bom preparo de solo para que ocorra o transplante das mudas pode resultar em longo prazo, em desestruturação dos agregados de solo e com isso a aceleração da mineralização da matéria orgânica, alterando a dinâmica de N e C no solo.

Produtores têm adotado técnicas de preparo do solo com objetivo de amenizar os impactos da agricultura ao ambiente, sendo na redução das operações de preparo do solo, manutenção e adição de matéria orgânica, adubação verde e cobertura morta sob a superfície do solo, técnicas estas que são características do sistema de cultivo em plantio direto (ALMEIDA, 2004).

Além da preocupação por desenvolvimento de sistemas sustentáveis de manejo de solo, surge também a necessidade pelo manejo correto da nutrição mineral das plantas, sendo que entre os nutrientes o N recebe destaque. Sua disponibilidade é influenciada pelo sistema de manejo do solo utilizado, pois, dependendo do manejo pode-se afetar diretamente a taxa de decomposição dos resíduos e, consequentemente, a liberação de N para o solo, como também o sincronismo entre a taxa de liberação e de absorção de nutrientes pelas plantas.

O sistema de plantio direto contribui de maneira efetiva para a manutenção da matéria orgânica, aumento de CTC e nos estoques de Carbono no solo, estes cada vez mais utilizados como indicadores da qualidade dos solos (MUZZILLI, 2002).

Estudos desenvolvidos com espécies olerícolas em sistemas de plantio direto ainda não são usuais no sistema de produção brasileiro (PONTES, 2001). Portanto, é importante o estudo das culturas da abobrinha e repolho neste sistema, bem como estabelecer a dose de nitrogênio que proporcione máxima produtividade e mensurar os estoques de carbono solo nesta condição.

O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de doses de nitrogênio na produtividade da abobrinha e repolho e no estoque de carbono no solo em sistema de plantio direto.

4.4 MATERIAL E MÉTODOS

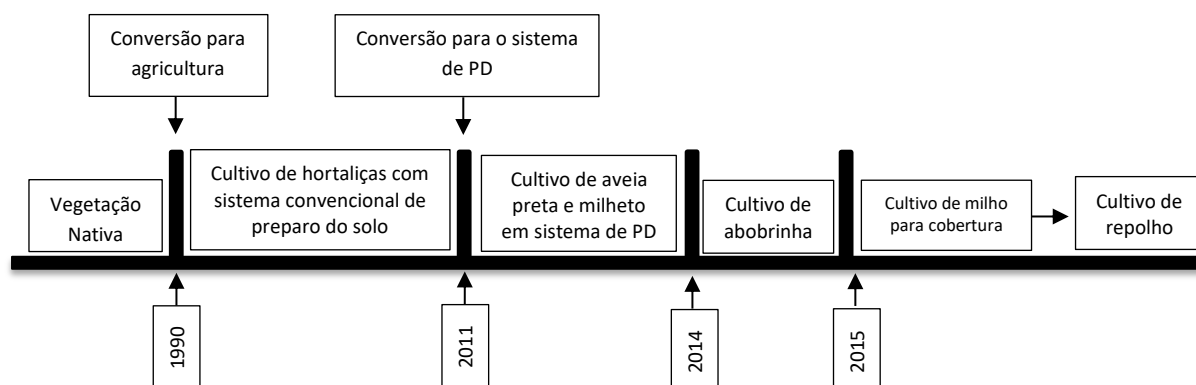
Os experimentos foram realizados na Fazenda Escola Capão da Onça (FESCON) pertencente à Universidade Estadual de Ponta Grossa, localizada no município de Ponta Grossa – PR (25° 05' S e 50° 03' W), com 990 m de altitude. O solo da área foi caracterizado como Cambissolo Háplico (EMBRAPA, 2013), de textura média na camada 0-20 cm (320; 492; 188 g kg⁻¹ de argila, areia e silte, respectivamente). O clima é classificado segundo Koppen como Cfb, subtropical úmido mesotérmico, de verões frescos e com ocorrência de geadas severas e frequentes, não apresentando estação seca.

O primeiro experimento foi realizado no ano de 2014 utilizando a cultura da abobrinha e o segundo no ano de 2015 com a cultura do repolho.

A área onde os experimentos foram realizados foi utilizada por um longo período para a produção de hortaliças por meio do sistema convencional de preparo de solo, sendo constituído pelos processos de aração, gradagem e encanteiramento. No ano de 2011, o revolvimento do solo foi cessado, para iniciar-se o processo de conversão para o sistema de plantio direto, de acordo com a cronologia de culturas para formação de palhada (Figura 22).

Para a conversão para o sistema de plantio direto, foi estabelecida a seguinte sequência de culturas: Milheto (verão de 2011/2012), Aveia preta (inverno de 2012), Milheto (verão de 2012/2013), Aveia preta (inverno de 2013), Milheto (verão de 2013/2014), Aveia preta (inverno de 2014), Abobrinha (verão 2014), Milho (verão 2015) e Repolho (inverno 2015).

Figura 22 - Cronologia do uso da área experimental para as culturas da abobrinha e repolho em sistema de plantio direto. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2015.



4.4.1 Cultura da abobrinha

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com 4 repetições e cinco tratamentos, constituídos por doses de nitrogênio: 0; 20; 40; 60 e 80 kg ha⁻¹.

A adubação de plantio foi realizada com base na análise química do solo (Tabela 4), e recomendação para a cultura (CQFS-RS/SC, 2004) onde utilizou-se 777,77 kg kg ha⁻¹ de Superfosfato Simples (SSP) e 103,44 kg ha⁻¹ de Cloreto de Potássio (KCl). Para a adubação nitrogenada, a fonte utilizada foi a ureia, a dose utilizada foi de acordo com o tratamento, sendo metade na adubação de plantio e a outra metade 30 dias após o transplante (DAT).

Tabela 4 - Análise química do solo da área experimental para a cultura da abobrinha em sistema de plantio direto. Ponta Grossa - PR. UEPG, 2014.

pH	H + Al	Al ³⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	CTC	K	P	C	V	M.O
	<=====cmolc dm ⁻³ =====>				<=mg dm ⁻³ =>			g dm ⁻³	%	%
5,73	4,30	0,00	5,28	2,80	12,87	196,48	9,50	24,00	66,58	4,14

Para garantia do estande ideal de plantas, foram produzidas mudas de abobrinha em cultivo protegido do tipo arco em bandejas de poliestireno expandido de 128 células contendo substrato a base de casca de pinus, sendo a semeadura realizada no dia 06/10/2014. O híbrido utilizado foi Aline, pertencente ao grupo Caserta que possui resistência a oídio, com frutos uniformes de coloração verde-clara e estrias verde escuras e brilhantes.

O transplante das mudas ocorreu 21 dias após a semeadura, quando estas apresentaram a primeira folha definitiva totalmente expandida, em parcelas que continham 32 plantas dispostas em 4 linhas. O espaçamento utilizado foi de 1,60 m entre linhas e 0,90 entre plantas, em uma parcela de 4,80 x 7,20 m totalizando 34,56 m².

As aplicações de N (transplante e 30 DAT) foram realizadas de maneira individual para cada planta, e devido à quantidade a ser aplicada por planta, a ureia foi diluída em água (60 mL planta⁻¹), de acordo com as doses de N, sendo aplicada ao redor das plantas.

Durante o desenvolvimento da cultura não ocorreram ataques de doenças e de pragas, não sendo necessária a utilização de fungicidas e inseticidas. A área foi mantida livre de plantas daninhas, por meio de capinas manuais.

A colheita foi realizada nas 12 plantas centrais por parcela, em dias alternados, do dia 23/11/14 até 26/12/14. Os frutos foram colhidos quando apresentavam de 15 a 20 cm, tamanho utilizado como padrão comercial.

As características avaliadas foram:

- Diâmetro do fruto: foi realizado com o auxílio de paquímetro digital com escala milimétrica, onde o mesmo era posicionado no meio do fruto para a tomada das leituras.

- Comprimento do fruto: para esta característica utilizou-se de régua graduada em milímetros.

- Número de folhas por planta: obtido através da contagem do número de folhas da haste principal, ao final do ciclo, utilizando-se seis plantas por parcela.

- Massa fresca do limbo foliar: ao final do ciclo, foram coletados os limbos foliares de seis plantas por parcela, os quais foram levados para o laboratório e pesados individualmente em balança de precisão.

- Massa seca do limbo foliar: obtida por meio da secagem dos limbos foliares. Estes foram acondicionados de maneira individual (por planta) em sacos de papel devidamente identificados de acordo com os tratamentos e colocados em estufa de ventilação forçada a 60 °C até obter a massa seca constante para pesagem em balança de precisão.

- Índice de área foliar: obtida através do medidor de área foliar LI-3100C AREA METER, marca LI-COR®. Com os dados de área foliar foi realizado o cálculo do índice de área foliar, baseado na relação da área foliar da planta pela área de solo disponível.

- Número de flores masculinas e femininas por planta: durante o desenvolvimento da cultura, em seis plantas por parcela, por meio da contagem do número de flores masculinas e femininas por planta.

- Porcentagem de pegamento de frutos: Obtida pela relação do número de flores femininas pelo número de frutos por planta.

- Número de frutos por planta: obtido pela soma dos frutos colhidos durante todo o período de colheita para cada planta.

- Massa fresca do fruto: individualmente cada fruto foi pesado em balança de precisão centesimal.

- Produtividade: obtida pela multiplicação da massa de frutos por planta pela população de plantas em um hectare (10.000 m²).

Durante o desenvolvimento da cultura (0, 15, 30, 45 e 60 DAT), foram selecionadas seis plantas centrais de cada parcela, sendo que ao lado de cada uma, foram retiradas amostras de solo com o auxílio de um trado calador nas profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm. Após as coletas, as amostras de solo foram secas em estufa ajustada para 40°C e posteriormente peneiradas em peneira de 2 mm, homogeneizando-as completamente.

Foram realizadas as determinações dos conteúdos de C lábil dissolvido em água quente e C oxidável por permanganato de potássio. Para a determinação do C em água quente (C-AQ) foi utilizada a metodologia adaptada por Ghani; Dexter; Perrott, (2003). Foram pesadas 3 g de solo de cada amostra e posteriormente colocadas em tubo de centrifugação de 15 ml. Estes receberam 10 mL de água deionizada, sendo posteriormente agitados manualmente por 10 segundos para garantir total suspensão do meio de extração e submetidos a um período de 16 horas em estufa a 80°C. Após esse período, os tubos foram novamente centrifugados por 10 minutos a 4000 rpm. Do sobrenadante obtido, 6 mL de cada tubo foram pipetados e transferidos para um erlenmeyer. Posteriormente, o C foi analisado por oxidação via úmida modificado de Walkley; Black, (1934) e descrito por Nelson; Sommers (1996).

Para a extração do C oxidável por permanganato de potássio (C-OMP) foi utilizada a metodologia modificada de Tirol-Padre; Ladha (2004). Na amostra de solo remanescente da extração de C-AQ foram adicionados 10 ml da solução de KMnO₄. Posteriormente, as amostras foram agitadas em mesa horizontal durante 15 min a 200 rpm e centrifugadas durante 15 min a 4000 rpm. Após isso, foram retirados 2 mL do sobrenadante, os quais foram transferidos para um erlenmeyer onde foram adicionados 100 mL de água deionizada. Nesta diluição foi feita a leitura em espectrofotômetro com a absorbância a 565 nm.

Com os dados de concentração de C obtidos pelas metodologias descritas acima, foi realizado o cálculo do estoque para o C-AQ e C-OMP para cada profundidade, com base na seguinte expressão:

$$\text{EstC} = (\text{C} \times \text{Ds} \times \text{e})/10$$

Onde: EstC é o estoque de C oxidado em água quente ou permanganato em determinada profundidade (Mg ha^{-1}); C o conteúdo de carbono (C-AQ ou C-OXP em g kg^{-1}); Ds a densidade do solo em cada profundidade (Mg m^{-3}); e a espessura da camada considerada (cm).

Procedeu-se a análise descritiva dos dados, e quando identificados valores discrepantes (outliers), estes foram removidos, buscando com isso a manutenção da qualidade dos dados levantados. Com base nessas informações as análises de regressão foram realizadas, atendendo os pressupostos indicados pela bibliografia, onde o maior nível de regressão foi atendido quando significativo. (Banzatto; Kronka, 2006)

4.4.2 Cultura do repolho

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com 4 repetições e cinco tratamentos, constituídos por doses de nitrogênio: 0; 70; 140; 210 e 280 kg ha^{-1} .

A adubação de plantio foi realizada com base na análise química do solo (Tabela 5) e recomendação para a cultura (CQFS-RS/SC, 2004) onde utilizou-se $888,88 \text{ kg kg ha}^{-1}$ de Superfosfato Simples (SSP) e $206,89 \text{ kg ha}^{-1}$ de Cloreto de Potássio (KCl). Para a adubação nitrogenada, a fonte utilizada foi a ureia, a dose utilizada foi de acordo com o tratamento, sendo aplicada em quatro etapas: 1/4 no transplante, 1/4 25 DAT, 1/4 50 DAT e 1/4 75 DAT.

Tabela 5 - Análise química do solo da área experimental para a cultura do repolho em sistema de plantio direto. Ponta Grossa - PR. UEPG, 2015.

pH	H + Al	Al ⁺³	Ca ⁺²	Mg ⁺²	CTC	K	P	C	V	M.O
	<=====cmolc dm ⁻³ =====>					<=mg dm ⁻³ =>		g dm ⁻³	%	%
5,30	3,84	0,00	3,27	1,79	9,2	148,2	19,98	22,29	58,60	3,84

As mudas foram produzidas em sistema de cultivo protegido tipo arco em bandejas de poliestireno expandido de 200 células contendo substrato a base de casca de pinus, sendo a semeadura realizada no dia 28/05/2015. O híbrido utilizado foi Fuyutoyo, que possui peso médio de cabeça de 3,5 kg com formato semiachatado.

O transplante das mudas ocorreu 30 dias após a semeadura quando apresentavam três folhas definitivas expandidas, em parcelas que continham 40 plantas dispostas em 4 linhas. O espaçamento utilizado foi de 0,80 m entre linhas e 0,60 m entre plantas, em uma parcela de 2,40 x 5,40 m totalizando 12,96 m².

As aplicações de N (transplante, 25, 50 e 75 DAT) foram realizadas de maneira individual para cada planta, e devido à quantidade a ser aplicada por planta, a ureia foi diluída em água (60 mL planta⁻¹), de acordo com as doses de N, e esta foi aplicada ao redor das plantas.

Durante o desenvolvimento da cultura foram realizadas duas aplicações de inseticida (ingrediente ativo deltametrina), a primeira logo após o transplante e a segunda 15 DAT com o objetivo de realizar o controle da lagarta rosca (*Agrotis ipsilon*). A área foi mantida livre de plantas daninhas, por meio de capinas manuais para que não houvesse o revolvimento do solo e retirada da palha, descaracterizando assim este sistema de cultivo.

A colheita foi realizada em seis plantas centrais por parcela, quando as cabeças de repolho apresentavam seu máximo crescimento, identificado pelo início do desprendimento da borda da folha externa da cabeça (CASTRO, 2015), variando de 99 a 122 DAT em função dos tratamentos.

As características avaliadas foram:

- Número de folhas da saia: realizada pela contagem do número de folhas da saia.
- Massa fresca das folhas da saia: as folhas da saia foram levadas para o laboratório de Olericultura e pesados em balança de precisão.
- Índice de área foliar: após realizar a massa fresca das folhas da saia, este material foi analisado pelo medidor de área foliar LI-3100C AREA METER, marca LICOR®. Com os dados de área foliar foi realizado o cálculo do índice de área foliar, baseado na relação da área foliar da planta pela área de solo disponível.
- Massa seca das folhas da saia: após a leitura da área foliar, este material foi acondicionado de maneira individual (por planta) em sacos de papel devidamente identificados de acordo com os tratamentos e colocados em estufa de ventilação forçada a 60 °C até obter massa seca constante desse material para pesagem em balança de precisão centesimal.
- Massa fresca da cabeça: individualmente cada cabeça de repolho foi pesado em balança de precisão centesimal.

- Diâmetro transversal e longitudinal da cabeça: cada cabeça foi cortada de maneira longitudinal e com o auxílio de uma régua graduada em milímetros foi verificado o diâmetro transversal e longitudinal interno da cabeça de uma extremidade até a outra.

- Índice de formato: Obtido pela relação entre o diâmetro longitudinal e transversal.

- Comprimento do caule: com a cabeça cortada, foi aferido o comprimento do caule no interior da cabeça com uma régua graduada em milímetros.

- Produtividade: obtida pela multiplicação da massa da cabeça do repolho pela população de plantas em um hectare (10.000 m^{-2}).

Durante o desenvolvimento da cultura (0, 20, 40, 60 e 100 DAT), foram selecionadas seis plantas centrais de cada parcela, sendo que ao lado de cada uma foram retiradas amostras de solo com o auxílio de um trado calador nas profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm. A metodologia utilizada para as determinações dos conteúdos de C lábil dissolvido em água quente e C oxidável por permanganato de potássio foram as mesmas já descritas para a cultura da abobrinha.

Procedeu-se a análise descritiva dos dados, e quando identificados valores discrepantes (outliers), estes foram removidos, buscando com isso a manutenção da qualidade dos dados levantados. Com base nessas informações as análises de regressão foram realizadas, atendendo os pressupostos indicados pela bibliografia, onde o maior nível de regressão foi atendido quando significativo. (Banzatto; Kronka, 2006)

4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

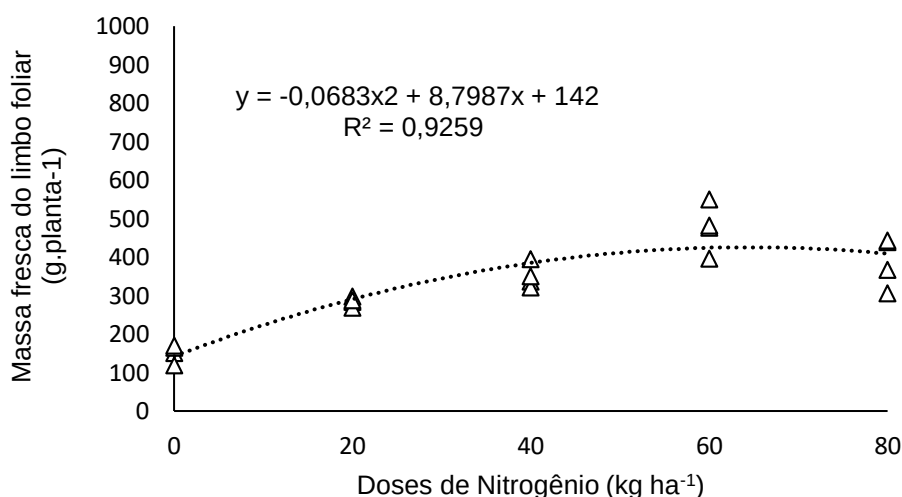
4.5.1 Cultura da abobrinha

Para as características de massa fresca e seca do limbo foliar, índice de área foliar, número de flores masculinas e femininas, porcentagem de pegamento de frutos, número de frutos por planta e produtividade foi observada significância para as doses de nitrogênio, ajustando-se ao modelo quadrático.

Já para as características de diâmetro e comprimento de frutos, número de folhas e massa fresca dos frutos não foram observadas diferenças significativas em função das doses de nitrogênio. A uniformidade encontrada para as características dos frutos já era esperada, devido ao padrão comercial utilizado para se efetuar as colheitas.

A massa fresca do limbo foliar (Figura 23) teve um aumento de acordo com a dose de nitrogênio utilizada, onde a dose de 64,41 kg ha⁻¹ de N proporcionou o maior valor (425,37 g), com um incremento de 33 % quando comparado a dose 0. Este aumento é devido ao nitrogênio ter participação na constituição de estruturas do protoplasma da célula, da molécula da clorofila, dos aminoácidos, das proteínas e de várias vitaminas, influenciando as reações metabólicas das plantas e proporcionando um aumento no desenvolvimento vegetativo (CARMELLO, 1999).

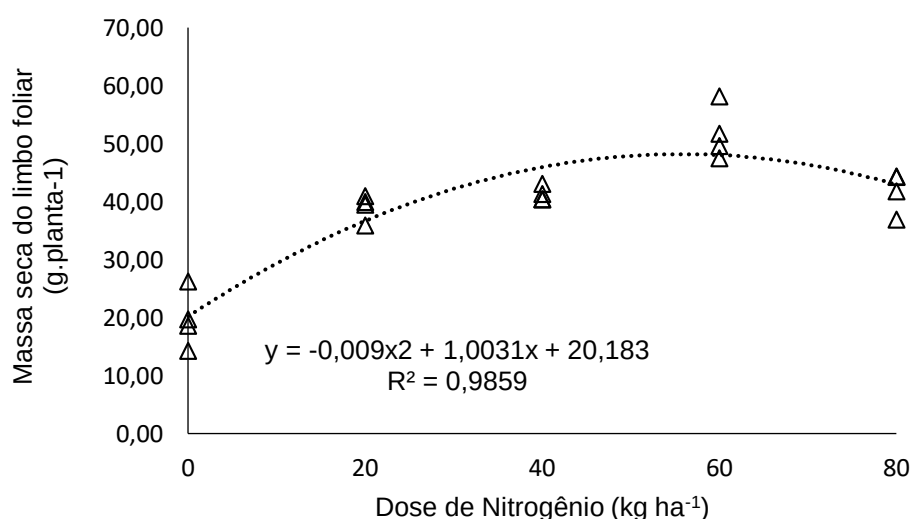
Figura 23 - Massa fresca do limbo foliar em função de doses de N para a cultura da abobrinha em sistema de plantio direto. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2014.



Para massa seca do limbo foliar (Figura 24), a dose de 55,73 kg ha⁻¹ proporcionou 48,13 g de massa seca, um incremento de aproximadamente 58 % em relação à ausência de nitrogênio.

O incremento de nitrogênio até a dose máxima (55,73 kg ha⁻¹) promoveu um aumento na assimilação de CO₂ e consequentemente nas taxas de fotossíntese, pois maior teor de massa seca indica maior eficiência fotossintética pelas plantas (Lima; Peixoto; Ledo (2007). Doses superiores a 55,73 kg ha⁻¹ ocasionaram a redução nos valores para esta característica. Pelo fato do nitrogênio estar associado a produção de carboidratos, o seu excesso resulta em menor produção deste e consequentemente maior acúmulo de água (KERBAUY, 2004).

Figura 24 - Massa seca do limbo foliar em função de doses de N para a cultura da abobrinha em sistema de plantio direto. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2014.

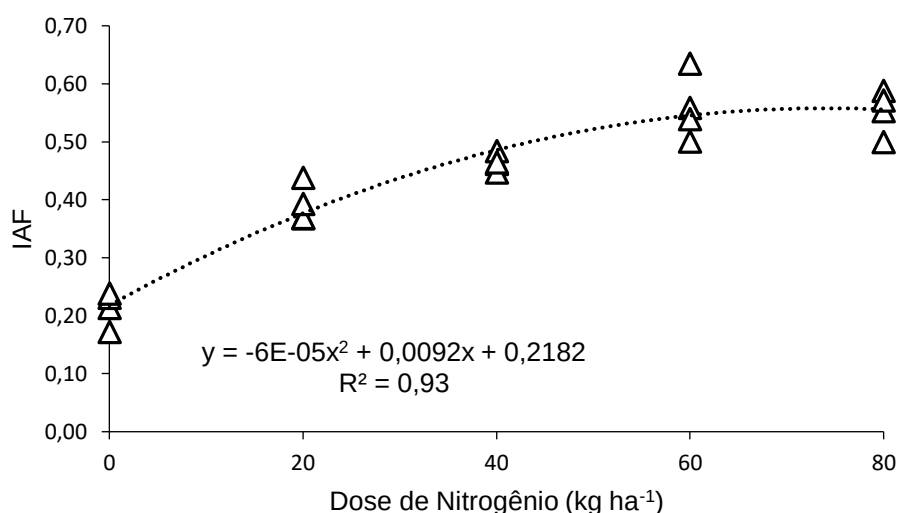


O índice de área foliar (Figura 25) apresentou comportamento semelhante à massa fresca e seca do limbo foliar em relação às doses de nitrogênio. O maior IAF (0,57) foi obtido com a dose de 76,66 kg ha⁻¹ de N. Observa-se que nenhuma das doses de N, de acordo com a equação de regressão, proporcionaram valores de IAF iguais ou superior a 1, ou seja, a planta não apresentou crescimento vegetativo suficiente para ocupar a área de solo disponível.

Embora a dose de 76,66 kg ha⁻¹ de N tenha proporcionado o maior IAF, a dose responsável pelo maior acúmulo de massa seca foi 55,73 kg ha⁻¹ de N (Figura 24) indica que doses superiores a esta, mesmo proporcionando valores de IAF maiores, não foram eficientes no acúmulo de massa seca pelas folhas.

Plantas que possuem maior área foliar, até determinado limite, conseguem aumentar a taxa de fotossíntese realizando maior acúmulo de reservas e substâncias essenciais ao seu desenvolvimento, podendo assim aumentar sua produtividade (BIANCHINI, 2013). Lima et al. (2008) afirmam que o conhecimento da área foliar é importante para o entendimento da fotossíntese, interceptação luminosa, uso da água e nutrientes e consequentemente do potencial produtivo, podendo ainda auxiliar na compreensão do processo de partição de assimilados.

Figura 25 - Índice de área foliar (IAF) em função de doses de N para a cultura da abobrinha em sistema de cultivo em plantio direto. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2014.



A expressão do sexo em cucurbitáceas é determinada geneticamente, sendo influenciada por fatores ambientais, nutrição mineral e reguladores de crescimento (COSTA; PINTO, 1977). Temperatura, energia luminosa e fotoperíodo são os fatores ambientais que exercem influência sobre a expressão do sexo (PUIATTI; SILVA, 2005). Além da temperatura, luminosidade e fotoperíodo, a nutrição mineral também exerce influência, onde valores muito baixo ou muito alto de nitrogênio aumentaram a porcentagem de flores masculinas (KOOISTRA, 1967).

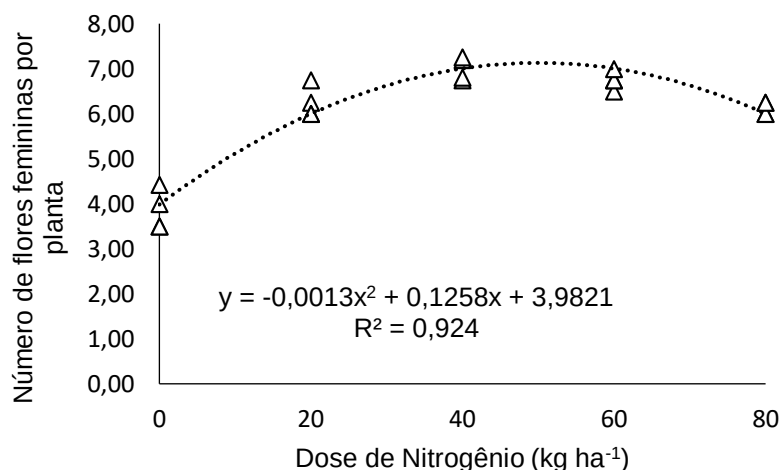
O nitrogênio também apresentou influência sobre o número de flores femininas (Figura 26), onde a dose de 48,38 kg ha⁻¹ proporcionou o maior valor para esta característica (7,03).

Segundo Costa et al. (2015) um grande número de flores não está diretamente relacionado com alta produção de frutos, pois, além de exigirem alta demanda por nutrientes para sua formação, em flores não polinizadas ocorre o abortamento dos frutos. Por não ocorrer o desenvolvimento de frutos por partenocarpia, a produção

está diretamente relacionada com as flores femininas e a eficiência na polinização (GODOY; CARDOSO, 2004; OLIVEIRA et al., 2013).

Plantas com carência de N podem apresentar restrição no pegamento de frutos pelo abortamento de ovários, como consequência disso podem apresentar baixa produtividade (MENDES; FARIA; SILVA, 2010).

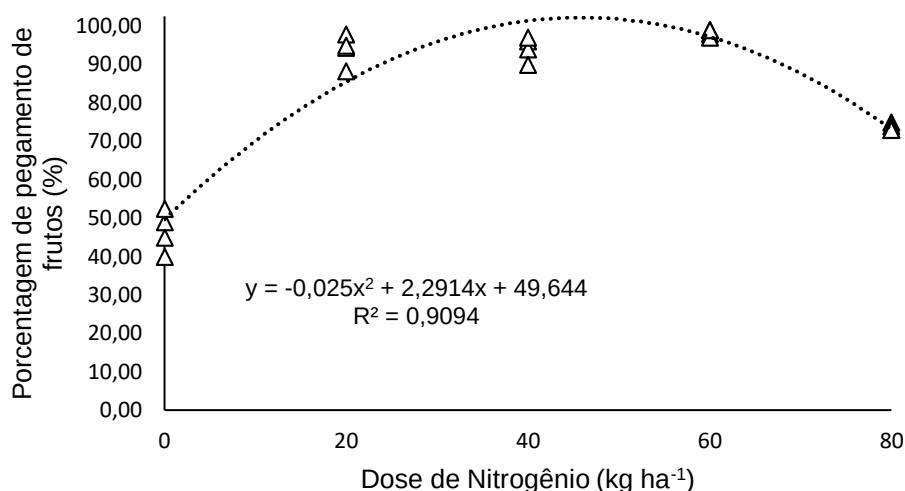
Figura 26 - Número de flores femininas por planta em função de doses de N no sistema de plantio direto para a cultura da abobrinha. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2014.



Para a porcentagem de pegamento dos frutos (Figura 27), observa-se que o nitrogênio exerceu influência significativa. Com a dose de 48,88 kg ha⁻¹ de N foi obtido a máxima expressão para esta característica, apresentando um incremento de 51 % no pegamento de frutos em relação à ausência de nitrogênio.

Uma adubação nitrogenada equilibrada proporciona maior florescimento e consequentemente maior pegamento de frutos. O nitrogênio é o nutriente que mais afeta a dinâmica do florescimento e do pegamento de frutos. Esse efeito no aumento da taxa de pegamento de frutos está relacionado com seu papel na regulação da taxa fotossintética e da síntese de carboidratos, da massa específica das folhas, da produção de biomassa total e da alocação de carbono em diferentes órgãos na planta, favorecendo a nutrição das gemas floríferas (NAVA, 2007).

Figura 27 - Porcentagem de pegamento de frutos em função de doses de N no sistema de plantio direto para a cultura da abobrinha. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2014.

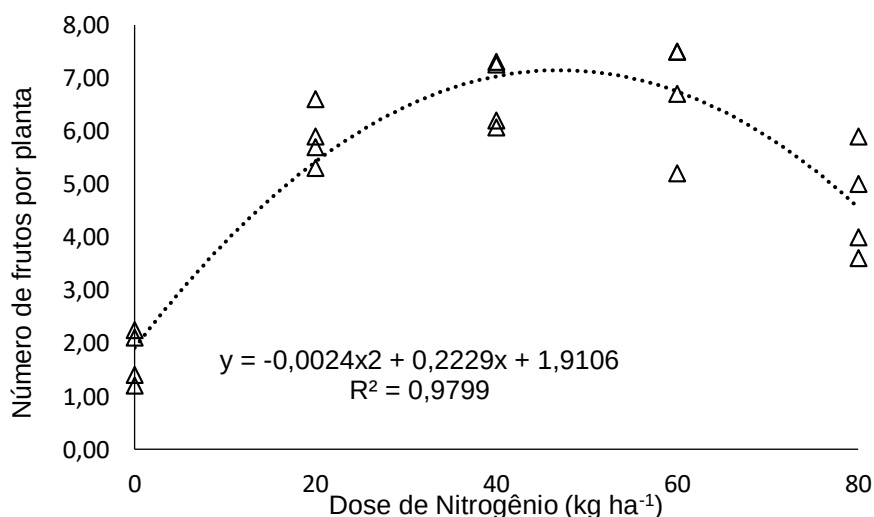


Para o número de frutos por planta (Figura 28), observou-se comportamento semelhante à porcentagem de pegamento de frutos. A dose de $46,44 \text{ kg ha}^{-1}$ de N proporcionou maior número de frutos (7,09).

Câmara et al. (2011) estudando a sucessão de adubos verdes incorporados ao solo com o auxílio da enxada rotativa para a cultura da abobrinha, obtiveram um maior número de frutos por planta (12 frutos) quando utilizaram a cultura da aveia.

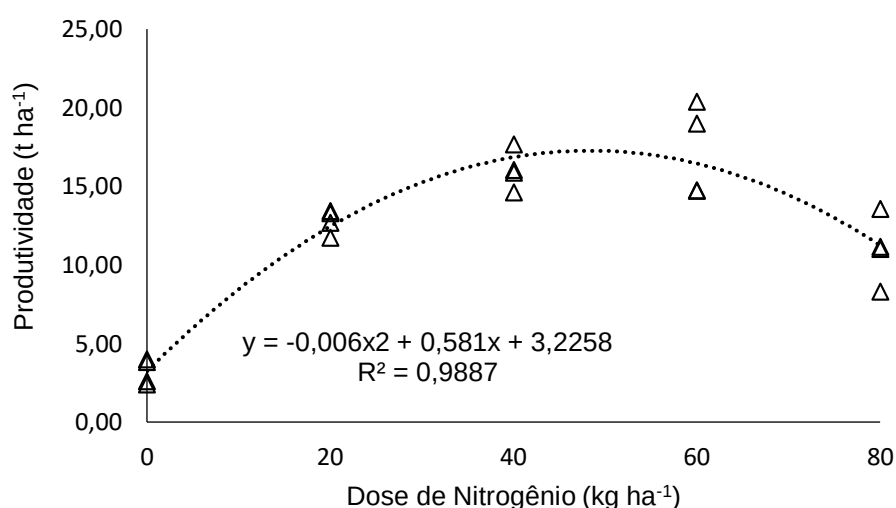
Para as características, número de flores femininas, porcentagem de pegamento de frutos e número de frutos por planta, as doses que proporcionaram os pontos de máxima eficiência são semelhantes, sendo $48,38$; $48,88$ e $46,44 \text{ kg ha}^{-1}$ de N respectivamente.

Figura 28 - Número de frutos por planta em função de doses de N no sistema de plantio direto para a cultura da abobrinha. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2014.



A produtividade da cultura da abobrinha é reflexo do número de flores femininas, número de frutos por planta e também do desenvolvimento vegetativo da planta. Para que os frutos (dreno) tenham o máximo desenvolvimento, há necessidade de uma planta com valores satisfatórios de massa seca de limbos foliares e índice de área foliar, já que essas características determinam a área fotossinteticamente ativa (fonte). A máxima produtividade (Figura 29) foi de 17,29 t ha⁻¹ com a dose de 48,42 kg ha⁻¹, apresentando um incremento de 14,07 t ha⁻¹ em relação à dose 0.

Figura 29 - Produtividade em função de doses de N no sistema de plantio direto para a cultura da abobrinha. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2014.



A produtividade máxima obtida no experimento (17,29 t ha⁻¹) está abaixo da média paranaense (19,64 t ha⁻¹) e inferior às demais pesquisas realizadas em abobrinha com doses de nitrogênio, como para Pôrto et al. (2012a) com 29,88 t ha⁻¹, Oliveira et al. (2013) com 31,83 t ha⁻¹, Azambuja et al. (2015) com 32 t ha⁻¹ e Costa et al. (2015) que obtiveram 45,4 t ha⁻¹. Vale destacar que os trabalhos citados foram conduzidos em sistema de plantio convencional, sendo utilizados como indicativo do potencial produtivo da cultura, já que não há dados de produção de abobrinha em sistema de plantio com doses de nitrogênio.

A menor produtividade obtida para a cultura da abobrinha em sistema de plantio direto pode ser atribuída à área utilizada, uma vez que ainda encontra-se em fase de construção. De acordo com Sá et al. (2004), sistemas de plantio direto com até 5 anos caracterizam-se pelo baixo acúmulo de palhada e elevada decomposição,

reagregação e rearranjo de nova estrutura, restabelecimento da fauna e biomassa microbiana no solo; imobilização de nitrogênio (N) é maior que a mineralização, maior exigência de N mineral nas culturas.

Assim, provavelmente a imobilização de nitrogênio foi maior que a mineralização, ou seja, maior parte do nitrogênio que estava naturalmente presente no solo e também o aplicado em cobertura, não foi eficientemente absorvido pelas plantas, mas sim pela biomassa microbiana para a decomposição da palhada.

Devido o nitrogênio participar de várias moléculas vitais ao desenvolvimento da planta, como ATP e clorofila (TAIZ; ZEIGER, 2009), na sua ausência a abobrinha teve seu desenvolvimento afetado, comprometendo negativamente sua produtividade.

Outro fator que pode ter contribuído, é que as plantas de cobertura utilizadas para formação de palhada na rotação de culturas (aveia, milho e milho) possuem uma alta relação C/N, com isso a quantidade de N mineralizado não satisfaz a exigência da biomassa microbiana, os quais passam a imobilizar o N mineral disponível no solo, comprometendo a nutrição da cultura.

Uma possível alternativa a isso, seria a inclusão de leguminosas no sistema de rotação de culturas para a formação da palhada, pois possuem uma relação C/N baixa, onde a demanda da biomassa microbiana é atendida rapidamente, e o excesso de nitrogênio passa a ficar disponível para as plantas (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Fato este, que pode ser observado por Bianchini (2013) onde para a cultura da abobrinha, testou o sistema de plantio direto com aveia (PD-A) e plantio direto consorciado (aveia+ervilhaca+nabo) (PD-C), obtendo média de produtividade em três anos de experimento de 11,5 t ha⁻¹ para o tratamento PD-A e 17,23 t ha⁻¹ para PD-C.

Mudanças nas práticas do manejo do solo, como a adoção do sistema de plantio direto, influenciam na mineralização do N no solo. Estudos realizados por Rice; Smith; Blevins (1986) demonstraram que ao realizar a conversão de um sistema de PC para o PD ocorreu redução do suprimento disponível de N por alguns anos após a conversão. Posteriormente, o suprimento de N do PD tornou-se igual ao sistema de PC, provavelmente pela decomposição da palhada sobre o solo, aumentando assim os níveis de matéria orgânica do mesmo.

Não só a produtividade deve ser levada em consideração nos processos produtivos das culturas, mas também fatores relacionados ao manejo e conservação dos solos. Deve-se levar em consideração que o sistema de PD em longo prazo

previne a erosão e melhora as condições do solo, aumenta os níveis de matéria orgânica, além da preservação dos microrganismos, sendo estes considerados fundamentais para a manutenção da qualidade dos solos.

O conteúdo de C vem sendo utilizado como parâmetro para indicar a qualidade dos solos, principalmente as suas formas lábeis, pois possuem alta correlação com a atividade microbiológica do solo e por serem sensíveis a mudanças causadas pelo manejo do solo.

Os estoques de carbono no solo (C-AQ e C-XP) não foram influenciados pelas doses de N para nenhuma das profundidades estudadas, por isso os dados apresentados referem-se às médias de todas doses.

O estoque de C-AQ variou em relação à profundidade amostrada, apresentando um decréscimo à medida que se aprofunda as camadas do solo, entretanto, a camada 20 a 40 cm apresentou estoque de C-AQ maior que as anteriores. Isso deve-se ao cálculo do estoque levar em consideração a espessura da camada amostrada, que neste caso é de 20 cm, já para as outras camadas a espessura é de 10 cm.

Na camada 0 – 10 cm foi obtido $0,87 \text{ Mg ha}^{-1}$, na camada 10 – 20 cm $0,80 \text{ Mg ha}^{-1}$ e na camada 20 a 40 cm $1,34 \text{ Mg ha}^{-1}$. O C-AQ é constituído por materiais orgânicos como sacarídeos, aminoácidos e hemicelulose, derivados principalmente, de resíduos vegetais, e pela atividade da biomassa microbiana Molloy; Speir, (1977). Sabe-se também que os microrganismos do solo, incluindo a biomassa microbiana, possuem seu desenvolvimento influenciado pelos exudatos liberados pelo sistema radicular das plantas, substâncias estas que incluem íons, água, enzimas, mucilagem e uma diversidade de metabólitos primários e secundários com C na sua composição, acarretando assim, maior atividade e aumento populacional (CATTELAN; VIDOR, 1990; BERTIN; YANG; WESTON, 2003).

O sistema radicular da abobrinha é extenso e superficial, concentrando-se na camada de 20 cm (FILGUEIRA, 2008a), portanto pode-se presumir que os exsudatos liberados pelo sistema radicular foram absorvidos pelos microorganismos.

Embora o sistema radicular da abobrinha concentre-se na camada de 20cm, a biomassa microbiana decresce de acordo com a profundidade do solo, pois em camadas mais profundas ocorre um menor aporte de substrato, fazendo com que os processos de decomposição e ciclagem de nutrientes sejam menores, como

consequência menores teores de C da fração lábil podem ser encontrados em profundidade (VAN GESTEL; LADD; AMATO, 1992; VARGAS; SCHOLLES, 2000).

Quando a camada superficial do solo é rica em C e nutrientes, promove elevada atividade microbiana (KIMETU et al., 2009; BOWLES et al., 2014), e favorece os exsudatos microbianos gerados a partir da decomposição dos resíduos, favorecendo o desenvolvimento e manutenção de agregados, refletindo na proteção do C lábil recente e resultando em incremento do mesmo (SIX et al., 2002).

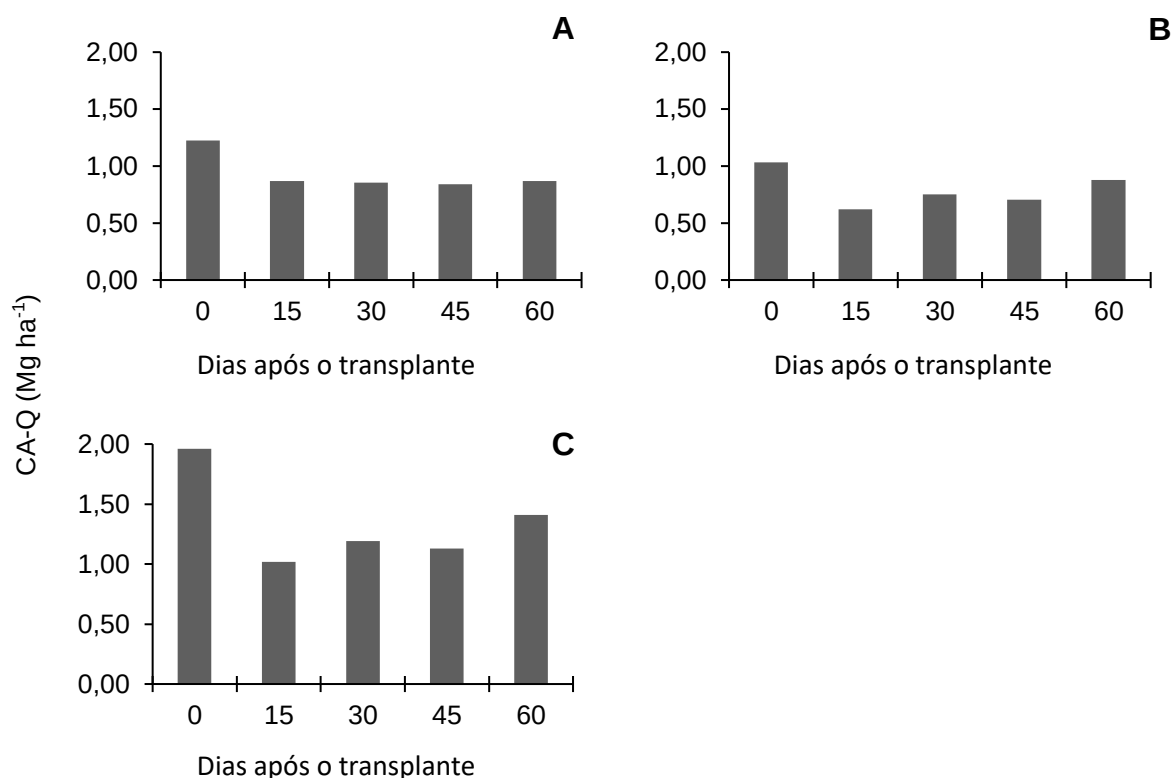
O estoque de C-OXP apresentou comportamento semelhante ao C-AQ, em relação ao decréscimo de seus valores para as profundidades amostradas, onde na camada 0 – 10 cm foi obtido 3,16 Mg ha⁻¹, na camada 10 – 20 cm 2,75 Mg ha⁻¹ e na camada 0 a 40 cm 4,84 Mg ha⁻¹.

Os maiores valores de C-OXP em relação ao C-AQ, podem ser explicados, pelo fato de que comparativamente ao C-AQ, o C-OXP está menos associado a biomassa microbiana, indicando um grau de decomposição de C lábil relativamente mais evoluído. A biomassa microbiana é constituída por todos os microrganismos menores que 5 x 10⁻³ µm, como fungos, bactérias e actinomicetos, e pela microfauna, como os protozoários. A quantidade e atividade da biomassa microbiana é regulada pela disponibilidade de nutrientes e pela capacidade de proteção do solo (estrutura e estabilidade dos agregados), características que não são preservadas em um sistema de PC (BONDE; SCHNÜRER; ROSSWALL, 1988).

O C-OXP também representa uma fração lábil do C orgânico do solo, sendo que contribui com aproximadamente de 8 a 14% do C orgânico total. Esta fração do C representa um espectro maior quando comparado ao C-AQ (SKJEMSTAD; SWIFT; MCGOWAN, 2006).

O estoque de C-AQ variou durante o desenvolvimento da cultura nas três profundidades com comportamentos semelhantes, sendo encontrados os maiores valores nas camadas superficiais (Figura 30).

Figura 30 - Variação do estoque de C em água quente (CA-Q) para as profundidades de 0 -10 (A), 10 - 20 (B) e 20 - 40 cm (C) durante o ciclo da cultura da abobrinha em sistema de plantio direto. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2014.



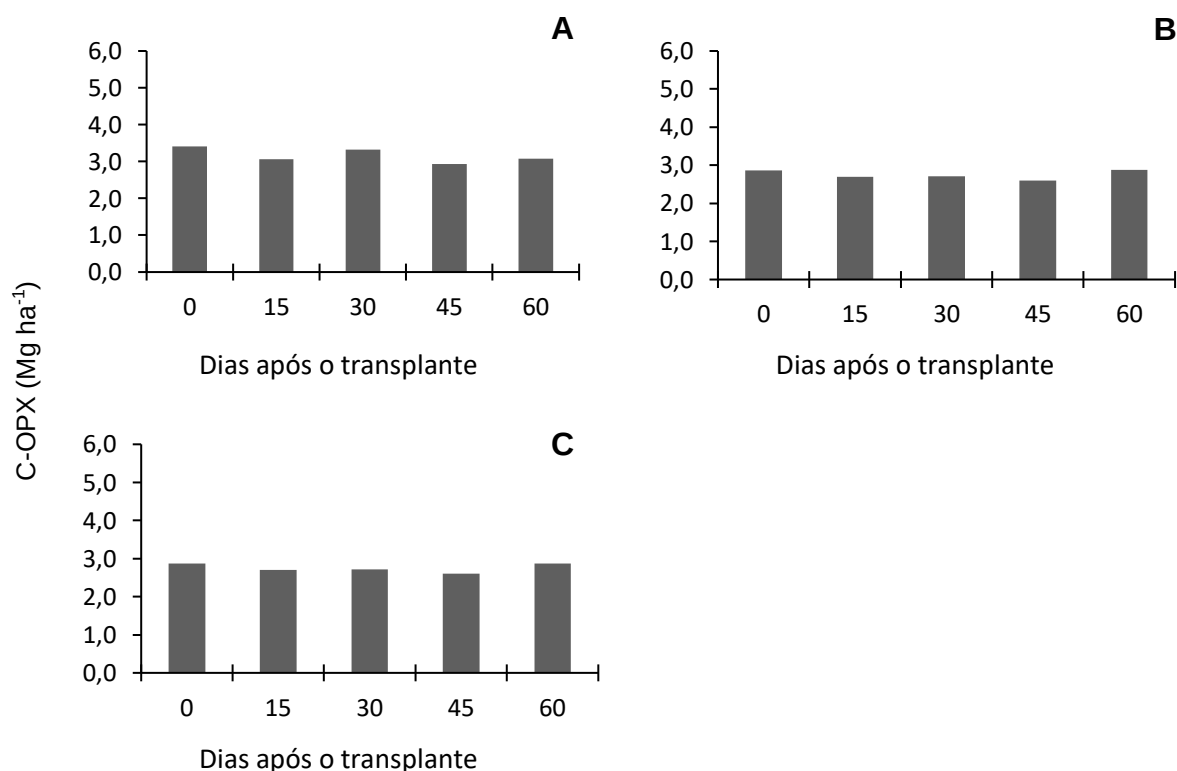
No início do experimento da abobrinha pode-se observar que ocorreu uma queda significativa no estoque de C durante os quinze primeiros dias de cultivo no sistema de PD, após este período houve uma estabilização nos estoques de C-AQ nas três profundidades. Neste período de rápida redução do estoque de C-AQ (quinze dias) foi observado precipitação acumulada de aproximadamente 233 mm (Apêndice A), este fator aliado com a aplicação de N no momento do transplante (dia 0) pode ter potencializado a atividade da biomassa microbiana, intensificando assim o processo de mineralização da matéria orgânica do solo, principalmente em suas formas mais lábeis, causando assim redução no teor desta, conforme observado em outros estudos (MAIA; CANTARUTTI, 2004; SEREMESIC et al., 2013).

Estudos realizados por Sampaio et al. (1990), verificaram perdas de 52% do C do solo durante o primeiro mês de decomposição da palha de milho incorporada, o que foi atribuído ao consumo inicial pelos microrganismos dos substratos mais facilmente oxidáveis. Para Stott; Martin (1990) a perda de C é mais intensa nos 30 a 50 dias, diminuindo em razão do esgotamento das formas mais lábeis.

Segundo Ghani; Dexter; Perrott (2003), o carbono extraído em água quente (CAQ) vem sendo utilizado como uma alternativa rápida e barata para mensurar-se a atividade biológica do solo.

Em relação ao fluxo do estoque de C-OXP durante o desenvolvimento da abobrinha (Figura 31), observou-se comportamento estável durante o ciclo da cultura para as profundidades amostradas. Esta estabilidade pode ser atribuída pelo fato do C-OXP apresentar ligações químicas mais resistentes, quando comparado ao C-AQ, necessitando assim de um maior poder oxidativo para a degradação das substâncias presentes no solo.

Figura 31 - Variação do estoque de C em permanganato de potássio (C-OPX) para as profundidades de 0 -10 (A), 10 – 20 (B) e 20 - 40 cm (C) durante o ciclo da cultura da abobrinha em sistema de plantio direto. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2014.



Pesquisas realizadas demonstram que a extração do C-OXP se mostrou pouco sensível para avaliar alterações rápidas nos teores de C do solo. A solução de permanganato realiza mais facilmente a oxidação de lignina e compostos de baixa biodisponibilidade, em relação aos carboidratos de maior solubilidade (TIROL-PADRE; LADHA, 2004; SKJEMSTAD; SWIFT; MCGOWAN, 2006).

Isto é um indicativo que este método oxida tanto compostos lábeis como não lábeis, ou seja, também indica a presença de frações de C mais estáveis, sendo estas menos sensíveis a modificações causadas por sistemas de cultivo (DUXBURY; SMITH; DORAN, 1989).

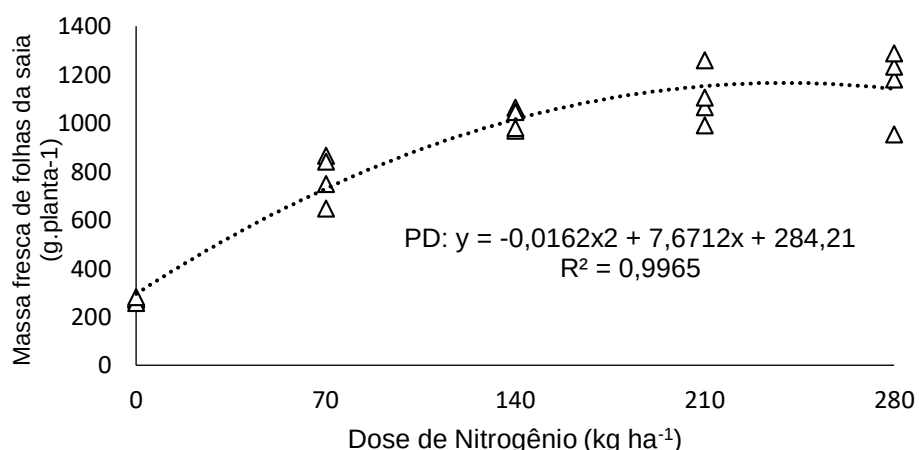
4.5.2 Cultura do repolho

Para todas as características avaliadas foram observadas significâncias em função das doses de nitrogênio, ajustando-se ao modelo quadrático.

A dose de nitrogênio necessária para maximizar a massa fresca das folhas da saia (1192,34 g), foi de 236,77 kg ha⁻¹, apresentando um incremento de aproximadamente 76 % em relação à dose 0 de N (Figura 32).

O aumento da massa fresca das folhas da saia devido ao incremento de nitrogênio pode ser atribuído pelo fato do nitrogênio participar da síntese das proteínas e ácidos nucleicos, constituintes fundamentais do protoplasma da planta, portanto, quando ocorre deficiência de nitrogênio há inibição da divisão celular e redução do crescimento da planta (FAGERIA; STONE; SANTOS, 1999).

Figura 32 - Massa fresca de folhas da saia em função de doses de N para a cultura do repolho em sistema de plantio direto. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2015

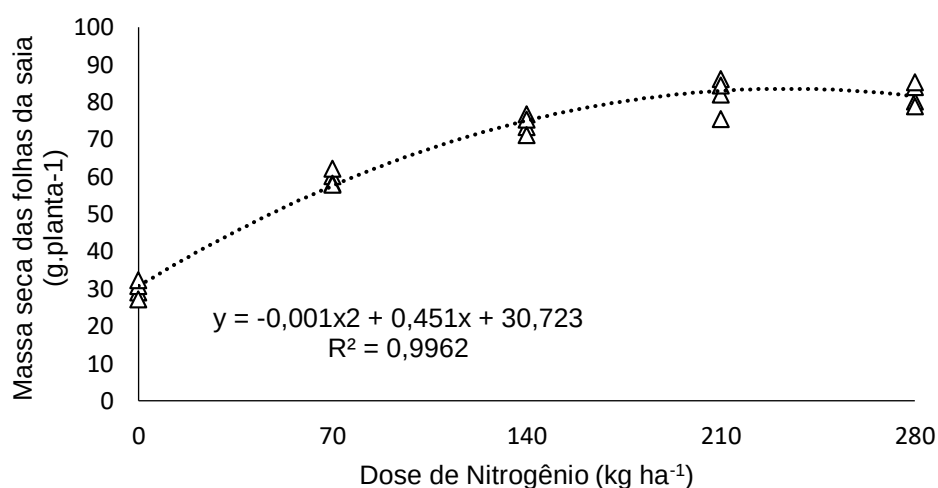


A massa seca é uma característica que pode demonstrar a eficiência fotossintética da planta, pois expressa o acúmulo de matéria que a planta obteve durante o seu desenvolvimento. O nitrogênio exerceu influência para esta característica, onde com a dose de 225,50 kg ha⁻¹ de N obteve-se a máxima

expressão da massa seca das folhas da saia (89,51 g), apresentando um incremento de 56 % quando comparado com a ausência de N.

Haramoto (2014), para a cultura do repolho, obteve valores de massa seca das folhas de 95,7 g e 94,1g no cultivo sem o revolvimento do solo, com e sem palhada de aveia em cobertura, respectivamente.

Figura 33 - Massa seca das folhas da saia em função de doses de N para a cultura do repolho em sistema de plantio direto. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2015



O índice de área foliar é a relação entre a área foliar das plantas numa determinada área de solo e possui relação direta com a produção das plantas. Observou-se incremento em função das doses de N até 206,25 kg ha⁻¹ com índice de 2,28. A equação de regressão mostra que, doses inferiores a 26 kg ha⁻¹ de N proporcionaram valores de IAF menores do que 1, ou seja, a área foliar da planta não ocupou toda a área disponível para mesma (Figura 34).

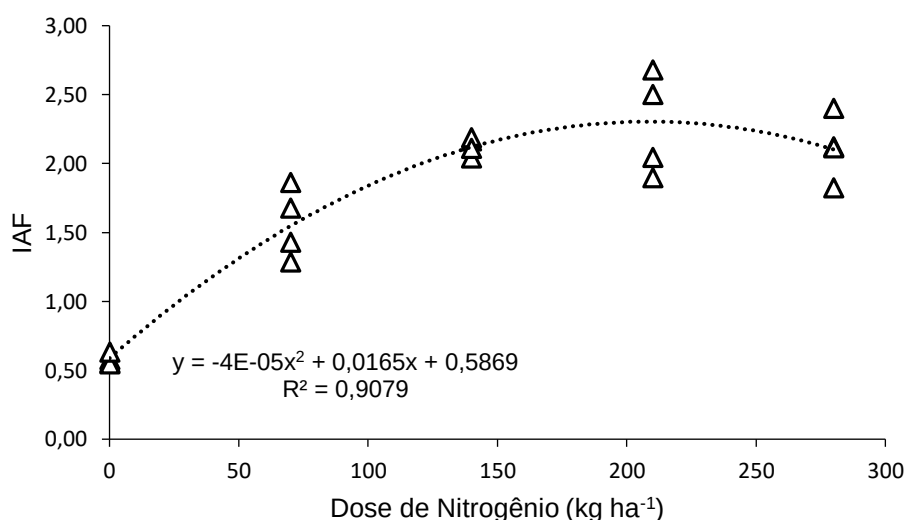
Já valores de IAF superiores a 1, que foram obtidos com doses superiores a 26 kg ha⁻¹ de N, demonstram que a área foliar da planta foi maior que sua área disponível, indicando assim que pode ter ocorrido uma sobreposição de folhas da mesma planta ou também entre as plantas vizinhas. Esta sobreposição pode indicar um sombreamento entre as folhas, onde a eficiência fotossintética será menor quando comparada a folhas não sombreadas, podendo prejudicar o acúmulo de massa seca e consequentemente a produção (BENINCASA, 2003).

Embora o IAF tenha sido superior a 1 a partir da dose de 26 kg ha⁻¹ de N, observa-se que as plantas continuaram acumulando massa seca (Figura 33) até a dose de 225,50 kg ha⁻¹, ou seja, mesmo que tenha ocorrido o sombreamento nas

folhas, as mesmas ainda continuaram a realizar fotossíntese e acúmulo de carboidratos de maneira eficiente.

Um dos fatores que influem na relação IAF e rendimento das culturas é a estrutura da planta e a arquitetura das folhas, pois quanto mais ereta e menor for a folha, maior será o IAF ideal, pois será menor o auto-sombreamento. Por outro lado, com a redução da estatura das plantas, também o IAF poderá ser maior (FLOSS, 2004). O mesmo autor cita que a produtividade das culturas está relacionada com o aumento dos valores de razão da área foliar, pois significa uma maior área fotossintética em relação ao peso seco da planta.

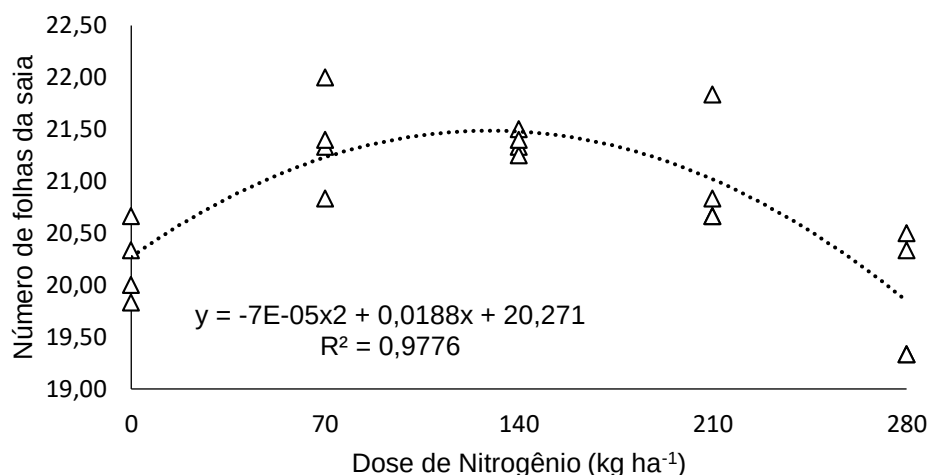
Figura 34 - Índice de área foliar das folhas da saia em função de doses de N para a cultura do repolho em sistema de plantio direto. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2015



Para o número de folhas da saia (Figura 35) o maior valor (21,53 folhas) foi obtido com a dose de 134,28 kg ha⁻¹. Entre a dose de máxima e a dose 0, houve um incremento de apenas 1,26 folhas da saia, mostrando que para este experimento, o N exerceu pouca influência no aumento no número de folhas da saia, porém foi fundamental na expansão da área foliar como visto anteriormente.

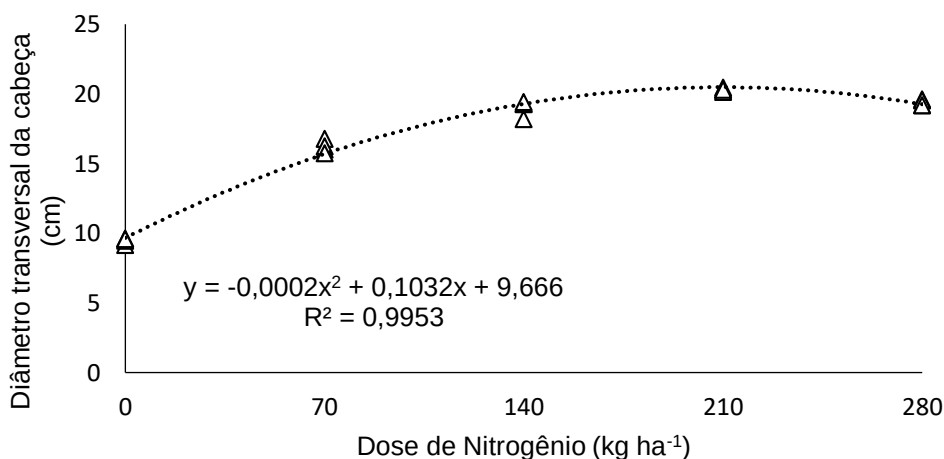
Observa-se que a dose que proporcionou o maior número de folhas (134,28 kg ha⁻¹), é distante da dose ótima para o máximo IAF (206,25 kg ha⁻¹), demonstrando que mais importante do que o número de folhas, é a eficiência fotossintética das mesmas. Isto pode ser comprovado quando se observa que as doses que proporcionaram os maiores valores de IAF e massa seca das folhas da saia são próximos, com 206,25 e de 225,50 kg ha⁻¹ N, respectivamente.

Figura 35 - Número de folhas da saia em função de doses de N para a cultura do repolho em sistema de plantio direto. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2015



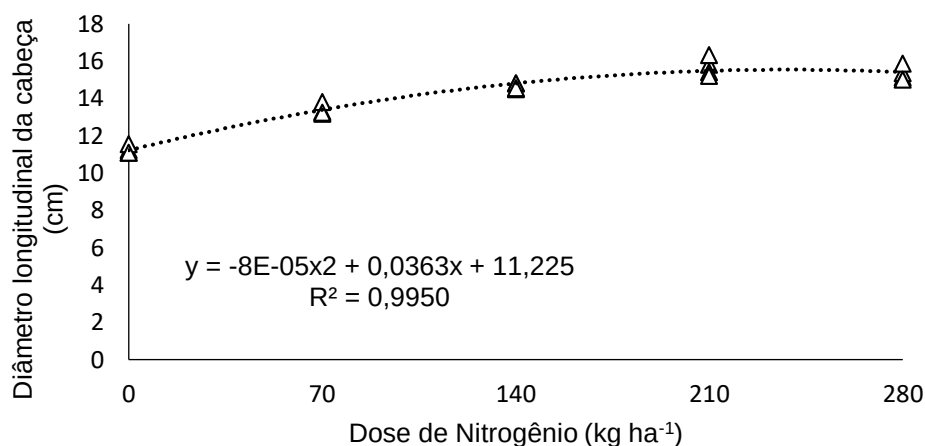
O diâmetro transversal da cabeça do repolho (Figura 36), aumentou de maneira quadrática com o incremento das doses de N, sendo o maior valor (20,86 cm) obtido com a dose de 201,11 kg ha⁻¹ N, apresentando um incremento de 3,64 cm em relação à testemunha.

Figura 36 - Diâmetro transversal da cabeça em função de doses de N para a cultura do repolho em sistema de plantio direto. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2015



Para o diâmetro longitudinal da cabeça (Figura 37), foi encontrado comportamento semelhante ao diâmetro transversal da cabeça. O máximo valor para esta característica, 15,34 cm, foi obtido com a dose de 226,87 kg ha⁻¹ de N

Figura 37 - Diâmetro longitudinal da cabeça em função de doses de N para a cultura do repolho em sistema de plantio direto. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2015

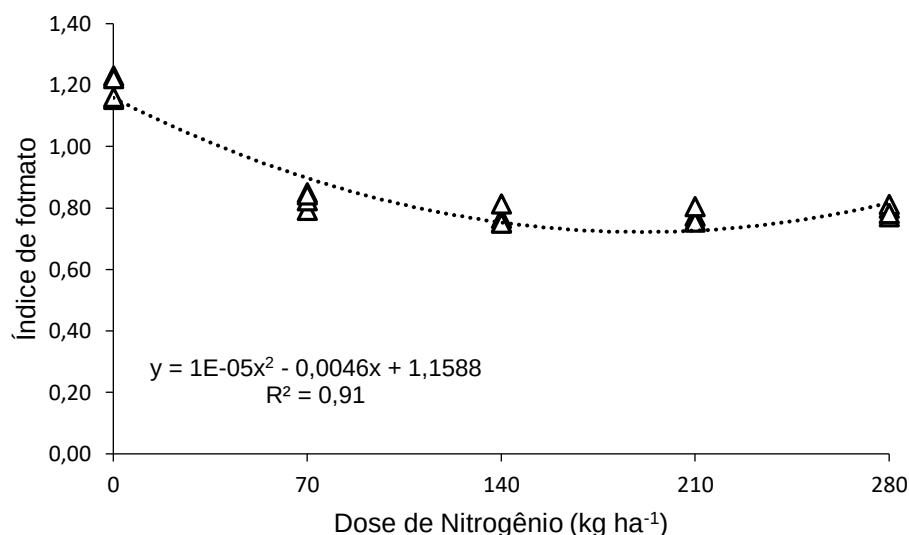


O conhecimento das características de diâmetro transversal e longitudinal da cabeça é importante para a cultura do repolho, pois, pode-se calcular o índice formato, característica que demonstra como é o formato da cabeça de repolho.

Para o índice de formato (Figura 38) observou-se comportamento quadrático em função das doses de N. O maior índice (1,15) foi obtido com a dose 0 de N, doses superiores ocasionaram a queda deste valor, apresentado uma certa estabilização na faixa de 0,80 para o índice de formato.

De acordo com Ceagesp (2014), cabeças com relação 0,60 a 0,85 podem ser consideradas de formato achatado, já relações superiores a 1,10, caracterizam cabeças de formato cônico. Observa-se que a ausência de N proporcionou cabeças de formato não desejados pelo mercado consumidor, pois segundo Cavarianni (2008), no Brasil dá-se preferência a repolho com cabeças de formato levemente achatado. As demais doses proporcionaram cabeças com índice médio de 0,80, podendo ser consideradas de formato achatado.

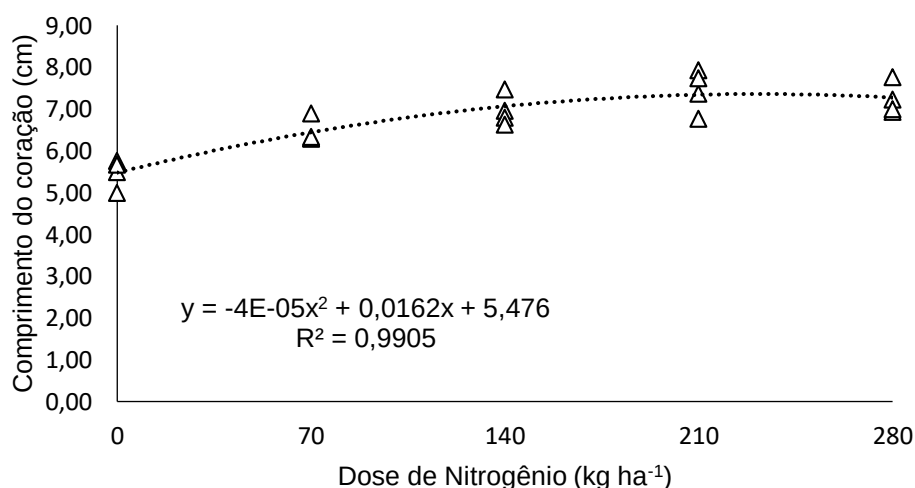
Figura 38 - Índice de formato da cabeça em função de doses de N para a cultura do repolho em sistema de plantio direto. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2015.



Para o comprimento do coração observou-se que o aumento da dose de N promoveu o seu crescimento. Este foi de 5,47 cm para a dose 0 e 7,12 cm para a dose de 202,50 kg N ha⁻¹ (Figura 39).

O comprimento do coração demonstra a qualidade da cabeça do repolho, pois significa que o espaço entre os nós das folhas será maior, podendo exercer uma alta pressão no interior da cabeça, tornando-as mais suscetíveis a rachadura. Lédo; Sousa; Silva, (2000), testando o desempenho de cultivares e híbridos, observaram que os materiais que apresentaram maior comprimento do coração foram mais suscetíveis ao rachamento, diminuindo assim sua qualidade comercial.

Figura 39 - Comprimento do coração em função de doses de N para a cultura do repolho em sistema de plantio direto. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2015.



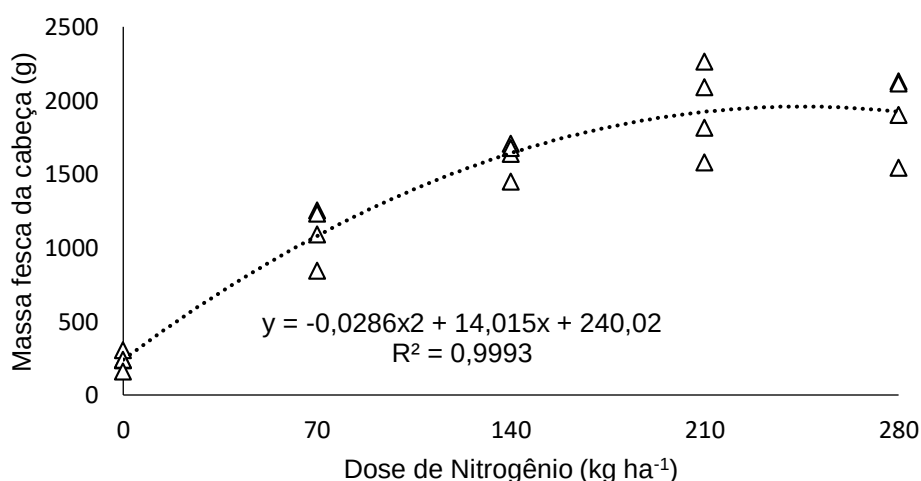
Para a massa fresca da cabeça (Figura 40) o máximo acúmulo (1956,98 g) foi obtido utilizando a dose de 245,02 kg ha⁻¹ N, apresentando um incremento de 1696,69 g quando comparado a dose 0 de N.

Mochizuki et al. (2008), para a cultura do repolho em plantio direto, obtiveram 1,9 e 1,6 kg de massa fresca da cabeça testando dois tipos de manejo da palhada, cortada e removida da área e rolada sobre o solo, respectivamente.

Pereira (2007) obteve massa fresca de cabeças de repolho (cv Fuyutoyo) com 1,44 kg, em plantio direto com cobertura de *Crotalaria juncea*, utilizando 200 kg ha⁻¹ de N, via adubação com cama de aviário.

O incremento na massa fresca da cabeça do repolho em função das doses de N, até determinado ponto, pode ser atribuído ao efeito promotor de crescimento que o N exerceu na expansão foliar das folhas da saia, pois são responsáveis pela produção e distribuição de fotoassimilados para a formação da cabeça. Assim, a otimização da adubação nitrogenada é importante, já que o N participa diretamente de muitos compostos essenciais ao processo de crescimento vegetal e, consequentemente, estimula o crescimento e desenvolvimento das folhas (MARSCHNER, 1995; TAIZ; ZEIGER, 2009).

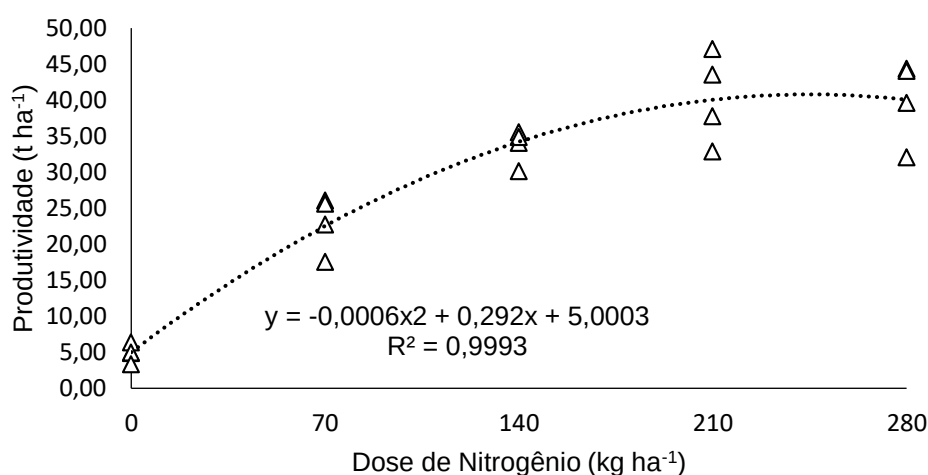
Figura 40 - Massa fresca da cabeça em função de doses de N para a cultura do repolho em sistema de plantio direto. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2015.



Observou-se um aumento de produtividade com o aumento das doses de nitrogênio. A máxima produtividade (40,53 t ha⁻¹) foi obtida com a dose de 243,33 kg ha⁻¹, apresentando um incremento de 35,53 t ha⁻¹ em relação à ausência de N (Figura 41).

Mochizuki et al. (2008) testando dois tipos de manejo da palhada de centeio em plantio direto (cortada e removida da área e rolada sobre o solo) para a cultura do repolho, observaram queda de 21 % na produtividade utilizando a palhada rolada ($45,1 \text{ t ha}^{-1}$) quando comparada ao outro tratamento (57 t ha^{-1}). Isto pode ter ocorrido pelo excesso de palha quando a mesma foi rolada, prejudicando o desenvolvimento da cultura.

Figura 41 - Produtividade em função de doses de N para a cultura do repolho em sistema de plantio direto. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2015.



Vargas et al. (2011), estudando a influência de leguminosas como plantas de cobertura para a cultura do repolho em plantio direto, obtiveram produtividade máxima de 50 t ha^{-1} . Pereira (2007) obteve produtividade de $57,8 \text{ t ha}^{-1}$ para a cultura do repolho sob plantio direto com cobertura de *Crotalaria juncea*, utilizando 200 kg ha^{-1} de N.

Mochizuki et al. (2007) estudando o sistema de plantio direto, com o revolvimento restrito a linha de cultivo e competição por plantas para a cultura do repolho, obteve produtividade de 48 e $51,6 \text{ t ha}^{-1}$ em 2003 e 2004, respectivamente.

A máxima produtividade obtida ($40,53 \text{ t ha}^{-1}$) mostrou-se muito abaixo da obtida por esses autores. No sistema de plantio direto utilizado, em seu estabelecimento, predominaram gramíneas para a formação da palhada (aveia, milho e milho) e aliado ao fato do sistema ser considerado ainda em construção, pelo seu tempo inferior a 5 anos, sabe-se que as taxas de imobilização do nitrogênio são maiores que as de mineralização (SÁ et al., 2004).

Segundo Monegat (1991), na época de pleno florescimento, as gramíneas apresentam uma relação C/N em torno de 40/1. Essa alta relação propicia a permanência da palhada por mais tempo, no entanto, pode trazer efeitos negativos para culturas sucessoras de ciclo curto como o tomateiro, em um primeiro ciclo, pois grande parte dos nutrientes presentes no solo serão aportados, principalmente o N, por microrganismos para o processo de mineralização, conduzindo a uma menor disponibilidade no solo, e conseqüentemente, à cultura implantada, reduzindo a produtividade, como observado no presente trabalho.

O ciclo da cultura também foi influenciado pelas doses de N (Tabela 6). Observou-se uma precocidade na colheita com o incremento das doses de N, obtendo-se uma diferença de 9 dias entre a dose 0 e as demais doses de N. A precocidade é uma característica desejável pelos produtores, pois ficará menos exposta a intempéries climáticas, doenças e pragas, além de conseguir iniciar antes outro cultivo, na mesma área de produção.

Tabela 6 - Ciclo da cultura do repolho em função de doses de N para a cultura do repolho em sistema de plantio direto. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2015.

Doses de N (kg ha ⁻¹)	Ciclo da cultura (DAT)
0	122
70	113
140	113
210	113
280	113

DAT: Dias após o transplante

Em um sistema de produção conservacionista, não só a produtividade deve ser levada em consideração, mas sim os benefícios obtidos a longo prazo proporcionados pelo sistema, como o aumento da atividade da microbiota do solo, incremento no teor de matéria orgânica, prevenção de erosões e aumento de produtividade das culturas.

Os estoques de carbono no solo (C-AQ e C-OXP) não foram influenciados pelas doses de N para nenhuma das profundidades estudadas, por isso os dados apresentados referem-se as médias de todas doses.

O estoque de C-AQ variou em relação à profundidade amostrada, apresentando um decréscimo à medida que se aprofunda as camadas do solo, entretanto a camada 20 a 40 cm apresentou estoque de C-AQ maior que as anteriores. Isso deve-se ao cálculo do estoque levar em consideração a espessura

da camada amostrada, que neste caso é de 20 cm, já para as outras camadas a espessura é de 10 cm.

Na camada 0 – 10 cm foi obtido 0,70 Mg ha⁻¹, na camada 10 – 20 cm 0,53 Mg ha⁻¹ e 20 a 40 cm 0,75 Mg ha⁻¹. Observa-se uma redução dos estoques de C-AQ para as profundidades entre os cultivos de abobrinha e repolho.

Dois fatores podem ter contribuído para que isso tenha ocorrido, a temperatura e a umidade do solo. Sabe-se, que a fração de C-AQ possui alta relação com a biomassa microbiana, sendo que esses microrganismos são influenciados pela temperatura e umidade (CATTELAN; VIDOR, 1990). De acordo com Alvarez et al. (1995), o aumento da temperatura e da umidade do solo aumenta o nível de atividade microbiana.

A cultura do repolho foi cultivada nos meses de junho a outubro, meses onde ocorre o predomínio de baixas temperaturas, onde foi encontrada temperatura média de 15° C, porém houve dias com temperatura mínima de 2° C (Apêndice B). Também durante os meses de cultivo a precipitação acumulada foi de 921 mm. Já, a cultura da abobrinha foi cultivada entre os meses de novembro e dezembro, com temperatura média de 19° C e temperatura mínima de 8° C (Apêndice A).

Ferreira et al. (2007), observaram que os menores valores de C oriundo da biomassa microbiana foram obtidos após precipitações de mais de 250 mm, o que provavelmente deve ter aumentado a mineralização do C e diminuído a disponibilidade de resíduos para a biomassa microbiana.

O estoque de C-OXP apresentou comportamento semelhante ao C-AQ, em relação ao decréscimo de seus valores para as profundidades amostradas, onde na camada 0 – 10 cm foi obtido 3,36 Mg ha⁻¹, na camada 10 – 20 cm 2,96 Mg ha⁻¹ e na camada de 20 a 40 cm 5,20 Mg ha⁻¹.

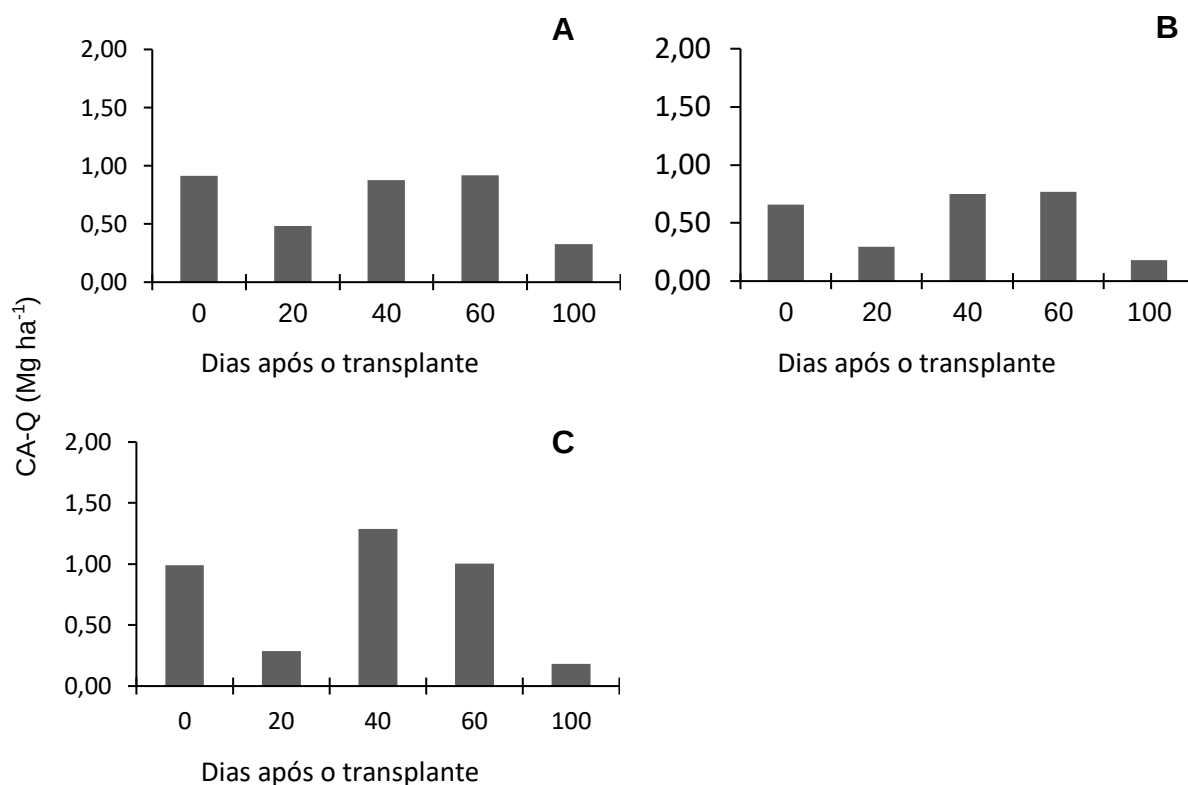
Os maiores valores de C-OXP em relação ao C-AQ, podem ser explicados, pelo fato de que comparativamente ao C-AQ, o C-OXP está menos associado a biomassa microbiana, indicando um grau de decomposição de C lábil relativamente mais evoluído. A biomassa microbiana, é constituída por todos os microrganismos menores que 5 x 10⁻³ µm, como fungos, bactérias e actinomicetos, e pela microfauna, como os protozoários. A quantidade e atividade da biomassa microbiana é regulada pela disponibilidade de nutrientes e pela capacidade de proteção do solo (estrutura e estabilidade dos agregados), características que não são preservadas em um sistema de PC (BONDE; SCHNÜRER; ROSSWALL, 1988)

O estoque de C-AQ variou durante o desenvolvimento da cultura nas três profundidades com comportamentos semelhantes, sendo encontrados os maiores valores nas camadas superficiais (Figura 42).

Observa-se que nos vinte primeiros dias de cultivo ocorreu acentuada queda do estoque de C-AQ. Isso provavelmente pode ser atribuído a aplicação de N no início do cultivo com as altas precipitações neste período, aproximadamente 607 mm (apêndice B), que estimularam o desenvolvimento da biomassa microbiana e com isso a rápida mineralização da matéria orgânica do solo. Observou-se um incremento dos estoques de C dos vinte até os sessenta dias de cultivo, sendo que neste período foram realizadas duas aplicações de N em cobertura (de acordo com as doses determinadas anteriormente) porém com uma baixa ocorrência de chuvas, sendo registrados dois dias com precipitação apenas. A partir dos sessenta até os 100 dias de cultivo foi observado novamente rápida redução dos estoques de C, cabe ressaltar que neste período houve elevada precipitação (aproximadamente 253 mm) (Apêndice B) e também aplicação de N aos 75 DAT.

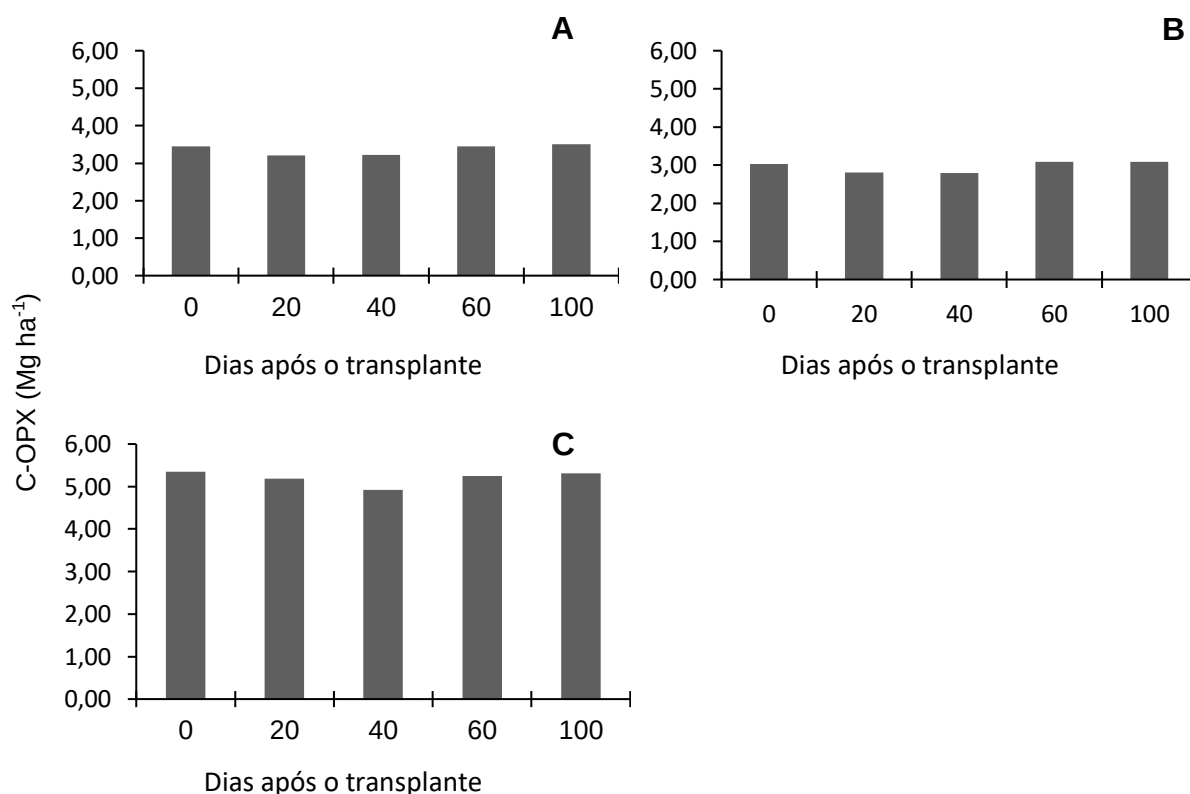
Os resultados obtidos demonstram que o fluxo do estoque de C-AQ foi influenciado pela disponibilidade de N a biomassa microbiana e também pelo regime de chuvas durante a condução do experimento.

Figura 42 - Variação do estoque de C em água quente (CA-Q) para as profundidades de 0 -10 (A), 10 - 20 (B) e 20 - 40 cm (C) durante o ciclo da cultura do repolho em sistema de plantio direto. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2014.



Em relação ao fluxo do estoque de C-OXP durante o desenvolvimento do repolho (Figura 43), observou-se comportamento estável durante o ciclo da cultura para as profundidades amostradas. Esta estabilidade pode ser atribuída pelo fato do C-OXP apresentar ligações químicas mais resistentes, quando comparado ao C-AQ, necessitando assim de um maior poder oxidativo para a degradação das substâncias presentes no solo.

Figura 43 - Variação do estoque de C em permanganato de potássio (C-OPX) para as profundidades de 0 -10 (A), 10 – 20 (B) e 20 - 40 cm (C) durante o ciclo da cultura da abobrinha em sistema de plantio convencional. Ponta Grossa – PR. UEPG, 2014.



Pesquisas realizadas demonstram que a extração do C-OPX se mostrou pouco sensível para avaliar alterações rápidas nos teores de C do solo. A solução de permanganato realiza mais facilmente a oxidação de lignina e compostos de baixa biodisponibilidade, em relação aos carboidratos de maior solubilidade (TIROL-PADRE; LADHA, 2004; SKJEMSTAD; SWIFT; MCGOWAN, 2006).

Isto é um indicativo que este método, oxida tanto compostos lábeis como não lábeis, ou seja, também indica a presença de frações de C mais estáveis, sendo estas menos sensíveis a modificações causadas por sistemas de cultivo (DUXBURY; SMITH; DORAN, 1989).

4.6 CONCLUSÕES

Para a cultura da abobrinha, o nitrogênio proporcionou incremento na produtividade, onde a dose de 48,42 kg ha⁻¹ proporcionou a máxima produtividade (17,29 t ha⁻¹).

Para a cultura do repolho, o nitrogênio proporcionou incremento na produtividade, onde a dose de $243,33 \text{ kg ha}^{-1}$, proporcionou máxima produtividade ($40,53 \text{ t ha}^{-1}$) para a cultura.

As doses de nitrogênio não exerceram influência nos estoques de carbono no solo (C-AQ e C-OSP) em plantio direto para a cultura da abobrinha e repolho.

REFERÊNCIAS

AKAGI, J.; ZSOLNAY, Á.; BASTIDA, F. Quantity and spectroscopic properties of soil dissolved organic matter (DOM) as a function of soil sample treatments: Air-drying and pre-incubation. **Chemosphere**, v. 69, n. 7, p. 1040–1046, 2007.

ALMEIDA, K. **Comportamento de cultivares de couve-flor sob sistema de plantio direto e convencional em fase de conversão ao sistema orgânico**. 2004. 57 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2004.

ALVAREZ, R. et al. Soil organic carbon, microbial biomass and CO₂-C production from three tillage systems. **Soil and Tillage Research**, v. 33, n. 1, p. 17–28, 1995.

ANDRADE, MARIA EDILEUZA LEITE DE. **Crescimento e produtividade do meloeiro sob diferentes lâminas de água e doses de nitrogênio e potássio**. 2006. 97 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia): Universidade Federal Rural do Semi-árido, 2006.

AQUINO, L. A. DE et al. Características produtivas do repolho em função de espaçamentos e doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 2, p. 266–270, 2005a.

AQUINO, L. A. DE et al. Efeito de espaçamentos e doses de nitrogênio sobre as características qualitativas da produção do repolho. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 1, p. 100–104, 2005b.

ARAÚJO, E. DA S. et al. Recuperação no sistema solo-planta de nitrogênio derivado da adubação verde aplicada à cultura do repolho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 7, p. 729–735, 2011.

ARAUJO, G. DE.; FERREIRA, A. Manejo do solo e plantio. In: VIEIRA, C. .; PAULA JUNIOR, T. J. .; BORÉN, A. (Eds.). . **Feijão 2ª edição atualizada e ampliada**. Viçosa: Agrolivros, 2006. p. 87–114.

ARAÚJO, H. S. et al. Doses de potássio em cobertura na cultura da abóbora. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 4, p. 469–475, 2012.

AZAMBUJA, L. O. et al. Produtividade da abobrinha “Caserta” em função do nitrogênio e gel hidrorretentor. **Científica**, v. 43, n. 4, p. 353–358, 2015.

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. Análise de regressão por polinômios ortogonais. In: **Experimentação Agrícola**. 4. ed. Jaboticabal: Funep, 2006. p. 169–188.

BAYER, C. et al. Organic matter storage in a sandy clay loam Acrisol affected by tillage and cropping systems in southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, v. 54, n. 1, p. 101–109, 2000.

BAYER, C. et al. Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 7, p. 677–683, 2004.

BAYER, C. .; MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por

métodos de preparo e sistemas de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 21, p. 105–112, 1997.

BAYER, C. .; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A. .; CAMARGO, F. A. . (Eds.). . **Matéria orgânica do solo: fundamentos e caracterização**. Porto Alegre: Gênese, 1999. p. 9–26.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. et al. (Eds.). . **Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2. ed. Porto Alegre: Metropole, 2008. p. 7–16.

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41p

BERTIN, C.; YANG, X.; WESTON, L. A. The role of root exudates and allelochemicals in the rhizosphere. **Plant and Soil**, v. 256, n. 1, p. 67–83, 2003.

BIANCHINI, C. **Sistemas de manejo do solo para a produção de abobrinha de tronco (curcubita pepo)**. 2012. 79 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia): Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2013.

BOER, C. A. et al. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 9, p. 1269–1276, 2007.

BONDE, T. A.; SCHNÜRER, J.; ROSSWALL, T. Microbial biomass as a fraction of potentially mineralizable nitrogen in soils from long-term field experiments. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 20, n. 4, p. 447–452, 1988.

BORTOLUZZI, E. C.; ELTZ, F. L. F. Efeito do manejo mecânico da palhada de aveia preta sobre a cobertura, temperatura, teor de água no solo e emergência da soja em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 2, p. 449–457, 2000.

BOWLES, T. M. et al. Soil enzyme activities, microbial communities, and carbon and nitrogen availability in organic agroecosystems across an intensively-managed agricultural landscape. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 68, p. 252–262, 2014.

BRANDT, E. A. et al. Desempenho agrônomo de soja em função da sucessão de culturas em sistema de plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 5, p. 869–874, 2006.

BRUCE, J. P. . et al. Carbon sequestration in soil. **Journal Soil Water Conservation**, v. 54, p. 382–389, 1999.

CALVO, C. L.; FOLONI, J. S. S.; BRANCALIAO, S. R. Produtividade de fitomassa e relação C/N de monocultivos e consórcios de guandu-anão, milheto e sorgo em três épocas de corte. **Bragantia**, v. 69, n. 1, p. 77–86, 2010.

CÂMARA, F. L. A. et al. Produtividade de abobrinha em sucessão a adubos verdes de inverno. In: 51º Congresso Brasileiro de Olericultura. Viçosa. **Anais do 51º Congresso Brasileiro de Olericultura**. 2011. v. 29, p. 4597 - 4600.

- CAMPANHARO, A. et al. Produtividade de repolho em função das doses de nitrogênio. In: 53º Congresso Brasileiro de Olericultura. Palmas. **Anais do 53º Congresso Brasileiro de Olericultura**. 2014. v. 31, p. 2749 - 2755.
- CARMELLO QAC. 1999. Curso de nutrição/ fertirrigação na irrigação localizada. Piracicaba: ESALQ, 59 p. (Apostila).
- CARDOSO, A. I. I.; HIRAKI, H. Avaliação de doses e épocas de aplicação de nitrato de cálcio em cobertura na cultura do rabanete. **Horticultura Brasileira**, v. 19, n. 1989, p. 328–331, 2001.
- CASTRO, T. J. DE. **Produtividade E Qualidade Do Repolho Adubado Com Nitrogênio E Boro Em Ambiente Protegido No Amazonas**. 2015. 61 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia): Universidade Federal do Amazonas, 2015.
- CATTELAN, A. J.; VIDOR, C. Flutuações na biomassa, atividade e população microbiana do solo, em função de variações ambientais. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 14, p. 133–142, 1990.
- CAVARIANNI, R. L. **Densidades de plantio e doses de nitrogênio no desenvolvimento e produção de repolho**. 2008. 113 p. Tese (Doutorado em Agronomia): Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Unesp, Câmpus de Jaboticabal, 2008.
- CERETTA, C. A. Manejo do nitrogênio e do enxofre em sistemas de exploração agrícola: Plantio direto x Plantio convencional. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S.; VITTI, G. C. (Eds.). **Nitrogênio e enxofre na agricultura Brasileira**. 1. ed. Piracicaba: IPNI Brasil, 2007. p. 651–664.
- CERETTA, C. A.; FRIES, M. R. Adubação nitrogenada no sistema de plantio direto. In: **Plantio direto: conceitos, fundamentos e práticas culturais**. Lages: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. p. 111–120.
- CHANTIGNY, M. H. Dissolved and water-extractable organic matter in soils: a review on the influence of land use and management practices. **Geoderma**, v. 113, n. 3, p. 357–380, 2003.
- Comissão de química e fertilidade do solo - CQFSRS/SC. Manual de recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 10.ed. Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul, 2004. 394p.
- Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo – Ceagesp. Normas de Classificação – Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura. - v. 1, n. 1 São Paulo: 2014.
- COSTA, A. R. D. ; et al. A cultura da abobrinha italiana (Cucurbita pepo L.) em ambiente protegido utilizando fertirrigação nitrogenada e potássica. **Irriga**, v. 20, n. 1, p. 105–127, 2015.
- COSTA, C.; PINTO, C. Melhoramento de abóbora. In: **Melhoramento de hortaliças**. Piracicaba: ESALQ, 1977. p. 179–196.

COSTA, F. DE S. et al. Estoque de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 1, p. 323–332, 2008.

CULMAN, S. W. et al. Permanganate Oxidizable Carbon Reflects a Processed Soil Fraction that is Sensitive to Management. **Soil Science Society of America Journal**, v. 76, n. 2, p. 494–504, 2012.

DERAL. **Olericultura - Análise da Conjuntura Agropecuária - Fevereiro 2016**.

Disponível em:

<http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/2016/Olericultura_2015_16.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2017.

DIN, M.; QASIM, M.; ALAM, M. Effect of different levels of N, P and K on the growth and yield of cabbage. **Journal of Agriculture Research**, v. 45, p. 171–176, 2007.

DUXBURY, J. M. ; SMITH, M. S. ; DORAN, J. W. Soil organic matter as a source and sink of plant nutrients. In: COLEMAN, D. C. ; OADES, J. M. ; UEHARA, G. (Eds.). . **Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems**. Honolulu: NifTAL Project, 1989. p. 33–67.

ELLIOTT, E. T. Aggregate Structure and Carbon, Nitrogen, and Phosphorus in Native and Cultivated Soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 50, n. 3, p. 627–633, 1986.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.

Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina - Epagri. **Sistema de produção para cebola**: Santa Catarina (4ª revisão). Florianópolis: 2013.

FAGERIA, N.K.; STONE, L.F.; SANTOS, A.B. Manejo de nutrientes para produção eficiente das culturas. In: **Maximização da Eficiência de produção das culturas**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, p.131-198, 1999.

FAYAD, J. **Sistema de plantio direto de hortaliças**: o cultivo do tomateiro no vale do Rio do Peixe. 2004. Florianópolis: 53p. (Epagri. Boletim Didático 57).

FERNANDES, C. N. V. **Lâminas de irrigação, doses e formas de aplicação de nitrogênio e de potássio na cultura da abobrinha**. 2015. 95 p.Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola): Universidade Federal do Ceará, 2015.

FERREIRA, E. A. B. et al. Dinâmica do carbono da biomassa microbiana em cinco épocas do ano em diferentes sistemas de manejo do solo no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 31, p. 1625–1635, 2007.

FILGUEIRA, F. A. R. Cucurbitáceas: Pepino e outras hortaliças-fruto. In: **Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortalias**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2008a. p. 335–370.

FILGUEIRA, F. A. R. Brássicaceas: Couve e plantas relacionadas. In: **Novo manual**

de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3. ed. Viçosa: UFV, 2008b. p. 279–299.

FLOSS, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas.** Rio de Janeiro: UFP, 2004. 536 p.

FOGAÇA, M. A. DE F. et al. Concentração de nitrogênio na solução nutritiva, na produtividade e na qualidade de frutos de melão cultivado em substrato Nitrogen concentration of the nutrient solution on yield and quality of muskmelon fruits grown in substrate. **Ciência Rural**, v. 37, n. 1, p. 72–78, 2007.

FONTES, P. C. R. Abóboras e Morangas. In: FONTES, P. C. R. **Olericultura teoria e prática.** Viçosa: Produção Independente, 2005. p. 279-298.

FONTES, P. C. R.; ARAUJO, C. DE. **Adubação Nitrogenada de hortaliças: Princípios e práticas com o tomateiro.** 1. ed. Viçosa: UFV, 2007. 148 p.

FREITAS, L. M. DE. **Efeito de diferentes doses de nitrogênio, potássio e silício na incidência da traça- das-crucíferas em repolho.** 2010. 75 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia): Universidade de Brasília, 2010.

GASSEN, D. ; GASSEN, F. **Plantio direto: O caminho do futuro.** Passo Fundo-RS: Aldeia Sul, 1996. 207 p.

GHANI, A.; DEXTER, M.; PERROTT, K. . Hot-water extractable carbon in soils: a sensitive measurement for determining impacts of fertilisation, grazing and cultivation. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 35, n. 9, p. 1231–1243, 2003.

GIACOMINI, S. J. et al. Consorciação de plantas de cobertura antecedendo o milho em plantio direto: II - Nitrogênio acumulado pelo milho e produtividade de grãos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 4, p. 751–762, 2004.

GODOY, A. R.; CARDOSO, A. I. I. Pegamento de frutos em pepino caipira não partenocárpico sob cultivo protegido com aplicação de ácido naftaleno acético. **Bragantia**, v. 63, n. 1, p. 25–29, 2004.

GOMES, G. **Plantio direto de hortaliças orgânicas: estudo de caso em uma propriedade periurbana em Florianópolis, SC.** 2004. 141 f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas): Universidade Federal de Santa Catarina, 2004.

GREGORICH, E. G. et al. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 74, n. 4, p. 367–385, 1994.

HAQUE, K. M. F. et al. Yield and Nutritional Quality of Cabbage as Affected by Nitrogen and Phosphorus Fertilization. **Bangladesh journal of scientific and industrial research**, v. 41, n. 1–2, p. 41–46, 2006.

HARAMOTO, E. R. **Weed population dynamics, profitability, and nitrogen loss in strip-tilled cabbage and sweet corn.** 2014. 227 f. Tese (Doutorado em horticultura): Michigan State University, 2014.

HASSOUNA, M. et al. Changes in water extractable organic matter (WEOM) in a calcareous soil under field conditions with time and soil depth. **Geoderma**, v. 155, n. 1–2, p. 75–85, 2010.

- HUETT, D. O.; DETTMANN, E. B. Nitrogen response surface models of zucchini squash, head lettuce and potato. **Plant and Soil**, v. 134, n. 2, p. 243–254, 1991.
- IBRAHEIM, S. K. A.; MOHSEN, A. A. M. Effect of Chitosan and Nitrogen Rates on Growth and Productivity of Summer Squash Plants. **Middle East Journal of Agriculture Research**, v. 4, n. 4, p. 673–681, 2015.
- IMHOFF, S. D. C. **Indicadores de qualidade estrutural e trafegabilidade de Latossolos e Argissolos Vermelhos**. 2002. 94 f. Tese (Doutorado em Agronomia): Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2002.
- JONES, J. N. et al. The No-Tillage System for Corn (*Zea mays* L.)1. **Agronomy Journal**, v. 60, n. 1, p. 17–20, 1968.
- KANO, Y. et al. Effect of Nitrogen Fertilizer on Cell Size and Sugar Accumulation in the Leaves of Cabbage (*Brassica oleracea* L.). **HORTSCIENCE**, v. 42, n. 6, p. 1490–1492, 2007.
- KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. 1. ed. São Paulo: Guanabara Koogan, 2004. 452 p.
- KIMETU, J. M. et al. Soil organic C stabilization and thresholds in C saturation. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 41, n. 10, p. 2100–2104, 2009.
- KOOISTRA, E. Femaleness in breeding glasshouse cucumbers. **Euphytica**, v. 16, n. 1, p. 1–17, 1967.
- LAL, R. Soil carbon sequestration to mitigate climate change. **Geoderma**, v. 123, n. 1, p. 1–22, 2004a.
- LAL, R. Agricultural activities and the global carbon cycle. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 70, n. 2, p. 103–116, 2004b.
- LAL, R.; LOGAN, T. J. Agricultural activities and greenhouse gas emissions from soils of the tropics. In: LAL, R. . et al. (Eds.). . **Soil management greenhouse effect**. 1. ed. Florida: Lewis Publishers, 1995. p. 400.
- LANDERS, J.N. **Fascículos de experiências de plantio direto no cerrado**. Goiânia, APDC, 1995. 261p.
- LAVELLE, P.; SPAIN, A.V. **Soil ecology**. Amsterdam: Kluwer Scientific Publications, 654 p. 2001.
- LÉDO, F. J. DA S.; JOÃO A. DE SOUSA; MARCOS R. DA SILVA. Insumos e Cultivares Em Teste. **Horticultura Brasileira**, v. 18, n. 2, p. 138–140, 2000.
- LIMA, C. J. G. DE S. et al. Modelos matemáticos para estimativa de área foliar de feijão caupi. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 1, p. 120–127, 2008.
- LIMA, J. F. DE; PEIXOTO, C. P.; LEDO, C. A. DA S. Índices fisiológicos e crescimento inicial de mamoeiro (*Carica papaya* L.) em casa de vegetação. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 5, p. 1358–1363, 2007.
- LOPES, J. F.; MACIEL, G. M.; NASCIMENTO, W. M. Produção de sementes de

abóbora. In: NASCIMENTO, W. M. (Ed.). . **Produção de sementes de hortaliças**. 1. ed. Brasília: EMBRAPA, 2014. p. 17–52.

MADEIRA, N. R. Inovações tecnológicas no cultivo de hortaliças em sistemas de plantio direto. In: 49º Congresso Brasileiro de Olericultura. São Paulo. **Anais do 49º Congresso Brasileiro de Olericultura**. 2009. v. 27, p. 4024 - 4032.

MAIA, C. E.; CANTARUTTI, R. B. Acumulação de nitrogênio e carbono no solo pela adubação orgânica e mineral contínua na cultura do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 8, n. 1, p. 39–44, 2004.

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

MARCELIS, L. F. M. Simulation of biomass allocation in greenhouse crops - a review. **Acta Horticulturae**, n. 328, p. 49–68, 1993.

MARCHIORI JÚNIOR, M.; MELO, W. J. DE. Alterações na matéria orgânica e na biomassa microbiana em solo de mata natural submetido a diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 6, p. 1177–1182, 2000.

MARENCO, R.; LOPES, N. **Fisiologia Vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2005. 451 p.

MARQUELLI, W. A. et al. Eficiência de uso da água e produção de repolho sobre diferentes quantidades de palhada em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 4, p. 369–375, 2010.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plant**. 2. ed. New York: Academic Press, 1995. 889 p.

MELO, R. A. DE C. E.; MADEIRA, N. R.; PEIXOTO, J. R. Cultivo de brócolos de inflorescência única no verão em plantio direto. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 1, p. 23–28, mar. 2010.

MENDES, A. M. S.; FARIA, C. M. B. DE; SILVA, D. J. **Adubação**. Disponível em: <<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Melancia/SistemaProducaoMelancia/adubacao.htm>>. Acesso em: 15 nov. 2016.

MENDONÇA, E. S. Oxidação da matéria orgânica e sua relação com diferentes formas de alumínio de Latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 19, p. 25–30, 1995.

MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G. A. et al. (Eds.). . **Fundamentos da matéria orgânica do solo. Ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2. ed. Porto Alegre: Metropole, 1999. p. 1–6.

MOCHIZUKI, M. J. et al. Overcoming Compaction Limitations on Cabbage Growth and Yield in the Transition to Reduced Tillage. **HortScience**, v. 42, n. 7, p. 1690–1694, 2007.

MOCHIZUKI, M. J. et al. Rye Mulch Management Affects Short-term Indicators of Soil Quality in the Transition to Conservation Tillage for Cabbage. **HortScience**, v.

43, n. 3, p. 862–867, 2008.

MOLLOY, L. F. .; SPEIR, T. W. Studies on a climosequence of soil in tussock grasslands. 12. Constituents of the soil light fraction. **Soil Science**, v. 20, p. 167–177, 1977.

MONEGAT, C. **Plantas de cobertura do solo**: características e manejo em pequenas propriedades. Chapecó: Ed. do Autor, 1991. 33p.

MORAES, J. F. L. DE et al. Soil carbon and nitrogen stocks following forest conversion to pasture in the Western Brazilian Amazon Basin. **Acta Scientiarum**, v. 24, n. 5, p. 1369–1376, 2002.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2006. 729 p.

MOREIRA, M. A. et al. Crescimento e produção de repolho em função de doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v. 29, p. 117–121, 2011.

MOREIRA, M. A.; VIDIGAL, S. M. Evolução das características da planta associadas à nutrição nitrogenada de repolho. **Revista Ceres**, v. 58, n. 2, p. 243–248, 2011.

MUZILLI, O. Princípios e perspectivas de expansão. In: **Plantio direto no Estado do Paraná**. Londrina, Instituto Agrônomo do Paraná, p.11-16, 1981 (Circular, 23).

MUZZILLI, O. Manejo da matéria orgânica no sistema plantio direto: A experiência no estado do Paraná. **Informações Agronômicas**, p. 6–10, 2002.

NAJM, A. A. et al. Effect of Integrated Management of Nitrogen Fertilizer and Cattle Manure on the Leaf Chlorophyll, Yield, and Tuber Glycoalkaloids of Agria Potato. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 43, n. 6, p. 912–923, 2012.

NAVA, G.A. **Desenvolvimento floral e frutificação de pessegueiros [Prunus persica (L.) Batsch] cv. Granada, submetidos a distintas condições térmicas durante o período de pré-floração e floração**. 2007. 158 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia): Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007.

NELSON, D. W. .; SOMMERS, L. E. Total carbon, organic carbon and organic matter. In: SPARKS, D. L. et al. (Eds.). . **Methods of Soil Analysis Part 3: Chemical Methods-SSSA Book Series nº 5**. Madison: Soil Science Society of America, 1996. p. 961–1010.

NG'ETICH, O. et al. Effect of different rates of nitrogen fertilizer on the growth and yield of zucchini (Cucurbita pepo cv. Diamant L.) Hybrid F1 in Rwandan high altitude zone. **International Journal of Agriculture and Crop Sciences**, v. 5, n. 1, p. 54–62, 2013.

OLIVEIRA, N. L. C. DE et al. Crescimento e produção da abobrinha em função de concentração e via de aplicação da urina de vaca. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 3, n. 2, p. 126–136, 2013.

OLIVEIRA, T. K. DE; CARVALHO, G. J. DE; MORAES, R. N. DE S. Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 8, p. 1079–1087, 2002.

PEIXOTO, R. T. DOS G. ; AHRENS, D. C. ; SAMAHA, M. J. **Plantio direto: o caminho para uma agricultura sustentável**. Ponta Grossa: IAPAR-PRP/PG, 1997.

PEREIRA, A. J. **Caracterização agronômica de espécies de Crotalaria L. em diferentes condições edafoclimáticas e contribuição da adubação verde com C. juncea no cultivo orgânico de brássicas em sistema plantio direto**. 2007. 72 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia): Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2007.

PEREIRA-FILHO, I. A.; RODRIGUES, J. A. S.; KARAM, D.; COELHO, A. M.; ALVARENGA, R. C.; CRUZ, J. C.; CABEZAS, W. L. Manejo da cultura do milho. In: NETTO, D.A.M.; DURÕES, F.O.M. (Eds.). **Milho: tecnologias de produção e agronegócio**. Brasília: Embrapa-Informações tecnológicas, p.59-87, 2005.

PERIN, A. et al. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 1, p. 35–40, 2004.

PONTES, K. L. M. **Avaliação da produção orgânica de tomateiro rasteiro (Lycopersicon esculentum Mill.) em dois sistemas de plantio após pré-cultivo de sorgo consorciado com girassol**. 2001. 165 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia): Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

PÔRTO, M. L. A. **Adubação nitrogenada e diagnóstico do estado de nitrogênio nas culturas de abobrinha, de nitrogênio nas culturas de abobrinha**. 2011. 97 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia): Universidade Federal de Viçosa, 2011.

PÔRTO, M. L. A. et al. Produtividade e acúmulo de nitrato nos frutos de abobrinha em função da adubação nitrogenada. **Bragantia**, v. 71, n. 2, p. 190–195, 2012.

POWLSON, D. S.; PROOKES, P. C.; CHRISTENSEN, B. T. Measurement of soil microbial biomass provides an early indication of changes in total soil organic matter due to straw incorporation. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 19, n. 2, p. 159–164, 1987.

PRUNTY, L.; MONTGOMERY, B. R. Lysimeter Study of Nitrogen Fertilizer and Irrigation Rates on Quality of Recharge Water and Corn Yield. **Journal of Environment Quality**, v. 20, n. 2, p. 373–380, 1991.

PUIATTI, M. ; SILVA, D. J. H. Abóboras e morangas. In: FONTES, P. C. R. (Ed.). **Olericultura: teoria e prática**. Viçosa: Suprema Gráfica e Editora, 2005. p. 279–297.

PURQUERIO, L. F. V; TIVELLI, S. W. Multicultivo de Alface em sistema de plantio direto. In: 47º CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA. Porto Seguro. **Anais do 47º Congresso Brasileiro de Olericultura**. 2007. v. 25, p. 1 - 4.

QUEIROGA, R. C. F. DE et al. Influência de doses de nitrogênio na produtividade e

qualidade do melão *Cantalupensis* sob ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 4, p. 550–556, dez. 2007.

RADIN, B. et al. Eficiência de uso da radiação fotossinteticamente ativa pela cultura do tomateiro em diferentes ambientes. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 38, n. 9, p. 1017–1023, 2003.

RECH, E. G. **Adubação orgânica e mineral na produção, qualidade e composição química de sementes de abobrinha (*Cucurbita pepo* L. var. *melo* cv. *caserta*)**. 2003. 92 f. Tese (Doutorado em fitotecnia): Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.

REEVES, D. W. The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems. **Soil and Tillage Research**, v. 43, n. 1, p. 131–167, 1997.

REICOSKY, D. C. et al. Soil organic matter changes resulting from tillage and biomass production. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 50, n. 3, p. 253–261, 1995.

REID, J. B.; GOSS, M. J. Effect of living roots of different plant species on the aggregate stability of two arable soils. **Journal of Soil Science**, v. 32, n. 4, p. 521–541, 1981.

RICE, W.; SMITH, M.; BLEVINS, R. Soil Nitrogen Availability after Long-term Continuous No-tillage and Conventional Tillage Corn Production. **Soil Science Society of America Journal**, v. 50, p. 1206–1210, 1986.

ROSCOE, R.; BODDEY, R. M.; SALTON, J. C. Sistemas de manejo e matéria orgânica do solo. In: ROSCOE, R.; MERCANTE, F.M.; SALTON, J. C., orgs. **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: Modelagem matemática e métodos auxiliares**. Dourados, Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. p.17-41.

SÁ, J. C. M. et al. Organic Matter Dynamics and Carbon Sequestration Rates for a Tillage Chronosequence in a Brazilian Oxisol. **Soil Science Society of America Journal**, v. 65, n. 5, p. 1486, 2001.

SÁ, J. C. M. . et al. O plantio direto como base do sistema de produção visando o sequestro de carbono. **Revista Plantio Direto**, v. 84, p. 45–61, 2004.

SALINAS-GARCIA, J. R.; HONS, F. M.; MATOCHA, J. E. Long-Term Effects of Tillage and Fertilization on Soil Organic Matter Dynamics. **Soil Science Society of America Journal**, v. 61, n. 1, p. 152–159, 1997.

SÁ, J. C. M. **Manejo da fertilidade do solo no plantio direto**. Castro: Fundação ABC, 1993. 96 p.

SAMPAIO, E. V. S. . et al. Decomposição de palha de milho (14 C-15 N) incorporada a três profundidades em um Latossolo Vermelho-Amarelo de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 14, p. 269–276, 1990.

SEREMESIC, S. et al. Total and hot-water extractable carbon relationship in

chernozem soil under different cropping systems and land use. **Journal of Central European Agriculture**, v. 14, n. 144, p. 1496–1504, 2013.

SHAFEEK, M. R.; HELMY, Y. I.; AHMED, A. A. Productivity of Squash plant to Mineral and Bio-Nitrogen Fertilizers on plant Growth, Total fruit Yield and leaves mineral content on a Sandy Soil. **International Journal of ChemTech Research**, v. 9, n. 3, p. 66–75, 2016.

SILVA, A. R. et al. Modelagem da capacidade de suporte de carga e quantificação dos efeitos das operações mecanizadas em um Latossolo Amarelo cultivado com cafeeiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 2, p. 207–216, 2006.

SILVA, J. E. .; LEMAINSKI, J. .; RESCK, D. V. . Perdas de matéria orgânica e suas relações com a capacidade de troca catiônica em solos da região de cerrados do oeste baiano. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 18, p. 541–547, 1994.

SILVA, L. V. DA et al. Doses de nitrogênio em cobertura em duas cultivares de abobrinha no município de Aquidauana-MS. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 3, p. 447–451, 2011.

SILVA, V. V.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L.; RIBEIRO, R. L. D. Efeito do pré-cultivo de adubos verdes na produção de brócolis em sistema de plantio direto. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 295, 2002. Suplemento, 2.

SILVA JÚNIOR, A. A. **Repolho: Fitologia, Fitotecnia, Tecnologia Alimentar e Mercadologia**. 1. ed. Florianópolis: EMPASC, 1989. 295 p.

SIX, J. et al. Soil organic matter, biota and aggregation in temperate and tropical soils -Effects of no-tillage. **Agronomie, EDP Sciences**, v. 22, n. 7–8, p. 755–775, 2002.

SIX, J. et al. A history of research on the link between (micro)aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. **Soil and Tillage Research**, v. 79, n. 1, p. 7–31, set. 2004.

SKJEMSTAD, J. O.; SWIFT, R. S.; MCGOWAN, J. A. Comparison of the particulate organic carbon and permanganate oxidation methods for estimating labile soil organic carbon. **Australian Journal of Soil Research**, v. 44, n. 3, p. 255–263, 2006.

SOUZA, R. J.; CARVALHO, J. G. Efeito de doses de nitrogênio aplicadas no solo e níveis de cálcio aplicados via foliar sobre o teor e o acúmulo de micronutrientes em alface americana. **Ciência Agrotécnica**, v. 24, n. 4, p. 905–916, 2000.

SOUZA, J. DE; RESENDE, P. **Manual de horticultura orgânica**. 2. ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2006. 843 p.

STEVENSON, F. J.; COLE, M. A. **Cycles of soils: carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients**. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1999. 419 p.

STEVENSON, F. J.; COLE, M. A. **Cycles of soils: carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients**. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1999.

- STOTT, D. E. ; MARTIN, J. P. Synthesis and degradation of natural and synthetic humic material in soil. In: MACCARTHY, P. . et al. (Eds.). . **Humic substances in soil and crop sciences: Selected readings**. madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America, 1990. p. 37–63.
- STRASSBURGER, A. S. et al. Dinâmica de crescimento da abobrinha italiana em duas estações de cultivo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 33, n. 2, p. 283–289, 2011.
- STÜRMER, S. L. K. et al. Variações nos teores de carbono orgânico em função do desmatamento e revegetação natural do solo. **Ciência Florestal**, v. 21, n. 2, p. 241–250, 2011.
- TAIZ, L. ; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 717 p.
- TIROL-PADRE, A.; LADHA, J. K. Assessing the Reliability of Permanganate-Oxidizable Carbon as an Index of Soil Labile Carbon. **Soil Science Society of America Journal**, v. 68, n. 3, p. 969–978, 2004.
- TIVET, F. et al. Soil organic carbon fraction losses upon continuous plow-based tillage and its restoration by diverse biomass-C inputs under no-till in sub-tropical and tropical regions of Brazil. **Geoderma**, v. 209, p. 214–225, 2013.
- TOKUNAGA, J. H.; CARDOSO, A. I. I. Avaliação de cultivares de abobrinha de moita. **Biotemas**, v. 14, n. 2, p. 37–46, 2001.
- TORRES, J. L. R.; FABIAN, A. J.; POCAI, V. G. Níveis de adubação nitrogenada nas características morfológicas e produtividade do jiló. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 2, p. 167–170, 2003.
- TRIPLETT, G. B.; DICK, W. A. No-Tillage Crop Production: A Revolution in Agriculture! **Agronomy Journal**, v. 100, n. Supplement_3, p. S-153, 2008.
- TROEH, F. R.; THOMPSON, L. **Solos e Fertilidade do Solo**. 6. ed. São Paulo: Editora Andrei, 2007. 693 p.
- VAN GESTEL, M.; LADD, J. N.; AMATO, M. Microbial biomass responses to seasonal change and imposed drying regimes at increasing depths of undisturbed topsoil profiles. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 24, n. 2, p. 103–111, 1992.
- VARGAS, L. K.; SCHOLLES, D. Biomassa microbiana e produção de C-CO₂ e N mineral de um podzólico vermelho-escuro submetido a diferentes sistemas de manejo: Microbial biomass and C-CO₂ and mineral nitrogen production in paleudult soil cultivated under different management systems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 1, p. 35–42, 2000.
- VARGAS, T. D. O. et al. Influência da biomassa de leguminosas sobre a produção de repolho em dois cultivos consecutivos. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 4, p. 562–568, 2011.
- WALKLEY, A.; BLACK, I. A. An examination of the degtjareff method for determining soil. **Soil Science**, v. 37, n. 1, p. 229–238, 1934.

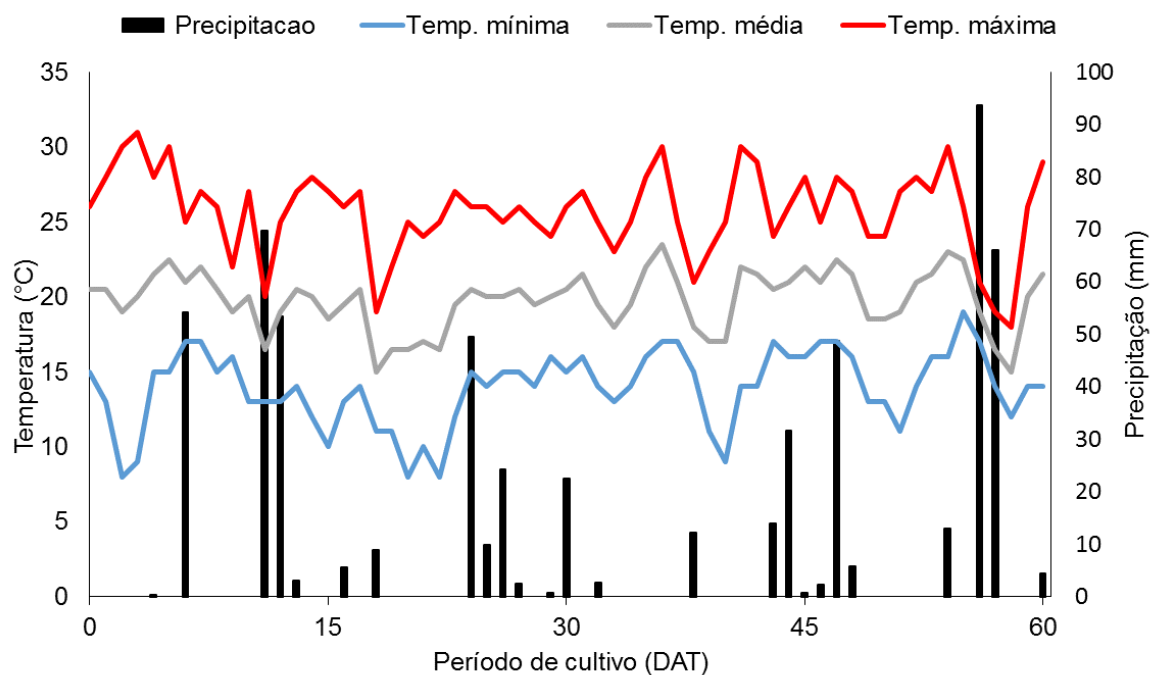
WAREMBOURG, F. R.; ROUMET, C.; LAFONT, F. Differences in rhizosphere carbon-partitioning among plant species of different families. **Plant and Soil**, v. 256, n. 2, p. 347–357, 2003.

WEIL, R. R. et al. Estimating active carbon for soil quality assessment: A simplified method for laboratory and field use. **American Journal of Alternative Agriculture**, v. 18, n. 1, p. 3–17, 2003.

WHIETHÖLTER, S. Nitrogênio no solo sob plantio direto. **Revista Plantio Direto**, v. 58, p. 38–42, 2000.

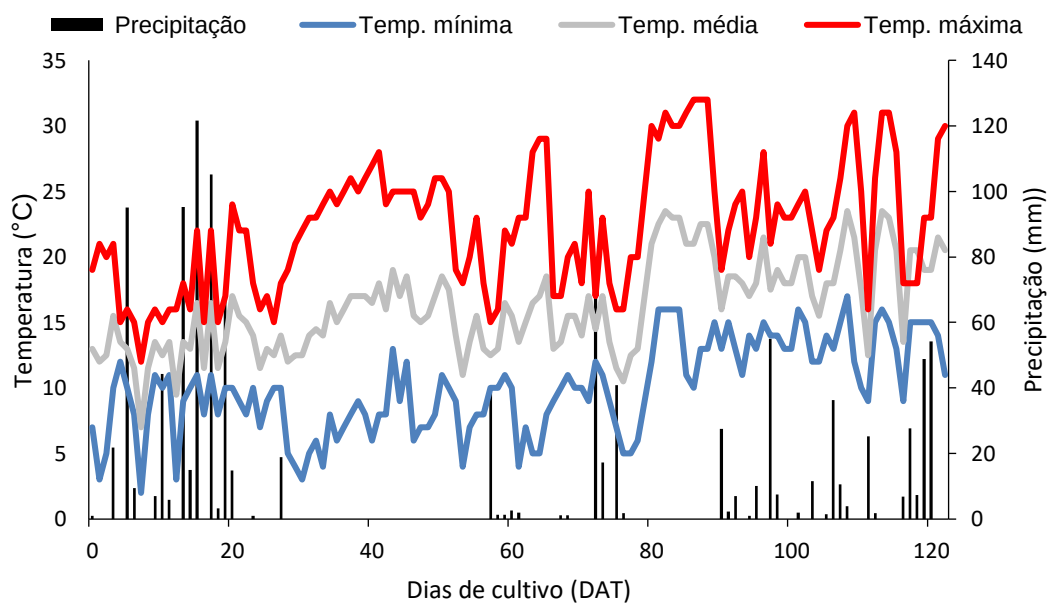
APÊNDICE

Apêndice A - Dados de precipitação, temperatura máxima, mínima e média durante a condução do experimento da cultura da abobrinha (27/10/14 a 26/12/2014). Ponta Grossa – PR. UEPG, 2014.



Fonte: Simpear.

Apêndice B - Dados de precipitação, temperatura máxima, mínima e média durante a condução do experimento da cultura do repolho (29/06/15 a 28/10/2015). Ponta Grossa – PR. UEPG, 2015.



Fonte: Simepar.