

UFRRJ

INSTITUTO DE AGRONOMIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

TESE

**Desempenho e produção de crambe em cultivo sucessivo ao
girassol**

LUIZ ANTONIO SILVA DOS SANTOS

2014



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA**

**DESEMPENHO E PRODUÇÃO DE CRAMBE EM CULTIVO
SUCESSIVO AO GIRASSOL**

LUIZ ANTONIO SILVA DOS SANTOS

Sob a Orientação da Professora
Claudia Antonia Vieira Rossetto

TESE submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Ciências**, no Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, Área de Concentração em Produção Vegetal.

Seropédica, RJ
Agosto de 2014

633.85
S237d
T

Santos, Luiz Antonio Silva dos,
1984-

Desempenho e produção de crambe
em cultivo sucessivo ao girassol /
Luiz Antonio Silva dos Santos. -
2014.

88 f.: il.

Orientador: Claudia Antonia
Vieira Rossetto.

Tese (doutorado) - Universidade
Federal Rural do Rio de Janeiro,
Curso de Pós-Graduação em
Fitotecnia.

Inclui bibliografias.

1. Plantas oleaginosas - Teses.
2. Crambe abyssinica - Cultivo -
Teses. 3. Crambe abyssinica -
Crescimento - Teses. 4. Girassol -
Teses, I. Rossetto, Claudia Antonia
Vieira, 1966- II. Universidade
Federal Rural do Rio de Janeiro.
Curso de Pós-Graduação em
Fitotecnia. III. Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO DE FITOTECNIA**

LUIZ ANTÔNIO SILVA DOS SANTOS

Tese submetida como requisito parcial para a obtenção do grau de **Doutor em Ciências**, no Curso de Pós-graduação em Fitotecnia, área de Concentração em Produção Vegetal.

TESE APROVADA EM 20/08/2014

Claudia Antonia Vieira Rossetto (Dra.) UFRRJ
Orientadora

Everaldo Zonta (Dr.) UFRRJ

Renato Nunes Pereira (Dr.) UFRRJ

Carlos Renato Tavares de Castro (Dr.) Embrapa
Gado de Leite

Ednaldo Silva de Araújo (Dr.) Embrapa
Agrobiologia

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a DEUS, pela vida.

À minha esposa, AYLÁ, por tudo, amor, carinho, companheirismo e paciência.

À minha mãe, EDENICE, pelo amor de mãe, pelas orações e energia positiva mesmo a mais de 1200 km de distância.

Ao meu pai ANTONIO HENRIQUE, in memória.

Às minhas irmãs, DARDIANY e VALNICE, pela Família que formamos.

À professora, CLAUDIA ROSSETTO, pela orientação, ensinamentos durante todos estes anos de convívio.

Aos colegas do Laboratório de Análise de Sementes - LAS, CAMILA, RAFAELL LUSTRINO, LILIAN, LUDMILA, LUCAS pela amizade e auxílio nos momentos de dificuldade.

Às Bolsistas de iniciação científica do Laboratório de Análise de Sementes, SUELEN e ALDEANE, pela amizade e auxílio na execução das atividades.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ, especialmente ao Programa de Pós-graduação em Fitotecnia – CPGF, pelo conhecimento adquirido.

À Fundação para Pesquisa e Difusão de Tecnologias do Estado do MS, pela doação das sementes.

Aos Professores dos Programas de Pós-graduação do PPGF.

Às funcionárias do CPGF, TATIANA e LILI, pelo suporte e convivência amigável.

E a todos que direta ou indiretamente contribuíram para mais esta conquista.

RESUMO GERAL

SANTOS, Luiz Antonio Silva dos. **Desempenho e produção de crambe em cultivo sucessivo ao girassol**. 2014. 75f. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Instituto de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2014.

A cultura do crambe deve ser inserida em sistemas de produção agrícola que garantam a manutenção da sustentabilidade sob o ponto de vista econômico, social e ambiental. O objetivo foi o de avaliar o crescimento, o desenvolvimento e o acúmulo de massa seca e de nutrientes em plantas de crambe influenciados por resíduos de plantas de girassol (*Helianthus annuus* L.) mantidos na superfície do solo. Para isto, foi conduzido um experimento em 2010 (cultivo 1) e repetido em 2012 (cultivo 2). Em cada cultivo, o delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso, em parcelas subdivididas com quatro repetições. As parcelas foram representadas pelo uso de prática agronômica (área com e área sem resíduos de plantas de girassol mantidos na superfície do solo) e as subparcelas por seis épocas de coleta das plantas de crambe, ou seja, 18, 36, 54, 72, 90 e 108 DAS (dias após a semeadura). Foram avaliadas as características morfológicas das plantas e o acúmulo de nutrientes na parte aérea, bem como realizada a análise de crescimento das plantas de crambe. Também foi feito um estudo com o objetivo de avaliar a influência da posição da siliqua (frutos) de crambe e dos resíduos culturais de girassol nos componentes de produção das plantas de crambe, utilizando o mesmo delineamento experimental. Para isto, as parcelas foram representadas pela prática agronômica em área com e sem resíduos de plantas de girassol na superfície do solo e, as subparcelas por quatro posições da siliqua na planta de crambe: haste principal e nos ramos (primários, secundários e terciários). Assim, na colheita, as plantas foram separadas em haste principal e ramos e, em seguida, foram obtidos o número e massa (g) de síliquas na haste principal e nos ramos por planta e determinado o peso de mil síliquas. Pelos resultados obtidos pode-se concluir que no cultivo 1, em área com resíduos de girassol mantidos na superfície do solo, o maior índice de área foliar por área de solo até 36 DAS, favorece a fotossíntese líquida (TAL) até 72 DAS e o acúmulo biomassa por área de solo ocupada no período de tempo (TCC) até 90 DAS, bem como, o acúmulo de nutrientes nas plantas de crambe a partir de 36 DAS. No cultivo 2, com menor quantidade de resíduos de plantas de girassol mantidos na superfície do solo em relação ao cultivo 1, o menor índice de área foliar (IAF) e de massa seca acumulada na parte aérea resulta em taxas de crescimento inferiores em todo o ciclo fenológico, bem como em menor acúmulo de nutrientes nas plantas de crambe. A área com presença de resíduos de plantas de girassol também favorece a massa de síliquas colhidas nos ramos primários e secundários no cultivo 1. As síliquas colhidas de ramos secundários e primários, em maior número e menor peso de mil, contribuem para maior produtividade de sementes de crambe.

Palavras-chave: *Crambe abyssinica*. Crescimento. Prática agronômica.

GENERAL ABSTRACT

SANTOS, Luiz Antonio Silva dos. **Crambe development and yield in sunflower crop sequence**. 2014. 75f. Thesis (Ph.D. in Plant Science). Institute of Agronomy, Crop Science Department, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2014.

The growing of crambe should be inserted in agricultural production systems ensure continued sustainability from the point of economic, social and environmental. The aim was evaluate of growth, development and dry matter an nutrients in crambe plants influenced by the sunflower (*Helianthus annus* L.) plants residues retained in soil surface. For this, an experiment was conducted in 2010 and repeated in 2012. For each crop, the experiment was randomized in split plot complete block with four replications. The plots were represented for agronomic practice (area with and without sunflower plants residues maintained in soil surface) and the subplots, by the six sampling times, ie, 18, 36, 54, 72, 90 and 108 days after sowing (DAS). Morphological characteristics of plants and nutrient accumulation in shoot were evaluated, as well as performed growth analysis. A study was also conducted with objective to evaluate the influence position of pod (fruits) of crambe and girassol sunflower residues at to yield components in crambe plants, utilizing the same experimental design. For this, the plots were represented by agronomic practice (area with and without sunflower plants residues in soil surface) and subplots for 4 pod position in plant of crambe (main stem and primary, secondary and tertiary branches). Harvesting the plants were cut, separated in main stem and branches, then sequence per part plant, evaluation of number and weight pods, as well as, certain thousand pods weight. From the results obtained can be concluded that at first crop, area in the presence sunflower (*Helianthus annus* L.) plants residues retained in soil surface, the greater leaf area per unit soil area up to 36 days after sowing, favored of net assimilation rate (NAR) up to 72 days after sowing and dry matter accumulation per unit soil area occupied in time, crop growth rate (CGR) up to 90 days after sowing during, both nutrients accumulation in crambe plants as from 36 days after sowing. In second crop, with less amount sunflower (*Helianthus annus* L.) plants residues retained in soil surface in from the first crop, the lower index area leaf (LAI) and dry matter accumulation in shoot resulting in lower growth rates throughout the phenological cycle, as well as lower nutrients accumulation in plants crambe. The area with presence sunflower (*Helianthus annus* L.) plants residues also favors pod weight harvesting in primary and secondary branches in first crop. The pods harvesting secondary and primary branches, at higher number and thousand pod weight contribute to higher crambe seed yield.

Keywords: *Crambe abyssinica*. Growth. Agronomic practice.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Análise química das amostras de solo coletadas antes da semeadura e após a colheita das siliquis de e crambe em área com e sem resíduos de plantas de girassol, no cultivo 1 (2010) e no cultivo 2 (2012).....21
- Tabela 2. Resultados médios de altura, de número de folhas e de ramos primário, secundário, terciário e total de ramos por planta de crambe sob influência da prática agrônômica em área com (CR) e sem (SR) resíduos de plantas de girassol, aos 18, 36, 54, 72, 90 e 108 dias após a semeadura (DAS), durante o Cultivo 1, realizado em 2010.....28
- Tabela 3. Resultados médios de altura, de número de folhas e de ramos primário, secundário, terciário e total de ramos por planta de crambe sob influência da prática agrônômica área com (CR) e sem (SR) resíduos de plantas de girassol, aos 18, 36, 54, 72, 90 e 108 dias após a semeadura (DAS), durante o Cultivo 2, realizado em 2012.....32
- Tabela 4. Resultados médios de massa da matéria seca de folhas, de ramos, de siliquis, da parte aérea, de índice de área foliar (IAF) e de diâmetro da haste de plantas de crambe sob influência da prática agrônômica área com (CR) e sem (SR) resíduos de plantas de girassol, aos 18, 36, 54, 72, 90 e 108 dias após a semeadura (DAS), durante o Cultivo 1, realizado em 2010.....33
- Tabela 5. Resultados médios de massa da matéria seca de folhas, de ramos, de siliquis, da parte aérea, de índice de área foliar (IAF) e de diâmetro da haste de plantas de crambe sob influência da prática agrônômica área com (CR) e sem (SR) resíduos de plantas de girassol, aos 18, 36, 54, 72, 90 e 108 dias após a semeadura (DAS), durante o Cultivo 2, realizado em 2012.....35
- Tabela 6. Resultados médios de concentração de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) na parte aérea de plantas de crambe sob influência da prática agrônômica área com (CR) e sem (SR) resíduos de plantas de girassol, aos 18, 36, 54, 72, 90 e 108 dias após a semeadura (DAS), durante o Cultivo 1, realizado em 2010.....39
- Tabela 7. Resultados médios de concentração de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) na parte aérea de plantas de crambe sob influência da prática agrônômica área com (CR) e sem (SR) resíduos de plantas de girassol, aos 18, 36, 54, 72, 90 e 108 dias após a semeadura (DAS), durante o Cultivo 2, realizado em 2012.....40
- Tabela 8. Resultados médios de acúmulo de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) na parte aérea de plantas de crambe sob influência da prática agrônômica área com (CR) e sem (SR) resíduos de plantas de girassol, aos 18, 36, 54, 72, 90 e 108 dias após a semeadura (DAS), durante o Cultivo 1, realizado em 2010.....43
- Tabela 9. Resultados médios de acúmulo de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) na parte aérea de plantas de crambe sob influência da prática agrônômica área com (CR) e sem (SR) resíduos de plantas de girassol, aos 18, 36, 54, 72, 90 e 108 dias após a semeadura (DAS), durante o Cultivo 2, realizado em 2012.....44

Tabela 10. Resultados médios de concentração (g kg^{-1}) e acúmulo (kg ha^{-1}) de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) nos frutos de crambe sob influência da prática agronômica em área com (CR) e sem (SR) resíduos de plantas de girassol em 2012 durante o cultivo 2, e de acúmulo em 2010 no cultivo 1.....48

Tabela 11. Período (dias), soma térmica acumulada ($^{\circ}\text{C dia}^{-1}$), temperatura (máxima e mínima $^{\circ}\text{C}$) e precipitação pluvial (mm), por fase fenológica das plantas de crambe: S semeadura; E emergência; IF início do florescimento; IFS início de formação das síliquas; MF maturidade fisiológica; C Colheita, em Seropédica/RJ durante o cultivo 1 (2010) e cultivo 2 (2012).....63

Tabela 12. População de plantas por metro linear, índice de área foliar máximo ($\text{m}^2 \text{m}^{-2}$), massa total de síliquas por planta (g planta^{-1}), número total de síliquas por planta, rendimento total de síliquas (kg ha^{-1}), germinação (%) e primeira contagem de germinação (%) de síliquas de crambe influenciadas pela prática agronômica (com e sem resíduos de plantas de girassol na superfície do solo), no cultivo 1 (2010) e no cultivo 2 (2012) e dados de massa seca de resíduos culturais de girassol (área com resíduos) e de plantas espontâneas (área sem resíduo) no momento da corte (30 dias antes do cultivo) e porcentagem de resíduos remanescentes aos 60 dias após o corte das plantas.....65

Tabela 13. Massa (g) de síliquas colhidas na haste principal e nos ramos (primário, secundário e terciário) a partir de plantas de crambe cultivadas sob prática agronômica (área com e área sem resíduos de plantas de girassol na superfície do solo) no cultivo 1 (2010) e no cultivo 2 (2012).....68

Tabela 14. Número de síliquas colhidas na haste principal e nos ramos (primário, secundário e terciário) a partir de plantas de crambe cultivadas sob prática agronômica (área com e área sem resíduos de plantas de girassol na superfície do solo) no cultivo 1 (2010) e no cultivo 2 (2012).....69

Tabela 15. Peso de mil síliquas (g) colhidas na haste principal e nos ramos (primário, secundário e terciário) a partir de plantas de crambe cultivadas sob prática agronômica (área com e área sem resíduos de plantas de girassol na superfície do solo) no cultivo 1 (2010) e no cultivo 2 (2012).....70

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Croqui da área do experimento. CR = área com resíduos de girassol; SR = área sem resíduos de girassol e DAS = dias após a semeadura.....15
- Figura 2. Dados de temperatura do ar (máxima e mínima) e precipitação pluvial coletados durante o cultivo 1 (2010) e cultivo 2 (2012) e fases fonológicas da cultura do crambe.....19
- Figura 3. Massa seca remanescente de resíduos culturais de girassol (● - área com resíduos) e de plantas de espontâneas (○ - área sem resíduos de girassol), durante o cultivo do crambe em 2010 (A) e em 2012 (B), em função do dia da roçada das plantas.....20
- Figura 4. Altura de planta (cm), diâmetro da haste (mm) e número de folhas por planta de *Crambe abyssinica* sob influência de prática agrônômica (área com (CR—) e sem (SR----) resíduos de plantas de girassol) durante o cultivo 1 em 2010 (A; C; E) e no cultivo 2 em 2012 (B; D; F).....29
- Figura 5. Número de ramos primário, secundário e terciário por planta de *Crambe abyssinica* sob influência de prática agrônômica (área com (CR—) e sem (SR----) resíduos de plantas de girassol) durante o cultivo 1 em 2010 (A; C; E) e no cultivo 2 em 2012 (B; D; F).....30
- Figura 6. Massa de matéria seca de folhas, ramos e siliques (kg ha^{-1}) de plantas de *Crambe abyssinica* sob influência de prática agrônômica (área com (CR—) e sem (SR----) resíduos de plantas de girassol) durante o cultivo 1 em 2010 (A; C; E) e no cultivo 2 em 2012 (B; D; F).....36
- Figura 7. Número de ramos por planta, massa da matéria seca da parte aérea e índice de área foliar (IAF) de plantas de *Crambe abyssinica* sob influência de prática agrônômica (área com (CR—) e sem (SR----) resíduos de plantas de girassol) durante o cultivo 1 em 2010 (A; C; E) e no cultivo 2 em 2012 (B; D; F).....37
- Figura 8. Concentração de nitrogênio, fósforo e potássio (g kg^{-1}) na parte aérea de plantas de *Crambe abyssinica* sob influência de prática agrônômica (área com (CR—) e sem (SR----) resíduos de plantas de girassol) durante o cultivo 1 em 2010 (A; C; E) e no cultivo 2 em 2012 (B; D; F).....41
- Figura 9. Concentração de cálcio e magnésio (g kg^{-1}) na parte aérea de plantas de *Crambe abyssinica* sob influência de prática agrônômica (área com (CR—) e sem (SR----) resíduos de plantas de girassol) durante o cultivo 1 em 2010 (A; C) e no cultivo 2 em 2012 (B; D).....42
- Figura 10. Acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio (kg ha^{-1}) na parte aérea de plantas de *Crambe abyssinica* sob influência de prática agrônômica (área com (CR—) e sem (SR----) resíduos de plantas de girassol) durante o cultivo 1 em 2010 (A; C; E) e no cultivo 2 em 2012 (B; D; F).....45
- Figura 11. Acúmulo de cálcio e magnésio (kg ha^{-1}) na parte aérea de plantas de *Crambe abyssinica* sob influência de prática agrônômica (área com (CR—) e sem (SR----) resíduos de plantas de girassol) durante o cultivo 1 em 2010 (A; C) e no cultivo 2 em 2012 (B; D).....46

Figura 12. Taxa de crescimento relativo (TAL), taxa de crescimento da cultura (TCC), taxa de assimilação líquida (TAL) e razão de área foliar (RAF) de plantas de *Crambe abyssinica* sob influência de prática agronômica (área com (CR—) e sem (SR----) resíduos de plantas de girassol) durante o cultivo 1 em 2010 (A; C; E; G) e no cultivo 2 em 2012 (B; D; F; H).....50

LISTA DE QUADROS

- Quadro 1. Resumo da análise de variância para altura, diâmetro do caule, massa seca de ramos e de parte aérea de plantas de crambe sob influência da prática agrônômica (área com e sem resíduos de plantas de girassol) em 2010 (Cultivo 1) aos 18, 36, 54, 72, 90 e 108 DAS.....22
- Quadro 2. Resumo da análise de variância para número e massa da matéria seca de folhas e de índice de área foliar de plantas de crambe sob influência da prática agrônômica (área com e sem resíduos de plantas de girassol) em 2010 (Cultivo 1) aos 18, 36, 54, 72, 90 e 108 DAS.....22
- Quadro 3. Resumo da análise de variância para massa da matéria seca de síliquas, número de ramos primários, secundários, terciários e do total de ramos por planta de crambe sob influência da prática agrônômica (área com e sem resíduos de plantas de girassol) em 2010 (Cultivo 1) aos 18, 36, 54, 72, 90 e 108 DAS.....23
- Quadro 4. Resumo da análise de variância para concentração de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio na parte aérea de plantas de crambe sob influência da prática agrônômica (área com e sem resíduos de plantas de girassol) em 2010 (Cultivo 1) aos 18, 36, 54, 72, 90 e 108 DAS.....23
- Quadro 5. Resumo da análise de variância para acúmulo de N, P, K, Ca e Mg na parte aérea de plantas de crambe sob influência da prática agrônômica (área com e sem resíduos de plantas de girassol) em 2010 (Cultivo 1) aos 18, 36, 54, 72, 90 e 108 DAS.....24
- Quadro 6. Resumo da análise de variância para altura, diâmetro do caule, massa seca de ramos e massa seca da parte aérea de plantas de crambe sob influência da prática agrônômica (área com e sem resíduos de plantas de girassol) em 2012 (Cultivo 2) aos 18, 36, 54, 72, 90 e 108 DAS.....25
- Quadro 7. Resumo da análise de variância para número, massa da matéria seca de folhas e de índice de área foliar de plantas de crambe sob influência da prática agrônômica (área com e sem resíduos de plantas de girassol) em 2012 (Cultivo 2) aos 18, 36, 54, 72, 90 e 108 DAS.....25
- Quadro 8. Resumo da análise de variância para massa da matéria seca de síliquas, numero de ramos primários, secundários, terciários e do total de ramos por plantas de crambe sob influência da prática agrônômica (área com e sem resíduos de plantas de girassol) em 2012 (Cultivo 2) aos 18, 36, 54, 72, 90 e 108 DAS.....26
- Quadro 9. Resumo da análise de variância para concentração de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio na parte aérea de plantas de crambe sob influência da prática agrônômica (área com e sem resíduos de plantas de girassol) em 2012 (Cultivo 2) aos 18, 36, 54, 72, 90 e 108 DAS.....26

Quadro 10. Resumo da análise de variância para acúmulo de N, P, K, Ca e Mg na parte aérea de plantas de crambe sob influência da prática agronômica (área com e sem resíduos de plantas de girassol) em 2012 (Cultivo 2) aos 18, 36, 54, 72, 90 e 108 DAS.....27

Quadro 11. Resumo da análise de variância para número, massa e peso de mil siliques colhidas nas diferentes partes (haste principal, ramos, primário, secundário e terciário) de plantas de crambe em função da prática agronômica (área com e área sem resíduos de plantas de girassol na superfície do solo) durante o cultivo 1 (2010).....66

Quadro 12. Resumo da análise de variância para número, massa e peso de mil siliques, colhidas nas diferentes partes (haste principal, ramos, primário, secundário e terciário) de plantas de crambe em função da prática agronômica (área com e área sem resíduos de plantas de girassol na superfície do solo) durante o cultivo 2 (2012).....66

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL.....	1
1.1 O crambe: origem, importância e introdução no Brasil.....	2
1.2 A planta de crambe: características morfo-fenológicas e agrônomicas .	3
1.3 Análise de crescimento de plantas	4
1.4 Acúmulo de massa seca e nutrientes	5
1.5 Qualidades fisiológica de sementes	6
1.6 Objetivos Gerais	7
1.7 Referências Bibliográficas	8
2 CAPITULO I. RESPOSTAS DE PLANTAS DE CRAMBE INFLUENCIADAS POR RESÍDUOS CULTURAIS DE GIRASSOL EM SISTEMA DE SUCESSÃO.....	11
2.1 Resumo	12
2.2 Abstract.....	13
2.3 Introdução.....	14
2.4 Material e Métodos	15
2.5 Resultados e Discussão	18
2.5.1 Avaliação do desenvolvimento e acúmulo de massa de matéria seca e macronutrientes na parte aérea de plantas de crambe.....	22
2.5.2 Avaliação do crescimento de plantas de crambe.....	49
2.6 Conclusões.....	52
2.7 Referências Bibliográficas	53
3 CAPITULO II. COMPONENTES DE PRODUÇÃO DE CRAMBE INFLUENCIADOS PELA POSIÇÃO DA SILIQUA NA PLANTA E PELOS RESÍDUOS DE PLANTAS DE GIRASSOL.....	56
3.1 Resumo	57
3.2 Abstract.....	58
3.3 Introdução.....	59
3.4 Material e Métodos	61
3.5 Resultados e Discussão	63
3.6 Conclusões.....	71
3.7 Referências Bibliográficas	72
4 CONCLUSÕES GERAIS	75

1. INTRODUÇÃO GERAL

A busca por novas fontes de energia renovável e ecologicamente correta é de grande importância para a sobrevivência da vida no planeta. O Brasil é um dos países com maior potencial para a produção de combustíveis a partir de biomassa e explora menos de um terço de sua área agricultável, representando a maior fronteira para expansão agrícola do mundo, cerca de 150 milhões de hectares (TRZECIAK et al., 2008).

O incentivo à produção e utilização de biodiesel alavancaram pesquisas por fontes de matérias primas de baixo custo de produção e dentro das normas nacionais e internacionais de qualidade. O Biodiesel é um combustível líquido biodegradável, não tóxico, produzido a partir de diferentes matérias-primas, cuja comercialização no Brasil é realizada em mistura ao óleo diesel mineral, em proporção obrigatória de 6% desde julho de 2014, proporção que será de 7% em novembro de 2014, podendo chegar a 20% (BRASIL, 2014). Além disso, este biocombustível pode ser utilizado para consumo próprio do produtor, definido assim na Resolução 30 da Agência Nacional de Petróleo, Gás e Biocombustíveis (ANP) de 06 de agosto de 2013, exclusivamente no processo de produção ou em frota veicular de transporte próprio e nas demais aplicações vinculadas às atividades do Produtor de Biodiesel, sendo vedada a sua comercialização (BRASIL, 2013b). Assim, com a publicação da Resolução 30 da ANP, pequenos agricultores podem fazer uso do cultivo de matérias prima em sua propriedade, podendo assim, produzir o Biodiesel necessário para a manutenção das atividades desenvolvidas dentro da propriedade rural.

Diversas matérias-primas para obtenção de óleo visando à produção de Biodiesel já foram estudadas em todo o mundo, estas podem ser extraídas de óleos vegetais, tais como o nabo forrageiro que é da família das Brássicas (BRASIL, 2013a), gordura animal, óleos e gorduras residuais.

O crambe também uma *Brassicaceae* tem alto potencial para produção de Biodiesel no Brasil (PITOL et al., 2010), no entanto, informações disponíveis na literatura sobre o potencial do crambe para as condições edafoclimáticas do extenso território brasileiro ainda são escassas, sendo necessária a obtenção de resultados sobre o desenvolvimento, crescimento de plantas, assim como, de produtividade desta cultura sob os mais diversos sistemas agrícolas.

Nesse contexto, estudos dentro das diferentes áreas do conhecimento agrônomo para cultura do crambe são fundamentais para consolidação desta espécie como matéria-prima para cadeia produtiva do Biodiesel, tal como, estudos sobre o cultivo de crambe em sucessão ao cultivo de girassol em Regiões Tropicais, sem prejuízos ao crescimento das plantas e à produtividade de frutos (síliquis), bem como, estudos sobre os componentes de produção dos frutos de crambe influenciados pela posição onde estes são formados na planta e pelos resíduos de girassol no solo, visando trazer informações para o melhoramento de plantas.

1.1 O CRAMBE: ORIGEM, IMPORTÂNCIA E INTRODUÇÃO NO BRASIL

O crambe (*Crambe abyssinica* Hochst. ex R. E. Fr.), originário da região do Mediterrâneo, é uma espécie pertencente à família *Brassicaceae*, conhecida como couve etíope, mostarda abissínia, couve abissínia e, mais comumente referido como crambe (KNIGHTS, 2002). É cultura bastante rústica, altamente resistente a seca e, após o seu estabelecimento, tolerante a geada (FONTANA et al., 1998). Tem sido cultivada na África tropical e subtropical, no Oriente Médio, nas regiões central e oeste da Ásia, Europa, Estados Unidos e América do Sul (OPLINGER et al., 1991). Destaca-se pela presença de 30 a 45% de teor de óleo nas sementes (JASPER et al., 2010) e ainda apresenta alto teor de ácido erúico nas sementes (50 a 60 %), um ácido graxo de cadeia longa, bastante utilizado nas indústrias de lubrificantes inibidores de corrosão, de fabricação de borracha sintética, de produção de películas de plástico, de fabricação de nylon, no preparo de cosméticos e, ainda, desperta o interesse do setor industrial de plásticos e lubrificantes (MASTEBROEK & LANGE, 1997; FALASCA et al., 2010). Além disso, de acordo com Jasper et al. (2010) as características físico-químicas do biodiesel produzidos a partir de crambe encontram-se dentro das normas estabelecidas na Resolução nº N° 7 de 2008 da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP).

Introduzido no Brasil na década de 1990, por meio de materiais genéticos provenientes do México (PITOL et al., 2014) o primeiro cultivar de crambe “FMS Brilhante”, foi registrado em 2007 pela Fundação de Apoio a Pesquisa e Difusão de Tecnologias Agropecuárias do estado do Mato Grosso do Sul (ROSCOE & DELMONTES, 2008).

Inicialmente cultivado no período de outono e, ou inverno sob sistema de rotação de culturas, principalmente em semeaduras mais tardias na safrinha no Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e São Paulo, o cultivo do crambe tinha como objetivo principal a cobertura do solo em sistemas de plantio direto, porém demonstrou grande potencial para a produção de síliquas, visando à extração de óleo (PITOL et al., 2010). Em função do cultivo mecanizado, com equipamentos utilizados para outras espécies, da precocidade, da tolerância à seca e às baixas temperaturas após o estabelecimento, além do baixo custo de produção comparado a outras oleaginosas, está sendo difundido por diversas regiões (REGINATO et al., 2013).

A introdução do biodiesel à matriz energética brasileira se deu por força da Lei 11.097, de janeiro de 2005, que instituiu o Programa Nacional de Uso e Produção de Biodiesel, cuja utilização do B2 (2% de Biodiesel e 98% de Diesel de petróleo) passou a ser obrigatório em 2008; a seguir o uso do B5 (5% de Biodiesel e 95% de Diesel de petróleo) foi instituído em 2010, e, atualmente, o B6 (6% de Biodiesel e 95% de Diesel de petróleo) em julho de 2014 (BRASIL, 2014). Atualmente o biodiesel é produzido principalmente a partir do óleo de soja, seguido do sebo bovino e do óleo do caroço de algodão, mas, vale destacar a participação do nabo forrageiro entre as demais matérias prima utilizadas para a produção de Biodiesel, descrito no Boletim Mensal do Biodiesel da ANP de setembro de 2013 (BRASIL, 2013a). Assim o cultivo de matérias primas como canola, crambe, girassol, dendê, mamona e pinhão manso para a produção do Biodiesel têm grande potencial para a geração de empregos e renda, também contribuindo para redução da emissão de gases que provocam mudanças climáticas globais (JASPER et al., 2010).

Comparada com outras fontes oleaginosas, como canola, girassol e soja o crambe tem menor custo de produção. Segundo Jasper et al. (2010) para uma produtividade média de 1.507,05 kg ha⁻¹ de frutos ou 561,94 l ha⁻¹ de óleo, gera-se um custo médio de R\$ 593,82 ha⁻¹ para insumos (sementes, defensivos e fertilizantes), de R\$ 243,16 ha⁻¹ para operações mecanizadas (semeadura, colheita, dessecação, transporte) e de R\$ 38,89 ha⁻¹ para a etapa de processamento (pós-colheita), resultando em custo total de R\$ 875, 87 ha⁻¹ ou R\$ 1,56 por litro de óleo produzido. Assim, com relação ao custo por litro de óleo, o crambe apresentou o

menor valor entre as culturas analisadas, uma vez que o do óleo de girassol foi de R\$ 1,72 por litro, seguido do óleo de canola com custo de R\$ 1,87 por litro, e, por fim o óleo de soja com o custo de R\$ 2,31 por litro.

Apesar da rápida adaptação aos padrões do tecnificado agronegócio brasileiro, em função do uso da mesma estrutura de produção (máquinas e equipamentos) utilizada para outras culturas produtoras de grãos, ainda é necessário organizar a cadeia produtiva do crambe, desde a organização do setor de sementes, passando pelos produtores, armazenadores e indústria de esmagamento (PITOL et al., 2010).

1.2 A PLANTA DE CRAMBE: CARACTERÍSTICAS MORFO-FENOLÓGICAS E AGRONÔMICAS

As plantas de crambe são herbáceas, eretas e de ciclo anual, com muitos ramos e folhas ovais, cuja altura é de aproximadamente 89 cm, e, é variável em função da época de semeadura (LAGHETTI et al., 1995). O florescimento, considerado indeterminado, inicia-se da base para as pontas dos ramos e, após esse período, a maturação ocorre rapidamente, em aproximadamente duas semanas. As flores de coloração branca são reunidas em racemos, o que é uma característica típica da estrutura da família *Brassicaceae* (FONTANA et al., 1998).

Os frutos esféricos, indeiscentes e unisseminados, são denominados síliqua lomentácea (BRASIL, 2009). Os primeiros frutos formados permanecem aderidos à planta até que os últimos tenham atingido a maturidade, e o pericarpo (casca) permanece aderido à semente até o momento da colheita. Logo, sementes em vários estádios de desenvolvimento estão presentes na planta e a colheita realizada na época correta é importante para evitar perdas por degrana (FONTANA et al., 1998).

A duração dos estádios de desenvolvimento da planta pode ser expressa em tempo (dias) e em tempo térmico (graus-dia), e mostra o efeito da temperatura na variação da duração das fases fenológicas da planta. Meijer et al. (1999) caracterizaram os estágios de desenvolvimento das plantas de crambe na Holanda, foram observados os períodos médios de dois anos, da semeadura à emergência (13 dias), da emergência a iniciação floral (29 dias), da iniciação floral a primeira frutificação (28 dias), da primeira frutificação a maturação das sementes (56 dias) e da emergência a maturação das sementes (113 dias).

Na maturação, as folhas ficam amareladas e, em seguida, caem da planta. Poucos dias após a queda das últimas folhas, as síliquas, assim como os pequenos ramos, adquirem coloração palha, que também atinge os ramos inferiores, geralmente de 90 a 100 DAS (OPLINGER et al., 1991). Por ocasião da colheita, as síliquas (pericarpo e sementes) deverão estar aproximadamente, com 12 a 14% de teor de água; acima desses valores, tecidos verdes existentes podem gerar problemas de movimentação, e abaixo de 12%, existe um grande potencial de quebra, causando perdas de rendimento da cultura (KNIGHTS, 2002).

O número de síliquas por planta, o peso de mil síliquas e o rendimento de grão e óleo pode variar em função da cultivar e época de semedura. De acordo com Fontana et al. (1998) o número de síliquas por planta pode variar entre 502 a 1.996, o peso de mil de 5,50 a 7,16 g e o rendimento de síliquas é em média de 2,72 Ton ha⁻¹ e de óleo de 0,95 ton ha⁻¹.

1.3 ANÁLISE DE CRESCIMENTO DE PLANTAS

A análise de crescimento descreve as condições morfofisiológicas da planta em diferentes intervalos de tempo, entre duas amostragens sucessivas e propõe-se a acompanhar a dinâmica da produção fotossintética avaliada através da acumulação de fitomassa seca (SILVA et al., 2000). Esta ferramenta é utilizada na avaliação do crescimento final da planta como um todo e a contribuição dos diferentes órgãos para o crescimento total. Do ponto de vista agrônomo, a técnica permite estudar e conhecer diferenças funcionais e estruturais entre cultivares e o comportamento dos vegetais em diferentes ambientes de crescimento (BENINCASA, 2003).

Atualmente, dentro da metodologia de análise de crescimento, pode-se afirmar que coexistem dois tipos de técnicas, a "clássica" e a "funcional" ou "dinâmica". O método clássico descreve as variações dos dados de crescimento, como fitomassa, índice de área foliar (IAF), em intervalos de tempo fixados por duas amostras sucessivas ao longo do ciclo biológico da cultura e requer informações que podem ser obtidas sem necessidade de equipamentos sofisticados (SILVA et al., 2000). O método funcional utilizado a partir de funções matemáticas empíricas ajustadas aos dados primários de massa de matéria seca e área foliar permite a obtenção dos índices fisiológicos instantâneos e sua variação no tempo, por meio das funções e suas derivadas (PEREIRA & MACHADO, 1987).

Os componentes do crescimento vegetal podem ser explicados por pelo menos dez diferentes equações. Entre estes componentes são conhecidas a taxa de crescimento da cultura (TCC), taxa de assimilação líquida (TAL), taxa de crescimento relativo (TCR), razão de área foliar (RAF), área foliar específica (AFE) (SILVA et al., 2000).

Na TCC a variação de massa seca (MS) com o tempo (t) define a taxa de crescimento da cultura, representando a capacidade de produção de fitomassa da cultura, isto é, sua produtividade primária (PEREIRA & MACHADO, 1987). A taxa assimilatória líquida (TAL) é o acúmulo de matéria seca por unidade de área foliar durante a estação de crescimento. Assim como a TCC, a TAL não é uma medida das taxas de troca de carbono, mas pode ser usada para propósitos comparativos (SILVA et al., 2000). A TCR descreve a fase exponencial do crescimento de uma planta anual. Nos cálculos de TCR admite-se que novo crescimento é simplesmente uma função da matéria seca existente (SILVA et al., 2000). A RAF é uma componente morfológica, conhecida como a razão entre a área foliar (área responsável pela interceptação de energia luminosa e absorção de CO₂) e matéria seca total (resultado da fotossíntese) (BENINCASA, 2003). A AFE é o componente morfológico e anatômico da RAF, pois relaciona a superfície (morfológico) com o peso de matéria seca da própria folha (anatômico) (BENINCASA, 2003).

Pesquisas sobre o crescimento de plantas de crame se resumem em resultados de índice de área foliar (IAF), como o trabalho de Kmec et al. (1998) com o cv. Meyer cultivado em Dakota do Norte/USA em sucessão a cultura do girassol e os trabalhos de Toebe et al. (2010a) e Toebe et al. (2010b), ambos realizados em Santa Maria/RS, em duas diferentes épocas de semeadura. No trabalho de Kmec et al. (1998) foram encontrados valores de IAF máximo de 1,88 m² m⁻² para as plantas de crame, já nos de Toebe et al. (2010b), em semeadura realizada em 18 de junho e 12 de julho de 2008, foram verificados valores máximos de IAF de 1,57 e 2,06 m² m⁻², respectivamente.

1.4 ACÚMULO DE MASSA SECA E NUTRIENTES

A busca de novas tecnologias em bases conservacionistas é fundamental na agricultura moderna. A utilização de plantas destinadas à cobertura do solo é estratégica no controle da qualidade ambiental, atenuando os problemas decorrentes do monocultivo (SODRÉ FILHO et al., 2004).

O manejo dos resíduos culturais, em superfície ou incorporação no solo, resulta em diferentes velocidades de decomposição. Estes são considerados importantes fontes de nutrientes, de disponibilização rápida e intensa (ROSOLEM et al., 2003), ou lenta e gradual, em função da interação de fatores climáticos, como precipitação pluvial, temperatura, qualidade e quantidade do resíduo vegetal e das diferentes espécies utilizadas como culturas de cobertura nestes sistemas (BOER et al., 2007).

A massa de matéria seca produzida pelas espécies utilizadas como cobertura é decorrente de diversos fatores, dentre eles às condições edáfo-climáticas e fitossanitárias no qual as plantas são cultivadas. Nestas plantas, a presença de sistema radicular pivotante e profundo são consideradas características favoráveis, já que poderá promover a descompactação do solo e, ainda, favorecer o processo de ciclagem de nutrientes (AMADO et al., 2002). Uma vez que essas plantas absorvem nutrientes das camadas subsuperficiais e os liberam posteriormente na camada superficial do solo (DUDA et al., 2003).

Diversas espécies de plantas de cobertura do solo podem ser utilizadas a fim de evitar sua exaustão. A manutenção da palhada na superfície e o não-revolvimento do solo resultam em menor velocidade de decomposição e liberação de nutrientes, quando comparados ao revolvimento do solo e à incorporação da palhada (BOER et al., 2007).

O girassol (*Helianthus annuus*) pode produzir em média de 3.400 a 7.030 kg ha⁻¹ de matéria seca de parte aérea, sendo distribuída, no colmo (22,5%), folhas (19,7%) e capítulos (inflorescência das plantas de girassol) (54,9%) (MELLO et al., 2004; REZENDE et al., 2003). No município de Seropédica/RJ, Braz & Rossetto (2010) encontraram valores de massa seca de 1220, 208 704 e 1419 kg ha⁻¹ de caule, folhas, capítulos, respectivamente para a cultivar Embrapa 122. Utilizada em cultivos sucessivos, essa espécie é classificada como uma cultura de nível médio, em função da massa de matéria seca produzida (AMADO et al., 2002). Apesar das grandes quantidades de matéria seca produzida, composta por hastes ou caules em sua maioria, esta classificação de nível médio, se dá em função da estrutura celulósica e lignificada dos tecidos das hastes, promovendo decomposição mais lenta (SODRÉ FILHO et al., 2004). Assim, resíduos com maior relação C/N (carbono/nitrogênio) também devem ser utilizados em cultivos sucessivos, pois quanto maior essa relação, mais lenta a decomposição, o que pode contribuir para a disponibilidade de nutrientes por maiores períodos de tempo.

Avaliando o efeito da adubação de cobertura na produtividade de sementes de *Crambe abyssinica* cv. FMS Brilhante, como cultura de safrinha, semeado em sucessão ao cultivo de soja e milho no mês de abril, para as condições do estado do Mato Grosso do Sul, Broch et al. (2010) verificaram diferenças significativas na produtividade média, de 1.140 kg ha⁻¹ em sucessão ao milho e de 1.658 kg ha⁻¹ de sementes após a soja. Para os autores, o crambe tem melhor potencial de aproveitamento da disponibilidade de nitrogênio nesse sistema, quando comparado ao cultivo em sucessão ao milho.

Do ponto de vista agrônomo, a avaliação do acúmulo de nutrientes em plantas pode ser útil no estudo do comportamento vegetal sob diferentes condições ambientais, visando à seleção de genótipos que apresentem características desejáveis, avaliação da resposta de cultivares ao ambiente de cultivo e auxiliar na recomendação de doses de adubação para as culturas, mediante a quantificação do acúmulo de nutrientes e da quantidade de nutrientes retirada do sistema, por meio da exportação pelos grãos (FELTRIN et al., 2008). Além disso, é

uma ferramenta para a avaliação individual dos nutrientes pelo acúmulo de diferentes elementos no órgão de interesse econômico, sendo este parâmetro conhecido como índice de colheita de nutrientes (ARAÚJO et al., 2000). Sendo assim, informações sobre a quantidade de nutrientes acumulada nas plantas e exportada nas síliquas, são essenciais para o adequado manejo de adubação das culturas (ZOBIOLE et al., 2011).

1.5 QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES

A qualidade de um lote de sementes resulta da interação entre características que determinam o seu valor para a sementeira, ou seja, os atributos de natureza genética, física, fisiológica e sanitária (MARCOS FILHO, 2005). Assim a qualidade fisiológica envolve a germinação e o vigor. O vigor da semente representa o desempenho das sementes no campo quando submetidas a condições ambientais diferentes e também no armazenamento (MARCOS FILHO, 1999).

Segundo Cardoso et al. (2012), sementes de baixa qualidade são caracterizadas pelo decréscimo na porcentagem de germinação, e pelo aumento no número de plântulas anormais, elucidando a redução no vigor das plântulas (TOLEDO et al., 2009). Além disto, por ocasião da maturidade fisiológica, as sementes apresentam maior porcentagem de germinação e vigor e, a partir deste instante, ocorrem inevitavelmente mudanças fisiológicas e bioquímicas graduais, que ocasionam a deterioração e a perda gradativa do vigor (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000). Logo, a produção de sementes de alto vigor, depende diretamente de sua massa (g) que é um dos componentes de produção (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000).

Pesquisas que visam produção de sementes de elevada qualidade fisiológica em sistemas de sucessão de culturas são considerados raros, muito embora, seja comum destacar os resultados sobre os componentes de produção e rendimento de sementes (NAKAGAWA et al., 2003). Assim, em manejo de sucessão de culturas há predomínio da avaliação do rendimento e da massa de 1000 em milho (PASQUALETTO & COSTA, 2001), do número de vagens por planta, do número de sementes por vagens e da massa de 100 sementes em feijão (OLIVEIRA et al. 2002) e em soja (MANCIN et al., 2009). Já, Nakagawa et al. (2003) observaram efeito favorável da presença de resíduos de plantas de guandu sobre o vigor de sementes de trigo.

Assim, estudos que elucidem a influência de fatores genéticos, ambientais e de práticas agrônômicas nos componentes de produção de crambe, podem dar origem a importantes informações para a pesquisa científica especialmente na área de melhoramento genético.

1.6 OBJETIVOS GERAIS

Avaliar o crescimento, o desenvolvimento e o acúmulo de massa seca e nutrientes em plantas de crambe (*Crambe abyssinica*) influenciados pelos resíduos de plantas de girassol (*Helianthus annuus* L.) mantidos na superfície do solo.

Analisar a influência da posição da síliqua na planta e dos resíduos culturais de girassol nos componentes de produção de plantas de crambe.

1.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendações de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, p. 241-248, 2002.
- ARAÚJO, A. P.; TEIXEIRA, M. G.; ALMEIDA, D. L. Growth and yield of common bean cultivars at two soil phosphorus levels under biological nitrogen fixation. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 4, p. 809-817, 2000.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: UNESP, 2003. 41p.
- BOER, C. A.; ASSIS, R. L.; SILVA, G. P.; BRAZ, A. J. B. P.; BARROSO, A. L. L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; PIRSE, F. R. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 9, p. 1269-1276, 2007.
- BRASIL. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. 2013a. **Boletim mensal de Biodiesel setembro**. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=68994&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&cachebust=1385988350818>>. Acesso em: 02 dez. 2013.
- BRASIL. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. 2013b. Resolução ANP 30. 2013b. Disponível em: <http://nxt.anp.gov.br/NXT/gateway.dll/leg/resolucoes_anp/2013/agosto/ranp%2030%20-%202013.xml>. Acesso em: 18 set. 2014.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento / Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: 2009, 399p.
- BRASIL. Medida Provisória nº 647 de 28 de maio de 2014. Dispõe sobre a adição obrigatória de biodiesel ao óleo diesel comercializado ao consumidor final, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] Republica Federativa do Brasil**. Brasília, DF, p. 1-2, 29 mai., 2014. Seção 1. Disponível em: <<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=29/05/2014&jornal=1&pagina=1&totalArquivos=128>>. Acesso em: 15 de jul. 2014.
- BRAZ, M. R. S.; ROSSETTO, C. A. V. Acúmulo de nutrientes e rendimento de óleo em plantas de girassol influenciados pelo vigor dos aquênios e pela densidade de semeadura. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, suplemento 1, p. 1193-1204, 2010.
- BROCH, D. L.; RANNO, S. K.; ROSCOE, R. Efeito de adubações de plantio e de cobertura sobre a produtividade de crambe cv. FMS Brilhante após soja e milho. **IV Congresso Brasileiro de Mamona e Simpósio internacional de oleaginosas energéticas**, João Pessoa, Paraíba, p. 652-657, 2010.
- CARDOSO, R. B.; BINOTTI, F. F. S.; CARDOSO, E. D. Potencial fisiológico de sementes de crambe em função de embalagens e armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 3, p. 272-278, 2012.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588p.
- DUDA, G. P.; GUERRA, J. G. M.; MONTEIRO, M. T.; DE-POLLI, H.; TEIXEIRA, M. G. Perennial herbaceous legumes as live soil mulches and their effects on C, N and P of the microbial biomass. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 60, p. 139-147, 2003.
- FALASCA, S. L.; FLORES, N.; LAMAS, M. C.; CARBALHO, S. M.; ANSCHAU, A. *Crambe abyssinica*: An almost unknown crop with a promissory future to produce biodiesel in Argentina. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 35, n. 11, p. 5808-5812, 2010.

FELTRIN, A. L.; CECILIO FILHO, A. B.; REZENDE, B. L. A.; BARBOSA, J. C. Crescimento e acúmulo de macronutrientes em chicória coberta e não coberta com polipropileno. **Horticultura Brasileira**, Campinas, v. 26, n. 1, p. 50-55, 2008.

FONTANA, F.; LAZZERI, L.; MALAGUTI, L.; GALLETTI, S. Agronomic characterization of some *Crambe abyssinica* genotypes in a locality of the Po Valley. **European Journal of Agronomy**, Bologna, v. 9, n. 2, p. 117-126, 1998.

JASPER, S. P.; BIAGGIONI, M. A. M.; SILVA, P. R. A. Comparação do custo de produção do crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) com outras culturas oleaginosas em sistema de plantio direto. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 25, n. 4, p.141-153, 2010.

KMEC, P.; WEISS, M. J.; MILBRATH, L. R.; SCHATZ, B. G.; HANZEL, J.; HANSON, B. K.; ERIKSMOEN, E. D. Growth analysis of crambe. **Crop Science**, Madison, v. 38, n. 1, p.108-112, 1998.

KNIGHTS, E. G. **Crambe: A North Dakota case study**. A Report for the Rural Industries Research and Development Corporation, RIRDC Publication No. W02/005, Kingston, 2002. 25p. Disponível em: <<http://www.ruralsementes.com.br/produtos/Estudo%20de%20caso%20em%20North%20Dakota%20-%20Cultura%20do%20Crambe.pdf>>. Acesso em: 09 de jun. 2011.

LAGHETTI, G.; PIERGIOVANNI, A. R.; PERRINO, P. Yield and oil quality in selected lines of *Crambe abyssinica* Hochst. Ex R.E Fries and *C. hispânica* L. grown in Italy. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 4, p. 203-212, 1995.

MANCIN, C.R.; SOUZA, L. C. F.; NOVELINO, J. O.; MARCHETTI, M. E.; GONÇALVES, M.C. Desempenho agrônomo da soja sob diferentes rotações e sucessões de culturas em sistema de plantio direto. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 31, n.1, p.71-77, 2009.

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYŻANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 3.1-3.24.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de Sementes de Plantas Cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.

MASTEBROEK, H. D.; LANGE, W. Progress in a crambe cross programme. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 6, p. 221-227, 1997.

MEIJER, W.J.M.; MATHIJSEN, E.W.J.M.; KREUZER, A.D. Low pod numbers and inefficient use of radiation are major constraints to high productivity in *Crambe* crops. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 19, p.221-233, 1999.

MELLO, R.; NORBERG, J. L.; ROCHA, M. G. Potencial produtivo e qualitativo de híbridos de milho, sorgo e girassol para ensilagem. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 10, n. 1, p. 87-95, 2004.

NAKAGAWA, J.; GASPAR, C. M.; SANTOS, J. R.; CARDOSO, C. L.; BICUDO, S. J. Qualidade de sementes de trigo e de soja em função de sistemas de preparo de solo e da sucessão de culturas. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 25, n. 1, p.73-80, 2003.

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

OPLINGER, E. S.; OELKE, E. A.; KAMINSKI, A. R.; PUTNAM, D. H.; TEYNOR, T. M.; DOLL, J. D.; KELLING, K. A.; DURGAN, B. R.; NOETZEL, D. M. **Crambe, Alternative Field Crops Manual**. 1991. University of Wisconsin. Disponível em: <<http://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/crambe.html>>. Acesso em: 09 de jun.2011.

PASQUALETTO, A.; COSTA, L. M. Influência de sucessão de culturas sobre características agrônomicas do milho (*Zea mays* L) em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 31, n. 1, p.61-64, 2001.

PEREIRA, A. R.; MACHADO, E. C. **Análise quantitativa do crescimento de comunidades vegetais**. Campinas, SP: Instituto Agrônomo. 1987. 33p. (IAC Boletim técnico nº 114).

PITOL, C.; BROCH, D. L.; ROSCOE, R. **Tecnologia e produção: crambe 2010**. Fundação MS, Maracaju, 2010.

REGINATO, P.; SOUZA, C. M. A.; SILVA, C. J.; RAFULL, L. Z. L. Desempenho agrônomo e qualidade de sementes de crambe em diferentes épocas e profundidades de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 10, p. 1410-1413, 2013.

REZENDE, A. V.; EVANGELISTA, A. R.; SIQUEIRA, G. R.; BARCELOS, A. F.; ROCHA, G. P.; SANTOS, R. V. Efeito da densidade de semeadura sobre a produtividade e composição bromatológica de silagens de girassol (*Helianthus annuus*). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, Edição Especial, p. 1672-1678, 2003.

ROSOLEM, C. A.; CALONEGO, J. C.; FOLONI, J. S. S. Lixiviação de potássio da palha de espécies de cobertura de solo de acordo com a **quantidade** de chuva aplicada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 355-362, 2003.

ROSCOE, R.; DELMONTES, A. M. A. **Crambe é nova opção para biodiesel**. Agriannual 2009. São Paulo: Instituto FNP, 2008. p. 40-41.

SILVA, L. C.; BELTRÃO, N. E. M.; AMORIM NETO, M. S. **Análise do crescimento de comunidades vegetais**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2000. 46 p. Embrapa Algodão. Circular Técnica, 34.

SODRÉ FILHO, J.; CARDOSO, A. N.; CARMONA, R.; CARVALHO, A. M. Fitomassa e cobertura do solo de culturas de sucessão ao milho na região do cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 4, p. 327-334, 2004.

TOEBE, M.; BRUM, B.; LOPES, S. J.; CARGNELUTTI FILHO, A. SILVEIRA, T. R. Estimativa da área foliar de *Crambe abyssinica* por discos foliares e por fotos digitais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.2, p.475-478, 2010a.

TOEBE, M.; LOPES, S. J.; STORCK, L.; SILVEIRA, T. R.; MILANI, M.; CASAROTTO, G. Estimativa de plastocrono em crambe. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.4, p.793-799, 2010b.

TOLEDO, M. Z.; FONSECA, N. R.; CÉSAR, M. L.; SORATTO, R. P.; CAVARIANI, C.; CRUSCIOL, C. A. C. Qualidade fisiológica e armazenamento de sementes de feijão em função da aplicação tardia de nitrogênio em cobertura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 2, p. 124-133, 2009.

TRZECIAK, M. B.; NEVES, M. B.; VINHOLES, P. S.; VILLELA, F. A.; **Utilização de sementes de espécies oleaginosas para produção de biodiesel**. Londrina: Informativo ABRATES, v. 18, n. 1-3, p. 030-038, 2008.

ZOBIOLE, L. H. S.; CASTRO, C.; OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA JUNIOR, A.; MOREIRA, A. Sunflower micronutrient uptake curves. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 2, p. 346-353, 2011.

2 CAPÍTULO I

RESPOSTAS DE PLANTAS DE CRAMBE INFLUENCIADAS POR RESÍDUOS CULTURAIS DE GIRASSOL EM SISTEMA DE SUCESSÃO

2.1 RESUMO

Informações sobre práticas agronômicas adaptadas para a cultura do crambe são de fundamental importância para inserção desta espécie na cadeia produtiva do Biodiesel. O objetivo do presente estudo foi avaliar o crescimento, o desenvolvimento e o acúmulo de massa de matéria seca e de nutrientes em plantas de crambe, influenciados por resíduos de plantas de girassol (*Helianthus annuus* L.) mantidos na superfície do solo. Para isto, foi conduzido um experimento em 2010 (cultivo 1) e repetido em 2012 (cultivo 2). Em cada cultivo, o delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso, em parcelas subdivididas com quatro repetições. As parcelas foram representadas por prática agronômica (área com e sem resíduos de plantas de girassol na superfície do solo) e, as subparcelas por seis épocas de coleta das plantas de crambe (18, 36, 54, 72, 90 e 108 dias após a semeadura - DAS). Foram avaliados o desenvolvimento de plantas e o acúmulo de nutrientes na parte aérea, bem como realizada a análise de crescimento das plantas de crambe. Pelos resultados obtidos pode-se concluir que no cultivo 1, em área com resíduos de girassol mantidos na superfície do solo, o maior índice de área foliar por área de solo até 36 DAS, favorece a fotossíntese líquida (TAL) até 72 DAS e o acúmulo biomassa por área de solo ocupada no período (TCC) até 90 DAS, bem como, o acúmulo de nutrientes nas plantas de crambe a partir de 36 DAS. No cultivo 2, com menor quantidade de resíduos de plantas de girassol mantidos na superfície do solo em relação ao cultivo 1, o menor índice de área foliar (IAF) e de massa seca acumulada na parte aérea resulta em taxas de crescimento inferiores em todo o ciclo fenológico, bem como em menor acúmulo de nutrientes nas plantas de crambe.

Palavras-chave: *Crambe abyssinica*. Crescimento. Nutrientes. Decomposição.

2.2 ABSTRACT

Information on agronomic practices adapted for farming crambe is of fundamental importance for inclusion of this species in Biodiesel production chain. The objective of present study was evaluate of growth, development and dry matter and nutrients accumulation in shoot and fruits de crambe influenced by the sunflower (*Helianthus annus* L.) plants residues retained in soil surface. For this, an experiment was conducted in 2010 and repeated in 2012. For each crop, the experiment was randomized in split plot complete block with four replications. The plots were represented for agronomic practice (area with and without sunflower plants residues in soil surface) and the subplots, by the six sampling times (18, 36, 54, 72, 90 and 108 days after sowing - DAS). The plants development and nutrients accumulation in shoot were evaluated, as well as performed growth analysis. From the results obtained can be concluded that at first crop, area in the presence sunflower (*Helianthus annus* L.) plants residues retained in soil surface, the greater leaf area per unit soil area up to 36 days after sowing, favored of net assimilation rate (NAR) up to 72 days after sowing and dry matter accumulation per unit soil area occupied in time, crop growth rate (CGR) up to 90 days after sowing during, both nutrients accumulation in crambe plants as from 36 days after sowing. In second crop, with less amount sunflower (*Helianthus annus* L.) plants residues retained in soil surface in from the first crop, the lower index area leaf (LAI) and dry matter accumulation in shoot resulting in lower growth rates throughout the phenological cycle, as well as lower nutrients accumulation in plants crambe

Keywords: *Crambe abyssinica*. Growth. Nutrients. Decomposition.

2.3 INTRODUÇÃO

Nativo da região do Mediterrâneo, o crambe (*Crambe abyssinica* Hochst. Ex R.E. Fries.) foi introduzido no Brasil na década de 1990, a fim de compor sistemas de rotação de culturas e cobertura vegetal do solo no período de outono-inverno (PITOL et al., 2010); contudo, com o estímulo à produção de Biodiesel abriu-se nova perspectiva de interesse econômico e social (TRZECIAK et al., 2008), cujo mercado ainda é dominado pela soja (BRASIL, 2013a).

Esta espécie destaca-se pela presença de aproximadamente 34% de óleo nos frutos (sílquias) com uma única semente no seu interior (FONTANA et al., 1998), cujo Biodiesel produzido apresenta características físico-químicas dentro das normas estabelecidas na Resolução nº 7 de 2008 da ANP (JASPER et al., 2010). Além disso, seu óleo apresenta entre 50 e 60 % de ácido erúico, que o torna de grande utilidade nas indústrias de lubrificantes inibidores de corrosão, de borracha sintética, de películas de plástico, de cosméticos e de nylon (FALASCA et al., 2010) e, segundo Reginato et al. (2013), parte do subproduto pode ser adicionada à dieta de animais ruminantes. Além disto, assim como o nabo forrageiro, o crambe também da família *Brassicaceae* pode ser utilizado para produção de Biodiesel, principalmente por pequenos produtores rurais, já que de acordo com a Resolução 30 de 2013, este biocombustível pode ser utilizado para o uso próprio (BRASIL, 2013b).

Para o cultivo desta espécie, informações sobre o desenvolvimento e o crescimento das plantas podem ser muito importantes para o ajuste do espaçamento entre linhas e plantas (OLIVEIRA, 2013) bem como sobre o conhecimento da quantidade de nutrientes acumulada nas plantas e exportada nas sementes que são informações essenciais para o manejo da adubação (ZOBIOLE et al., 2011). No entanto, resultados sobre crescimento e desenvolvimento de plantas de crambe sob distintos sistemas agrícolas são escassos. Em sistema de sucessão de culturas, foi constatado índice de área foliar de 1,88 m² m⁻² e valores de massa seca da parte aérea de aproximadamente 3.500 kg ha⁻¹ e produtividade de sílquias de 1.170 kg ha⁻¹ para cv. Meyer cultivado em Dakota do Norte/USA sob resíduos de plantas de girassol (KMEC et al., 1998), bem como de 1.140 e 1.658 kg ha⁻¹ após milho e soja, respectivamente, na região do cerrado brasileiro, no período de outono-inverno (BROCH et al., 2010).

A manutenção e manejo de resíduos culturais de plantas de girassol na superfície do solo podem trazer diversos benefícios para culturas semeadas em sucessão, já que do total absorvido e acumulado nas plantas desta oleaginosa, aproximadamente 24, 21, 44 e 40 kg ha⁻¹ de N, P, K e Ca, respectivamente, ainda permanecem nos resíduos culturais, que são formados por folhas, caules e partes do capítulo (BRAZ & ROSSETTO, 2010), que são compostos por folhas (23%) e capítulos (26%) de baixa relação C/N, de 21,7 e 26,6 % respectivamente, e por caules (51%), de alta relação C/N, de 82,4% (CASTRO & OLIVEIRA, 2005). Já quando o crambe é cultivado em sucessão com outras espécies tais como a soja, o efeito deste pode estar relacionado ao aumento de nitrogênio no sistema, não só devido a fixação biológica de nitrogênio, mas também pelo aproveitamento da adubação residual (BROCH et al., 2010). No entanto, no cultivo de nabo forrageiro, outra espécie da família *Brassicaceae*, Morais et al. (2014) verificaram que resíduos de plantas de girassol promoveram prejuízo ao desenvolvimento das plantas, à eficiência de translocação dos fotoassimilados e ao crescimento de plantas, após 40 dias da semeadura devido aos possíveis efeitos alelopáticos das substâncias produzidas por estes resíduos.

Diante do exposto, ou seja, da necessidade de avaliar o sistema de produção do crambe, o objetivo desse trabalho foi avaliar o desenvolvimento, o crescimento, e o acúmulo de massa de matéria seca e de nutrientes nas plantas e sílquias de crambe influenciados por resíduos de plantas de girassol (*Helianthus annuus* L.) mantidos na superfície do solo.

2.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido a 22° 45' S, 43° 41' W, 40 m de altitude, em solo classificado como Planossolo (RAMOS et al., 1973), em 2010 (Cultivo 1) no campo experimental do setor de Horticultura e repetido em 2012 (Cultivo 2) no campo experimental do setor de Fitotecnia, ambos do Departamento de Fitotecnia, do Instituto de Agronomia da UFRRJ. Os dados de temperatura do ar (máxima e mínima) e de precipitação pluvial durante o período de abril a julho de 2010 e de 2012 em Seropédica foram coletados da Estação Meteorológica Automática de Superfície, denominada de Estação Ecologia Agrícola, situada a 22° 45' 28" S de latitude, 43° 41' 5" W de longitude e 34 m de altitude.

Em cada cultivo, o delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso, em esquema de parcelas subdivididas com quatro repetições. As parcelas (3,0 x 6,3 m) foram representadas por prática agrônômica (área com e área sem resíduos de plantas de girassol na superfície do solo) e as subparcelas (3,0 x 1,05 m), por seis épocas de coleta das plantas de crambe (18, 36, 54, 72, 90 e 108 DAS), de acordo com a Figura 1, sendo que houve o sorteio à nível de subparcelas.

Em cada subparcela, havia três linhas (3 m) espaçadas a 0,35m, para a semeadura do crambe, destas, duas linhas externas e 0,5 m de cada lado de cada linha formavam a bordadura, sendo a área útil, formada por 2 m da linha central (0,70 m²).

A semeadura do crambe foi realizada em 15 abril de 2010 (cultivo 1) e 10 de abril de 2012 (cultivo 2) empregando 35 sementes por metro linear, em sulcos espaçados entre si por 0,35 m, visando população de 100 plantas m⁻² (FONTANA et al., 1998). Para isto, foi realizado o teste de germinação visando obter a correção para a densidade de plantas estabelecida. A semeadura do crambe ocorreu em área com predomínio de resíduos de *Brachiaria* sp. e *Panicum maximum* (área sem resíduos de plantas de girassol) e em área anteriormente cultivada com girassol cv. Catissol, nos períodos de novembro de 2009 a março de 2010 (cultivo 1) e de novembro de 2011 a março de 2012 (cultivo 2). Para a semeadura do girassol foram utilizadas 4 sementes por metro linear com espaçamento de 0,70 m entre linhas visando uma densidade de 45.000 plantas ha⁻¹, assim foi feito teste de germinação visando obter a correção para a densidade de plantas estabelecida (BRAZ & ROSSETTO, 2010).

BLOCO 1		BLOCO 2		BLOCO 3		BLOCO 4	
CR	SR	CR	SR	CR	SR	CR	SR
Epoca 1 18 DAS	Epoca 4 72 DAS	Epoca 1 18 DAS	Epoca 4 54 DAS	Epoca 2 36 DAS	Epoca 1 18 DAS	Epoca 5 90 DAS	Epoca 6 108 DAS
Epoca 3 54 DAS	Epoca 1 18 DAS	Epoca 2 36 DAS	Epoca 1 18 DAS	Epoca 5 90 DAS	Epoca 4 72 DAS	Epoca 6 108 DAS	Epoca 1 18 DAS
Epoca 4 72 DAS	Epoca 6 108 DAS	Epoca 4 72 DAS	Epoca 6 108 DAS	Epoca 6 108 DAS	Epoca 2 36 DAS	Epoca 2 36 DAS	Epoca 5 90 DAS
Epoca 5 90 DAS	Epoca 5 90 DAS	Epoca 3 54 DAS	Epoca 2 36 DAS	Epoca 4 72 DAS	Epoca 6 108 DAS	Epoca 3 54 DAS	Epoca 4 72 DAS
Epoca 2 36 DAS	Epoca 2 36 DAS	Epoca 5 90 DAS	Epoca 1 18 DAS	Epoca 1 18 DAS	Epoca 5 90 DAS	Epoca 1 18 DAS	Epoca 3 54 DAS
Epoca 6 108 DAS	Epoca 3 54 DAS	Epoca 6 108 DAS	Epoca 3 54 DAS	Epoca 3 54 DAS	Epoca 3 54 DAS	Epoca 4 72 DAS	Epoca 2 36 DAS
3,0m							

} 1,05m
 } 1,05m
 } 1,05m
 } 1,05m
 } 1,05m
 } 1,05m

Figura 1. Croqui da área do experimento. CR = área com resíduos de girassol; SR = área sem resíduos de girassol e DAS = dias após a semeadura.

Em ambas as áreas, em março 15 de março de 2010 e 10 de março de 2012, as plantas de girassol e espontâneas foram roçadas mecanicamente e os resíduos deixados sobre o solo por 30 dias. Foram realizadas coletas periódicas dos resíduos de girassol na superfície do solo (área com girassol), assim como dos resíduos de plantas espontâneas (área sem girassol), sendo a primeira realizada logo após o corte (15 de março de 2010 e 10 de março de 2012) e as demais, em intervalo de 15 dias até 60 dias após o corte das plantas. Em cada coleta foram retiradas, ao acaso, quatro amostras de 0,25 m² por parcela, com auxílio de um quadrado de PVC (CERETTA et al., 2002). O material foi coletado, limpo e submetido à secagem superficial usando papel toalha e, posteriormente, foi mantido a 65 °C até alcançar massa constante e, após esse período, realizou-se a pesagem para determinação da massa seca. Os resultados foram expressos em kg ha⁻¹.

Os cálculos de decomposição dos resíduos de girassol e das espécies espontâneas seguiram o modelo exponencial simples $x_t = x_0 e^{-kt}$, sendo x_t a quantidade de matéria seca de resíduos remanescentes após um período t , em dias; x_0 é a quantidade de matéria seca inicial no dia do corte das plantas; e k é a constante de decomposição (CHAGAS et al., 2007).

Por ocasião da semeadura do crambe, que ocorreu aos 30 dias após o corte (roçada) das plantas de girassol na área com resíduos e das plantas espontâneas na área sem resíduos, foi realizada adubação com base na análise inicial de solo na profundidade de 0-20 cm, cujos resultados estão apresentados na Tabela 1. As análises de solo foram realizadas nos Laboratórios de Análise de Solos da Empresa de Pesquisa Agropecuária do estado do Rio de Janeiro (PESAGRO/Seropédica) e da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Nos dois cultivos, por ocasião da semeadura, foram distribuídos 10 kg ha⁻¹ de N, 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 60 kg ha⁻¹ de K₂O, na forma de sulfato de amônio (20% N), superfosfato simples (18 a 21% de P₂O₅) e cloreto de potássio (60 % de K₂O), respectivamente, e aos 30 DAS realizou-se a adubação de cobertura com 40 kg ha⁻¹ de N (45 % de N) na forma de ureia com base em Laghetti et al. (1995), pois até o momento havia apenas esta referencia disponível. No cultivo 2 (2012), foram utilizadas as mesmas doses e fontes de adubação, com exceção à adubação fosfatada, que foi de 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

Foram realizadas duas capinas manuais aos 15 e 30 DAS em ambos os cultivos. A população de plantas por metro linear foi avaliada aos 21 DAS (inicial) e na colheita dos frutos (final), cujos valores foram utilizados para se obter a sobrevivência de plantas (%).

Em cada época de coleta (subparcela) foram coletadas as plantas de 0,5m linear ao nível do solo e estas foram avaliadas quanto ao desenvolvimento pelo comprimento da haste principal, número de folhas por planta, número de ramos por planta (primário, secundário, terciário e total de ramos), diâmetro da haste e massa de matéria seca de folhas, ramos, síliquas e da parte aérea total, após permanência em estufa a 65°C até atingir massa constante. Na determinação da área foliar (cm²) foi usado o medidor eletrônico LI 3100 Área Meter.

Para a análise de crescimento das plantas de crambe foi adotado o método funcional, utilizando as equações polinomiais do 2º, ajustadas para índice de área foliar (IAF) e massa de matéria seca da parte aérea total (KVET et al., 1971). Por meio das equações foram calculadas as seguintes taxas:

$$\text{Taxa de crescimento relativo (TCR)} = \frac{1}{\text{MSPA}} \cdot \frac{d\text{MSPA}}{dt} \text{ (g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}\text{)}$$

$$\text{Taxa de crescimento da cultura (TCC)} = \frac{d\text{MSPA}}{dt} \text{ (g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}\text{);}$$

$$\text{Taxa de assimilação líquida (TAL)} = \frac{1}{A} \cdot \frac{d\text{MSPA}}{dt} \text{ (g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}\text{)}$$

$$\text{Razão de área foliar (RAF)} = \frac{\text{TCR}}{\text{TAL}} \text{ (m}^{-2} \text{ g}^{-1} \text{ dia}^{-1}\text{)}$$

Onde, MSPA é massa seca da parte aérea total (g.m^{-2}), A é o índice de área foliar (m^{-2}) e T é tempo (dias).

Para determinação da concentração de nutrientes na parte aérea e nas siliquas (com uma única semente no interior), após a secagem e moagem das amostras, estas foram submetidas à digestão sulfúrica, sendo o nitrogênio (N) quantificado pelo método de destilação semi-micro-Kjeldahl, o potássio (K) por fotometria de emissão de chama, o fósforo (P) por espectrofotometria e o cálcio (Ca) e magnésio (Mg) por fotometria de absorção (TEDESCO, 1995), obtendo-se as concentrações em g kg^{-1} . O acúmulo de nutrientes foi obtido multiplicando-se a concentração pela massa seca da parte aérea e de frutos (kg ha^{-1}).

Por cultivo, os dados obtidos foram submetidos, primeiramente, aos testes de Lilliefors e de Cochran & Bartley, para verificar a normalidade e homogeneidade dos erros, respectivamente (RIBEIRO JUNIOR, 2001) e não foi necessário à transformação dos dados. Posteriormente foi realizada a análise de variância e para fonte de variação prática agrônômica (área com e área sem resíduos de girassol) foi realizado o teste F por meio do pacote estatístico SISVAR (FERREIRA, 2010). Para a fonte de variação quantitativa, foi efetuada a análise de regressão, considerando a significância dos parâmetros, o coeficiente de determinação (R^2) e a expectativa biológica para o melhor ajuste da equação, com auxílio do pacote estatístico SigmaPlot 12.0 (SYSTAT SOFTWARE Inc, 2012).

2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos anos de 2010 (cultivo 1) e 2012 (cultivo 2), durante a fase vegetativa das plantas de crambe, a temperatura média do ar esteve entre 20 e 29°C, faixa considerada adequada para a emergência e desenvolvimento da cultura de acordo com Fontana et al. (1998), que é de 20 a 20 °C. Com relação à precipitação pluvial, houve estiagem de aproximadamente 5 dias logo após a semeadura em 2010, mas em 2012, houve 40 mm no período da semeadura à emergência das plântulas, favorecendo a maior população inicial das plantas (22 plantas por metro linear), quando comparada à de 2010 (17 plantas por metro linear) independente da prática agronômica (área com ou área sem resíduos de plantas de girassol). Além disto, durante o ciclo ocorreram 193 mm em 2010 e 279 mm em 2012 (Figura 2), ou seja, os valores de 2012 estão acima faixa da máxima ideal, que é de 150 a 200 mm (PITOL et al., 2010). Durante o cultivo 2, foi observado que do volume de precipitação pluvial que ocorreu ao longo do ciclo fenológico de crambe, 80 mm se concentrou na fase de maturação das siliquis, fato que pode ter prejudicado o rendimento siliquis da cultura.

Do mesmo modo, a população final (na colheita) em cada cultivo não diferiu entre a prática agronômica adotada (área com ou área sem resíduos), sendo em média 14 plantas por metro linear em 2010 e 18 plantas por metro linear em 2012. Em nabo forrageiro (*Brassicaceae*), Morais et al. (2014) também constataram ausência de efeitos prejudiciais na população inicial de plantas de crambe cultivadas sob resíduos culturais de girassol em sucessão. De acordo com Carvalho et al. (2008) até 60 dias após o corte das plantas de girassol apenas 28% dos resíduos mantidos na superfície do solo são decompostos.

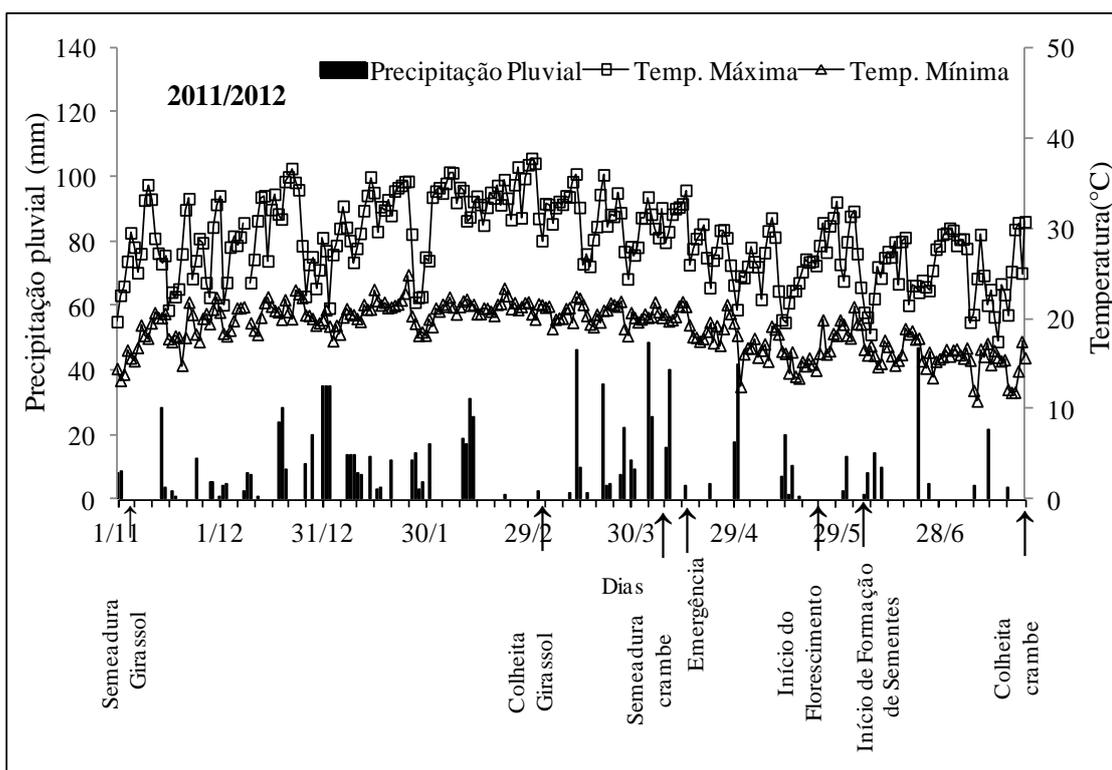
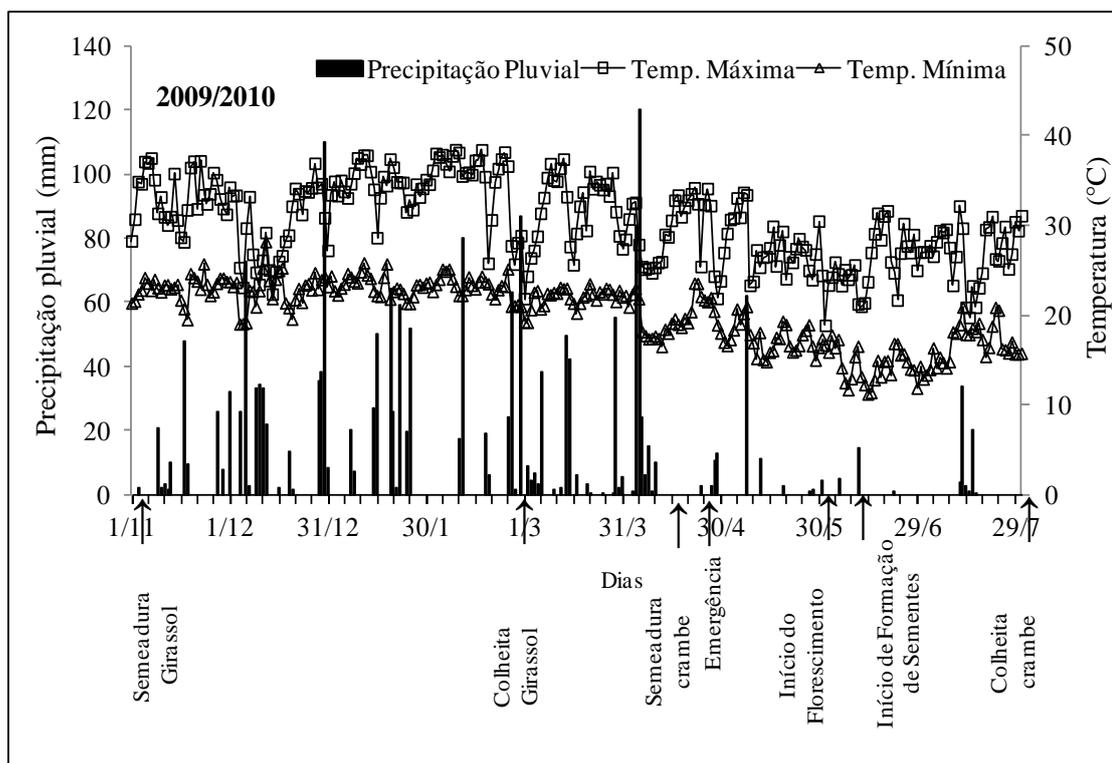


Figura 2. Dados de temperatura do ar (máxima e mínima) e precipitação pluvial coletados durante o cultivo 1 (2010) e cultivo 2 (2012) e fases fenológicas da cultura do crambe.

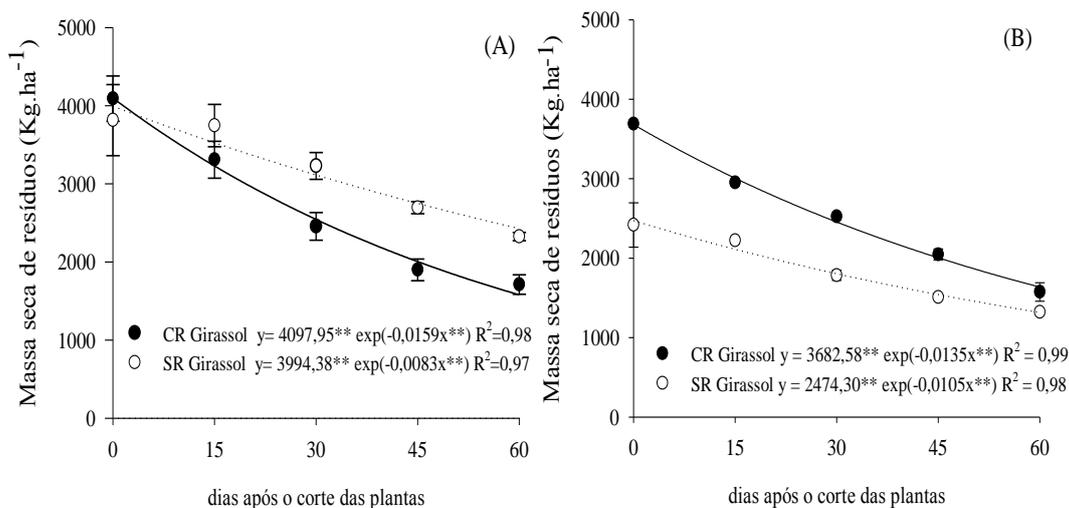


Figura 3. Massa seca remanescente de resíduos culturais (● - com resíduos) e de plantas de espontâneas (○ - sem resíduos de girassol), durante o cultivo do crambe em 2010 (A) e em 2012 (B), em função do dia da roçada das plantas.

Os resultados das análises químicas das amostras de solo estão apresentados na Tabela 1.

No cultivo 1 cujo experimento foi desenvolvido em planossolo no campo experimental do setor de Horticultura da UFRRJ, verifica-se que antes da semeadura do crambe, tanto na área com resíduos de girassol, assim como na área sem resíduos, os teores de cálcio (Ca) somados aos de magnésio (Mg) em ambas profundidades encontravam-se em níveis médios (Tabela 1). Para potássio (K) e fósforo (P) os teores estavam baixos de acordo com o Manual de Calagem e adubação do Estado do Rio de Janeiro (FREIRE et al., 2013). Já os teores de carbono orgânico estavam em níveis médios, tanto na área anteriormente cultivada com girassol, assim como na área sem resíduos de girassol, já que estavam dentro da faixa de 1,1 a 2,0 % (FREIRE et al., 2013). Este resultado está diretamente associado a maior quantidade de resíduos produzidos pelas plantas de girassol no momento do corte que foi de 4091 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ e de 3965 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ na área sem resíduos. Este fato fica ainda mais evidente quando se comparam os dois cultivos pelo de teor de carbono orgânico na análise química do solo (Tabela 1).

No cultivo 2, quando o experimento foi realizado em planossolo campo experimental do setor de Fitotecnia da UFRRJ os resultados de Ca e Mg estão altos antes da semeadura e após a colheita do crambe. Antes da semeadura do crambe, os teores de K estão baixos e de P, são considerados médios. Verifica-se que os teores de carbono orgânico, de 0-20 e de 20 a 40 cm são inferiores aos observados durante o cultivo 1 nas diferentes fases do experimento (Tabela 1), já que houve menor quantidade de resíduos por ocasião do corte das plantas de girassol (3.689 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) e também de resíduos de plantas espontâneas (2.418 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ na área sem resíduo (Figura 3). Em ambos os cultivos não foi realizado correção do solo com calcário. Os resultados elevados de Ca e Mg no cultivo 2 podem está relacionados ao uso anterior do solo, já que nesta área, foram realizados sucessivos cultivos de culturas anuais (feijão e milho).

Tabela 1. Análise química das amostras de solo coletadas antes da semeadura e após a colheita das síliquas de crambe em área com e sem resíduos de plantas de girassol, no cultivo 1 (2010) e no cultivo 2 (2012).

Amostra (cm)	pH (H ₂ O)	Al	H+Al	Ca	Mg	K	P	C	V
		(cmol _c dm ⁻³)				mg l ⁻¹		(%)	
Cultivo 1									
Antes da semeadura do crambe em área com resíduos de girassol									
0-20	5,60	0,00	1,85	1,40	0,70	2,45	6,65	1,58	65,00
20-40	5,60	0,00	1,35	1,30	0,35	1,50	3,05	1,06	72,50
Antes da semeadura do crambe em área sem resíduos de girassol									
0-20	5,65	0,00	2,10	1,40	0,70	4,20	6,25	2,15	68,00
20-40	5,90	0,00	1,90	1,25	0,65	1,50	4,40	1,29	67,50
Após a colheita do crambe em área com resíduos de girassol									
0-20	5,33	0,00	2,31	2,40	1,45	52,04	10,43	1,73	63,13
20-40	5,47	0,00	1,98	2,43	1,60	29,08	4,04	1,23	67,22
Após a colheita do crambe em área sem resíduos de girassol									
0-20	5,02	0,15	1,77	1,20	0,90	62,28	18,43	0,99	56,03
20-40	5,14	0,11	1,44	1,08	0,78	42,43	15,41	1,19	57,40
Cultivo 2									
Antes da semeadura do crambe em área com resíduos de girassol									
0-20	6,4	0,0	2,0	3,6	0,9	3,8	14,0	1,01	70,0
20-40	6,3	0,0	1,8	2,8	1,3	3,7	10,0	0,82	70,0
Antes da semeadura do crambe em área sem resíduos de girassol									
0-20	6,2	0,0	2,0	4,3	1,4	3,1	6,2	0,92	74,3
20-40	6,7	0,0	1,8	4,6	1,0	4,7	11,0	1,06	76,0
Após a colheita do crambe em área com resíduos de girassol									
0-20	6,7	0,0	2,5	4,8	1,3	82	13,5	1,06	72,2
20-40	6,4	0,0	1,8	3,4	1,0	32	4,1	0,84	71,4
Após a colheita do crambe em área sem resíduos de girassol									
0-20	6,7	0,0	1,8	4,6	0,7	52	7,1	0,96	75,3
20-40	6,7	0,0	1,5	1,4	1,8	21	3,4	0,73	74,1

2.5.1 AVALIAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO E ACÚMULO DE MASSA DE MATÉRIA SECA E MACRONUTRIENTES NA PARTE AÉREA DE PLANTAS DE CRAMBE

Na avaliação de desenvolvimento e de acúmulo de massa seca em plantas de crambe, em 2010, houve efeito significativo da interação entre as fontes de variação analisadas (prática agrônômica e época de coleta), para as variáveis, altura, número de folhas, massa de matéria seca (folhas, ramos e parte aérea) e IAF, assim como para o acúmulo de macronutrientes na parte aérea das plantas (Quadros 1; 2; 5). Além disto, houve efeito significativo da prática agrônômica (área com e sem resíduos de girassol) para número de ramos (primário e total) e massa seca de síliquas (Quadro 3). Com relação aos resultados de concentração de macronutrientes, não houve interação entre as fontes de variação analisadas e também não houve efeito significativo isolado da prática agrônômica (Quadro 4).

Quadro 1. Resumo da análise de variância para altura, diâmetro do caule, massa seca de ramos e de parte aérea de plantas de crambe sob influência da prática agrônômica (área com e sem resíduos de plantas de girassol) em 2010 (Cultivo 1) aos 18, 36, 54, 72, 90 e 108 DAS.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios			
		Altura (cm)	Diâmetro (mm)	Massa seca de ramos (kg ha ⁻¹)	Massa seca da parte aérea (kg ha ⁻¹)
Bloco	3	42,005	0,7299	40143,5416	165591,7199
Prática agrônômica (A)	1	4520,200**	1,4248 ^{ns}	7212080,9776**	13177992,2120**
Erro1	3	23,759	0,2189	181874,4021	351290,9981
Época (E)	5	16999,620**	56,0557**	27456945,0557**	52796187,0181**
C*E	5	203,781**	1,6073 ^{ns}	1124058,0159**	2043017,8170**
Erro 2	30	39,219	0,6814	81051,3785	155802,9081
C.V. 1 (%)		6,92	7,00	18,05	17,16
C.V. 2 (%)		8,89	12,34	12,05	11,43

** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F e, ns não significativo.
CV (%) 1 = Coeficiente de variação da Parcela; CV (%) 2 = Coeficiente de variação da Subparcela.

Quadro 2. Resumo da análise de variância para número e massa da matéria seca de folhas e de índice de área foliar de plantas de crambe sob influência da prática agrônômica (área com e sem resíduos de plantas de girassol) em 2010 (Cultivo 1) aos 18, 36, 54, 72, 90 e 108 DAS.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios		
		Número de folhas por planta	Massa seca de folhas (kg ha ⁻¹)	IAF (m ² m ⁻²)
Bloco	3	16,2916	5402,6224	0,0212
Prática agrônômica (A)	1	4,2250 ^{ns}	13658,5680 ^{ns}	0,0632 ^{ns}
Erro1	3	33,8250	12659,8554	0,0791
Época (E)	4	5611,7250**	1629455,2863**	22,3832**
P*E	4	199,4750*	134326,7965**	1,1997**
Erro 2	24	57,3500	11651,8516	0,0973
C.V. 1 (%)		20,64	27,29	19,49
C.V. 2 (%)		26,88	26,18	21,61

** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F e, ns não significativo.
CV (%) 1 = Coeficiente de variação da Parcela; CV (%) 2 = Coeficiente de variação da Subparcela.

Quadro 3. Resumo da análise de variância para massa da matéria seca de siliquas, número de ramos primários, secundários, terciários e do total de ramos por planta de crambe sob influência da prática agrônômica (área com e sem resíduos de plantas de girassol) em 2010 (Cultivo 1) aos 18, 36, 54, 72, 90 e 108 DAS.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios				
		Massa seca de siliquas (kg ha ⁻¹)	Primários	Secundários	Terciários	Ramos por planta
Bloco	3	42704,0698	1,5312	6,3645	33,0833	60,1145
Prática agrônômica (A)	1	1053186,641*	30,0312*	225,7812 ^{ns}	144,5000 ^{ns}	1365,0312*
Erro1	3	85673,5341	1,8645	56,7812	45,9166	135,1145
Época (E)	3	3964259,849**	7,2812 ^{ns}	331,2812**	449,7500**	1606,8645**
A*E	3	67437,3986 ^{ns}	0,9479 ^{ns}	56,8645 ^{ns}	36,9166 ^{ns}	184,3645 ^{ns}
Erro 2	18	89571,9636	2,8923	37,5451	19,1388	79,2534
C.V. 1 (%)		26,11	9,73	20,49	30,80	15,70
C.V. 2 (%)		26,70	12,12	16,66	19,89	12,03

** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F e, ns não significativo.
CV (%) 1 = Coeficiente de variação da Parcela; CV (%) 2 = Coeficiente de variação da Subparcela.

Quadro 4. Resumo da análise de variância para concentração de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio na parte aérea de plantas de crambe sob influência da prática agrônômica (área com e sem resíduos de plantas de girassol) em 2010 (Cultivo 1) aos 18, 36, 54, 72, 90 e 108 DAS.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios				
		Nitrogênio (g kg ⁻¹)	Fósforo (g kg ⁻¹)	Potássio (g kg ⁻¹)	Cálcio (g kg ⁻¹)	Magnésio (g kg ⁻¹)
Bloco	3	1,0454	0,0186	1,3769	1,1159	0,0252
Prática agrônômica (A)	1	0,6052 ^{ns}	0,4200 ^{ns}	2,4797 ^{ns}	0,5676 ^{ns}	0,2552 ^{ns}
Erro1	3	0,8948	0,1446	1,2466	0,3914	0,0160
Época (E)	5	372.4178**	28,0667**	256,1937**	210,4840**	24,7116**
A*E	5	0,2222 ^{ns}	0,6800 ^{ns}	0,7066 ^{ns}	0,8814 ^{ns}	0,0903 ^{ns}
Erro 2	30	3,9312	0,1232	1,3249	0,6091	0,0306
C.V. 1 (%)		5,76	9,72	9,96	3,92	4,82
C.V. 2 (%)		5,55	8,97	10,26	4,89	6,66

** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F e, ns não significativo.
CV (%) 1 = Coeficiente de variação da Parcela; CV (%) 2 = Coeficiente de variação da Subparcela.

Quadro 5. Resumo da análise de variância para acúmulo de N, P, K, Ca e Mg na parte aérea de plantas de crambe sob influência da prática agrônômica (área com e sem resíduos de plantas de girassol) em 2010 (Cultivo 1) aos 18, 36, 54, 72, 90 e 108 DAS.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios				
		N (kg ha ⁻¹)	P (kg ha ⁻¹)	K (kg ha ⁻¹)	Ca (kg ha ⁻¹)	Mg (kg ha ⁻¹)
Bloco	3	21,9136	0,3824	2,3573	94,5581	0,4294
Prática agrônômica (A)	1	2125,6336*	62,8376 ^{ns}	957,0281*	2580,3507*	56,4655*
Erro1	3	107,4169	10,7277	20,9390	84,3224	1,8911
Época (E)	5	6920,2064**	341,7845**	3834,3997**	9191,3208**	119,1144**
A*E	5	257,7143**	8,9796*	161,3936**	346,1896**	7,6480**
Erro 2	30	43,7443	3,7462	31,4464	44,0309	0,6414
C.V. 1 (%)		24,06	33,94	16,00	19,11	24,99
C.V. 2 (%)		15,36	20,05	19,61	13,81	14,55

** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F e, ns não significativo.
CV (%) 1 = Coeficiente de variação da Parcela; CV (%) 2 = Coeficiente de variação da Subparcela.

Já em 2012, houve efeito significativo da interação entre as fontes de variação analisadas apenas para a variável número de folhas (Quadro 7), bem como houve efeito significativo da prática agrônômica (área com e sem resíduos de plantas de girassol) para número de ramos terciário e total e para acúmulo de P na parte aérea das plantas (Quadros 8 e 10). Ainda no cultivo 2, não houve efeito da interação e também da prática agrônômica (área com e sem resíduos de plantas de girassol) para altura, diâmetro do caule, massa seca de ramos e massa seca da parte aérea nas plantas de crambe (Quadro 6), bem como para os resultados de concentração de todos os macronutrientes (Quadro 9).

Quadro 6. Resumo da análise de variância para altura, diâmetro do caule, massa seca de ramos e massa seca da parte aérea de plantas de crambe sob influência da prática agrônômica (área com e sem resíduos de plantas de girassol) em 2012 (Cultivo 2) aos 18, 36, 54, 72, 90 e 108 DAS.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios			
		Altura (cm)	Diâmetro (mm)	Massa seca de ramos (kg ha ⁻¹)	Massa seca da parte aérea (kg ha ⁻¹)
Bloco	3	81,6073	0,8410	475537,9186	548541,9268
Prática agrônômica (A)	1	39,7670 ^{ns}	0,3727 ^{ns}	17056,6110 ^{ns}	107410,7330 ^{ns}
Erro1	3	48,2154	0,4458	79559,4638	137313,8992
Época (E)	5	24659,2460 ^{**}	41,8371 ^{**}	13385982,0982 ^{**}	23195808,5856 ^{**}
A*E	5	24,4734 ^{ns}	0,3275 ^{ns}	59085,9421 ^{ns}	158198,9034 ^{ns}
Erro 2	30	37,2759	0,3480	104946,0347	237178,2471
C.V. 1 (%)		9,42	12,12	17,99	15,84
C.V. 2 (%)		8,28	10,71	20,66	20,81

** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F e, ns não significativo.
CV (%) 1 = Coeficiente de variação da Parcela; CV (%) 2 = Coeficiente de variação da Subparcela.

Quadro 7. Resumo da análise de variância para número, massa da matéria seca de folhas e de índice de área foliar de plantas de crambe sob influência da prática agrônômica (área com e sem resíduos de plantas de girassol) em 2012 (Cultivo 2) aos 18, 36, 54, 72, 90 e 108 DAS.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios		
		Número de folhas por planta	Massa seca de folhas (kg ha ⁻¹)	IAF (m ² m ⁻²)
Bloco	3	20,4333	38264,0320	0,2845
Prática agrônômica (A)	1	176,4000 ^{ns}	309,9705 ^{ns}	0,3994 ^{ns}
Erro1	3	17,8000	19169,3208	0,1315
Época (E)	4	533,0000 ^{**}	1710079,5534 ^{**}	17,4242 ^{**}
A*E	4	94,2750 ^{**}	15600,1710 ^{ns}	0,3881 ^{ns}
Erro 2	24	20,3875	22946,7435	0,2233
C.V. 1 (%)		30,68	35,97	32,68
C.V. 2 (%)		32,84	39,35	42,57

** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F e, ns não significativo.
CV (%) 1 = Coeficiente de variação da Parcela; CV (%) 2 = Coeficiente de variação da Subparcela.

Quadro 8. Resumo da análise de variância para massa da matéria seca de siliquas, número de ramos primários, secundários, terciários e do total de ramos por plantas de crambe sob influência da prática agrônômica (área com e sem resíduos de plantas de girassol) em 2012 (Cultivo 2) aos 18, 36, 54, 72, 90 e 108 DAS.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios				
		Massa seca de siliquas (kg ha ⁻¹)	Primários	Secundários	Terciários	Ramos por planta
Bloco	3	56334,5433	6,0833	119,2812	5,5312	191,3645
Prática agrônômica (A)	1	49173,2640 ^{ns}	3,1250 ^{ns}	26,2812 ^{ns}	94,5312*	294,0312*
Erro1	3	21663,2433	1,2083	13,1145	3,3645	13,2812
Época (E)	3	2466734,571**	110,6666**	2370,5312**	175,8645**	5146,6145**
A*E	3	28540,6248 ^{ns}	2,4583 ^{ns}	13,8645 ^{ns}	11,8645 ^{ns}	63,5312 ^{ns}
Erro 2	18	26654,1849	5,7569	14,4201	4,9479	25,1006
C.V. 1 (%)		21,76	8,30	13,01	27,05	7,62
C.V. 2 (%)		24,14	18,11	13,64	32,80	10,47

** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F e, ns não significativo.
CV (%) 1 = Coeficiente de variação da Parcela; CV (%) 2 = Coeficiente de variação da Subparcela.

Quadro 9. Resumo da análise de variância para concentração de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio na parte aérea de plantas de crambe sob influência da prática agrônômica (área com e sem resíduos de plantas de girassol) em 2012 (Cultivo 2) aos 18, 36, 54, 72, 90 e 108 DAS.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios				
		Nitrogênio (g kg ⁻¹)	Fósforo (g kg ⁻¹)	Potássio (g kg ⁻¹)	Cálcio (g kg ⁻¹)	Magnésio (g kg ⁻¹)
Bloco	3	8.4276	0.4085	4.0818	1.3687	0.1107
Prática agrônômica (A)	1	9.8826 ^{ns}	0.2867 ^{ns}	71.1507 ^{ns}	60.7725*	0.0261 ^{ns}
Erro1	3	2.7809	0.0661	4.5657	2.8904	0.0154
Época	5	306.1450**	7.1411**	310.7977**	317.7404**	3.2641*
A*E	5	36.6250 ^{ns}	0.3487 ^{ns}	20.3264 ^{ns}	4.3163 ^{ns}	0.0621 ^{ns}
Erro 2	30	3.8856	0.1552	4.3521	2.0012	0.0354
C.V. 1 (%)		11,40	7,76	17,18	10,40	7,00
C.V. 2 (%)		13,48	11,89	16,78	8,66	10,58

** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F e, ns não significativo.
CV (%) 1 = Coeficiente de variação da Parcela; CV (%) 2 = Coeficiente de variação da Subparcela.

Quadro 10. Resumo da análise de variância para acúmulo de N, P, K, Ca e Mg na parte aérea de plantas de crambe sob influência da prática agrônômica (P) (área com e sem resíduos de plantas de girassol) em 2012 (Cultivo 2) aos 18, 36, 54, 72, 90 e 108 DAS.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios				
		N (kg ha ⁻¹)	P (kg ha ⁻¹)	K (kg ha ⁻¹)	Ca (kg ha ⁻¹)	Mg (kg ha ⁻¹)
Bloco	3	16,5675	6,4498	33,3553	30,5258	0,9512
Prática agrônômica (A)	1	1,1501 ^{ns}	17,1482 [*]	823,1148 ^{ns}	110,2617 ^{ns}	0,0357 ^{ns}
Erro1	3	27,9298	0,5403	34,8008	68,0667	0,4360
Época	5	2133,3510 ^{**}	165,9348 ^{**}	2719,3195 ^{**}	3508,1503 ^{**}	38,8724 ^{**}
A*E	5	25,5525 ^{ns}	3,2264 ^{ns}	186,3213 ^{ns}	75,1690 ^{ns}	0,7263 ^{ns}
Erro 2	30	50,7261	2,0569	68,5057	72,8760	0,6903
C.V. 1 (%)		20,51	11,14	25,83	26,58	19,72
C.V. 2 (%)		27,65	21,73	36,24	27,50	24,81

** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F e, ns não significativo.
CV (%) 1 = Coeficiente de variação da Parcela; CV (%) 2 = Coeficiente de variação da Subparcela.

A análise do desenvolvimento das plantas de crambe em 2010 (cultivo 1) mostrou que independente da época de coleta, as plantas apresentaram maior número de ramos primário e total, bem como maior massa de matéria seca de siliques, quando crescidas em área com resíduos de girassol do que em área sem resíduos (Tabelas 2; 4). Ainda no cultivo 1, independente do tratamento, as plantas de crambe apresentaram valores de diâmetro e massa de matéria seca de siliques máximos aos 108 DAS, sendo que estes dados se ajustaram ao modelo sigmoide (Figura 4C; 6E), permanecendo constante a partir de 54 DAS para diâmetro e de 90 DAS para massa seca de siliques. Já os resultados de número de ramos (secundários, terciários e totais) se ajustaram ao modelo linear, com valores crescentes ao longo do ciclo fenológico das plantas (Figuras 5C; 5E; 7A).

Tabela 2. Resultados médios de altura, de número de folhas e de ramos primários, secundários, terciários e total de ramos por planta de crambe sob influência da prática agrônômica em área com (CR) e sem (SR) resíduos de plantas de girassol, aos 18, 36, 54, 72, 90 e 108 DAS, durante o Cultivo 1, realizado em 2010.

Prática agrônômica	Épocas de coleta (DAS)						Média
	18	36	54	72	90	108	
	Altura (cm)						
CR	4,3a*	28,1a	107,3a	109,8a	109,2a	122,4a	80,2
SR	3,4a	11,3b	76,9b	87,7b	87,9b	97,4b	60,8
Média	3,9	19,7	92,1	98,8	98,5	109,9	70,5
C.V. (%) 1	6,92						
C.V. (%) 2	8,89						
	Número de folhas						
CR	6a	19a	56b	57a	5a	-	29
SR	5a	11a	69a	45b	10a	-	28
Média	6	15	63	51	8	-	29
C.V. (%) 1	20,64						
C.V. (%) 2	26,88						
	Número de ramos primários						
CR	-	-	14	15	16	16	15a
SR	-	-	12	12	14	14	13b
Média	-	-	13	13	15	15	14
C.V. (%) 1	9,73						
C.V. (%) 2	12,12						
	Número de ramos secundários						
CR	-	-	35	36	42	44	39a
SR	-	-	27	31	33	47	35a
Média	-	-	32	34	38	46	37
C.V. (%) 1	20,49						
C.V. (%) 2	16,66						
	Número de ramos terciários						
CR	-	-	14	22	31	29	24a
SR	-	-	9	20	22	28	20a
Média	-	-	12	21	27	29	22
C.V. (%) 1	30,80						
C.V. (%) 2	19,89						
	Total de ramos por planta						
CR	-	-	62	82	89	89	81a
SR	-	-	47	66	68	88	68b
Média	-	-	55	74	79	89	75
C.V. (%) 1	15,70						
C.V. (%) 2	12,03						

* Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste F. CV (%)1 = Coeficiente de variação da Parcela; CV (%) 2 = Coeficiente de variação da Subparcela.

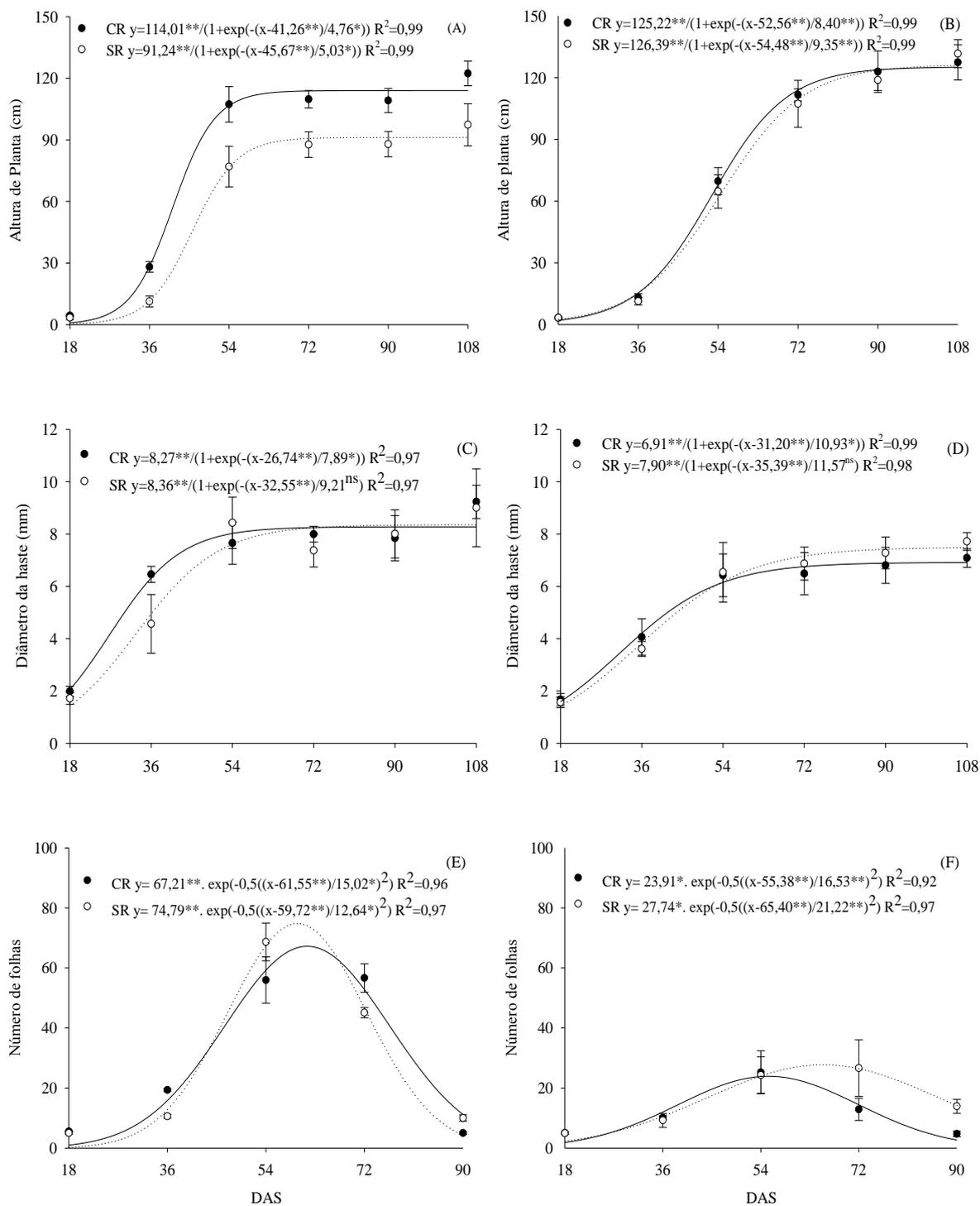


Figura 4. Altura de planta (cm), diâmetro da haste (mm) e número de folhas por planta de *Crambe abyssinica* sob influência da prática agrônômica em área com (CR—) e sem (SR---) resíduos de plantas de girassol durante o cultivo 1 em 2010 (A; C; E) e no cultivo 2 em 2012 (B; D; F).

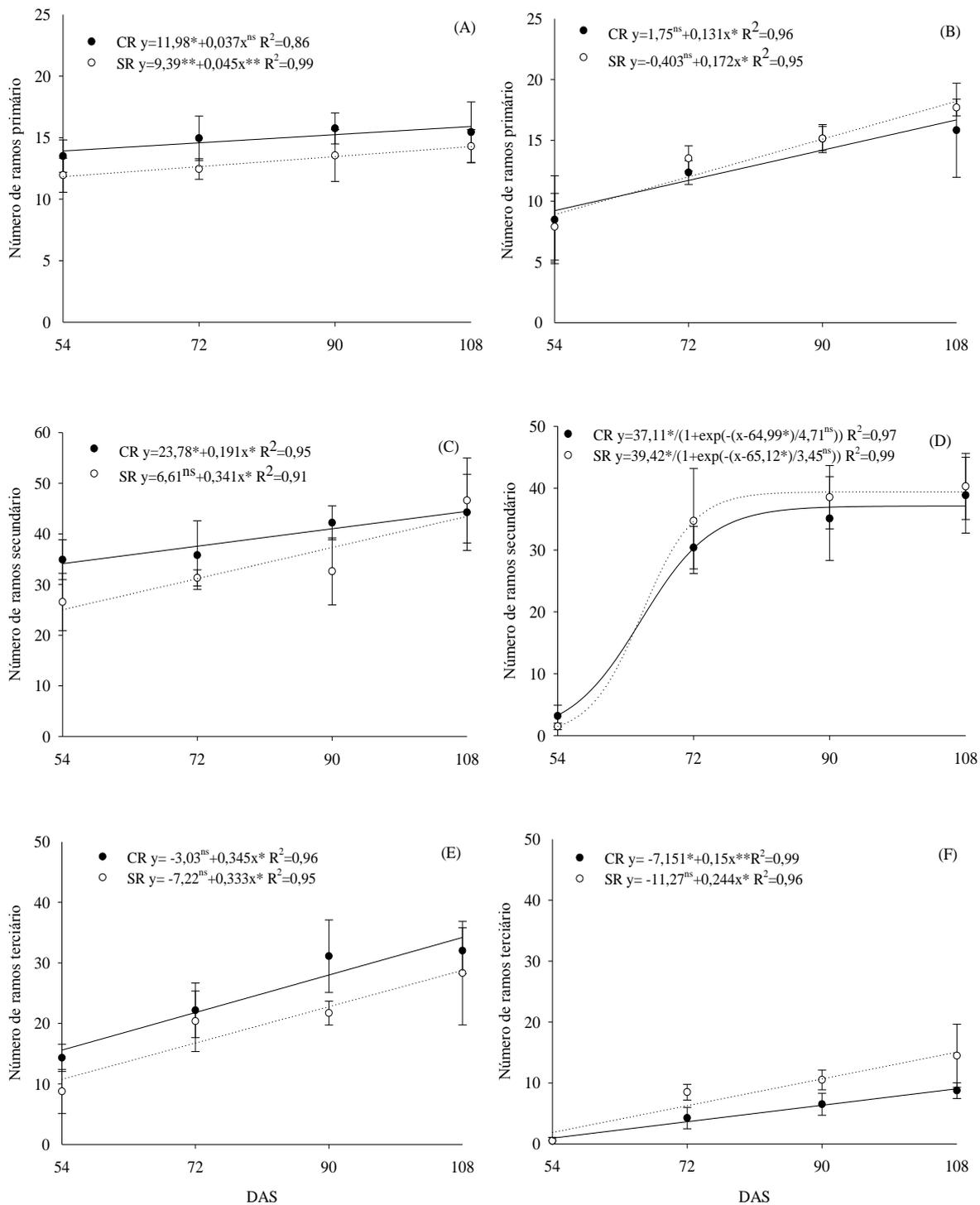


Figura 5. Número de ramos primários, secundários e terciários por planta de *Crambe abyssinica* sob influência da prática agrônômica em área com (CR—) e sem (SR----) resíduos de plantas de girassol durante o cultivo 1 em 2010 (A; C; E) e no cultivo 2 em 2012 (B; D; F).

Por meio da avaliação das variáveis do desenvolvimento de crambe em 2012 (cultivo 2), verifica-se que as plantas, independente da época de coleta, apresentaram apenas menor número de ramos terciário e total quando crescidas em área com resíduos do que em área sem resíduos (Tabela 3). No entanto, estes resultados de ausência de efeito favorável dos resíduos de girassol na superfície do solo divergem dos apresentados no cultivo 1, provavelmente relacionados à menor quantidade de resíduos de plantas de girassol que foi de 3.689 kg ha⁻¹, e de resíduos de plantas espontâneas de 2.418 kg ha⁻¹ na área sem resíduos (Figura 3). Em 2012, 43 e 55 % dos resíduos de girassol e de plantas espontâneas (área sem resíduos de girassol) permaneceram na superfície do solo aos 60 dias após a roçada das plantas, logo 57 e 45 % dos resíduos haviam sido decompostos em área com e sem resíduos de girassol, respectivamente (Tabela 12 – capítulo 2). Além disso, desdobrando a interação verifica-se que aos 72 e 90 DAS, as plantas de crambe oriundas da área sem resíduos de girassol apresentaram maior número de folhas do que da área com resíduos (Tabela 3), sendo que o modelo para o ajuste dos dados foi Peak Gaussian, com redução dos valores a partir de 54 DAS (Figura 4F).

Desdobrando a interação entre as fontes de variação prática agrônômica (área com e sem resíduos de girassol) e épocas de coleta em 2010 (cultivo 1), foi constatado que aos 36, 54, 72, 90 e 108 DAS, as plantas da área com resíduos apresentaram maior altura do que da área sem resíduos; e aos 72, 90 e 108 DAS, maior massa seca de ramos e de parte aérea na área com resíduos de girassol do que na área sem resíduos (Tabela 4), sendo que os dados destas três variáveis se ajustaram ao modelo sigmoide, permanecendo constante a partir de 54 DAS para altura, de 72 DAS para massa seca de ramos e de parte aérea (Figuras 4A; 6C; 7C). Já aos 54 DAS, as plantas da área sem resíduos apresentaram maior número e massa de folhas bem como IAF do que da área com resíduos de girassol (Tabelas 2 e 4), sendo que os dados se ajustaram ao modelo Peak Gaussian, decrescendo após 54 DAS, possivelmente devido à senescência foliar e ao autossombreamento (Figuras 4E; 6A; 7E). Mauad et al. (2012) também observaram redução na massa seca de folhas em plantas de crambe aos 42 dias após o transplântio (DAT), causada principalmente pela senescência e queda das folhas logo após o IAF máximo ser alcançado.

Além disto, neste cultivo 1, o desenvolvimento e o acúmulo de massa de matéria seca das plantas, em geral, não foram prejudicados pela presença de resíduos de plantas girassol na superfície do solo, revelando que provavelmente as plantas de crambe não apresentam sensibilidade à substâncias liberadas no solo pelo processo de decomposição dos resíduos culturais de girassol, durante o ciclo fenológico das plantas. No entanto, Morais et al. (2014) constataram que os resíduos de plantas de girassol a partir de 40 DAS prejudicaram o desenvolvimento das plantas de nabo forrageiro, à eficiência de translocação dos fotoassimilados e o acúmulo de nutrientes.

Tabela 3. Resultados médios de altura, de número de folhas e de ramos primários, secundários, terciários e total de ramos por planta de crambe sob influência da prática agrônômica em área com (CR) e sem (SR) resíduos de plantas de girassol, aos 18, 36, 54, 72, 90 e 108 DAS, durante o Cultivo 2, realizado em 2012.

Prática agrônômica	Épocas de coleta (DAS)						Média
	18	36	54	72	90	108	
	Altura (cm)						
CR	3,2	13,1	69,7	111,6	122,9	127,9	74,7a
SR	3,3	11,3	64,7	107,3	118,8	131,6	72,8a
Média	3,3	12,2	67,2	109,4	120,9	129,5	73,8
C.V (%) 1	9,42						
C.V (%) 2	8,28						
	Número de folhas						
CR	5a	10a	25a	13b	5b	-	12
SR	5a	10a	24a	27a	14a	-	16
Média	5	10	25	20	10	-	14
C.V (%) 1	30,68						
C.V (%) 2	32,84						
	Número de ramos primários						
CR	-	-	8	12	15	16	13a
SR	-	-	8	14	15	18	14a
Média	-	-	8	13	15	17	14
C.V (%) 1	8,30						
C.V (%) 2	18,11						
	Número de ramos secundários						
CR	-	-	3	30	35	38	27a
SR	-	-	2	35	39	40	29a
Média	-	-	3	33	37	39	28
C.V (%) 1	13,01						
C.V (%) 2	13,64						
	Número de ramos terciários						
CR	-	-	1	4	7	9	5b
SR	-	-	1	9	11	15	9a
Média	-	-	1	7	9	12	7
C.V (%) 1	27,05						
C.V (%) 2	32,80						
	Total de ramos por planta						
CR	-	-	12	47	57	64	45b
SR	-	-	10	57	64	72	51a
Média	-	-	11	52	61	68	48
C.V (%) 1	7,62						
C.V (%) 2	10,47						

* Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste F. CV (%) 1 = Coeficiente de variação da Parcela; CV (%) 2 = Coeficiente de variação da Subparcela.

Tabela 4. Resultados médios de massa da matéria seca de folhas, de ramos, de siliquas, da parte aérea, de índice de área foliar (IAF) e de diâmetro da haste de plantas de crambe sob influência da prática agrônômica em área com (CR) e sem (SR) resíduos de plantas de girassol, aos 18, 36, 54, 72, 90 e 108 DAS, durante o Cultivo 1, realizado em 2010.

Prática agrônômica	Épocas de coleta (DAS)						Média
	18	36	54	72	90	108	
Massa seca de folhas (kg ha ⁻¹)							
CR	19,0a*	508,2a	913,5b	703,8a	9,3a	-	430,8
SR	13,8a	195,1b	1269,3a	478,4b	12,5a	-	393,8
Média	16,4	351,6	1091,4	591,1	10,9	-	412,3
C.V (%) 1	27,29						
C.V (%) 2	26,18						
Massa seca de ramos (kg ha ⁻¹)							
CR	3,2a	260,7a	2668,8a	3803,1a	4977,9a	4788,2a	2750,3
SR	2,1a	66,7a	2468,4a	2797,4b	3203,4b	3312,5b	1975,1
Média	2,7	163,7	2568,6	3300,3	4090,6	4050,4	2362,7
C.V (%) 1	18,05						
C.V (%) 2	12,05						
Massa seca de siliquas (kg ha ⁻¹)							
CR	-	-	195,5	1287,9	1740,1	1986,0	1302,4a
SR	-	-	56,4	991,1	1281,1	1429,6	939,5b
Média	-	-	126,0	1139,5	1510,6	1707,8	1120,9
C.V (%) 1	26,11						
C.V (%) 2	26,70						
Massa seca da parte aérea (kg ha ⁻¹)							
CR	22,2a	768,9a	3777,7a	5794,8a	6727,3a	6774,2a	3977,5
SR	15,9a	261,8a	3794,1a	4266,8b	4496,9b	4742,1b	2929,6
Média	19,1	515,3	3785,9	5030,8	5612,1	5758,2	3453,6
C.V (%) 1	17,16						
C.V (%) 2	11,43						
Índice de área foliar (m ² m ⁻²)							
CR	0,139a	1,616a	3,414b	2,219a	0,029a	-	1,483
SR	0,066a	0,712b	4,880a	1,272b	0,088a	-	1,403
Média	0,102	1,164	4,147	1,745	0,058	-	1,443
C.V (%) 1	19,49						
C.V (%) 2	21,61						
Diâmetro da haste (mm)							
CR	2,0	6,5	7,7	8,0	7,8	9,2	6,9a
SR	1,7	4,6	8,4	7,4	8,0	9,0	6,5a
Média	1,8	5,5	8,1	7,7	7,9	9,1	6,7
C.V (%) 1	7,00						
C.V (%) 2	12,34						

* Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste F. CV (%) 1 = Coeficiente de variação da Parcela; CV (%) 2 = Coeficiente de variação da Subparcela.

Ainda no cultivo 2, verifica-se que independente da prática agrônômica (área com ou sem resíduos de girassol), os valores máximos de altura foram encontrados aos 108 DAS, mas mantiveram constantes desde 90 DAS, sendo os dados ajustados ao modelo sigmoide (Figura 4B). Para diâmetro, os valores máximos foram observados aos 108 DAS, porém mantiveram-se estáveis desde 54 DAS, de modo que os dados foram ajustados ao modelo sigmoide (Figura 4D). Já para número de ramos (primário, terciário e total), as plantas de crambe alcançaram valores máximos ao fim do ciclo aos 108 DAS, logo, os dados se ajustaram ao modelo linear (Figuras 5B; 5F; 7B), porém, os dados de número de ramos secundários se ajustaram ao modelo sigmoide, cuja emissão destes ramos estabilizou a partir de 90 DAS (Figura 5D). Quanto ao acúmulo de massa seca de folhas, os valores máximos ocorreram aos 54 DAS apresentando decréscimo acentuado a partir desta época, logo, foi possível o ajuste dos dados ao modelo Peak Gaussian (Figura 6B). Já o acúmulo máximo de massa seca de ramos, de siliquis e da parte aérea ocorreu aos 108 DAS, de modo que os dados se ajustaram ao modelo sigmoide (Figuras 6D; 6F; 7D).

Plantas de crambe cultivadas sob resíduos culturais de girassol têm alcançado valores de massa seca da parte aérea de aproximadamente 3.500 kg ha^{-1} (KMEC et al., 1998), valores estes inferiores aos apresentados nas Tabelas 4 e 5, em ambos os cultivos a partir de 72 DAS. Em nabo forrageiro, Morais et al. (2014) constataram menores valores de massa seca de ramos após 60 DAS e do total da parte aérea a partir de 80 DAS, em área com resíduos de plantas de girassol, ou seja, houve efeito prejudicial nesta espécie também da família *Brassicaceae* para estas variáveis, porém os autores atribuíram os resultados à alelopatia.

Vale ressaltar que os valores inferiores de massa seca de ramos, siliquis e consequentemente da massa seca da parte aérea durante o cultivo 2, realizado em 2012, está diretamente associado a redução na massa seca de resíduos mantidos na superfície do solo nas duas áreas e também pode está relacionado à incidência de *Alternaria* sp. durante a maturação dos frutos, quando foram verificados volume de precipitação superior a 80 mm (Figura 2), pois nesta fase fenológica o ideal é que não ocorram mais chuvas (PITOL et al., 2010).

De modo semelhante à massa seca de folhas, os dados de IAF foram máximos aos 54 DAS durante o cultivo 2, e a partir desta fase as plantas de crambe cultivadas em Seropédica apresentaram decréscimo acentuado deste índice e, os dados também se ajustaram ao modelo Peak Gaussian (Figura 7F). Na literatura têm-se valores de IAF inferiores de $1,88 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ quando o crambe foi cultivado em sucessão ao girassol em Dakota no Norte/USA (KMEC et al., 1998), e ainda de 1,57 e $2,06 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$, como constatado por Toebe et al. (2010) em Santa Maria/RS. Segundo Toebe et al. (2010) baixos valores de IAF na cultura do crambe indicam a dificuldade em cobrir completamente a superfície do solo, e pode ser utilizado como indicativo da necessidade de adubação nitrogenada em cobertura, que neste cultivo foi feito com 10 kg ha^{-1} de N na semeadura com sulfato de amônio e 40 kg ha^{-1} de N em cobertura, com Ureia, de acordo com Laghetti et al. (1995).

Assim, durante o período de maturação dos frutos de crambe que ocorreu entre 72 a 90 DAS, coincidindo com a fase de maior de acúmulo de matéria seca pelas plantas (Tabela 4), que corresponde ao período de 102 a 120 dias após o corte das plantas de girassol, a quantidade de resíduos na superfície do solo foi inferior a 50%, logo tem-se que a decomposição era superior a 50%, sendo mais uma fonte de nutrientes para as planta de crambe. Também Bennett et al. (2011) constataram que a fase de maturação é a fase de alta demanda de nutrientes pelas plantas da família das Brássicas.

Na literatura também tem sido verificado que a manutenção de resíduos de girassol na superfície do solo após a colheita dos aquênios de girassol possibilita incrementos nos valores de IAF e massa seca de parte aérea de crambe (KMEC et al., 1998), bem como também em outras espécies, maior altura de plantas de milho (PASQUALETTO & COSTA, 2001) e maiores valores de IAF em plantas de nabo forrageiro até 40 DAS (MORAIS et al., 2014).

Tabela 5. Resultados médios de massa da matéria seca de folhas, de ramos, de síliquas, da parte aérea, de índice de área foliar (IAF) e de diâmetro da haste de plantas de crambe sob influência da prática agrônômica em área com (CR) e sem (SR) resíduos de plantas de girassol, aos 18, 36, 54, 72, 90 e 108 DAS, durante o Cultivo 2, realizado em 2012.

Prática agrônômica	Épocas de coleta (DAS)						Média
	18	36	54	72	90	108	
	Massa seca de folhas (kg ha ⁻¹)						
CR	32,5	437,1	1107,1	334,3	27,5	-	387,7a*
SR	29,7	294,3	1208,6	358,6	19,6	-	382,2a
Média	31,1	365,7	1157,8	346,5	23,6	-	384,9
C.V (%) 1	35,97						
C.V (%) 2	39,35						
	Massa seca de ramos (kg ha ⁻¹)						
CR	8,4	144,3	1262,9	2438,6	2782,9	2885,7	1587,1a
SR	6,4	100,0	1215,7	2705,7	2601,4	2667,1	1549,4a
Média	7,4	122,2	1239,3	2572,1	2692,2	2776,4	1568,3
C.V (%) 1	17,99						
C.V (%) 2	20,66						
	Massa seca de síliquas (kg ha ⁻¹)						
CR	-	-	6,4	410,7	1199,9	1244,9	715,5a
SR	-	-	4,5	459,6	1018,7	1065,6	637,1a
Média	-	-	5,5	435,2	1109,3	1155,2	676,3
C.V (%) 1	21,76						
C.V (%) 2	24,14						
	Massa seca da parte aérea (kg ha ⁻¹)						
CR	40,9	581,4	2376,4	3183,6	4010,3	4130,6	2387,2a
SR	36,1	394,3	2428,8	3523,9	3639,7	3732,7	2292,6a
Média	38,5	487,9	2402,6	3353,8	3825,0	3931,6	2339,9
C.V (%) 1	15,84						
C.V (%) 2	20,81						
	Índice de área foliar (m ² m ⁻²)						
CR	0,077	0,988	3,177	0,747	0,062	-	1,010a
SR	0,069	0,810	4,116	0,994	0,059	-	1,201a
Média	0,074	0,899	3,647	0,871	0,061	-	1,110
C.V (%) 1	32,68						
C.V (%) 2	42,57						
	Diâmetro da haste (mm)						
CR	1,7	4,1	6,4	6,5	6,8	7,1	5,4a
SR	1,6	3,6	6,5	6,9	7,3	7,7	5,6a
Média	1,6	3,8	6,5	6,7	7,1	7,4	5,5
C.V (%) 1	12,12						
C.V (%) 2	10,71						

* Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste F. CV (%) 1 = Coeficiente de variação da Parcela; CV (%) 2 = Coeficiente de variação da Subparcela.

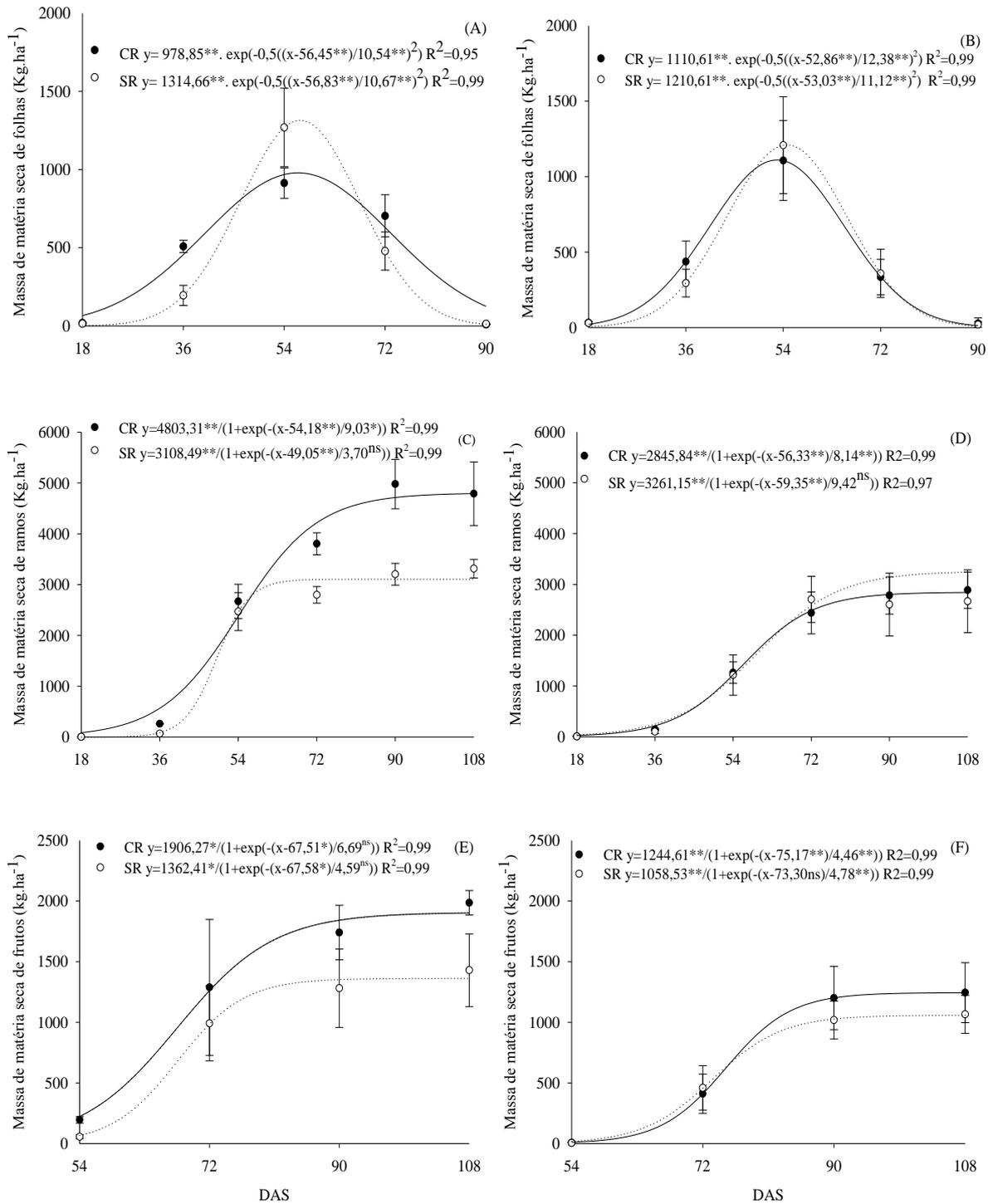


Figura 6. Massa de matéria seca de folhas, ramos e frutos (kg ha⁻¹) de plantas de *Crambe abyssinica* sob influência da prática agrônômica em área com (CR—) e sem (SR----) resíduos de plantas de girassol durante o cultivo 1 em 2010 (A; C; E) e no cultivo 2 em 2012 (B; D; F).

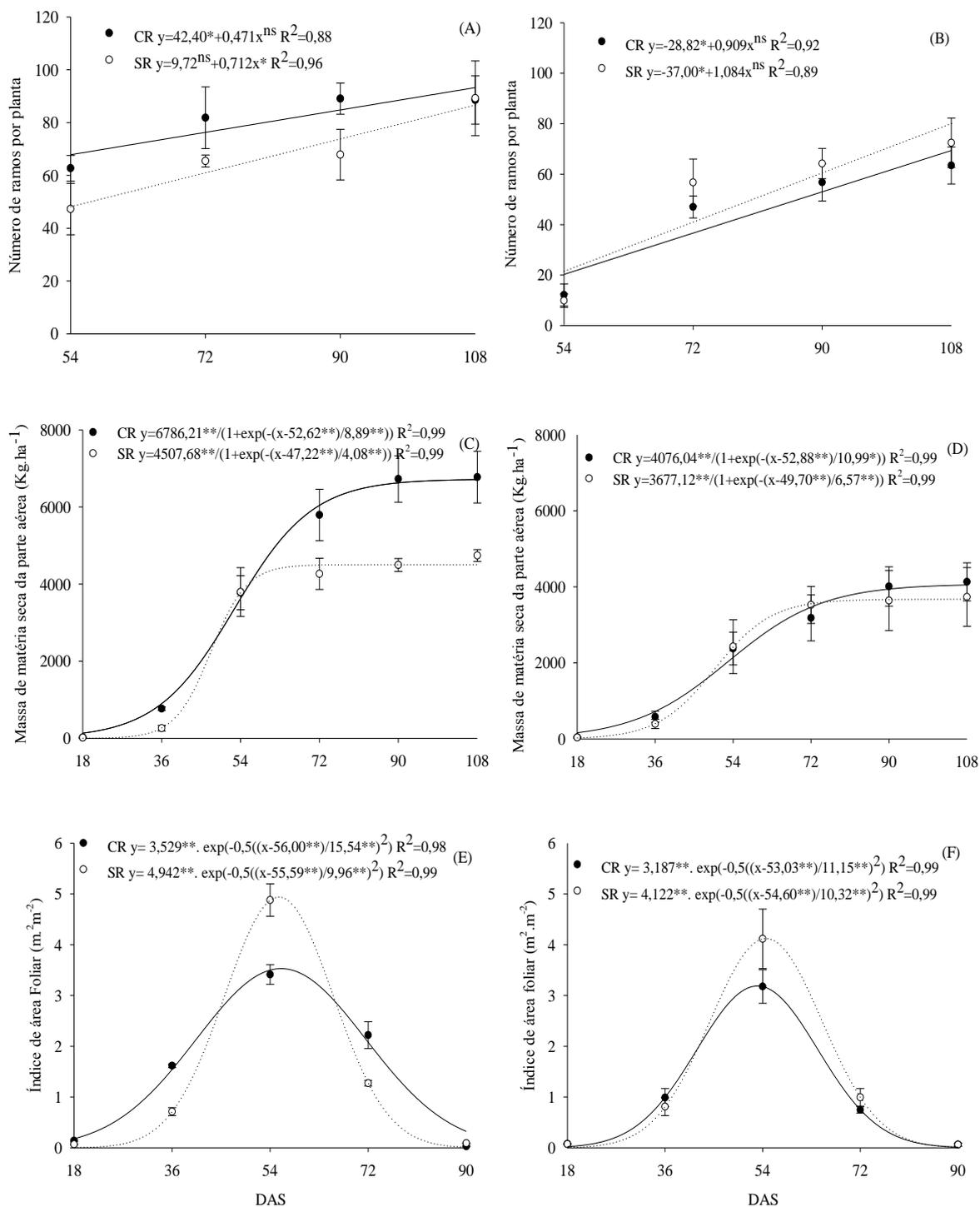


Figura 7. Número de ramos por planta, massa da matéria seca da parte aérea e índice de área foliar (IAF) de plantas de *Crambe abyssinica* sob influência da prática agrônômica em área com (—) e sem (---) resíduos de plantas de girassol durante o cultivo 1 em 2010 (A; C; E) e no cultivo 2 em 2012 (B; D; F).

Em relação à avaliação da concentração de nutrientes no cultivo 1, foi constatado que independente da prática agrônômica (área com e sem resíduos de girassol na superfície do solo) as concentrações máximas de N, P e Mg na parte aérea das plantas de crambe ocorreram aos 18 DAS, de K aos 36 DAS, e de Ca aos 54 DAS, de modo que os dados de N, P e Mg se ajustaram-se ao modelo exponencial simples (Figuras 8A; 8C; 9C) e de K e Ca ao modelo Peak Gaussian (Figuras 8E; 9A) cujos valores decresceram a partir da concentração máxima e estabilizaram aos 72 DAS para N, 90 DAS para P, Ca e Mg, e os dados de K não estabilizaram.

Na literatura, tem-se que as concentrações máximas de N ($25,3 \text{ g kg}^{-1}$), de K ($5,8 \text{ g kg}^{-1}$) e Mg ($6,5 \text{ g kg}^{-1}$) ocorrem aos 14 dias após a emergência (DAE), de P ($5,4 \text{ g kg}^{-1}$) aos 28 DAE e de Cálcio ($11,7 \text{ g kg}^{-1}$) aos 42 DAE de acordo com Mauad et al. (2013) que realizou adubação de semeadura com 300 kg ha^{-1} na formulação de 08-20-20 de NPK. Avaliações realizadas por Soratto et al. (2013) apenas aos 46 DAE em 2010 e 2011, mostraram que os valores de concentração na parte aérea das plantas de crambe oscilaram entre 29,2 e $33,1 \text{ g kg}^{-1}$ de N, de 3,4 a $4,6 \text{ g kg}^{-1}$ de P, de 37,5 a $42,5 \text{ g kg}^{-1}$ de K, de 20,7 a $28,4 \text{ g kg}^{-1}$ de Ca e entre 3,8 e $5,3 \text{ g kg}^{-1}$ de Mg, quando se realiza adubação de semeadura com doses crescentes de 0, 150 e 300 kg ha^{-1} da formulação 7-24-24 de NPK + 3% de S.

Tabela 6. Resultados médios de concentração de N, P, K, Ca e Mg na parte aérea de plantas de crambe sob influência da prática agrônômica em área com e sem resíduos de plantas de girassol, aos 18, 36, 54, 72, 90 e 108 DAS, durante o Cultivo 1, realizado em 2010.

Prática agrônômica	Épocas de coleta (DAS)						Média
	18	36	54	72	90	108	
	N (g kg ⁻¹)						
CR	27,98	20,22	17,45	11,58	11,48	10,56	16,54a*
SR	27,86	20,06	17,15	11,08	10,87	10,90	16,29a
Média	27,92	20,14	17,30	11,33	11,18	10,73	16,42
C.V (%) 1	5,76						
C.V (%) 2	5,55						
	P (g kg ⁻¹)						
CR	7,48	5,49	4,01	2,81	2,16	2,08	4,01a
SR	6,32	4,86	4,25	2,91	2,50	2,08	3,82a
Média	6,90	5,08	4,13	2,86	2,33	2,08	3,91
C.V (%) 1	9,72						
C.V (%) 2	8,97						
	K (g kg ⁻¹)						
CR	14,36	19,80	13,84	9,48	8,08	3,09	11,44a
SR	13,89	18,49	14,11	8,56	7,69	3,18	10,99a
Média	14,12	19,14	13,97	9,02	7,88	3,13	11,21
C.V (%) 1	9,96						
C.V (%) 2	10,26						
	Ca (g kg ⁻¹)						
CR	16,01	22,02	22,28	13,64	11,86	10,61	16,07a
SR	16,97	21,44	22,32	13,23	10,88	10,28	15,85a
Média	16,49	21,73	22,30	13,43	11,37	10,44	15,96
C.V (%) 1	3,92						
C.V (%) 2	4,89						
	Mg (g kg ⁻¹)						
CR	5,54	3,78	2,67	2,05	1,19	0,97	2,70a
SR	5,52	3,75	2,51	1,50	1,08	0,97	2,55a
Média	5,53	3,76	2,59	1,77	1,13	0,97	2,62
C.V (%) 1	4,82						
C.V (%) 2	4,66						

* Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste F. CV (%) 1 = Coeficiente de variação da Parcela; CV (%) 2 = Coeficiente de variação da Subparcela.

Já no cultivo 2, independente da prática agrônômica (área com e área sem resíduos de girassol na superfície do solo), as concentrações máximas de N, P e Mg na parte aérea das plantas de crambe foi aos 18 DAS, sendo que os dados se ajustaram ao modelo exponencial simples (Figuras 8B; 8D; 9D), já os de K foram máximos aos 36 DAS e Ca aos 54 DAS, cujos dados ajustaram-se ao modelo Peak Gaussian (Figuras 8F; 9B). À semelhança do ocorrido no cultivo 1, os valores de N estabilizaram aos 72 DAS, de P, Ca e Mg aos 90 DAS, e para K não houve estabilidade.

Tabela 7. Resultados médios de concentração de N, P, K, Ca e Mg na parte aérea de plantas de crambe sob influência da prática agrônômica em área com e sem resíduos de plantas de girassol, aos 18, 36, 54, 72, 90 e 108 DAS, durante o Cultivo 2, realizado em 2012.

Prática agrônômica	Épocas de coleta (DAS)						Média
	18	36	54	72	90	108	
	N (g kg ⁻¹)						
CR	29,19	19,35	16,16	10,19	9,63	9,21	15,62a*
SR	29,66	19,42	17,28	10,35	10,14	9,68	16,08a
Média	29,42	19,38	16,72	10,27	9,88	9,44	15,85
C.V (%) 1	1,06						
C.V (%) 2	5,80						
	P (g kg ⁻¹)						
CR	5,12	3,35	3,36	2,96	2,87	2,93	3,43a
SR	5,18	3,70	2,94	2,61	2,57	2,42	3,24a
Média	5,15	3,52	3,15	2,78	2,72	2,67	3,33
C.V (%) 1	10,50						
C.V (%) 2	10,26						
	K (g kg ⁻¹)						
CR	14,41	19,49	12,69	8,18	7,83	3,82	11,07a
SR	14,54	19,48	13,19	7,68	7,50	3,42	10,97a
Média	14,47	19,48	12,94	7,93	7,66	3,62	11,02
C.V (%) 1	14,16						
C.V (%) 2	13,94						
	Ca (g kg ⁻¹)						
CR	16,97	19,34	21,25	13,14	11,70	11,64	15,67a
SR	17,41	20,52	21,27	14,21	12,03	11,87	16,22a
Média	17,19	19,93	21,26	13,67	11,86	11,75	15,94
C.V (%) 1	5,14						
C.V (%) 2	5,08						
	Mg (g kg ⁻¹)						
CR	2,97	2,11	2,10	1,26	1,30	1,26	1,83a
SR	2,78	2,33	2,13	1,31	1,30	1,26	1,85a
Média	2,87	2,22	2,12	1,28	1,30	1,26	1,84
C.V (%) 1	5,01						
C.V (%) 2	10,02						

* Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste F. CV (%) 1 = Coeficiente de variação da Parcela; CV (%) 2 = Coeficiente de variação da Subparcela.

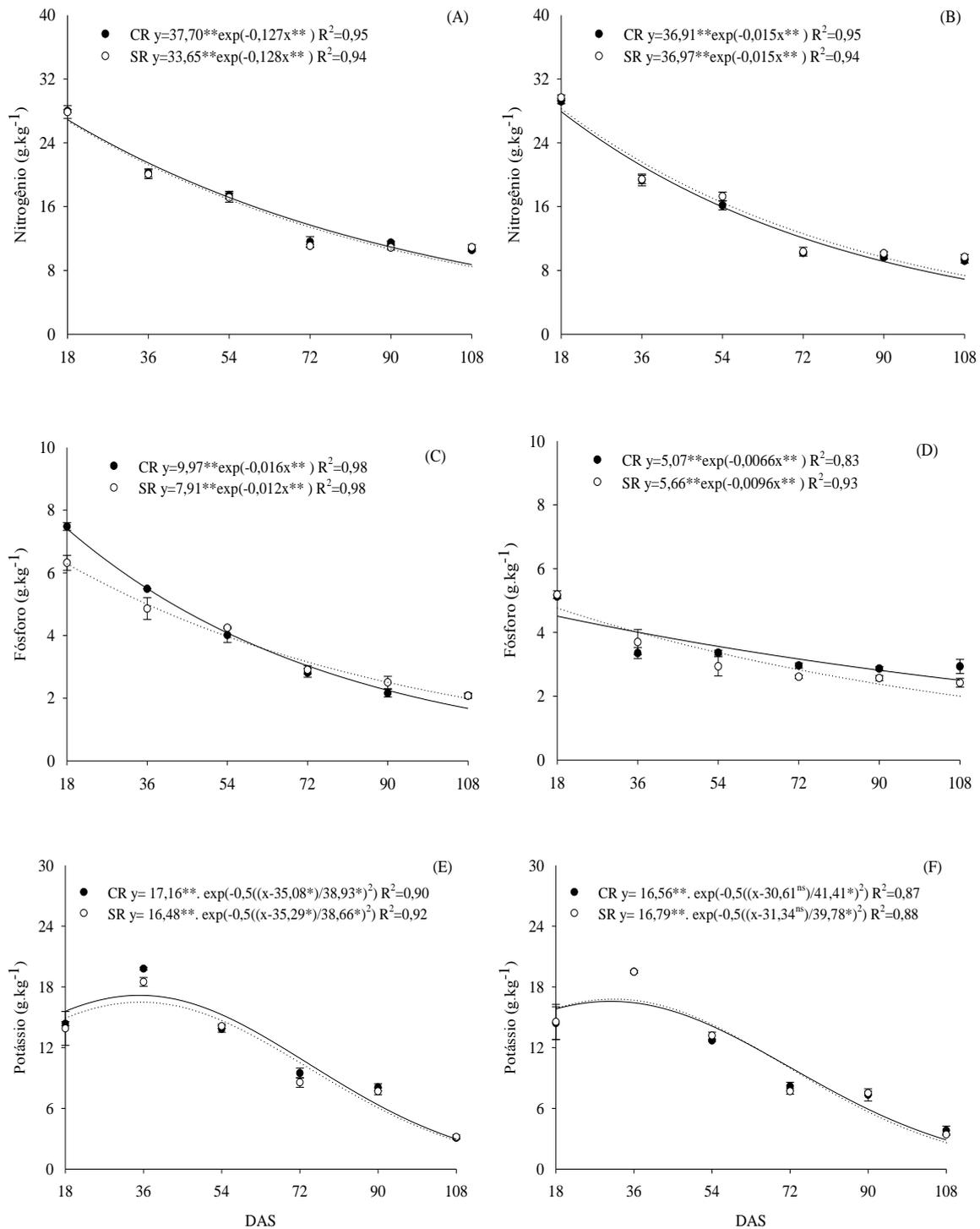


Figura 8. Concentração de nitrogênio, fósforo e potássio (g kg^{-1}) na parte aérea de plantas de *Crambe abyssinica* sob influência da prática agrônoma em área com (CR—) e sem (SR----) resíduos de plantas de girassol durante o cultivo 1 em 2010 (A; C; E) e no cultivo 2 em 2012 (B; D; F).

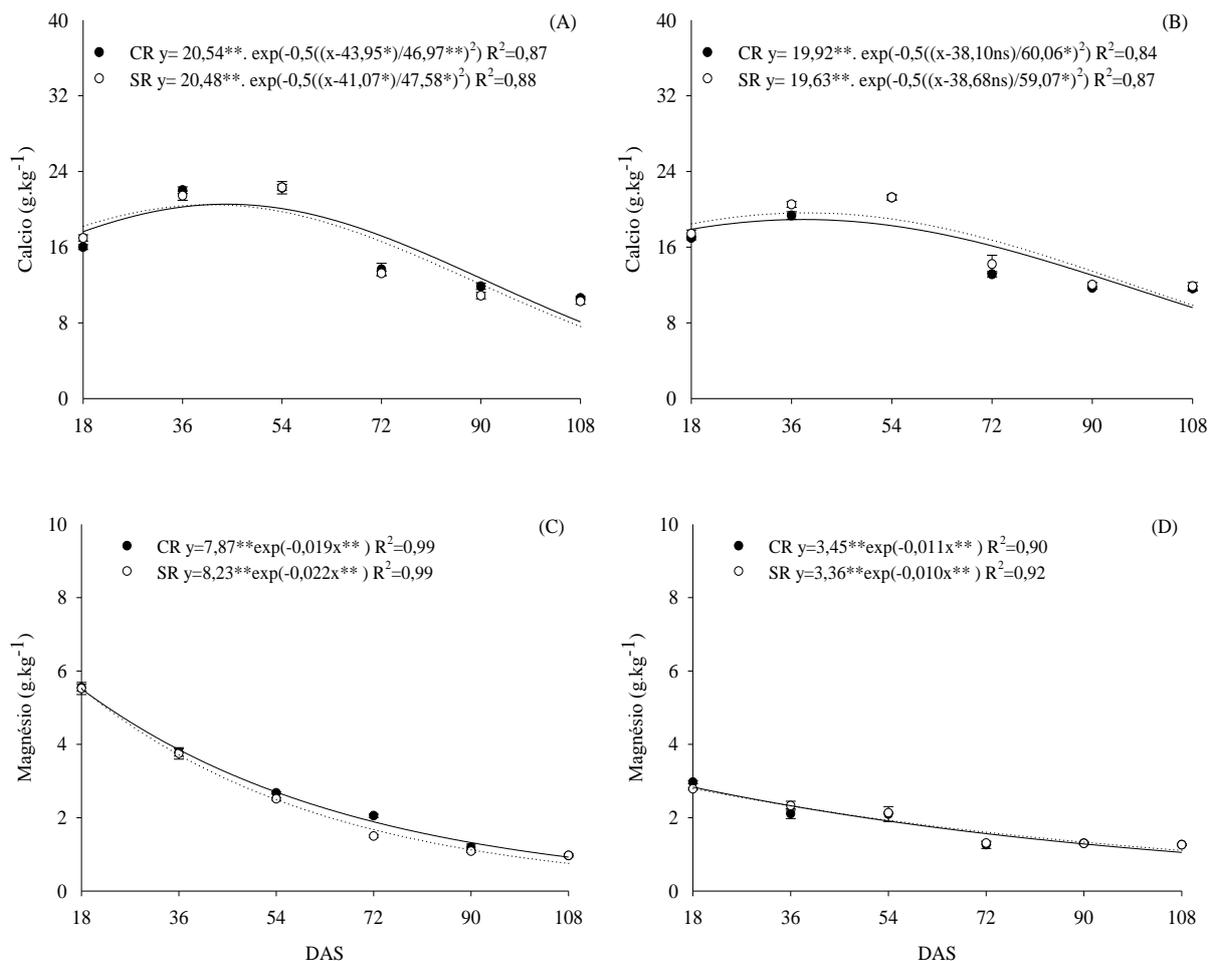


Figura 9. Concentração de cálcio e magnésio (g kg⁻¹) na parte aérea de plantas de *Crambe abyssinica* sob influência da prática agrônômica em área com (CR—) e sem (SR----) resíduos de plantas de girassol durante o cultivo 1 em 2010 (A; C; E) e no cultivo 2 em 2012 (B; D; F).

Também em 2010, desdobrando a interação, aos 36 DAS e posteriormente aos 72, 90 e 108 DAS, as plantas de crambe da área com resíduos apresentaram maior acúmulo de N, P, K, Ca e Mg na parte aérea do que nas cultivadas na área sem resíduos (Tabela 8), sendo que os dados de N se ajustaram ao modelo das sigmoide permanecendo constante a partir de 54 DAS (Figura 10A), os de P ajustaram-se a equação quadrática, com valores máximos aos 54 DAS decrescendo a partir desta época (Figura 10C) e, para os demais utilizou-se o modelo Peak Gaussian no ajuste dos dados, sendo que os de Ca foram máximos aos 54 DAS e de K e Mg aos 72 DAS (Figuras 10E; 11A; 11C), decrescendo a partir desta época de coleta possivelmente devido à fase de maturação das siliques que iniciou aos 54 DAS.

Além disto, o decréscimo ocorrido no acúmulo de potássio na parte aérea das plantas de crambe pode está diretamente relacionado à senescência e queda das folhas que ao final do ciclo quase não existe nas plantas, confirmado pelo baixo número de folhas aos 90 DAS, que alcançou valores nulos aos 108 DAS (Tabelas 2 e 3), assim como, por meio dos reduzidos valores de massa seca de folhas e do IAF após 72 DAS (Figuras 6A; 7E). Mauad et al. (2013) também explicam que este fato é decorrente em grande parte pela queda das folhas das plantas por ocasião do início do florescimento, pois a partir do estágio em que os acúmulos de K nas siliques começam a ser consideráveis, a contribuição das folhas já é inexpressiva.

Tabela 8. Resultados médios de acúmulo de N, P, K, Ca e Mg na parte aérea de plantas de crambe sob influência da prática agrônômica em área com e sem resíduos de plantas de girassol, aos 18, 36, 54, 72, 90 e 108 DAS, durante o Cultivo 1, realizado em 2010.

Prática agrônômica	Épocas de coleta (DAS)						Média
	18	36	54	72	90	108	
	N (kg ha ⁻¹)						
CR	0,62a*	15,54a	66,03a	67,59a	77,02a	71,03a	49,63
SR	0,44a	5,27b	64,97a	47,35b	48,86b	51,63b	36,42
Média	0,53	10,40	65,50	57,47	62,94	61,33	43,02
C.V (%) 1	24,06						
C.V (%) 2	15,36						
	P (kg ha ⁻¹)						
CR	0,17a	4,22a	15,32a	16,37a	14,62a	14,08a	10,80
SR	0,10a	1,29b	16,11a	12,44b	11,25b	9,86b	8,51
Média	0,14	2,76	15,71	14,40	12,93	11,97	9,65
C.V (%) 1	33,94						
C.V (%) 2	20,05						
	K (kg ha ⁻¹)						
CR	0,32a	15,22a	52,22a	55,35a	54,28a	21,02a	33,07
SR	0,23a	4,89b	56,40a	36,71b	34,50b	15,11a	24,64
Média	0,27	10,05	54,31	46,03	44,39	18,06	28,85
C.V (%) 1	16,00						
C.V (%) 2	19,61						
	Ca (kg ha ⁻¹)						
CR	0,36a	16,94a	83,79a	79,28a	80,07a	71,92a	55,39
SR	0,27a	5,59b	84,38a	56,34b	49,64b	48,79b	40,83
Média	0,31	11,26	84,08	67,81	64,85	60,31	48,10
C.V (%) 1	19,11						
C.V (%) 2	13,81						
	Mg (kg ha ⁻¹)						
CR	0,12a	2,91a	10,10a	11,88a	7,95a	6,56a	6,59
SR	0,09a	1,00b	9,54a	6,39b	4,88b	4,61b	4,42
Média	0,11	1,95	9,82	9,13	6,41	5,58	5,50
C.V (%) 1	24,99						
C.V (%) 2	14,55						

* Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste F. CV (%) 1 = Coeficiente de variação da Parcela; CV (%) 2 = Coeficiente de variação da Subparcela.

Já em 2012, pelos resultados de acúmulo de macronutrientes na parte aérea das plantas de crambe (folhas e caules), independente da prática agrônômica (área com e área sem resíduos de girassol na superfície do solo), os valores máximos de N, K, Ca e Mg foram obtidos aos 54 DAS e os valores de P, mantiveram-se crescentes desde o início do ciclo, alcançando o máximo apenas aos 108 DAS. Ainda com relação ao acúmulo de nutrientes, o ajustes das equações de regressão ocorreu de forma análoga às ajustadas no cultivo 1, de modo que para os resultados de N, o ajuste foi sigmoide, os de P ajustaram-se a equação quadrática e os de K, Ca e Mg tiveram o melhor ajuste ao modelo Peak Gaussian (Figuras 10B; 10D; 10F; 11B; 11D). Desse modo, os resultados de acúmulo dos macronutrientes no cultivo 2 acompanharam os ganhos crescentes de massa seca da parte aérea pela planta (Figura 6D) e, também acompanharam a brusca redução na massa seca de folhas provocada pela senescência e queda das folhas, quando parte dos nutrientes são translocados para suprir a demanda da planta durante a maturação das siliquis que ocorreu principalmente entre 54 e

72 DAS no cultivo 2 e de 72 a 90 DAS, durante o cultivo 1.

Tabela 9. Resultados médios de acúmulo de N, P, K, Ca e Mg na parte aérea de plantas de crambe sob influência da prática agrônômica em área com e sem resíduos de plantas de girassol, aos 18, 36, 54, 72, 90 e 108 dias DAS, durante o Cultivo 2, realizado em 2012.

Prática agrônômica	Épocas de coleta (DAS)						Média
	18	36	54	72	90	108	
	N (kg ha ⁻¹)						
CR	1,19	11,20	38,33	32,54	38,67	38,16	26,68a*
SR	1,07	7,70	41,62	36,21	36,80	36,26	26,62a
Média	1,13	9,45	39,97	34,37	37,73	37,18	26,64
C.V (%) 1	20,88						
C.V (%) 2	20,22						
	P (kg ha ⁻¹)						
CR	0,21	1,94	7,98	9,47	11,46	12,25	7,22a
SR	0,19	1,52	6,88	9,16	9,25	9,03	6,00b
Média	0,20	1,73	7,43	9,32	10,35	10,64	6,61
C.V (%) 1	10,70						
C.V (%) 2	21,67						
	K (kg ha ⁻¹)						
CR	0,60	11,35	30,11	25,73	29,57	15,61	18,83a
SR	0,53	7,69	32,11	27,00	27,13	12,69	17,86a
Média	0,57	9,52	31,11	26,36	28,35	14,15	18,34
C.V (%) 1	10,04						
C.V (%) 2	26,06						
	Ca (kg ha ⁻¹)						
CR	0,69	11,32	50,42	41,79	46,83	48,03	33,18a
SR	0,62	8,09	51,90	49,45	43,71	44,58	33,06a
Média	0,66	9,71	51,16	45,62	45,27	46,30	33,12
C.V (%) 1	19,20						
C.V (%) 2	23,27						
	Mg (kg ha ⁻¹)						
CR	0,12	1,22	4,99	4,09	5,21	5,23	3,48a
SR	0,10	0,90	5,16	4,60	4,72	4,71	3,36a
Média	0,11	1,06	5,07	4,34	4,96	4,97	3,42
C.V (%) 1	10,77						
C.V (%) 2	26,05						

* Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste F. CV (%) 1 = Coeficiente de variação da Parcela; CV (%) 2 = Coeficiente de variação da Subparcela.

Pela literatura, são encontrados diferentes resultados, pois para Soratto et al. (2013), a quantidade acumulada de N, P, K, Ca, e Mg na parte aérea das plantas de crambe aos 46 DAE corresponde em média a 54,4 6,2 72,0 42,5 e 6,9 kg ha⁻¹ e 72,6 10,5 91,0 47,2 e 9,5 kg ha⁻¹ sob adubação com 150 e 300 kg ha⁻¹ de NPK, respectivamente, em cultivo realizado de maio a agosto de 2011 em Botucatu/SP. Já, de acordo Heinz et al. (2011) o acúmulo médio de N, P, K, Ca e Mg na parte aérea das plantas de crambe aos 60 DAE é de aproximadamente 67, 8,7, 87, 14,7 e 6,5 kg ha⁻¹ em cultivo realizado em Latossolo Distroférico, no município de Dourados/MS, cuja média de precipitação acumulada é de 1427 mm. Estas divergências podem ser explicadas principalmente pela diferença na massa de matéria seca acumulada na parte aérea das plantas de crambe quando cultivadas em diferentes épocas e locais e também em função de outras fontes de variação analisadas, como doses de adubação com

macronutrientes, diferentes densidades de sementeira e colheita de siliquis, entre outras.

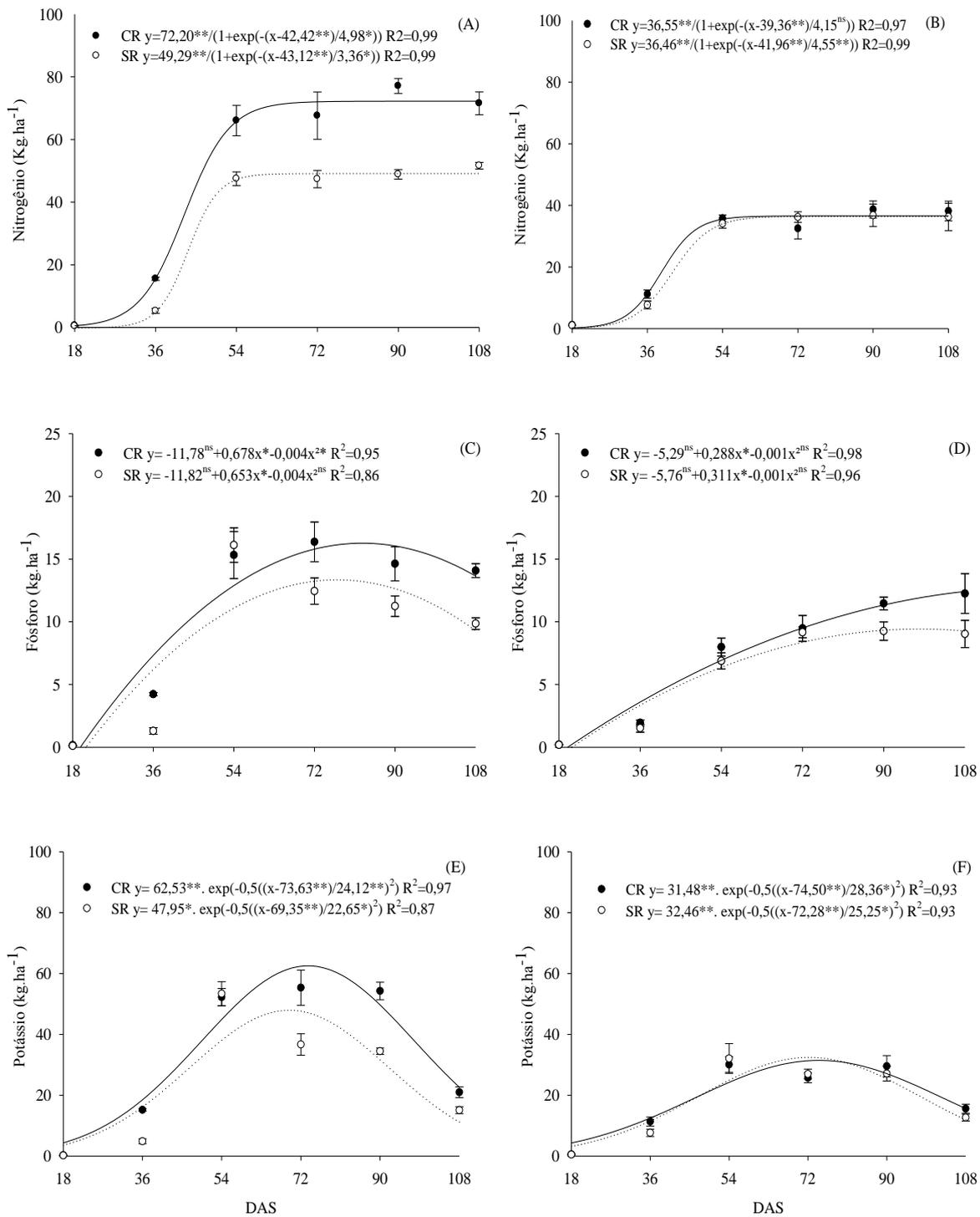


Figura 10. Acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio (kg ha^{-1}) na parte aérea de plantas de *Crambe abyssinica* sob influência da prática agrônômica em área com (CR—) e sem (SR----) resíduos de plantas de girassol durante o cultivo 1 em 2010 (A; C; E) e no cultivo 2 em 2012 (B; D; F).

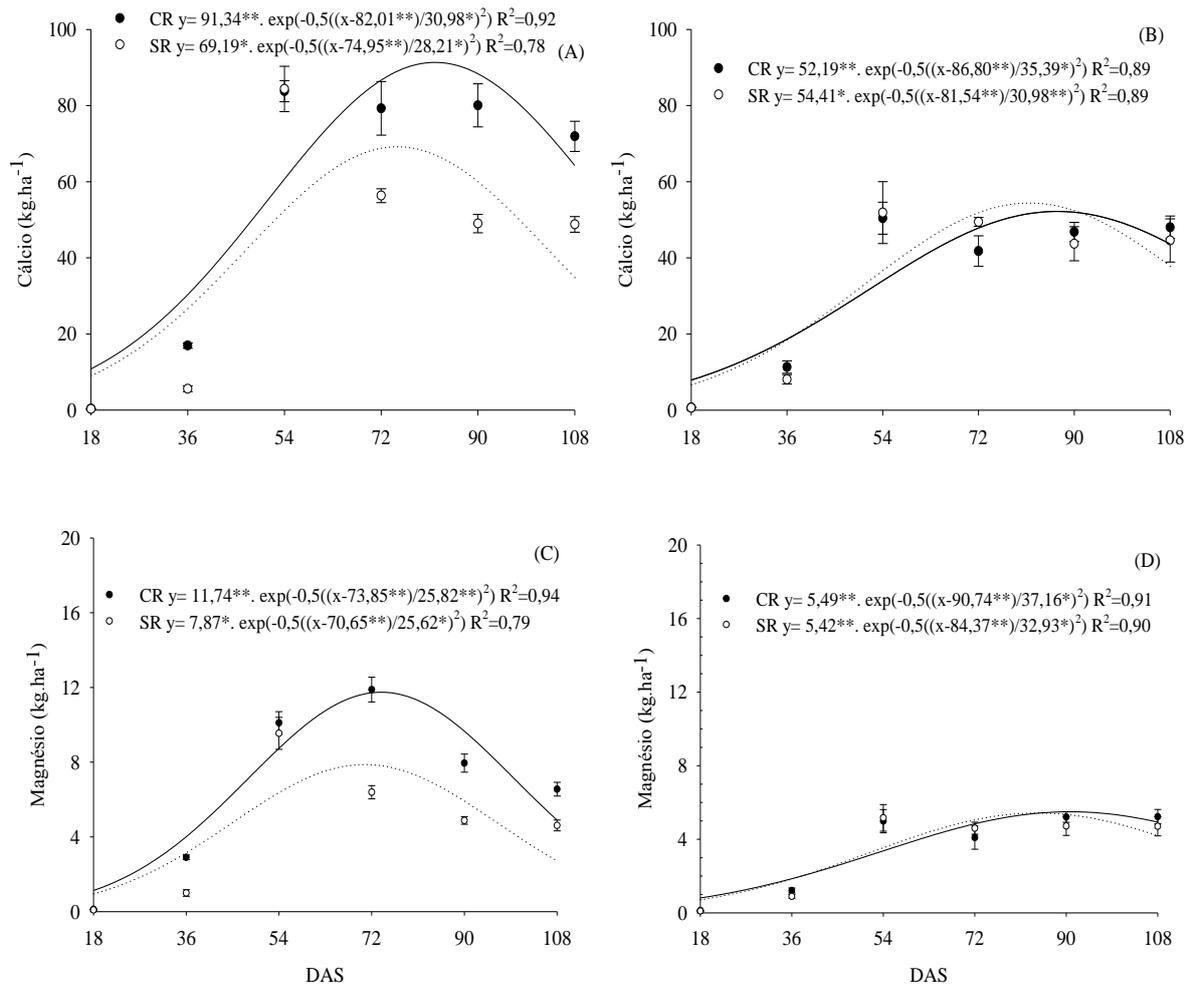


Figura 11. Acúmulo de cálcio e magnésio (kg ha⁻¹) na parte aérea de plantas de *Crambe abyssinica* sob influência da prática agrônoma em área com (CR—) e sem (SR----) resíduos de plantas de girassol durante o cultivo 1 em 2010 (A; C; E) e no cultivo 2 em 2012 (B; D; F).

Desta forma, estes resultados favoráveis dos resíduos de plantas de girassol em 2010 podem estar associados à maior quantidade da massa de resíduos de girassol (4091 kg ha^{-1}) em relação à massa da área sem resíduos de girassol (3.965 kg ha^{-1}) e também devido a velocidade de decomposição, possibilitando assim a disponibilidade de nutrientes no solo, que posteriormente podem ser aproveitados pelo crambe em cultivo sucessivo ao girassol (Figura 2). Assim, neste trabalho aos 60 dias após a roçada das plantas em 2010, 43 % (1759 kg ha^{-1}) dos resíduos permaneceram na superfície do solo na área com girassol e, 59% (2339 kg ha^{-1}) na área onde predominavam plantas espontâneas (*Panicum maximum* e *Brachiaria* sp.) (Figura 2), logo 57% (2332 kg ha^{-1}) e 41% (1626 kg ha^{-1}) dos resíduos foram decompostos em área com e sem resíduos de girassol respectivamente.

De acordo com Carvalho et al. (2008) aproximadamente 53 e 76% dos resíduos de girassol são decompostos quando mantidos na superfície do solo por 90 e 180 dias após o corte das plantas, respectivamente, em sistema de plantio direto. Para Marcelo et al. (2012) o processo de decomposição de resíduos culturais depende das condições climáticas, da quantidade de massa seca produzida e da fase fenológica das plantas no dia do manejo (roçada). Segundo estes autores, resíduos de girassol apresentam maior resistência à decomposição quando o corte das plantas é realizado após a colheita dos aquênios, pois neste momento os resíduos já estão com baixas concentrações de N e, portanto, com maiores valores de relação C/N e lignina/N. Ainda no caso do girassol, tem-se que os resíduos são compostos minoritariamente por folhas (23%) e capítulos (26%) de baixa relação C/N de 21,7 e 26,6 % respectivamente, e em sua maioria por caules (51%), de alta relação C/N (82,4%) que são decompostos de forma mais lenta (CASTRO & OLIVEIRA, 2005).

Os resultados referentes à quantidade exportada de macronutrientes nas síliquas de crambe (fruto com uma semente no interior) em 2010 e 2012 estão apresentados na Tabela 10, assim como os de concentração em 2012. No cultivo 1, os teores foram de 24,2 , 4,1 , 12,7 , 9,2 e 1,1 g kg^{-1} em área com resíduos de girassol e de 21,6 , 3,7 , 14,1 , 10,4 e 1,4 g kg^{-1} na área sem resíduos de N, P, K, Ca e Mg, respectivamente, como já apresentado por Santos (2011). Nas síliquas ainda foram exportados 48,1 , 8,0 , 25,2 , 18,3 e 2,1 kg ha^{-1} em área com resíduos de girassol e 30,8 , 5,2 , 20,0 , 14,8 e 2,0 kg ha^{-1} de N, P, K, Ca e Mg respectivamente, em área sem resíduo (Tabela 10).

No cultivo 2, os teores de macronutrientes nas síliquas foram de 23,2 , 6,3 , 15,8 , 11,1 e 2,6 g kg^{-1} em área com resíduos de girassol e de 20,9 , 5,4 , 14,1 , 10,4 e 2,2 g kg^{-1} de N, P, K, Ca e Mg, respectivamente na área sem resíduos (Tabela 10). Foram exportados em média 28,9 , 7,9 , 19,7 , 13,7 e 3,3 kg ha^{-1} em área com resíduos de girassol e 22,2 , 5,7, 15,1 , 11,2 e 2,4 kg ha^{-1} de N, P, K, Ca e Mg respectivamente, em área sem resíduos.

Tabela 10. Resultados médios de concentração (g kg^{-1}) e acúmulo (kg ha^{-1}) de N, P, K, Ca e Mg nos frutos de crambe sob influência da prática agrônômica em área com (CR) e sem (SR) resíduos de plantas de girassol em 2010 (cultivo 1) e em 2012 (cultivo 2).

Prática agrônômica	N	P	K	Ca	Mg
2010					
	Concentração (g kg^{-1})				
CR	24,2a	4,1a	12,7a	9,2a	1,1
SR	21,6b	3,7a	14,1a	10,4a	1,4
C.V. (%)	2,21	8,62	7,20	4,27	7,23
	Acúmulo (kg ha^{-1})				
CR	48,1a*	8,0a	25,2a	18,3a	2,1a
SR	30,8b	5,2b	20,0a	14,9a	2,0a
C.V. (%)	16,80	11,61	18,27	19,96	22,52
2012					
	Concentração (g kg^{-1})				
CR	23,2a	6,3a	15,8a	11,2a	2,6a
SR	20,9a	5,4a	14,1a	10,4a	2,2a
C.V. (%)	5,71	9,01	11,98	19,13	13,84
	Acúmulo (kg ha^{-1})				
CR	28,8a	7,8a	19,7a	13,7a	3,3a
SR	22,2a	5,7b	15,0a	11,2a	2,4a
C.V. (%)	16,67	6,74	19,92	27,07	23,65

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

Comparando os resultados de ambos os cultivos (Tabela 10) com os da literatura quanto à concentração dos nutrientes nas siliquas de crambe, tem-se que foram observados 19,1 , 5,8 , 1,0 , 2,7 e 3,3 g kg^{-1} de N, P, K, Ca e Mg aos 83 DAE por Mauad et al. (2013) valores de 34,5 , 5,1 17,5 , 8,7 e 2,2 g kg^{-1} aos 108 DAE, por Soratto et al. (2013). Em relação à exportação nos frutos, Soratto et al. (2013) verificaram valores médios de 54, 10, 20, 12,3 e 3,2 kg ha^{-1} de N, P, K, Ca e Mg, quando plantas de crambe foram submetidas à adubação com 150 e 300 kg ha^{-1} de NPK, em colheita realizada aos 108 DAE em 2010 e aos 103 DAE em 2011 em cultivo realizado de maio a agosto em Botucatu/SP, durante os anos de 2010 e 2011.

2.5.2 AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO DAS PLANTAS DE CRAMBE

Quando se analisou a taxa de crescimento relativo (TCR), taxa que expressa à velocidade de produção de biomassa por unidade de material vegetal preexistente, foi verificado que esta apresentou decréscimo ao longo das épocas de coleta em ambos os cultivos (Figuras 12A; 12B), em área com e sem resíduos de plantas de girassol. Altos valores iniciais da TCR são explicados pelo maior acumulação de matéria seca de planta por unidade de área nas fases iniciais do ciclo fenológico das plantas. Assim, na fase vegetativa ocorreu maior eficiência na conversão de fitomassa produzida por unidade de fitomassa já existente, como comentado por Pereira & Machado (1987).

Já os valores da taxa de crescimento da cultura (TCC), que expressa a velocidade de acumulação de biomassa por unidade de terreno decresceram a partir de 54 DAS até valores negativos aos 90 DAS em ambos cultivos (Figuras 12C; 12D). Além disto, esta taxa aos 54 DAS foi superior na presença de resíduos de girassol apenas no cultivo 1. A intensa redução na TCC está associada à redução na atividade fotossintética constatada pela drástica redução na TAL após 72 DAS e, devido à prioridade por fotoassimilados para maturação das siliquis como constatado por Bennett et al. (2011) e também pelo significativo crescimento na massa da matéria seca das siliquis após 72 DAS (Figuras 6E; 6F). Além disso, também está relacionada com a queda das folhas de crambe, que decresce a valores muito baixos logo após 72 DAS.

Os valores da taxa de assimilação líquida (TAL) que exprime a velocidade de acumulação de biomassa por unidade de área foliar e estima a fotossíntese líquida do dossel, ou seja, a eficiência fotossintética (PERIN et al., 2002) aumentaram em ambos cultivos e em ambas áreas até 72 DAS. Além disto, esta taxa foi superior na presença de resíduos de girassol em 2010 (Figura 12E). Este resultado pode ser atribuído principalmente ao auto-sombreamento decorrente da expansão foliar a partir de 54 DAS, quando o IAF alcançou os valores máximos (Tabela 4). Para Castoldi et al. (2009), em couve flor, espécie também da família *Brassicaceae*, a diminuição da TAL deve-se à reduzida penetração de luz no dossel ao longo do desenvolvimento e crescimento de plantas em consequência do arranjo foliar. Assim, a menor interceptação de energia luminosa levou a um balanço negativo da atividade fotossintética e respiratória, como comentado por Morais et al. (2014), para plantas de nabo forrageiro, quando cultivadas sob resíduos de plantas de girassol. Já em 2012, os resíduos de plantas de girassol favoreceram a TAL durante todo o ciclo das plantas de crambe (Figura 12F).

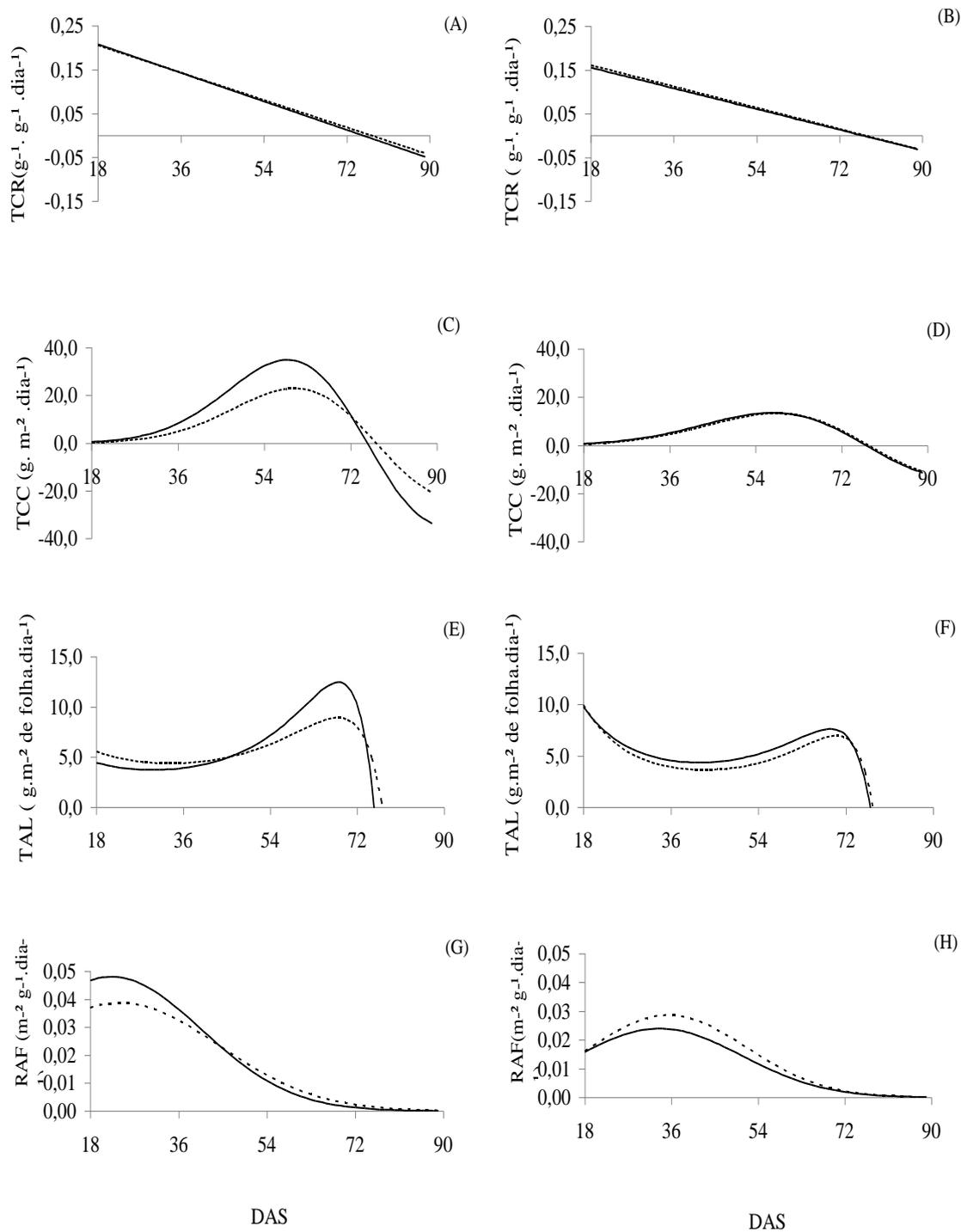


Figura 12. Taxa de crescimento relativo (TCR), taxa de crescimento da cultura (TCC), taxa de assimilação líquida (TAL) e razão de área foliar (RAF) de plantas de *Crambe abyssinica* sob influência de prática agrônômica em área com (—) e sem (----) resíduos de plantas de girassol durante o cultivo 1 em 2010 (A; C; E; G) e no cultivo 2 em 2012 (B; D; F; H).

Com relação à razão de área foliar (RAF), que é a razão entre a área foliar e a massa seca da parte aérea (PEREIRA & MACHADO, 1986), tem-se que em 2010, os valores máximos da RAF foram obtidos aos 18DAS, com decréscimo acentuado a partir de 36 DAS nas plantas de crambe cultivadas sem resíduos de plantas girassol, assim como, nas cultivadas na área com resíduos, e nestas, os valores de RAF foram superiores (Figura 12G). Estes resultados mostram que a presença dos resíduos de girassol na superfície do solo possibilitou maior investimento inicial na formação de folhas das plantas de crambe durante o cultivo 1 realizado em 2010. Já em 2012 (cultivo 2), os valores máximos foram obtidos aos 36 DAS e os maiores valores de RAF foram alcançados em plantas de crambe provenientes da área sem resíduos de girassol (Figura 12H). Assim, pode-se inferir que houve atraso no investimento inicial em folhas pelas plantas de crambe em 2012, quando comparado ao cultivo 1. Além disto, os valores iniciais da RAF são explicados devido ao investimento em fotoassimilados nas folhas, que promove aumento na captação de energia luminosa que posteriormente irá suprir a demanda da planta durante a maturação das síliquas, como comentado por PEREIRA & MACHADO (1986). Morais et al. (2014) observaram que a presença de resíduos de girassol na superfície do solo proporcionou maiores valores de RAF ao longo de todo o ciclo das plantas. Maiores valores iniciais de RAF também foram descritos por Castoldi et al. (2009) na fase vegetativa de plantas de couve flor (14 dias após o transplântio), cuja espécie também é da família *Brassicaceae*.

2.6 CONCLUSÕES

No cultivo 1, em área com resíduos de girassol mantidos na superfície do solo, o maior índice de área foliar por área de solo até 36 DAS, favorece a fotossíntese líquida (TAL) até 72 DAS e o acúmulo biomassa por área de solo ocupada no período de tempo (TCC) até 90 DAS, bem como, o acúmulo de nutrientes nas plantas de crambe a partir de 36 DAS.

No cultivo 2, com menor quantidade de resíduos de plantas de girassol mantidos na superfície do solo em relação ao cultivo 1, o menor índice de área foliar (IAF) e de massa seca acumulada na parte aérea resulta em taxas de crescimento inferiores em todo o ciclo fenológico, bem como em menor acúmulo de nutrientes nas plantas de crambe.

2.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BENNETT, E. J.; ROBERTS, J. A.; WAGSTAFF, C. The role of the pod in seed development: strategies for manipulating yield. **New Phytologist**, v. 190, p. 838-853, 2011.
- BRASIL. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. 2013. **Resolução ANP 30**. 2013b. Disponível em: < http://nxt.anp.gov.br/NXT/gateway.dll/leg/resolucoes_anp/2013/agosto/ranp%2030%20-%202013.xml >. Acesso em: 18 set. 2014.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Boletim Mensal dos Combustíveis Renováveis**, n.71, 2013a. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br>>. Acesso em: 15 de jul. 2014.
- BRAZ, M. R. S.; ROSSETTO, C. A. V. Acúmulo de nutrientes e rendimento de óleo em plantas de girassol influenciados pelo vigor dos aquênios e pela densidade de semeadura. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, suplemento. 1, p. 1193-1204, 2010.
- BROCH, D. L.; RANNO, S. K.; ROSCOE, R. Efeito de adubações de plantio e de cobertura sobre a produtividade de crambe cv. FMS Brilhante após soja e milho. **IV Congresso Brasileiro de Mamona e Simpósio internacional de oleaginosas energéticas**, João Pessoa, Paraíba, p. 652-657, 2010.
- CARVALHO, A. M.; BUSTAMANTE, M. M. C.; SOUZA JUNIOR, J. G. A; VIVALDI, L. J. Decomposição de resíduos vegetais em latossolo sob cultivo de milho e plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. especial, p. 2831-2838, 2008.
- CASTOLDI, R.; CHARLO, H. C. O.; VARGAS, P. F.; BRAZ, L. T. Crescimento, acúmulo de nutrientes e produtividade da cultura da couve-flor. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 4, p. 438-446, 2009.
- CASTRO, C.; OLIVEIRA, F. A. Nutrição e adubação do girassol. In: LEITE, R. M. V. B. de C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. (Ed.). **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2005. p. 317-373.
- CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; HERBES, M. G.; POLETTO, N.; SILVEIRA, M. J. Produção e decomposição de fitomassa de plantas invernais de cobertura de solo e milho, sob diferentes manejos da adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 1, p. 49-54, 2002.
- CHAGAS, E.; ARAÚJO, A. P.; TEIXEIRA, M. G.; GUERRA, J. G. M. Decomposição e liberação de nitrogênio, fósforo e potássio de resíduos da cultura do feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 723-729, 2007.
- FALASCA, S. L.; FLORES, N.; LAMAS, M. C.; CARBALHO, S. M.; ANSCHAU, A. *Crambe abyssinica*: An almost unknown crop with a promissory future to produce biodiesel in Argentina. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 35, n. 11, p. 5808-5812, 2010.
- FERREIRA, D. F. **Programa computacional Sisvar** - UFLA, versão 5.3, 2010.
- FONTANA, F.; LAZZERI, L.; MALAGUTI, L.; GALLETTI, S. Agronomic characterization of some *Crambe abyssinica* genotypes in a locality of the Po Valley. **European Journal of Agronomy**, Bologna, v. 9, n. 2, p. 117-126, 1998.
- FREIRE, L. R. BALIEIRO, F. C.; ZONTA, E.; ANJOS, L. H. C.; PEREIRA, M. G.; LIMA, L. GUERRA, J. G. M.; FERREIRA, M. B. C.; LEAL, M. A. A.; CAMPOS, D. V. B.; POLIDORO, J. C. Manual de calagem e adubação do Estado do Rio de Janeiro. Brasília: Embrapa ; Seropédica: UFRRJ, 2013. 430p.
- HEINZ, R.; GARBIATE, M. V.; NETO, A. L. V.; MOTA, L. H. S.; CORREIA, A. M. P.; VITORINO, A. C. T. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de crambe e nabo forrageiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 9, p. 1549-1555, 2011.
- JASPER, S. P.; BIAGGIONI, M. A. M.; SILVA, P. R. A. Comparação do custo de produção do crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) com outras culturas oleaginosas em sistema de plantio direto. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 25, n. 4, p. 141-153, 2010.

KMEC, P.; WEISS, M. J.; MILBRATH, L. R.; SCHATZ, B. G.; HANZEL, J.; HANSON, B. K.; ERIKSMOEN, E. D. Growth analysis of crambe. **Crop Science**, Madison, v. 38, n. 1, p.108-112, 1998.

KVET, J. ONDOK, J. P.; NECAS, J.; JARVIS, P. G. Methods of growth analysis. In: SESTÁK, Z.; CATSKY, J.; JARVIS, P.G. (eds). **Plant photosynthetic production - manual of methods**. The Hague: Junk W. N.V. publishers, p. 343-391, 1971.

LAGHETTI, G.; PIERGIOVANNI, A. R.; PERRINO, P. Yield and oil quality in selected lines of *Crambe abyssinica* Hochst. Ex R.E Fries and *C. hispânica* L. grown in Italy. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 4, p. 203-212, 1995.

MARCELO, A. V.; CORÀ, J. E.; FERNANDES, C. Sequências de culturas em sistema de semeadura direta. I - Produção de matéria seca e acúmulo de nutrientes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 5, p. 1553-1567, 2012.

MAUAD, M.; GARCIA, R. A.; VITORINO, A. C. T.; SILVA, R. M. M. F.; GARBIAT, E. M. V.; COELHO, L. C. F. Matéria seca e acúmulo de macronutrientes na parte aérea das plantas de Crambe. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 5, p. 771-778, 2013.

MORAIS, C. S. B.; SANTOS, L. A. S.; ROSSETTO, C. A. V. Desempenho agrônomo da cultura do nabo forrageiro influenciado pelos resíduos de plantas de girassol. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 1, p. 117-128, 2014.

OLIVEIRA, R. C. Cultura do crambe (1.ed). Cascavel: Assoeste, **Boletim técnico**, 2013. 70p.

PASQUALETTO, A.; COSTA, L. M. Influência de sucessão de culturas sobre características agrônomicas do milho (*Zea mays* L) em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 31, n. 1, p. 61-64, 2001.

PEREIRA, A. R.; MACHADO, E. C. **Análise quantitativa de crescimento de comunidades vegetais**. Campinas: Instituto Agrônomo, Boletim Técnico 114, 1987, 33p.

PERIN, A.; ARAUJO, A. P.; TEIXEIRA, M. G. Efeito do tamanho da semente na acumulação de biomassa e nutrientes e na produtividade do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 12, p. 1711-1718, 2002.

PITOL, C.; BROCH, D. L.; ROSCOE, R. **Tecnologia e produção: crambe 2010**. Fundação MS, Maracaju, 2010.

RAMOS, D. P.; CASTRO, A. F.; CAMARGO, M. N. Levantamento detalhado de solos da área da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Série Agronomia, Brasília, v.8, p. 1-27, 1973.

REGINATO, P.; SOUZA, C. M. A.; SILVA, C. J.; RAFULL, L. Z. L. Desempenho agrônomo e qualidade de sementes de crambe em diferentes épocas e profundidades de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 10, p. 1410-1413, 2013.

RIBEIRO JUNIOR, J. I. **Análise estatística no SAEG**. Viçosa: UFV, 2001. 301p.

SANTOS, Luiz Antonio Silva dos. **Produção e qualidade de sementes de *Crambe abyssinica* no Sul Fluminense**. 2011. 42f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica/RJ.

SORATTO, R. P.; SCHLICK, G. D. S.; FERNANDES, A. M.; SOUZA, E. F. C. Effect of fertilization at sowing on nutrition and yield of crambe in second season. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, n. 3, p.658-666, 2013.

SYSTAT SOFTWARE Inc – SSI. **SigmaPlot for Windows**, version 12.0. 2012.

TEDESCO, M. J.; VOLKWEISS, S. J. ; BOHNEN, H. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995, 171p.

TOEBE, M.; LOPES, S. J.; STORCK, L.; SILVEIRA, T. R.; MILANI, M.; CASAROTTO, G. Estimativa de plastocrono em crambe. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 4, p. 793-799, 2010.

TRZECIAK, M. B.; NEVES, M. B.; VINHOLES, P. S.; VILLELA, F. A.; Utilização de sementes de espécies oleaginosas para produção de biodiesel. Londrina: **Informativo Abrates**, v. 18, n. 1/3, p. 30-38, 2008.

ZOBIOLE, L. H. S.; CASTRO, C.; OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA JUNIOR, A.; MOREIRA, A. Sunflower micronutrient uptake curves. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 2, p. 346-353, 2011.

3 CAPÍTULO II

POSIÇÃO DAS SÍLIQUAS NAS PLANTAS DE CRAMBE SOB CULTIVO SUCESSIVO AO GIRASSOL

3.1 RESUMO

A intensificação de pesquisas e de ajustes tecnológicos pode aumentar o potencial de produção da cultura do crambe no Brasil. O objetivo foi avaliar a influência da posição da siliqua (frutos) de crambe e dos resíduos culturais de girassol nos componentes de produção das plantas de crambe. O experimento foi instalado em 2010 (cultivo 1) e repetido em 2012 (cultivo 2). Em cada cultivo, o delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso, em parcelas subdivididas com quatro repetições. As parcelas foram representadas por prática agrônômica (área com e sem resíduos de plantas de girassol na superfície do solo) e as subparcelas por quatro posições da siliqua (fruto) na planta de crambe: haste principal e nos ramos (primários, secundários e terciários). Para isto, na colheita, as plantas de crambe foram separadas em haste principal e ramos e, em seguida, foram obtidos o número e a massa (g) de síliquas na haste principal e nos ramos sendo os valores expressos por planta e, determinado o peso de mil. Pelos resultados pode-se concluir que a área com presença de resíduos de plantas de girassol também favorece a massa de síliquas colhidas nos ramos primários e secundários no cultivo 1. As síliquas colhidas de ramos secundário e primário, em maior número e menor peso de mil, contribuem para maior produtividade de sementes de crambe.

Palavras-chave: *Crambe abyssinica*. Cultivo sucessivo. Sistema de produção.

3.2 ABSTRACT

The intensification of research and technological adjustments can increase the production potential of the culture of crambe in Brazil. The objective was evaluate the influende of pod (fruit) position and sunflower (*Helianthus annus* L.) plants residues at the yield components crambe plants. The experiment was conducted in 2010 and repeated in 2012. For each crop, the experiment was randomized in split plot complete block with four replications. The plots were represented for agronomic practice (area with and without sunflower plants residues in soil surface) and the subplots for 4 pod position in plant of crambe (main stem and primary, secondary and tertiary branches). For this, in harvesting the crambe plants were cut, separated in main stem and branches, then sequence per part plant, evaluation of number and weight pod, as well as, certain thousand pod weight. From the results can be concluded that area with presence sunflower (*Helianthus annus* L.) plants residues also favors pod weight harvesting in primary and secondary branches in first crop. The pods harvesting secondary and primary branches, at higher number and thousand pod weight contribute to higher crambe seed yield.

Keywords: *Crambe abyssinica*. Crop sequence. Production system.

3.3 INTRODUÇÃO

O crambe (*Crambe abyssinica* Hochst. Ex R.E. Fries), oriundo do mediterrâneo e pertencente à família *Brassicaceae*, vem sendo cultivado no Brasil desde a década de 1990, por ser considerado matéria prima para produção de biodiesel, pois suas siliquas (frutos com uma semente no interior) apresentam 34% de óleo (PITOL et al., 2010). Além disto, o resíduo de seu processamento pode ser usado na alimentação de ruminantes, após a extração do óleo, devido ao elevado teor de proteína bruta, cerca de 31% (SOUZA et al., 2009a) ou empregado como adubo em sistema orgânico de produção (TIGERE et al., 2006).

Esta espécie pode compor sistemas de rotação de culturas, principalmente na região do cerrado, no período de outono-inverno, com semeadura após a colheita soja (BROCH et al., 2010), do milho (BROCH et al., 2010, JASPER et al., 2010) e do girassol (KMEC et al., 1998). Desta forma, há possibilidade de redução do seu custo de produção, já que emprega máquinas usadas para outras espécies oleaginosas (REGINATO et al., 2013) e, conseqüentemente, pode ser opção para os pequenos e médios agricultores, em função da Resolução 30 de 2013, que permite a utilização deste biocombustível para uso próprio (BRASIL, 2013).

Em canola, outra espécie desta mesma família, Diepenbrock (2000) constatou que a produtividade de sementes (kg ha^{-1}) resulta da densidade de plantas e da produção por planta, que depende da estrutura de produção, ou seja, dos componentes de produção (número de siliquas por planta, número de sementes por siliquas e também do peso individual das sementes), sendo o número de siliquas por planta a variável mais importante. Assim, em crambe, que apresenta apenas uma semente por síliqua e porte herbáceo, cuja haste principal ramifica-se próxima ao solo e novamente se ramifica em ramos secundários e posteriormente em terciários (DESAI, 2004), as diferenças nos componentes de produção e na produtividade provavelmente são devido ao número e a massa de siliquas por planta, que estão relacionadas ao florescimento indeterminado (FONTANA et al., 1998). Em trabalhos com crambe, foi constatada produtividade de 1.170 kg ha^{-1} após a sucessão ao girassol (KMEC et al., 1998) e de 1.658 kg ha^{-1} após a soja (BROCH et al., 2010).

Além disso, há também os fatores externos, entre eles, o uso de práticas agrônômicas que interferem na produtividade de sementes, na produção por planta e nos componentes de produção, como observado em nabo forrageiro (*Brassicaceae*) por Morais et al. (2014), em que a presença de resíduos de plantas de girassol na superfície do solo propiciou redução do número e da produção de sementes por planta, possivelmente devido a substâncias alelopáticas presentes nesta área de cultivo. Desta forma, os resíduos vegetais do girassol, compostos em sua maioria por caules (SODRÉ FILHO et al. 2004) com relação C/N de 81% e aproximadamente 24, 21, 44 e 40 kg ha^{-1} de N, P, K e Ca, respectivamente, que ainda permanecem nos resíduos culturais (BRAZ & ROSSETTO, 2010) podem ser disponibilizados para culturas em sucessão por meio da sua decomposição (CASTRO & OLIVEIRA, 2005). No caso de resíduos de soja, estes podem disponibilizar também maior quantidade de nitrogênio no sistema devido a fixação biológica (BROCH et al., 1998; SOUZA et al., 2009b).

No entanto, são raros os trabalhos que avaliam as práticas agrônômicas quando a finalidade é a produção de sementes com elevada qualidade fisiológica, embora seja comum destacar os efeitos nos componentes de produção e no rendimento de sementes. Assim, Nakagawa et al. (2003) observaram efeito favorável da presença de resíduos de plantas de guandu sobre o vigor de sementes de trigo. No entanto, Rosa et al. (2011) não verificaram efeito dos resíduos de mucuna anã, feijão guandu e estilosantes sobre a produtividade e a qualidade fisiológica de sementes de milho, bem como Nunes et al. (2007), em relação aos resíduos de *Brachiaria*, *Panicum*, mucuna preta, calopogônio, labe-labe, guandu, no solo sobre a qualidade de sementes de feijão.

Assim, estudos que elucidem a influência de práticas agronômicas na estrutura da planta, ou seja, nos componentes de produção do crambe podem contribuir, principalmente, para pesquisas de melhoramento genético visando elevada produtividade desta espécie.

Dentro deste contexto, o objetivo foi avaliar a influência da posição da síliqua de crambe e dos resíduos culturais de girassol nos componentes de produção das plantas de crambe.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido à 22° 45' S, 43° 41' W, 40 m de altitude, em solo classificado como Planossolo (RAMOS et al., 1973), em 2010 (Cultivo 1) no campo experimental do setor de Horticultura e repetido em 2012 (Cultivo 2) no campo experimental do setor de Fitotecnia, ambos do Departamento de Fitotecnia, do Instituto de Agronomia da UFRRJ, com sementes de crambe cv. FMS Brilhante. Foi utilizado o delineamento em blocos ao acaso em parcelas subdivididas com quatro repetições, o mesmo utilizado para avaliação do desenvolvimento das plantas (Figura 1 – Capítulo I). Nesse caso, as parcelas também foram representadas por prática agrônômica (áreas com resíduos de girassol e área sem resíduos, onde predominavam resíduos de *Panicum maximum* e *Brachiaria* sp.) e, as subparcelas por quatro posições da síliqua na planta de crambe: haste principal e nos ramos (primários, secundários e terciários). Também em cada cultivo foi avaliado apenas o efeito da prática agrônômica (área com e sem resíduos de girassol) utilizado o delineamento em blocos ao acaso com 4 repetições, para as variáveis população inicial e final (m^{-1}), índice de área foliar máximo ($m^2 m^{-2}$), massa total de síliquas ($g planta^{-1}$), número total de síliquas por planta, produtividade total de síliqua ($kg ha^{-1}$), germinação e primeira contagem de germinação (%), massa seca de resíduos por ocasião do corte das plantas de girassol ($kg ha^{-1}$) e os resíduos remanescentes das plantas de girassol (%).

Foram realizadas análises de solo de 0 a 20 e de 20 a 40 cm (Tabela 1 - Capítulo I) nos Laboratórios de Análise de Solos da Empresa de Pesquisa Agropecuária do estado do Rio de Janeiro (PESAGRO/Seropédica) e da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Também foram coletados os dados de temperatura do ar (máxima e mínima) e de precipitação pluvial na Estação Ecologia Agrícola localizada na Embrapa Agrobiologia/RJ, no período de abril a julho de 2010 (cultivo 1) e de 2012 (cultivo 2), durante o período de abril a julho de 2010 e de 2012 em Seropédica foram coletados da Estação Meteorológica Automática de Superfície, denominada de Estação Ecologia Agrícola, situada a 22° 45' 28" S de latitude, 43° 41' 5" W de longitude e 34 m de altitude. Foi calculada a soma térmica acumulada ($^{\circ}C dia^{-1}$) nas diferentes fases fenológicas da cultura, por meio da soma térmica diária ($^{\circ}C dia^{-1}$), a partir da temperatura do ar (média, mínima e máxima), bem como da temperatura base para a cultura de crambe, que é de 2,5°C (KMEC et al., 1998).

Assim, a semeadura do crambe foi realizada em 15 abril de 2010 (cultivo 1) e em 10 de abril de 2012 (cultivo 2), empregando 35 sementes da cultivar FMS Brilhante por metro linear em sulcos espaçados entre si por 0,35 m, visando obter a densidade de 100 plantas m^{-2} , de acordo com Fontana et al. (1998). Para isto, foi realizado o teste de germinação visando obter a correção para a densidade de plantas estabelecida. A semeadura do crambe ocorreu em área com predomínio de resíduos de *Brachiaria* sp e *Panicum maximum* (sem resíduos de plantas de girassol) e em área anteriormente cultivada com girassol cv. Catissol, nos períodos de novembro de 2009 a março de 2010 (cultivo 1) e de novembro de 2011 a março de 2012 (cultivo 2). Para a semeadura do girassol cv. Catissol foram utilizadas 4 sementes por metro linear com espaçamento de 0,70 m entre linhas visando uma densidade de 45.000 plantas ha^{-1} , assim foi feito teste de germinação visando obter a correção para a densidade de plantas estabelecida (BRAZ & ROSSETTO, 2010).

Em ambas as áreas, em março 15 de março de 2010 e 10 de março de 2012, as plantas de girassol e espontâneas foram roçadas mecanicamente e os resíduos deixados sobre o solo por 30 dias. Foram realizadas coletas periódicas dos resíduos de girassol na superfície do solo (área com girassol), assim como dos resíduos de plantas espontâneas (área sem girassol), sendo a primeira realizada logo após o corte (15 de março de 2010 e 10 de março de 2012) e as demais, em intervalo de 15 dias até 60 dias após o corte das plantas. Em cada coleta foram retiradas, ao acaso, quatro amostras de 0,25 m^2 por parcela, com auxílio de um quadrado de

PVC (CERETTA et al., 2002). O material foi coletado, limpo e submetido à secagem superficial usando papel toalha e, posteriormente, foi mantido a 65 °C até alcançar massa constante e, após esse período, realizou-se a pesagem para determinação da massa seca. Os resultados foram expressos em kg ha⁻¹.

Os cálculos de decomposição dos resíduos de girassol e das espécies espontâneas seguiram o modelo exponencial simples $x_t = x_0 e^{-kt}$, sendo x_t a quantidade de matéria seca de resíduos remanescentes após um período t , em dias; x_0 é a quantidade de matéria seca inicial no dia do corte das plantas; e k é a constante de decomposição (CHAGAS et al., 2007).

Nos dois cultivos, por ocasião da semeadura, foram distribuídos 10 kg ha⁻¹ de N, 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 60 kg ha⁻¹ de K₂O, na forma de sulfato de amônio (20% N), superfosfato simples (18 a 21% de P₂O₅) e cloreto de potássio (60 % de K₂O), respectivamente, e aos 30 DAS realizou-se a adubação de cobertura com 40 kg ha⁻¹ de N (45 % de N) na forma de ureia com base em Laghetti et al. (1995), pois até o momento havia apenas esta referencia disponível. No cultivo 2 (2012), foram utilizadas as mesmas doses e fontes de adubação, com exceção à adubação fosfatada, que foi de 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

Na colheita, realizada aos 108 DAS (cultivo 1) e aos 105 DAS (cultivo 2), para avaliação dos componentes de produção de siliques (frutos com uma semente no interior) de acordo com BRASIL (2009), foram coletadas 10 plantas de cada área e, em seguida, estas foram divididas em haste principal e em ramos (primários, secundários e terciários), sendo analisados o número e a massa (produção) de siliques e expressos os resultados por planta, posteriormente foi determinado o peso de mil siliques.

Também foi contado o número de plantas aos 21 DAS e na colheita, visando obter, respectivamente, a população inicial e final de plantas.

Para determinação do índice de área foliar (IAF), primeiramente foi obtida a área foliar (cm²) utilizado o medidor eletrônico LI 3100 Área Meter, e posteriormente os dados foram convertidos para unidade de área (m² m⁻²). Já, para a quantificação da matéria seca da parte aérea, as plantas foram pesadas após permanência em estufa a 65°C até atingir massa constante.

Para avaliação da qualidade fisiológica, as siliques foram classificadas em peneiras com crivo circular de diâmetro de 2,38 mm, avaliadas quanto ao peso de mil (BRASIL, 2009) e submetidas ao teste de germinação. Para isto, quatro subamostras de 50 sementes foram distribuídas sobre papel germitest umedecido com água destilada, na proporção de 2,5 vezes a sua massa seca e mantida no interior de caixas plásticas do tipo gerbox a 20°C com regime alternado de 12 horas de luz (SANTOS, 2011). As avaliações foram realizadas aos quatro e sete dias, considerando como plântulas normais aquelas com todas as estruturas presentes, proporcionais e sadias (BRASIL, 2009). O teste de primeira contagem foi realizado em conjunto com o de germinação, considerando a porcentagem de plântulas normais aos quatro dias (NAKAGAWA, 1999).

Por cultivo, os dados obtidos foram submetidos, primeiramente, aos testes de Lilliefors e de Cochran & Bartley, para verificar a normalidade e homogeneidade dos erros, respectivamente (RIBEIRO JUNIOR, 2001). Com base nos resultados, foi somente necessária à transformação dos dados de número de siliques por parte da planta em $\sqrt{x+1}$ em ambos os cultivos e de massa de siliques apenas em 2012. Após a análise de variância, foi realizada a comparação das médias para a fonte de variação parte da planta pelo teste Tukey a 5% de probabilidade por meio do pacote estatístico SISVAR (FERREIRA, 2010). Para a fonte de variação prática agrônômica (área com e sem resíduos de girassol) foi aplicado o teste F.

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O ciclo das plantas de crambe (da sementeira a colheita) teve duração de 108 dias em 2010 (cultivo 1) e de 105 dias em 2012 (cultivo 2). Comparando-se a duração das fases fenológicas dos dois ciclos, apenas a fase 2 (do início do florescimento ao início da formação das sementes) foi menor no cultivo 1 quando comparado ao cultivo 2 (Tabela 11). Este resultado pode estar associado à redução da precipitação pluvial (9,4 mm no cultivo 1 e de 25,0 mm no cultivo 2), que possivelmente promoveu o encurtamento desta fase.

Durante os dois cultivos, a temperatura média do ar oscilou de 20 e 25°C (Figura 2 - capítulo 1), faixa considerada adequada que é de 20 a 29 °C, para a emergência das plântulas e para o estabelecimento das plantas, que foi em média de 15 plantas no final no cultivo 1 e de 20 plantas no cultivo 2, bem como também para o desenvolvimento da cultura, com base em Fontana et al. (1998). Já, a precipitação pluvial de 193,7 mm (cultivo 1) e de 279 mm (cultivo 2) (Figura 2 - Capítulo 1), ou seja, apenas com em 2012 manteve-se acima da máxima ideal, que é de 150 a 200 mm (PITOL et al., 2010), sendo que o volume de 80,1 mm predominou durante a fase 3 (Início de formação das siliques), contribuindo para incidência de *Alternaria* sp., doença identificada no Paraná por Carneiro et al. (2009) e em Goiás por Macagnan et al. (2010).

Além disto, em ambos cultivos, o solo apresentava saturação por base acima de 65 % e ausência de Al trocáveis de 0 a 20 e de 20 a 40 cm (Tabela 1 – Capítulo 1), condições consideradas favoráveis por Pitol et al. (2010), porém também apresentava baixos teores de matéria orgânica e de potássio, pois 3,8% de matéria orgânica e 0,66 cmol_c dm⁻³ de potássio são os valores considerados adequados (PITOL et al., 2010).

Tabela 11. Período (dias), soma térmica acumulada (°C dia⁻¹), temperatura (máxima e mínima °C) e precipitação pluvial (mm), por fase fenológica das plantas de crambe: S sementeira; E emergência; IF início do florescimento; IFS início de formação das siliques; MF maturidade fisiológica; C Colheita, em Seropédica/RJ durante o cultivo 1 (2010) e cultivo 2 (2012).

Fases Fenológicas	Período (dias)	Soma térmica acumulada (°C dia ⁻¹)	Máxima (°C)	Mínima (°C)	Precipitação Pluvial (mm)
2010					
S - E	7	-	32,5	19,9	0,0
1. E - IF	36	711	27,9	18,2	106,9
2. IF - IFS	11	188	24,6	15,5	9,4
3. IFS - MF	35	617	26,9	15,0	52,8
4. MF - C	19	338	26,4	17,3	24,6
5. E - C	101	1854	26,9	16,6	193,7
2012					
S - E	7	-	30,7	20,2	44,0
1. E - IF	34	625	25,8	17,0	104,5
2. IF - IFS	17	327	27,4	17,7	25,0
3. IFS - MF	31	549	25,7	16,0	80,1
4. MF - C	16	246	24,6	14,7	25,3
5. E - C	98	1747	25,8	16,5	234,9

Como a produtividade de siliques de crambe (kg ha^{-1}) resulta da população de plantas e da produção de siliques total por planta (número de massa), pode-se constatar na Tabela 12, tanto em 2010 (cultivo 1) como em 2012 (cultivo 2), que não houve diferença significativa na população de plantas (inicial e final), porém a produtividade (kg ha^{-1}) e a massa (g planta^{-1}) foram maiores em área de cultivo com resíduos de plantas de girassol. Desta forma, em ambos os cultivos, os resíduos de plantas de girassol não interferiram no estabelecimento das plântulas de crambe, mas favoreceram a produtividade, já que beneficiou a massa de siliques (g planta^{-1}), que é um dos componentes de produção por planta. Além disto, no cultivo 1, os resíduos de girassol favoreceram o desenvolvimento das plantas como demonstrado pelo maior valor de IAF (Tabela 12), provavelmente devido a presença de maior quantidade de resíduos mantidos sob solo em 2010 (Tabela 12). Em nabo forrageiro, Morais et al. (2014) também constataram que a presença de resíduos de plantas de girassol na superfície do solo não interferiu no desempenho das plantas, porém observaram que houve redução do número e da massa de sementes, devido a possíveis substâncias alelopáticas presentes nesta área de cultivo com resíduos de plantas de girassol. Para os autores, plantas de girassol contêm substâncias alelopáticas presentes preferencialmente nas folhas, mas também nas raízes e caules, e que são liberadas no ambiente através de exsudação radicular, lixiviação e decomposição dos resíduos, como relatado por Ashrafi et al. (2008).

O número de siliques totais por planta não foi influenciado pela fonte de variação prática agrônômica (área com e sem resíduos de girassol). Pelos resultados da literatura, de acordo com Soratto et al. (2013) esta variável é de 238, 557 e 703 siliques por planta, sob níveis de adubação de 0, 150 e 300 kg ha^{-1} com NPK, em Botucatu/SP. Já segundo Fontana et al. (1998) estes valores variam entre 546 e 1487 entre seis diferentes genótipos na Itália. No entanto, Wang et al. (2000) encontraram valores superiores, variando entre 1276 a 2241 para a cv Meyer na China. Em relação aos valores de IAF e de produtividade, estes valores foram superiores aos encontrados para crambe por Kmec et al. (1998) também em sucessão ao girassol, em Dakota do Norte/USA, cujo IAF foi de $1,8 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ e a produtividade de 1.170 kg ha^{-1} , porém principalmente no cultivo 2 (Tabela 12), inferiores aos de Broch et al. (2010) em sucessão a soja (1.640 kg ha^{-1}), que é o sistema que fornece elevada disponibilidade de nitrogênio no sistema (RANGEL & SILVA, 2007; BROCH et al., 2010).

Tabela 12. População de plantas por metro linear, índice de área foliar máximo ($m^2 m^{-2}$), massa total de siliquas por planta ($g planta^{-1}$), número total de siliquas por planta, rendimento total de siliquas ($kg ha^{-1}$), germinação (%) e primeira contagem de germinação (%) de siliquas de crambe influenciadas pela prática agrônômica (com e sem resíduos de plantas de girassol na superfície do solo), no cultivo 1 (2010) e no cultivo 2 (2012) e dados de massa seca de resíduos culturais de girassol (área com resíduos) e de plantas espontâneas (área sem resíduo) no momento da corte (30 dias antes do cultivo) e porcentagem de resíduos remanescentes aos 60 dias após o corte das plantas.

Variável	Com resíduos de girassol	Sem resíduos de girassol	Médias
2010			
População inicial (m^{-1})	17A*	16A	17
População final (m^{-1})	14A	13A	14
IAF máximo ($m^2 m^{-2}$)	4,8A	3,8B	4,3
Massa total de siliquas ($g planta^{-1}$)	4,73A	2,79B	3,76
Número total de siliquas por planta	646A	555A	601
Produtividade total de siliqua ($kg ha^{-1}$)	1931A	1139B	1535
Germinação (%)	87A	77A	82
Primeira contagem (%)	78A	70A	74
Massa seca de resíduos ($kg ha^{-1}$)	4091,0A	3965,0A	4028,0
Resíduos remanescentes (%)	43	59	
2012			
População inicial	22A	21A	22
População final	18A	18A	18
IAF máximo ($m^2 m^{-2}$)	2,5A	2,9A	2,7
Massa total de siliquas ($g planta^{-1}$)	3,23A	2,41B	2,82
Número total de siliquas por planta	625A	463A	544
Produtividade total de siliqua ($kg ha^{-1}$)	1521A	1103B	1312
Germinação (%)	82A	81A	82
Primeira contagem (%)	70A	64A	67
Massa seca de resíduos ($kg ha^{-1}$)	3689,0A	2418,0A	3053,5
Resíduos remanescentes (%)	43	55	

* Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha não diferem significativamente entre si pelo teste F.

Em laboratório, quando as siliquas foram submetidas ao teste de germinação e de vigor por meio da primeira contagem de germinação, pode-se observar na Tabela 12, tanto em 2010 (cultivo 1) como em 2012 (cultivo 2) que não houve diferença entre o fator prática agrônômica (área com ou sem resíduos de plantas de girassol) para porcentagem de germinação e para avaliação pela primeira contagem (teste de vigor). Além disto, todos os valores estavam acima do padrão mínimo para comercialização, que é de 75%, conforme Brasil (1986).

Em outra *Brassicaceae*, tal como nabo forrageiro, Moraes et al. (2014) também não constataram influência na germinação e no vigor avaliado na primeira contagem de germinação de sementes provenientes de plantas mãe cultivadas em áreas com e sem resíduos de plantas de girassol no solo. Em outras espécies, também foi constatado maior vigor das sementes de trigo provenientes de área com resíduos de guandu devido à maior disponibilidade de nitrogênio (NAKAGAWA et al., 2003), que de acordo com Marcos Filho (2005) está diretamente associado à formação de proteínas de reserva para a germinação das sementes.

Pelo resultado da análise de variância entre as fontes de variação analisadas (posição das síliquas na haste principal e nos ramos em plantas de crambe e prática agrônômica: com e sem resíduos de plantas de girassol) pode-se constatar interação entre as fontes de variação para massa (g) apenas em 2010 (Quadro 11). Já, no cultivo 2, independente da parte da planta onde a síliqua formou-se, não houve efeito significativo da área de cultivo (com ou sem resíduos de girassol) na massa (g) de síliquas, porém para esta mesma variável, houve efeito isolado da parte da planta onde a síliqua formou-se (Quadro 12). Assim, independente da área (com ou sem resíduos de plantas de girassol), foi constatada superioridade da massa de síliquas colhidas nos ramos secundários e nos primário (Tabela 13).

Quadro 11. Resumo da análise de variância para número, massa e peso de mil síliquas colhidas em função das diferentes partes (haste principal, ramos, primário, secundário e terciário) de plantas de crambe e da prática agrônômica (área com e área sem resíduos de plantas de girassol na superfície do solo) durante o cultivo 1 (2010).

Fontes de variação	GL	Quadrados médios		
		Número de sementes	Massa (g)	Peso de mil sementes (g)
Bloco	3	5,10573	0,00006	0,14378
Prática agrônômica (A)	1	3,68825 ^{ns}	1,91592 ^{**}	0,96605 ^{ns}
Erro 1	3	6,36291	0,00513	0,40270
Parte da planta (P)	3	203,5605 ^{**}	2,73847 ^{**}	3,88409 ^{**}
AxP	3	2,53707 ^{ns}	0,74364 ^{**}	0,12701 ^{ns}
Erro 2	18	1,68032	0,00666	0,07438
C.V. 1 (%)		22,11	7,62	9,79
C.V. 2(%)		11,38	8,86	4,21

** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F. ns não significativo.
CV (%) 1 = Coeficiente de variação da Parcela; CV (%) 2 = Coeficiente de variação da Subparcela.

Quadro 12. Resumo da análise de variância para número, massa e peso de mil síliquas, colhidas em função das diferentes partes (haste principal, ramos, primário, secundário e terciário) de plantas de crambe e da prática agrônômica (área com e área sem resíduos de plantas de girassol na superfície do solo) durante o cultivo 2 (2012).

Fontes de variação	GL	Quadrados médios		
		Número de sementes	Massa (g)	Peso de mil sementes (g)
Bloco	3	13,31539	0,3088	0,31564
Prática agrônômica (A)	1	15,73852 ^{ns}	0,3439 ^{ns}	0,04500 ^{ns}
Erro 1	3	6,07508	0,1329	0,03705
Parte da planta (P)	3	300,32559 ^{**}	0,50030 ^{**}	2,96432 ^{**}
AxP	3	1,98514 ^{ns}	0,01066 ^{ns}	0,02222 ^{ns}
erro	18	3,87675	0,00995	0,05875
C.V. 1 (%)		24,16	8,98	3,23
C.V. 2(%)		19,30	7,77	4,07

** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F. ns não significativo.
CV (%) 1 = Coeficiente de variação da Parcela; CV (%) 2 = Coeficiente de variação da Subparcela.

Desdobrando a interação que ocorreu entres os fatores (posição da síliqua e prática agrônômica) no cultivo 1 (2010), foi verificado que tanto na presença resíduos de plantas de girassol como na ausência resíduos, maior massa (g) de síliquis colhidas dos ramos secundários, seguido dos primários, terciários e haste principal (Tabela 13), embora não tenha diferido do ramo terciário na área sem resíduos. Estes resultados provavelmente estão relacionados ao florescimento indeterminado (FONTANA et al., 1998) e ao fato das plantas se ramificarem (DESAI, 2004), sendo os ramos primários àqueles de maior comprimento e os secundários em maior número nas plantas de crambe. Continuando o desdobramento da interação no cultivo 1, a massa (g) de síliquis colhidas nos ramos primários e secundários por planta de crambe foi maior na área com resíduos de plantas de girassol do que na área sem resíduos (Tabela 13).

Ainda o cultivo 1, os resultados favoráveis sobre a massa de síliquis nos ramos primários e secundários podem está relacionados à maior quantidade de massa seca produzida pelas plantas de girassol no momento do corte que foi de 4091 kg ha⁻¹(Tabela 12), ficando ainda mais evidente devido o maior de teor de carbono orgânico na análise química do solo realizada após a colheita do crambe (Tabela 1 capítulo 1). Desta forma, nos resíduos culturais de girassol compostos em sua maioria por caules e com relação C/N de 81% (SODRE FILHO et al., 2004), ainda permanece 24, 21, 44 e 40 kg ha⁻¹ de N, P, K e Ca, respectivamente (BRAZ & ROSSETTO, 2010), que por meio do processo de decomposição, poderá ser um aporte de nutrientes para as culturas cultivadas em sucessão (CASTRO & OLIVEIRA, 2005).

Também pode estar associado à maior velocidade de decomposição dos resíduos de plantas de girassol do que no cultivo 2 (Figura 3 – Capítulo 1), já que apenas 43 % dos resíduos de girassol permaneciam na superfície do solo aos 60 dias após o corte das plantas (Tabela 12), coincidindo com a fase de maturação das síliquis de crambe (Tabela 11), etapa de maior de acúmulo de matéria seca pelas sementes das espécies da família *Brassicaceae* (BENNETT et al., 2011), na ocasião em que o processo de decomposição dos resíduos encontrava-se de forma ainda mais intensa. E na área sem resíduos de girassol, 59 e 55% dos resíduos de plantas de *Panicum maximum* e de *Brachiaria* sp ainda permaneciam na superfície do solo em 2010 e 2012, respectivamente. Em nabo forrageiro, Morais et al. (2014) também constataram que a presença de resíduos de plantas de girassol na superfície do solo não interferiu no estabelecimento das plantas bem como no desempenho das plantas ate 40 DAS, porém observaram que houve redução do número e da produção total de sementes por planta, possivelmente devido às possíveis substâncias alelopáticas presentes na área com resíduos de plantas de girassol.

Tabela 13. Massa (g) de siliquis colhidas em função das diferentes partes (haste principal e ramos primário, secundário e terciário) de plantas de crambe cultivadas e da prática agrônômica (área com e área sem resíduos de plantas de girassol na superfície do solo) no cultivo 1 (2010) e no cultivo 2 (2012).

Parte da planta	Com resíduos de girassol	Sem resíduos de girassol	Médias
2010			
Haste principal	0,33Ad*	0,30Ac	0,32
Ramo primário	1,33Ab	0,79Bb	1,06
Ramo secundário	2,35Aa	1,03Ba	1,69
Ramo terciário	0,72Ac	0,67Ab	0,70
Médias	1,18	0,69	
C.V 1(%)	7,62		
C.V 2(%)	8,86		
2012			
Haste principal	0,14	0,15	0,15b
Ramo primário	1,12	0,96	1,04a
Ramo secundário	1,77	1,19	1,48a
Ramo terciário	0,20	0,11	0,16b
Médias	0,81A	0,60A	0,71
C.V 1(%)	8,98		
C.V 2(%)	7,77		

* Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste F e minúscula na coluna pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. CV (%) 1 = Coeficiente de variação da Parcela; CV (%) 2 = Coeficiente de variação da Subparcela.

Quando o número de siliquis foi avaliado nas diferentes partes das plantas de crambe e sob influência da prática agrônômica (com ou sem resíduos de plantas de girassol), foi possível constatar pelos resultados da análise estatística, que houve efeito significativo da posição da siliqua, neste componente de produção, em ambos os cultivos (Quadros 11 e 12). Assim, independente da prática agrônômica (com ou sem resíduos de plantas de girassol na superfície do solo), houve maior número de siliquis colhidas nos ramos secundários por planta de crambe, tanto no cultivo 1 como no cultivo 2 (Tabela 14).

Ainda na Tabela 14 também foi verificado que independente da posição da siliqua na planta, não houve diferença entre a prática agrônômica (área com ou sem resíduos de plantas de girassol) no número de siliquis de crambe, em ambos cultivos. Também em nabo forrageiro, outra espécie da família *Brassicaceae*, Morais et al. (2014) não constataram diferença estatística no número de sementes em função da posição na planta (haste principal, ramos primário e secundário) cultivadas também sob prática agrônômica em área com e sem resíduos de girassol. A variação neste componente de produção pode estar diretamente relacionada à avaliação realizada em diferentes ambientes utilizando diferentes genótipos (ADAMSEN & COFFELT, 2005). No entanto, Kruger et al. (2011) comentam que o ambiente e o genótipo tem alta influência no número de sementes por planta de canola, também da família *Brassicaceae*.

Tabela 14. Número de siliquis colhidas em função das diferentes partes (haste principal e ramos primário, secundário e terciário) de plantas de crambe cultivadas e da prática agrônômica (área com e área sem resíduos de plantas de girassol na superfície do solo) no cultivo 1 (2010) e no cultivo 2 (2012).

Parte da planta	Com resíduos de girassol	Sem resíduos de girassol	Médias
2010			
Haste principal	24	27	25c*
Ramo primário	182	131	157b
Ramo secundário	323	278	301a
Ramo terciário	117	119	118b
Médias	162A	139A	151
C.V 1(%)	22,11		
C.V 2(%)	11,38		
2012			
Haste principal	18	15	17c
Ramo primário	203	176	190b
Ramo secundário	358	246	302a
Ramo terciário	46	26	36c
Médias	156A	116A	136
C.V 1(%)	24,16		
C.V 2(%)	19,30		

* Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste F e minúscula na coluna pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. CV (%) 1 = Coeficiente de variação da Parcela; CV (%) 2 = Coeficiente de variação da Subparcela.

Quanto ao peso de mil siliquis, houve efeito apenas efeito significativo da parte da planta onde a siliqua se formou (Quadros 11 e 12). Com isso, independente da prática agrônômica (área com e sem resíduos de plantas de girassol) foi constatado maior peso de mil siliquis provenientes da haste principal, seguido do ramo primário, secundário e terciário, tanto no cultivo 1. Por sua vez, no cultivo 2 apenas as siliquis provenientes da haste principal diferiu significativamente das demais. Desta forma no cultivo 1, houve ordenamento sequencial no peso de mil siliquis em função da ordem de formação destas, já que primeiramente as plantas lançam a haste principal, destas são emitidos os ramos primários, destes os secundários e destes últimos os terciários como ocorrem em espécies da família *Brassicaceae*, conforme relatado por Clarke (1979). Além disto, de acordo com Bennett et al. (2011) as primeiras siliquis formadas na planta podem apresentar maior peso de mil em função de sua localização na haste principal das plantas de Brássicas, que as beneficiam quanto a distribuição de fotoassimilados.

Em nabo forrageiro, Moraes et al. (2014) verificaram que também não houve influência dos resíduos de girassol no solo para esta variável. Comparando os dados obtidos na Tabela 15 com os da literatura, pode-se constatar valores superiores (7,5 g) por Adamsen & Coffelt (2005) e inferiores (5,5 g) por Mastebroek & Lange (1997) e (5,7 g) por Wang et al. (2000), em função de distintos locais e genótipos.

Tabela 15. Peso de mil siliquas (g) colhidas em função das diferentes partes (haste principal e ramos primário, secundário e terciário) de plantas de crambe cultivadas e da prática agrônômica (área com e área sem resíduos de plantas de girassol na superfície do solo) no cultivo 1 (2010) e no cultivo 2 (2012).

Parte da planta	Com resíduos de girassol	Sem resíduos de girassol	Médias
2010			
Haste principal	7,43	7,39	7,41a*
Ramos primário	6,76	6,44	6,60b
Ramos secundário	6,41	5,76	6,08c
Ramos terciário	6,03	5,63	5,83c
Médias	6,65A	6,30A	6,47
C.V 1(%)	9,79		
C.V 2(%)	4,21		
2012			
Haste principal	6,88	6,83	6,86a
Ramo primário	5,75	5,78	5,77b
Ramo secundário	5,60	5,74	5,67b
Ramo terciário	5,44	5,61	5,53b
Médias	5,92A	5,99A	5,95
C.V 1(%)	3,23		
C.V 2(%)	4,07		

* Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste F e minúscula na coluna pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. CV (%) 1 = Coeficiente de variação da Parcela; CV (%) 2 = Coeficiente de variação da Subparcela.

A haste principal das plantas de crambe lançam as primeiras flores e formam as primeiras siliquas com maior peso de mil (Tabela 15). Assim, as siliquas colhidas de ramos secundário e primário, em maior número (Tabela 14), apresentaram menor peso de mil (Tabela 15) e contribuíram para maior produtividade (Tabela 12). Desta forma, o número de siliquas foi o componente de produção que contribui forma mais significativa com o rendimento total, assim como também constatado por Diepenbrock (2000), que cita o número de siliquas por planta como o mais importante componente da produção de sementes em canola e, também verificado por Jacob Junior et al. (2012) que elege o número de frutos por planta, como sendo o componente da produção que mais influencia no aumento da produtividade de canola (*Brassica napus*).

Sendo assim, vale ressaltar que uso de práticas agrônômicas conservacionistas, como a sucessão de culturas principalmente sob resíduos culturais, além de beneficiar as características físicas e biológicas do solo, pode permitir maior aporte de nutrientes para as culturas, podendo refletir na redução de custos com corretivos e fertilizantes.

3.6 CONCLUSÕES

A área com presença de resíduos de plantas de girassol também favorece a massa de síliquas colhidas nos ramos primários e secundários no cultivo 1.

As síliquas colhidas de ramos secundário e primário, em maior número e menor peso de mil, contribuem para maior produtividade de sementes de crambe.

3.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMSEN, F. J.; COFFELT, T. A. Planting date effects on flowering, seed yield, and oil content of rape and crambe cultivars. **Industrial Crops and Products**, v. 21, n. 3, p. 293-307, 2005.
- ASHRAFI, Z. Y.; SADEGHI, S.; MASHHADI, R. H.; HASSAM, A. M. Allelopathic effects of sunflower (*Helianthus annuus*) on germination and growth of wild barley (*Hordeum spontaneum*). **Journal of Agricultural Technology**, Bimonthly, v. 4, n. 1, p. 219-229, 2008.
- BENNETT, E. J.; ROBERTS, J. A.; WAGSTAFF, C. The role of the pod in seed development: strategies for manipulating yield. **New Phytologist**, v. 190, n. 4, p. 838-853, 2011.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Portaria 457**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF: Seção 1, p. 19653, 1986.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: MAPA/ACS, 2009. 399p.
- BRASIL. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. 2013. **Resolução ANP 30**. 2013. Disponível em:
< http://nxt.anp.gov.br/NXT/gateway.dll/leg/resolucoes_anp/2013/agosto/ranp%2030%20%202013.xml >. Acesso em: 18 set. 2014.
- BROCH, D. L.; RANNO, S. K.; ROSCOE, R. Efeito de adubações de plantio e de cobertura sobre a produtividade de crambe cv. FMS Brilhante após soja e milho. In: Congresso Brasileiro de Mamona 4., Simpósio internacional de oleaginosas energéticas, 1., 2010, João Pessoa. Inclusão Social e Energia: **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2010. p. 652-657.
- BRAZ, M. R. S.; ROSSETTO, C. A. V. Acúmulo de nutrientes e rendimento de óleo em plantas de girassol influenciados pelo vigor dos aquênios e pela densidade de semeadura. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.31, suplemento. 1, p.1193-1204, 2010.
- CARNEIRO, S. M. T. P. G.; ROMANO, E.; MARIANOSWSKI, T.; OLIVEIRA, J. P.; GARBIN, T. H. S.; ARAÚJO, P. M. Ocorrência de *Alternaria brassicicola* em crambe (*Crambe abyssinica*) no estado do Paraná. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 35, n. 2, p. 154, 2009.
- CASTRO, C.; OLIVEIRA, F. A. Nutrição e adubação do girassol. In: LEITE, R. M. V. B. de C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. (Ed.). **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2005. p. 317-373.
- CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; HERBES, M. G.; POLETTO, N.; SILVEIRA, M. J. Produção e decomposição de fitomassa de plantas inverniais de cobertura de solo e milho, sob diferentes manejos da adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 1, p. 49-54, 2002.
- CHAGAS, E.; ARAÚJO, A. P.; TEIXEIRA, M. G.; GUERRA, J. G. M. Decomposição e liberação de nitrogênio, fósforo e potássio de resíduos da cultura do feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 723-729, 2007.
- CLARKE, J. M. Intra-plant variation in number of seeds per pod and seed weight in *Brassica napus* 'Tower'. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 59, p. 959-962, 1979.
- DESAI, B. B. **Seeds handbook: biology, production processing and storage**. 2. Ed. New York: Marcel Dekker, 2004. 787p.
- DIEPENBROCK, W. Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): A review. **Field Crops Research**, v. 67, p. 35-49, 2000.
- FERREIRA, D. F. **Programa computacional Sisvar** - UFLA, versão 5.3, 2010.

FONTANA, F.; LAZZERI, L.; MALAGUTI, L.; GALLETTI, S. Agronomic characterization of some *Crambe abyssinica* genotypes in a locality of the Po Valley. **European Journal of Agronomy**, Bologna, v. 9, n. 2, p. 117-126, 1998.

JACOB JUNIOR, E. A.; MERTZ, L. M.; HENNING, F. A.; QUILÓN, I. R.; MAIA, M. S.; ALTISENT, J. M. D. Changes in canola plant architecture and seed physiological quality in response to different sowing densities. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n.1 p. 014-020, 2012.

JASPER, S. P.; BIAGGIONI, M. A. M.; SILVA, P. R. A. Comparação do custo de produção do crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) com outras culturas oleaginosas em sistema de plantio direto. **Revista Energia na Agricultura**. Botucatu, v. 25, n. 4, p. 141-153, 2010.

KMEC, P.; WEISS, M. J.; MILBRATH, L. R.; SCHATZ, B. G.; HANZEL, J.; HANSON, B. K.; ERIKSMOEN, E. D. Growth analysis of crambe. **Crop Science**, v. 38, p. 108-112, 1998.

KRUGER, C. A. M. B.; SILVA, J. A. G.; MEDEIROS, S. L. P.; DALMAGO, G. A.; SARTORI, C. O.; SHIAVO, J. Arranjo de plantas na expressão dos componentes da produtividade de grãos de canola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.11, p. 1448-1453, 2011.

LAGHETTI, G.; PIERGIOVANNI, A. R.; PERRINO, P. Yield and oil quality in selected lines of *Crambe abyssinica* Hochst. Ex R.E Fries and C. hispânica L. grown in Italy. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 4, p. 203-212, 1995.

MACAGNAN, D.; CHAVES, Z. M.; CAFÉ-FILHO, A. C. First report of *Alternaria brassicicola* on *Crambe abyssinica* in Goiás state, Brazil. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 36, n. 3, p. 260, 2010.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de Sementes de Plantas Cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.

MASTEBROEK, H. D.; LANGE, W. Progress in a crambe cross programme. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 6, n. 3, p. 221-227, 1997.

MORAIS, C. S. B.; SANTOS, L. A. S.; ROSSETTO, C. A. V. Desempenho agrônômico da cultura do nabo forrageiro influenciado pelos resíduos de plantas de girassol. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 1, p. 117-128, 2014.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYŻANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.): **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p.2.1-2.24.

NAKAGAWA, J.; GASPAR, C. M.; SANTOS, J. R.; CARDOSO, C. L.; BICUDO, S. J. Qualidade de sementes de trigo e de soja em função de sistemas de preparo de solo e da sucessão de culturas. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 25, n. 1, p.73-80, 2003.

NUNES, U. R.; SANTOS, N. F.; FARNEZI, M. M. M.; ANDRADE JUNIOR, V. C.; BRANDÃO JUNIOR, D. S.; PEREIRA, G. D. Qualidade fisiológica de sementes de feijão em plantio direto sobre diferentes coberturas de plantas em Diamantina, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1737-1743, 2007.

PITOL, C.; BROCH, D. L.; ROSCOE, R. **Tecnologia e produção: crambe 2010**. Fundação MS, Maracaju, 2010. 60p.

RAMOS, D. P.; CASTRO, A. F.; CAMARGO, M. N. Levantamento detalhado de solos da área da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Série Agronomia, Brasília, v.8, p. 1-27, 1973.

RANGEL, O. J. P.; SILVA, C. A. Estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 1609-1623, 2007.

REGINATO, P.; SOUZA, C. M. A.; SILVA, C. J.; RAFULL, L. Z. L. Desempenho agrônômico e qualidade de sementes de crambe em diferentes épocas e profundidades de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 10, p. 1410-1413, 2013.

RIBEIRO JUNIOR, J. I. **Análise estatística no SAEG**. Viçosa, UFV, 2001. 301p.

ROSA, D. M.; NÓBREGA, L. H. P.; LIMA, G. P.; MAULI, M. M. Desempenho da cultura do milho implantada sobre restos culturais de leguminosas de verão em sistema de plantio direto. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 4, p. 1287-1296, 2011.

SANTOS, L. A. S. **Produção e qualidade fisiológica de sementes de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst)**. 2011. 48f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2011.

SODRÉ FILHO, J.; CARDOSO, A. N.; CARMONA, R.; CARVALHO, A. M. Fitomassa e cobertura do solo de culturas de sucessão ao milho na região do cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 4, p. 327-334, 2004.

SORATTO, R. P.; SCHLICK, G. D. S.; FERNANDES, A. M.; SOUZA, E. F. C. Effect of fertilization at sowing on nutrition and yield of crambe in second season. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.37, n. 3, p.658-666, 2013.

SOUZA, A. D. V.; FÁVARO, S. P.; ÍTAVO, L. C. V.; ROSCOE, R Caracterização química de sementes e torta de pinhão-manso, nabo-forrageiro e crambe. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 10, p. 1328-1335, 2009a.

SOUZA, E. D.; COSTA, S. E. V. G. A.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. F.; ANDRIGUETI, M.; CAO, E. Estoques de carbono orgânico e de nitrogênio no solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 6, p. 1829-1836, 2009b.

TIGERE, T.A.; GATSI, T.C.; MUDITA, I.I.; CHIKUVIRE, T.J.; THAMANGANI, S.; MAVUNGANIDZE, Z. Potential of *Jatropha curcas* in improving smallholder farmers' livelihoods in Zimbabwe: an exploratory study of Makosa ward, Mutoko district. **Journal of Sustainable Development in Africa**, v. 8, p. 1-9, 2006.

WANG, Y. P.; TANG, J. S.; CHU, C. Q.; TIAN, J. A preliminary study on the introduction and cultivation of *Crambe abyssinica* in China, an oil plant for industrial uses. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 12, n. 1, p. 47-52, 2000.

4 CONCLUSÕES GERAIS

No cultivo 1, em área com resíduos de girassol mantidos na superfície do solo, o maior índice de área foliar por área de solo até 36 DAS, favorece a fotossíntese líquida (TAL) até 72 DAS e o acúmulo biomassa por área de solo ocupada no período de tempo (TCC) até 90 DAS, bem como, o acúmulo de nutrientes nas plantas de crambe a partir de 36 DAS.

No cultivo 2, com menor quantidade de resíduos de plantas de girassol mantidos na superfície do solo em relação ao cultivo 1, o menor índice de área foliar (IAF) e de massa seca acumulada na parte aérea resulta em taxas de crescimento inferiores em todo o ciclo fenológico, bem como em menor acúmulo de nutrientes nas plantas de crambe.

A área com presença de resíduos de plantas de girassol também favorece a massa de síliquas colhidas nos ramos primários e secundários no cultivo 1.

As síliquas colhidas de ramos secundário e primário, em maior número e menor peso de mil, contribuem para maior produtividade de sementes de crambe.