

**DOGLAS BASSEGIO**

**MANEJO DE CULTURAS DE COBERTURA E SEMEADURA DIRETA DO  
CRAMBE EM SUCESSÃO**

**CASCADEL  
PARANÁ – BRASIL  
FEVEREIRO – 2014**

**DOGLAS BASSEGIO**

**MANEJO DE CULTURAS DE COBERTURA E SEMEADURA DIRETA DO  
CRAMBE EM SUCESSÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Energia na Agricultura para obtenção do título de Mestre.

Professor Orientador: Dr. Reginaldo  
Ferreira Santos

Professor Coorientador: Dr. Deonir Secco

**CASCATEL  
PARANÁ – BRASIL  
FEVEREIRO – 2014**

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**  
**Ficha catalográfica elaborada por Jeanine da Silva Barros CRB-9/1362**

B32m     Bassegio, Douglas  
            Manejo de culturas de cobertura e semeadura direta do crambe em  
sucessão / Douglas Bassegio — Cascavel, PR: UNIOESTE, 2013.  
            36 p.

            Orientador: Prof. Dr. Reginaldo Ferreira Santos  
            Coorientador: Prof. Dr. Deonir Secco  
            Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Oeste do  
Paraná.  
            Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Energia na  
Agricultura, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas.  
            Bibliografia.

            1. *Crambe abyssinica*. 2. Plantio direto. 3. Cobertura vegetal. 4.  
Ciclagem de nutrientes. I. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. II.  
Título.

CDD 21.ed. 631.58

DOGLAS BASSEGIO

**“Manejo de culturas de cobertura e semeadura direta do crambe em sucessão”**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Energia na Agricultura em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Energia na Agricultura, área de concentração Agroenergia, **aprovada** pela seguinte Banca Examinadora:

Orientador:   
Prof. Dr. Reginaldo Ferreira Santos  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE/Cascavel

  
Prof. Dr. Luiz Antonio Zanão Junior  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE/Cascavel

  
Prof. Dr. Elir de Oliveira  
Instituto Agronomico do Paraná – IAPAR/ Sta. Tereza do Oeste

Cascavel, 18 de fevereiro de 2014.

***“A melhor forma de conseguir a realização pessoal é dedicarmo-nos a metas desinteressadas.”***

*Víctor Frankl*

## AGRADECIMENTOS

A DEUS.

Aos meus pais, Dejaime e Lires e minha irmã Chaiane, pela compreensão e incentivo;

Ao meu orientador, Prof. Dr. Reginaldo Ferreira Santos, por esses anos que passamos juntos, na graduação e no mestrado. Por toda a experiência, conhecimento compartilhado e por ter acreditado em mim;

Ao professor Deonir Secco, pelos ensinamentos repassados, amizade e Coorientação;

Aos demais Professores do Programa, pela constante amizade;

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná e ao coordenador da Pós-Graduação, Samuel Nelson Melegari de Sousa pelo excelente curso de Mestrado;

À assistente da coordenação Vanderléia e as estagiárias Isis e Tatiane pela amizade e auxílio durante a realização do mestrado;

Ao Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR, Santa Teresa do Oeste e em especial ao Professor Dr. Luiz Antônio Zanão Junior por viabilizar as análises de solo, dados climáticos e pela disponibilidade em fazer parte das bancas examinadoras;

A todos os colegas e amigos (as) da Pós-Graduação pela amizade e companheirismo, e em especial ao Carlos Henrique Fornasari, Ivan Werncke e Alex Júnior Cattaneo pelo auxílio nas análises e coleta de campo;

Enfim, a todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram na realização deste estudo.

Muito obrigado

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Temperaturas máximas (---) e mínimas (—), e precipitação pluvial (■) durante a condução do experimento. A semeadura das culturas de cobertura (SCC) foi iniciada em 01/02/13 e o manejo das culturas de cobertura (MCC) em 29/04/13; a semeadura do crambe (SC) foi realizada em 10/05/13, florescimento do crambe (FC) em 03/06/13 e colheita do crambe (CC) em 28/08/13. Santa Helena-PR. .... 8

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Matéria seca (MS), relação C/N e teores acumulados de macronutrientes na parte aérea das culturas de cobertura. Santa Helena-PR.....	11
Tabela 2. Quantidade de macronutrientes acumulada na parte aérea das culturas de cobertura. Santa Helena-PR .....	13
Tabela 3. Teores médios de fósforo disponível (P), potássio trocável (K), cálcio trocável (Ca), magnésio trocável (Mg), matéria orgânica (M.O.) e saturação por bases (V) nas diferentes camadas num Latossolo argiloso, submetido ao cultivo de culturas de cobertura, em sistema plantio direto de crambe. Santa Helena-PR .....	15
Tabela 4. pH, H+Al, soma de bases (SB), CTC total, alumínio trocável (Al) e saturação por alumínio (m) nas diferentes camadas num Latossolo argiloso, submetido ao cultivo de culturas de cobertura, em sistema plantio direto de crambe. Santa Helena-PR.....	18
Tabela 5. Matéria seca, população final e massa de 1000 grãos de crambe cultivado no sistema plantio direto sobre culturas de cobertura, com e sem manejo mecânico da palhada. Santa Helena-PR .....	20
Tabela 6. Produtividade, teor de óleo e rendimento de óleo de crambe cultivado no sistema plantio direto sobre culturas de cobertura, com e sem manejo mecânico da palhada. Santa Helena-PR .....	22
Tabela 7. Desdobramento da interação culturas de cobertura x manejo mecânico da palhada para teor de óleo (%). Santa Helena-PR .....	24

BASSEGIO, Douglas. MSc, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, fevereiro de 2014. **Manejo de culturas de cobertura e semeadura direta do crambe em sucessão.** Orientador: Dr. Reginaldo Ferreira Santos. Coorientador: Dr. Deonir Secco.

## RESUMO

Culturas de cobertura reciclam nutrientes e podem proporcionar melhor desenvolvimento do crambe, bem como melhorar a fertilidade do solo no plantio direto. Desta forma, objetivou-se nesse trabalho avaliar o efeito de culturas de cobertura e do manejo da palhada nos atributos químicos do solo, componentes da produção, produtividade de grãos e teor de óleo do crambe em sucessão. O experimento foi conduzido em Santa Helena-PR, num Latossolo argiloso, em delineamento experimental de blocos ao acaso com quatro repetições em parcelas subdivididas. As parcelas foram constituídas por milho (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown), braquiária (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu), sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), crotalária (*Crotalaria juncea* L.) e uma área em pousio (vegetação espontânea), e as subparcelas, pela ausência e presença do manejo mecânico de palhada (Triton). A braquiária produziu menor quantidade de matéria seca e apresentou menor acúmulo de nutrientes. As demais culturas não diferiram entre si na produção de matéria seca, contudo a crotalária apresentou os maiores acúmulos de N e Ca, enquanto que o milho K. Os atributos químicos do solo, com exceção do K e a M.O. não foram afetados pelas culturas de cobertura. O manejo mecânico da palhada influenciou de forma positiva apenas a população final de plantas. O crambe cultivado em sucessão a crotalária apresentou maior acúmulo de matéria seca (1826,26 kg ha<sup>-1</sup>), produtividade de grãos (1066,72 kg ha<sup>-1</sup>) e rendimento de óleo (295,92 kg ha<sup>-1</sup>).

**PALAVRAS CHAVE:** *Crambe abyssinica*, plantio direto, cobertura vegetal, ciclagem de nutrientes.

BASSEGIO, Douglas. MSc, State University of West Paraná, february de 2014. **Management of cover crops and tillage of crambe in succession**. Adviser: Dr. Reginaldo Ferreira Santos. Coadviser: Dr. Deonir Secco.

### ABSTRACT

Cover crops recycle nutrients and can provide better development of crambe and improve soil fertility in tillage. Thus, this study aimed to evaluate the effect of cover crops and mulch management on soil chemical properties, the yield components, seed yield and oil content of crambe in succession. The experiment was conducted in Santa Helena-PR, a clayey Oxisol in experimental design of randomized blocks with four replications in a split plot. The plots consisted of millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown), (*Brachiaria brizantha*. Marandu), sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), sunn hemp (*Crotalaria juncea* L.) and an area fallow (natural vegetation) and the subplots, the absence and presence of mechanical handling of straw (Triton). Signalgrass produced smaller amount of dry matter and had lower accumulations of nutrients. Other crops did not differ in dry matter production, yet the crude showed the highest concentrations of N and Ca, while millet K. The soil chemical properties, with the exception of K and M.O. were not affected by cover crops. The mechanical handling of straw influenced in a positive way only the final plant population. The crambe grown after crude showed higher dry matter accumulation (1826.26 kg ha<sup>-1</sup>), grain yield (1066.72 kg ha<sup>-1</sup>) and oil yield (295.92 kg ha<sup>-1</sup>).

**KEY WORDS:** *Crambe abyssinica*, tillage, vegetation, nutrient cycling.

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>3</b>
2.1 Sistema plantio direto e uso de culturas de cobertura .....	3
2.2 Ciclagem de nutrientes e manejo da palhada .....	4
2.3 Cultivo do crambe .....	6
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>8</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>11</b>
4.1 Acúmulo de matéria seca (MS), relação C/N e teores de macronutrientes das culturas de cobertura .....	11
4.2 Atributos químicos do solo.....	14
4.3 Componentes da produção .....	19
<b>4. CONCLUSÃO.....</b>	<b>26</b>
<b>5. REFÊRENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>27</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A evolução da prática da semeadura sobre a palha e o estabelecimento do sistema plantio direto contribuíram para a conservação dos solos tropicais, e conseqüentemente melhoria das propriedades do solo com aumento da produtividade das culturas. Contudo, uma das grandes limitações do sistema encontra-se em regiões de baixa altitude, devido à baixa produção de palha no período de outono/inverno tanto de espécies utilizadas para cobertura do solo como das culturas produtoras de grãos. Posteriormente, as condições climáticas no verão proporcionam intensa taxa de decomposição dos resíduos vegetais produzidos, o que torna o sistema de plantio direto insustentável.

Assim, a utilização de culturas de cobertura busca viabilizar os sistemas de produção agrícola, através do aproveitamento de restos culturais pelas espécies subsequentes. A escolha da cultura adequada é uma estratégia que pode resultar em aporte de matéria orgânica ao solo tanto no inverno como no verão, decorrente da produção de fitomassa, acúmulo e posterior liberação de nutrientes, pela decomposição da palhada. As características da palha em relação C/N influenciam diretamente a taxa de decomposição dos resíduos culturais e a persistência sobre a superfície do solo.

Nesse sentido, outro aspecto que deve ser avaliado é o manejo das culturas de cobertura antes da semeadura da cultura posterior, já que influencia a decomposição e, conseqüentemente, a liberação de nutrientes para a cultura em sucessão. Assim, quando da semeadura da cultura em sucessão, a quantidade de palhada formada pelas culturas de cobertura pode dificultar o processo de implantação da cultura, tornando necessário o uso de implementos específicos para o manejo da palhada, como é o caso do triturador de palha horizontal.

Em virtude das condições climáticas favoráveis do Brasil, é possível manter o solo cultivado praticamente o ano todo. Neste contexto, a formação de palhada através de espécies leguminosas constituem como fonte nutricional para suplementação da cultura em sucessão, devido à taxa de acúmulo, rápida decomposição e conseqüentemente liberação de nutrientes. Por outro lado, as gramíneas possuem rusticidade e rápido desenvolvimento, com manutenção da palhada e persistência na superfície do solo, ideal para espécies que em sucessão não possuam alta demanda inicial de nutrientes, como é o caso do crambe, embora seja uma cultura de ciclo curto.

Como cultura agrícola de inverno, o crambe tem despertado interesse de produtores e pesquisadores devido ao seu potencial de produção de óleo industrial e características

agronômicas favoráveis, surgindo como alternativa de matéria prima para a cadeia do biodiesel. Devido às condições geoclimáticas de algumas regiões, a cultura é alternativa para semeadura de segunda safra (safrinha), principalmente na região sul do Brasil, onde o inverno é precoce e intenso.

Devido à diversidade edafoclimática do Brasil e, praticamente inexistência de estudos acerca da influência dos resíduos culturais deixados na superfície do solo sobre a suplementação nutricional do crambe, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito de culturas cobertura e do manejo da palhada nos atributos químicos do solo, componentes da produção, produtividade de grãos e teor de óleo do crambe em sucessão.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Sistema plantio direto e uso de culturas de cobertura**

O Sistema de Semeadura Direta (SSD) surgiu na década de 70 no Sul do Brasil como um dos maiores avanços no processo produtivo como base na utilização do solo para agricultura brasileira (LOPES et al., 2004). Com progresso e uso de tecnologias, tornou-se instrumento para a manutenção e recuperação da capacidade produtiva de solos manejados convencionalmente e de áreas degradadas (TORRES et al., 2008).

O sistema tem por finalidade eliminar a mobilização superficial dos solos e mantê-los cobertos com restos culturais, buscando-se assim a redução da erosão, o aumento do teor de matéria orgânica e a economia de combustíveis nas operações agrícolas (DE MARIA et al., 1999; HERNANI et al., 1999). Neste sentido, implica em inúmeros benefícios ambientais proporcionados pelas suas práticas conservacionistas contribuindo para menor emissão de gases causadores do efeito estufa (ABDALLA et al., 2010).

O SSD teve crescimento mundial significativo e continua numa crescente difusão por várias regiões produtoras de grãos no Brasil. Proporciona melhorias físico-hídricas, químicas e biológicas do solo. O uso do SSD facilita o armazenamento de água no perfil do solo pela redução da incidência de radiação solar e perda de água por evaporação; intensifica a reciclagem de nutrientes e conseqüentemente redução das perdas por lixiviação; e afeta positivamente as populações de bactérias fixadoras de N<sub>2</sub> do solo (CRUSCIOL et al., 2005; GARCIA et al., 2008; SIMMONS; COLEMAN, 2008; REDDY et al., 2009).

A formação de camada de palha na superfície do solo, antes da implantação da cultura principal, é requisito fundamental para a sustentabilidade do SSD. Os resíduos produzidos pelas culturas comerciais geralmente são insuficientes para boa cobertura do solo (CRUSCIOL et al., 2010). Desta forma, se faz necessário introduzir plantas alternativas, com potencial de produzir elevada quantidade de matéria seca, de modo que o solo permaneça coberto por mais tempo (FERRARI NETO et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2011; NASCENTE; CRUSCIOL, 2012; CRUSCIOL et al., 2012; BASSEGIO et al., 2013).

O potencial de recobrimento do solo, ocasionado pela persistência da fitomassa, é influenciado pela escolha da cultura, porém, em regiões de baixa altitude, a taxa de decomposição dos resíduos vegetais deve-se às condições climáticas, assim relatadas por (CARTER, 2001; PRIMAVESI et al., 2002; ANDREOTTI et al., 2008; TORRES et al., 2008). Para estes autores o clima quente acelera o processo de decomposição, enquanto o inverso acontece com o clima frio.

As coberturas vegetais podem exercer efeitos positivos e negativos sobre o desenvolvimento de plantas subsequentes, sendo que, a escolha das espécies para compor um programa de rotação e sucessão de culturas deve entre outros fatores, cobrir o solo. Lima (2004) afirma que é recomendável usar espécies fixadoras de nitrogênio com sistema radicular profundo e abundante, capaz de aproveitar fertilizantes residuais das culturas comerciais (IAPAR, 1995).

Atualmente, o produtor dispõe de várias espécies de cobertura de solo, porém o milho e o sorgo destacam-se como espécies de rápido recobrimento segundo Pacheco et al. (2011) e Carneiro et al. (2008), pela agressividade do sistema radicular que contribui para o rompimento das camadas compactadas, promovendo maior aeração do solo (ROSOLEM et al., 2010; ROSA et al., 2012).

Assim, uma alternativa crescente para melhorar a qualidade do solo, em regiões de clima quente, é a utilização de espécies forrageiras perenes para produção de cobertura do solo como as do gênero *Urochloa* e *Panicum*. A escolha destas espécies está relacionada à grande produção de biomassa e por possuírem grande potencial na manutenção da palha sobre o solo devido a sua relação C/N > 30 e alta capacidade de rebrote (BRAZ et al., 2006; CRUSCIOL et al., 2012).

Segundo Pacheco et al. (2011) o milho possui rápida emergência e crescimento até aos 60 dias após a semeadura (florescimento) na safrinha, enquanto, as espécies de *Urochloa* spp. e *Panicum* spp. possuem significativo acúmulo de nutrientes em sua fitomassa mais tardiamente, principalmente, após o reinício das chuvas nos meses de setembro e outubro.

Culturas de cobertura podem alterar, de forma positiva, as propriedades físicas do solo ocasionadas pelo trânsito de máquinas nas operações de semeadura, tratos culturais e colheita (SECCO et al., 2005; CALONEGO; ROSOLEM, 2011). Desta forma, Calonego et al. (2011) constataram que culturas de cobertura podem ser utilizadas para reduzir a compactação do solo e verificaram que o sorgo e a braquiária foram as espécies com maior potencial para estruturar solos compactados.

## **2.2 Ciclagem de nutrientes e manejo da palhada**

Um dos benefícios dos sistemas de produção que empregam rotação de culturas e sucessão com culturas comerciais é diminuir a perda de nutrientes do sistema, estabelecendo um ciclo de absorção e de retorno do nutriente ao solo Olibone (2008), caracterizando a reciclagem de nutrientes (MALAVOLTA, 1980).

Neste sentido, a rotação de culturas proporciona maior aporte de matéria orgânica ao solo devido à lenta mineralização dos resíduos e, proporciona segundo Hernani et al. (1995), melhor aproveitamento de fertilizantes minerais e possibilitar redução nos custos com adubação nitrogenada. Para isso, recomenda-se produção de matéria seca acima de 6.000 kg ha<sup>-1</sup> para uma adequada cobertura do solo em sistemas de plantio direto (ALVARENGA et al., 2001; NUNES et al., 2006).

As leguminosas apresentam a capacidade de fixar nitrogênio atmosférico e, portanto, podem acrescentar esse elemento ao solo e contribuir com a nutrição da cultura subsequente, caso seja uma cultura que necessite de grande demanda inicial (SILVA et al., 2008; MARRERO et al., 2009). Por outro lado, as gramíneas não apresentam o poder de adicionar nitrogênio ao solo, mas podem evitar que muito nitrogênio seja perdido pela sua capacidade de persistência no solo, por meio da absorção e imobilização do nutriente em sua biomassa (ANDREOLA et al., 2000).

Além disso, a cobertura vegetal das culturas de cobertura pode facilitar a reciclagem de nutrientes ou levar a deficiência de N em palhada com alta relação C:N, o que pode influenciar a espécie comercial subsequente, dependendo do seu metabolismo (SANTOS; CAMARGO, 1999). Os macronutrientes N, P e K são os mais ciclados pelas culturas. Para as leguminosas 2/3 do N contido na fitomassa são obtidos do ar e 1/3 do solo, o que pode fixar de 16 a 25 kg t<sup>-1</sup> de massa seca. De 50 a 75 % do N absorvido pelas leguminosas na fase de desenvolvimento da planta provem do solo ou do ar do solo (KIEHL, 1985).

Marcelo et al. (2012) observaram que o milho e a crotalária apresentaram as maiores produções de matéria seca e acúmulos de nutrientes nos dois primeiros anos agrícolas. O milho apresentou maiores acúmulos para K e Mg, já a crotalária, os maiores acúmulos foram para N e P. De acordo com Carvalho et al. (2011), o sorgo e o milho possuem baixo teor de lignina em seus resíduos, diminuindo as taxas de decomposição no sistema de plantio direto.

Os efeitos decorrentes da produção de fitomassa, acúmulo e liberação de nutrientes são apresentados por vários autores (BOER et al., 2007; GAMA-RODRIGUES et al., 2007). Contudo, muitas vezes o uso de implementos como triturador de palha horizontal pode acarretar desvantagens como, baixo rendimento operacional, alto custo e risco de compactação do solo, segundo Denardin e Kochhann (1993) e Reis et al. (2007), além de influenciar a decomposição da palhada e, conseqüentemente, a liberação de nutrientes para a cultura em sucessão (ARGENTA et al., 2001; GIACOMINI et al., 2003). Porém, de acordo

com Furlani Júnior et al. (2013), em certas condições torna-se necessário para o bom estabelecimento e crescimento da cultura subsequente o manejo dos resíduos vegetais.

Estudos acerca da influência do manejo da palhada sobre a produtividade da cultura subsequente são relatados por Silva et al. (2010) e Ferrari Neto et al. (2011) para a cultura da mamona, na qual a produtividade de grãos da mamoneira foi maior na ausência do manejo mecânico da palhada com triturador horizontal, em sucessão ao consórcio guandu-anão+milheto. Crusciol et al. (2007) não observaram efeito da cultura de cobertura e do manejo mecânico da palhada na nutrição e na produtividade do amendoim no sistema plantio direto.

### 2.3 Cultivo do crambe

O crambe (*Crambe abyssinica*) pertence à família Brassicaceae, também conhecida como crucíferas, da qual fazem parte plantas como a mostarda (*Brassica campestris* L.), a canola (*Brassica napus* L.) e a nabiça (*Raphanus raphanistrum* L.). Nativo da região mediterrânea tem sido cultivado no continente Africano, na Ásia Central e Oeste, Europa, Estados Unidos e América do Sul para produção de óleo industrial (OPLINGER et al., 1991; WEISS, 2000). O cultivo de crambe iniciou-se no Brasil apenas na segunda metade da década de 90, na Fundação–MS, município de Maracaju–MS. Na época, a planta era estudada somente para fins de rotação de cultura (ECHEVENGUÁ, 2007).

É uma planta de ciclo anual, com altura entre 70 e 90 cm, floresce aos 35 dias após a semeadura e seu ciclo é de aproximadamente 90 dias. Apresenta 35 a 40% de óleo, baixo custo de produção, rusticidade, fácil adaptabilidade a solos de baixa fertilidade e resistência à seca e pragas. A não exigência de novas máquinas e equipamentos para o cultivo e a facilidade para extração do óleo, através de prensas torna a cultura atrativa (MACHADO et al., 2007; NEVES et al., 2007; ROSCOE; DELMONTES, 2008; PITOL et al., 2010).

Para Oliva (2010) o fato do óleo de crambe não ser comestível é uma vantagem, já que a cultura fica destinada apenas a fins industriais. Nesse sentido, Carlsson et al. (2007) afirmam que oleaginosas com finalidades industriais, que possam ser produzidas com tecnologias modernas, têm grande potencial, principalmente se esses óleos não forem destinados ao consumo humano.

Varias pesquisas demonstram a importância da cultura para o sistema de produção agrícola, no qual Silva et al. (2011) e Rogerio et al. (2012, 2013) com adubação fosfórica, Santos et al. (2012, 2013) com doses de potássio, e Lunelli et al. (2013) com diferentes

arranjos nutricionais de NPK, constataram efeito da adubação no desenvolvimento e produtividade da cultura.

Broch et al. (2010) em trabalho realizado pela Fundação–MS, em Maracaju–MS, com a cultura do crambe em sucessão ao soja e milho, verificaram que a semeadura do crambe após a cultura da soja produziu significativamente mais do que após milho, demonstrando melhor aproveitamento N no sistema. As respostas da adubação nitrogenada no crambe são ainda pouco conhecidas nos sistemas de produção, porém Segundo Souza et al. (2009), a planta absorve grandes quantidades de N, o que pode ser inferido por seu elevado teor de proteínas no grão.

O crambe por se tratar de uma cultura de inverno, tem grande potencial para ocupar áreas ociosas no período de segunda safra (safrinha). Contudo, são escassos os trabalhos relacionados ao desenvolvimento do crambe em sucessão a culturas de cobertura no plantio direto.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em campo nos meses de fevereiro a agosto no ano agrícola de 2013, no município de Santa Helena–PR, localizado a latitude S 24° 57'55'', longitude W 54° 18'10'' e altitude de 282 m. O clima da região, conforme a classificação de Köppen (Cfa) (IAPAR, 2000), se caracteriza como subtropical. A pluviosidade média anual do município é de 1.800 mm (IAPAR, 2008). As precipitações pluviiais e temperaturas máximas e mínimas registradas, durante a condução do experimento, estão apresentadas na Figura 1.

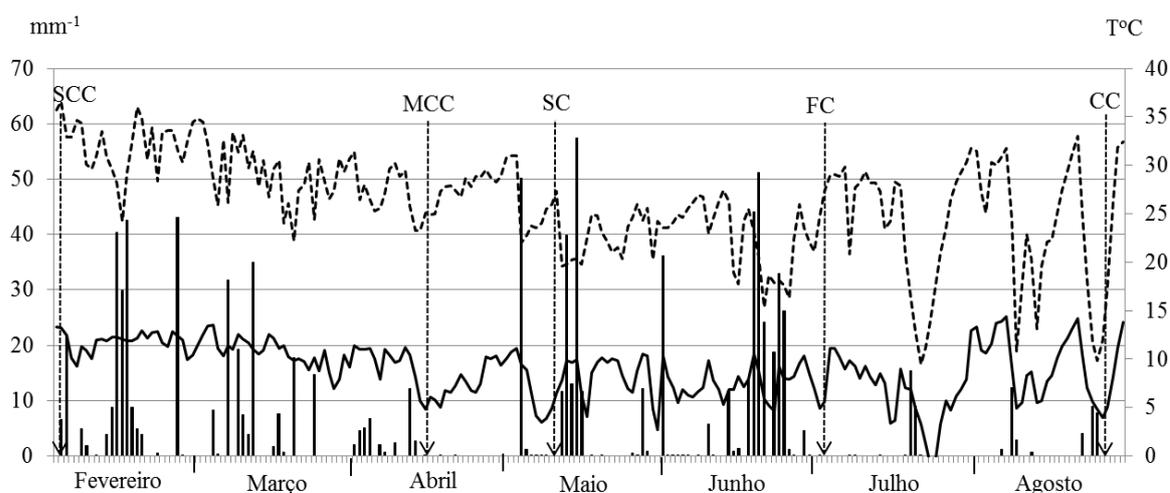


Figura 1. Temperaturas máximas (---) e mínimas (—), e precipitação pluviométrica (■) durante a condução do experimento. A sementeira das culturas de cobertura (SCC) foi iniciada em 01/02/13 e o manejo das culturas de cobertura (MCC) em 29/04/13; a sementeira do crambe (SC) foi realizada em 10/05/13, florescimento do crambe (FC) em 03/06/13 e colheita do crambe (CC) em 28/08/13. Santa Helena–PR. Fonte: IAPAR.

O solo é classificado como Latossolo Vermelho eutroférico típico (EMBRAPA, 2006). Antes da instalação do experimento, foi realizada amostragem de solo para a determinação das características químicas e físicas, na profundidade 0–20 cm, cujos resultados foram: 14,07 g dm<sup>-3</sup> de carbono orgânico; pH (CaCl<sub>2</sub>) 5,10; 21,05 mg dm<sup>-3</sup> de P; 0,13 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de K; 6,07 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Ca; 2,50 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Mg; 4,28 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> H+Al; CTC 12,98 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e 67,03 % de saturação por bases. Os teores na mesma profundidade foram: 700 g kg<sup>-1</sup> de argila; 150 g kg<sup>-1</sup> de silte e 150 g kg<sup>-1</sup> da fração areia.

O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema de parcelas subdivididas. As parcelas foram constituídas por quatro culturas de cobertura: milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown), braquiária (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu), sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e crotalária (*Crotalaria juncea* L.),

e uma área em pousio (vegetação espontânea). As subparcelas foram constituídas pela ausência e presença do manejo mecânico de palhada. Cada subparcela teve 3,15 m de largura e 6 m de comprimento.

Para o cultivo do crambe, em sistema plantio direto foram implantadas no dia 1 fevereiro de 2013 as culturas de cobertura, em área anteriormente ocupada por milho/silagem. As culturas foram instaladas à partir de uma sulcagem com espaçamento de 0,45 m entre as linhas de plantio com uma semeadora para plantio direto sem as rodas para cobertura de sementes, posteriormente semeadas e cobertas manualmente (TORRES et al., 2009; FERREIRA et al., 2010). Utilizou-se 100 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 10-15-15 na abertura do sulco, visando ao adequado desenvolvimento das mesmas, com consumo de sementes de 20, 40, 15 e 20 kg ha<sup>-1</sup> para as culturas milheto, sorgo, braquiária e crotalária, respectivamente (MURASHI et al., 2005; SIMIDU et al., 2010; SILVA et al., 2010).

Antes do manejo das culturas de cobertura e semeadura do crambe, aos 75 dias após a emergência (DAE), conforme Crusciol e Soratto (2007), determinou-se a produção de matéria seca dos mesmos presente nas parcelas, bem como os teores de macronutrientes na parte aérea das culturas de cobertura por meio da amostragem de um quadro de 0,25 m<sup>2</sup> de área interna (amostras simples), que constituíram uma amostra composta. As plantas foram cortadas rente ao solo, e secas em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C, até peso constante, obtendo-se, assim, a produção de matéria seca das plantas com valores expressos em kg ha<sup>-1</sup>.

Posteriormente, realizou-se a determinação das concentrações de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg), segundo Malavolta et al. (1997), e carbono (C), pelo método de Walkley e Black, descrito por Tedesco et al. (1995). De posse dos resultados, das concentrações de macronutrientes e C, foram calculadas a relação C/N e as quantidades de macronutrientes acumuladas por hectare, através da multiplicação da quantidade de MS por hectare pela concentração dos macronutrientes.

No dia 22/04/2013, para dessecação das culturas de cobertura nas parcelas, foi aplicado o herbicida glifosato na dosagem de 1.440 g ha<sup>-1</sup> de i.a., com pulverizador costal utilizando-se volume de calda de 200 litros ha<sup>-1</sup>. No dia 29/04/2013, em metade de cada parcela sete dias após o manejo químico, as culturas de cobertura foram trituradas mediante uso de triturador de palha horizontal (Triton<sup>®</sup>). Na outra subparcela as culturas foram roçadas manualmente rente ao solo e deixadas na superfície.

A semeadura do crambe, cultivar (FMS–Brilhante) originária da Fundação–MS foi realizada com espaçamento de 0,45 m entre linhas e profundidade de 2 a 4 cm, com auxílio de uma semeadora-adubadora de tração mecânica (PST 2) equipada com sistema de discos, em

10 de maio de 2013, 20 dias após o manejo químico das culturas de cobertura (CRUSCIOL et al., 2007). Utilizou-se adubação básica de 9 kg ha<sup>-1</sup> de N, 30 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O e 30 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 15 kg ha<sup>-1</sup> de semente, de acordo com indicações de Pitol (2008).

Por ocasião do florescimento do crambe aos 50 DAE, avaliou-se a produção de matéria seca, mediante a coleta de duas amostras em cada subparcela com um quadro de 0,25 m<sup>2</sup> e secagem em estufa de ventilação forçada à temperatura de 65 °C, até atingirem peso constante.

Em uma área de 4,5 m<sup>2</sup>, aos 110 DAE dentro de cada subparcela, constituindo-se das duas linhas centrais, foram colhidas manualmente e determinados o estande final e a produtividade de sementes, com correção para 13 % de umidade. O componente da produção peso de 1000 grãos foi determinado a partir de quatro amostras de cada subparcela, com correção para 13 % de umidade.

O solo foi coletado após a colheita dos grãos de crambe, oito meses após a semeadura das culturas de cobertura. Foram coletadas, manualmente, cinco subamostras por subparcela, nas profundidades de 0–10, 10–20 e 20–40 cm. As análises laboratoriais foram realizadas de acordo com Embrapa (1997).

O teor de óleo foi determinado no Laboratório de Controle de Qualidade de Produtos Agrícolas (LACOMPA) da Unioeste, Cascavel, a partir da metodologia do IAL–Instituto Adolfo Lutz, utilizando o aparelho extrator soxhlet (IAL, 1985).

A estatística constou da análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey. Para as culturas de cobertura, durante a primeira etapa do experimento, a análise estatística dos dados seguiu o modelo de blocos ao acaso, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Na outra fase do experimento, foi realizada análise de variância, seguindo o modelo de blocos ao acaso em parcela subdividida, comparado às médias pelo Tukey ( $p \leq 0,05$ ), utilizando-se o programa Assistat<sup>®</sup> versão 7.5 beta (SILVA; AZEVEDO, 2002).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Acúmulo de matéria seca (MS), relação C/N e teores de macronutrientes das culturas de cobertura

A produção de MS variou entre as culturas de cobertura (Tabela 1). A braquiária se destacou negativamente, com produção média de 5.532 kg ha<sup>-1</sup> de MS. Crusciol e Soratto (2007) obtiveram resultados superiores com produção de 6.267 kg ha<sup>-1</sup> de MS para braquiária manejado em fevereiro, 71 dias após a emergência (DAE) em Botucatu–SP. Torres et al. (2008) observaram produções de 6.000 e 2.100 kg ha<sup>-1</sup> de MS, em dois anos consecutivos, com manejo aos 71 DAE para braquiária. Contudo, resultados inferiores foram encontrados por Nunes et al. (2006) com manejo em um período de crescimento mais longo, após o florescimento da braquiária (4.066 kg ha<sup>-1</sup> de MS).

Tabela 1. Matéria seca (MS), relação C/N e teores acumulados de macronutrientes na parte aérea das culturas de cobertura. Santa Helena–PR

Culturas de cobertura	MS (kg ha <sup>-1</sup> )	Relação C/N	------(g kg <sup>-1</sup> )-----				
			N	P	K	Ca	Mg
Sorgo	11,769 a	39,57 ab	14,83 b	3,46 bc	12,77 b	6,45 c	6,26 a
Milheto	11,191 a	44,74 ab	12,21 bc	5,29 a	15,65 a	15,75 b	6,83 a
Crotalária	10,269 a	33,47 b	28,70 a	2,85 c	7,38 c	21,02 a	6,48 a
Braquiária	5,532 b	52,82 a	9,85 c	4,50 ab	16,66 a	5,13 c	6,73 a
CV (%)	9,39	12,49	10,04	10,84	7,50	14,41	3,16

Médias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo de Tukey (p≤0.05).

Observa-se que, a braquiária não superou 6.000 kg ha<sup>-1</sup> de MS, considerados como a quantidade mínima ideal de palhada, para cobertura do solo no sistema de plantio direto (ALVARENGA et al., 2001; DAROLT, 1998). Isto deve ao fato de, diferentemente das demais culturas, se tratar de uma espécie forrageira perene que aos 75 DAE não se encontrava no ponto de máximo acúmulo de MS (próximo ao florescimento), como destacam Pacheco et al. (2011) para espécies do gênero *Urochloa* spp.

O sorgo e o milheto tiveram acúmulo semelhante de MS (11.769 e 11.191 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente), não diferindo da crotalária (10,269 kg ha<sup>-1</sup>) (Tabela 1). Silva et al. (2010) com manejo aos 75 DAE, Crusciol e Soratto (2007) com semeadura em novembro e manejo aos 71 DAE e Souza et al. (2008), com semeadura em fevereiro e manejo aos 59 DAE, observaram produções de 14.040, 8.909 e 6.100 kg ha<sup>-1</sup> de MS, respectivamente, para o milheto.

Para a crotalária, Silva et al. (2006) e Ambrosano et al. (2011) obtiveram resultados semelhantes (9.770 e 9.318 kg ha<sup>-1</sup> de MS), respectivamente. Contudo, Silva et al. (2010), Barbosa et al. (2011), Costa et al. (2012) e Soratto et al. (2012), com épocas de manejos próximos ao deste experimento observaram produções de MS inferiores, respectivamente, (8.111, 2.069, 8.040 e 8,110 kg ha<sup>-1</sup>). A produção de MS do sorgo observado por Ferreira et al. (2011), Barbosa et al. (2011) e Carvalho et al. (2011) foram inferiores a deste trabalho (9.560, 6.435 e 6.630 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente). Portanto, mesmo com uma precipitação pluviométrica acumulada de 408 mm (Figura 1), se destaca a adaptabilidade das culturas de cobertura (sorgo, milho e crotalária) para cobertura do solo na região, com semeadura em fevereiro e manejo aos 75 DAE.

Na área em pousio não constatou-se cobertura vegetal significativa sobre o solo aos 75 DAE, devido as práticas de manejo adotadas antes da instalação das culturas de cobertura. Barbosa et al. (2011) também não verificaram presença de vegetação espontânea na área em pousio, fato relacionado segundo os autores à aplicação de herbicida dessecante antes da instalação das culturas. De acordo com Nascente et al. (2004), o uso do pousio não é uma prática recomendada para a formação de palha no SSD, pois as plantas invasoras se não forem controladas, podem competir por água, luz e nutrientes causando redução na produtividade de grãos das culturas, servir de hospedeiras de pragas e doenças, dificultar as operações de colheita e caso completem o ciclo, reinfestar a área. Além do mais, a manutenção da área em pousio acelera o processo de compactação do solo, pela ausência de cobertura vegetal, fazendo com que as gotas da chuva incidam diretamente sobre a superfície do solo com alta energia provocando a desestruturação, constituindo o selamento superficial (SCHAEFER et al., 2002).

A relação C/N da braquiária foi superior à da crotalária, porém não diferiu do sorgo e do milho (Tabela 1). Silva et al. (2010) estudando a produção de MS de espécies de cobertura com manejo aos 75 DAE, também observaram menor relação C/N para crotalária (35,4), comparado ao milho (42,4) e o consórcio crotalária+milho (42,1). Já Perin et al. (2006), constataram maior relação C/N para o milho (30) em comparação com a crotalária (13). Carneiro et al. (2008) observaram relação C/N no milho superior ao guandu-anão, sendo os valores de 38 e 21 para milho e guandu-anão, respectivamente. Ferrari Neto et al. (2011) verificaram que o milho e o cultivo consorciado (guandu+milho) produziram os maiores valores de C/N em relação ao guandu (30,8) com manejo aos 75 DAE.

Apesar da menor produtividade de MS da braquiária, sua palhada promoveu cobertura mais persistente ao solo, comparada à da crotalária. Em regiões de baixa altitude, isto se

constitui num importante fator no cultivo em plantio direto, em virtude de as altas temperaturas e umidade, no verão, promoverem uma rápida decomposição dos resíduos de baixa relação C/N (GONÇALVES et al., 2000; LARA CABEZAS et al., 2004).

De acordo Giacomini et al. (2003) quanto maior a relação C/N, mais lenta a taxa de decomposição dos resíduos, sendo, portanto, mais lenta a liberação dos nutrientes acumulados na palhada das culturas, modificando assim a época da disponibilização dos elementos absorvidos pelas plantas de cobertura havendo benefícios químicos, físicos e biológicos ao solo às culturas subsequentes. Outro aspecto importante a se considerar é que a palhada de alta relação C:N, pode promover a imobilização temporária do N do solo pela microbiota, reduzindo sua disponibilidade para a cultura em sucessão (CANTARELLA, 2007). No caso da soja, a relação C/N ideal para anteceder a cultura deve ser maior que 25, de modo a fornecer uma cobertura morta estável para a formação de nódulos radiculares e fixação simbiótica do N<sub>2</sub> (HOLTZ; SÁ, 1995).

A crotalária apresentou os maiores teores de N e Ca e os menores teores de P e K na parte aérea (Tabela 1), corroborando com Ferrari Neto et al. (2011). O teor de Mg não variou entre as culturas de cobertura. O milho apresentou maior teor de P e K na parte aérea que o sorgo e a crotalária (Figura 1). Silva et al. (2010) verificaram em milho manejado aos 75 DAE, maiores teores de K (22,9 g kg<sup>-1</sup>), Mg (3,4 g kg<sup>-1</sup>) e S (2,5 g kg<sup>-1</sup>) que a crotalária e o consórcio. Cabe ressaltar que, o sorgo e o milho apenas reciclam o N do solo, enquanto que a crotalária obtém parte do N pelo processo de fixação biológica do nitrogênio, ficando evidente a grande importância dessa leguminosa para a manutenção da sustentabilidade do sistema produtivo (FERREIRA et al., 2011).

Para a quantidade acumulada de nutrientes (Tabela 2), verificou-se que os elevados teores de N e Ca da crotalária culminaram no maior acúmulo (294,75 e 214,32 kg ha<sup>-1</sup>), respectivamente.

Tabela 2. Quantidade de macronutrientes acumulada na parte aérea das culturas de cobertura. Santa Helena-PR

Culturas de cobertura	N	P	K	Ca	Mg
	-----Quantidade acumulada (kg ha <sup>-1</sup> )-----				
Sorgo	176,310 b	40,488 b	150,575 a	75,770 c	73,687 a
Milho	135,587 bc	59,194 a	173,895 a	176,140 b	76,406 a
Crotalária	294,754 a	29,399 b	75,689 b	214,322 a	66,600 a
Braquiária	54,591 c	25,063 b	91,850 b	28,635 d	37,339 b
CV (%)	19,05	14,34	11,20	9,24	8,92

Médias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo de Tukey (p≤0.05).

A partir destes resultados (Tabela 2), pode-se observar a grande capacidade da crotalária em acumular N e Ca na matéria seca, além de apresentar crescimento rápido (ARAÚJO; ALMEIDA, 1993). O maior acúmulo de nutrientes no milho e na crotalária ocorre no início do florescimento 52 dias e 60 dias após a semeadura, respectivamente (MENDONÇA; SCHIAVINATO, 2005; CARPIM et al., 2008). Silva et al. (2010) observaram que, com exceção ao Ca, o acúmulo de nutrientes do milho foi superior à crotalária e ao consórcio. Boer et al. (2007) verificaram acúmulos de 122, 17, 40 kg ha<sup>-1</sup> de N, P, Mg pelo milho, respectivamente, para uma produção de MS de 10.801 kg ha<sup>-1</sup>, valores inferiores aos observados neste trabalho. Ferrari Neto et al. (2011) observaram que o milho apresentou as maiores quantidades acumuladas de N, P, K, Ca, Mg e S (227,3; 38,5; 321,3; 56,5; 47,5; e 34,8 kg ha<sup>-1</sup>), devido a baixa produção de MS do Guandu (4.720 kg MS ha<sup>-1</sup>).

#### 4.2 Atributos químicos do solo

Após oito meses, verificou-se que as culturas de cobertura influenciaram os teores de K e M.O., para a camada 0–10 e 20–40 cm, respectivamente (Tabela 3). O manejo da palhada não influenciou significativamente as propriedades químicas (médias não apresentadas), assim como não foi significativa a interação culturas de cobertura x manejo da palhada nas três camadas de solo. As demais propriedades químicas do solo não sofreram influência dos tratamentos.

Segundo a classificação proposta pela Embrapa (2009) para solos do Paraná, os teores de P ficaram acima do nível crítico (9 mg dm<sup>-3</sup>) nas três profundidades e são considerados altos, porém, não foram afetados pelos tratamentos. Entretanto, mesmo não ocorrendo diferenças estatísticas significativas entre as culturas de cobertura para o teor de P, nota-se na camada de 0–10 cm tendência de maior teor no solo sobre restos culturais de milho (Figura 4), devido possivelmente, ao grande acúmulo deste nutriente pela cultura no florescimento 59,19 kg ha<sup>-1</sup> (Tabela 2). Santos et al. (2012) num Latossolo do cerrado, constataram efeito das diferentes culturas de cobertura sobre os teores de P, sendo as maiores concentrações observadas nos tratamentos com milho e guandu. Corrêa et al. (2004) verificaram que o milho proporcionou incremento nos teores de P em camadas mais profundas (15 cm).

Na camada de 0–10 cm, os teores de K foram menores no solo cultivado com crotalária (0,08 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) em relação às demais culturas de cobertura e pousio (Tabela 3), sendo este valor considerado baixo (EMBRAPA, 2009). O solo com cobertura de milho apresentou nos primeiros 10 cm de profundidade, maior média absoluta de K trocável do solo

(0,14  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ), contudo, não diferiu da palhada de sorgo, braquiária e pousio, não atingindo o limite crítico, concordando com Moraes (2001) e Correia e Durigan (2008) e Santos et al. (2012) que também observaram maiores teores de K em cobertura de milho. Rosa et al. (2009) verificaram que o teor de K no solo não sofreu alteração em função das espécies de cobertura. Observa-se ainda que, independente da camada avaliada, o solo com cobertura de milho manteve o nível médio de K. O milho é uma cultura indicada para regiões quentes e secas, devido ao seu sistema radicular vigoroso, além da capacidade de extrair e reciclar nutrientes principalmente K e P de camadas mais profundas (MOLINA et al., 2000; ALVARENGA et al., 2001).

Tabela 3. Teores médios de fósforo disponível (P), potássio trocável (K), cálcio trocável (Ca), magnésio trocável (Mg), matéria orgânica (M.O.) e saturação por bases (V) nas diferentes camadas num Latossolo argiloso, submetido ao cultivo de culturas de cobertura, em sistema plantio direto de crame. Santa Helena-PR

Culturas de cobertura	Profundidade (cm)					
	0-10	10-20	20-40	0-10	10-20	20-40
	P			K		
	----- $\text{mg dm}^{-3}$ -----			----- $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ -----		
Sorgo	19,02	14,58	11,00	0,11 ab	0,09	0,09
Milho	27,02	17,87	10,15	0,14 a	0,10	0,10
Crotalária	17,08	15,98	10,26	0,08 b	0,08	0,07
Braquiária	18,41	15,32	9,16	0,10 ab	0,08	0,08
Pousio	15,86	12,55	9,90	0,09 ab	0,08	0,08
CV(%)	36,78	34,61	23,07	32,08	24,24	26,03
	Ca			Mg		
	----- $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ -----					
Sorgo	6,40	6,31	5,98	3,38	3,28	3,14
Milho	6,63	6,26	5,69	3,32	3,23	3,07
Crotalária	6,82	6,80	6,17	3,24	3,26	2,99
Braquiária	6,64	6,59	5,95	3,43	3,19	3,13
Pousio	6,48	6,20	5,88	3,06	3,03	2,78
CV(%)	9,84	12,31	12,96	12,39	17,60	12,35
	M.O.			V		
	----- $\text{g dm}^{-3}$ -----			-----(% )-----		
Sorgo	22,4	21,1	21,1 ab	64,14	63,40	61,29
Milho	23,5	22,4	21,8 a	64,26	61,75	60,20
Crotalária	22,1	19,6	18,1 bc	66,49	66,14	63,18
Braquiária	22,6	22,4	17,9 bc	65,83	63,47	61,18
Pousio	21,3	21,6	16,9 c	62,96	61,48	60,22
CV(%)	7,75	11,93	11,05	7,80	9,23	9,41

Médias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Mesmo num pequeno período, o grande acúmulo de K pelo milho no florescimento 173,895  $\text{kg ha}^{-1}$  (Tabela 2), inferiu na melhoria da fertilidade do solo nos primeiros 10 cm. Tal

resultado, deve estar relacionado à mobilidade do K, assim confirmado por Rosolem et al. (2006), no qual, verificaram que com uma chuva de 50 mm, a lixiviação de K presente na palhada de milho pode chegar até a camada de 8 cm. Segundo Cardoso (2009), as Poaceas possuem sistema radicular fasciculado, tendo maior capacidade, que as plantas de sistema radicular pivotante, de penetrar essa camada de impedimento e reciclar os nutrientes, que são perdidos por lixiviação, para as camadas mais profundas do solo (ROSOLEM et al., 2002).

Nas três camadas consideradas e nos dois sistemas de manejo da palhada, as culturas de cobertura não alteraram a capacidade de troca de cátions (CTC) e a saturação por bases (V), corroborando com Cunha et al. (2011) para duas camadas, dois sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura (crotalária, guandu, mucuna-preta, sorgo vassoura e pousio). Fato semelhante também foi observado por Nascimento et al. (2003), após três anos de cultivo de guandu, crotalária e mucuna-preta. Contudo, resultados positivos do acúmulo de bases na camada superficial promovido pelo aporte de resíduos vegetais são relatos por Pavinato e Rosolem (2008) e Santos et al. (2012).

As culturas de cobertura que antecederam o cultivo do crame, não influenciaram o pH e a acidez potencial (H+Al) (Tabela 4), bem como os teores de Ca e Mg (Tabela 5), independente da profundidade de amostragem. Rosa et al. (2009) avaliando a acidez de um Cambissolo Háplico, sob culturas de cobertura, evidenciaram solos ligeiramente ácidos, com o pH em água variando de 5,7 a 5,9, sem efeito das coberturas proporcionadas pelas culturas de cobertura. Souza et al. (2013) também não reportaram efeito das culturas de cobertura e da deposição dos seus resíduos após dois anos nos teores de pH e H+Al.

De acordo com Arantes et al. (2012) o fato da acidez potencial do solo (H+Al) não ter sido influenciada pelo aporte de resíduos vegetais, e a não geração de cargas dependentes de pH, deve estar associado ao fato do plantio direto não estar ainda consolidado. Almeida et al. (2008), após três anos de semeadura direta ou com preparo convencional do solo, também não verificaram efeito significativo de leguminosas e do milho e pousio sobre o pH e os teores de cálcio e magnésio trocáveis no solo. Nascimento et al. (2003) após três anos de cultivo de leguminosas (guandu, crotalária e mucuna-preta), condicionaram a baixa capacidade destas espécies em reciclar o cálcio do solo, além de não alterarem significativamente o pH nem os teores de cálcio e magnésio trocáveis no solo em relação a área em pousio.

Após oito meses, o milho aumentou o teor de matéria orgânica (MO) na camada do solo de 20-40 m, em relação à área em pousio, crotalária e braquiária, devido provavelmente a mineralização do seu vigoroso sistema radicular. Porém, segundo a classificação de Muzilli (1978), esses valores são considerados médios para solos do Paraná. O milho é uma cultura

com grande potencial para o manejo de solos e alta capacidade para crescer e se desenvolver em solos compactados, podendo diminuir a densidade devido ao seu crescimento radicular e aumento do teor de matéria orgânica no perfil do solo (GONÇALVES et al., 2006; SILVEIRA NETO et al., 2006).

Neste sentido, de acordo com Osterroht (2002) um dos principais efeitos do uso de plantas de cobertura sobre a fertilidade do solo é a adição de M.O.. Ainda, segundo Santos et al. (2012) em solos tropicais, em especial nos Latossolos, com alto grau de intemperização, a carga de superfície dos minerais dominantes (caulinita, óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio: solos caulíníticos, oxídicos e gibsíticos) é muito fraca; desta forma, a MO exerce papel fundamental em razão de contribuir com a elevação da superfície específica, da capacidade de troca de cátions e do incremento de nutrientes nesses solos.

Cunha et al. (2011) após quatro anos, observaram que as culturas de cobertura não diferiram entre si quanto aos seus efeitos nos atributos químicos do solo nas camadas de 0,0-10 m e 10-20 m, no entanto, elevaram o teor de M.O. em relação à condição inicial. Correia e Durigan (2008) observaram, após dois anos de semeadura direta, que o sorgo, milho, capim-pé-de-galinha, braquiária e a vegetação espontânea usados como cobertura do solo, proporcionaram aumento do teor de matéria orgânica no solo.

Os valores médios de saturação por bases (V) (Figura 4) não sofreram influência dos tratamentos, entretanto, de acordo com Ribeiro et al. (1997), os valores de V estão dentro da faixa ideal para oleaginosas (60-70 %). Moreti et al. (2007) no cultivo do feijoeiro também não constataram efeito de culturas de cobertura para saturação por bases (V) em relação ao controle. Nascimento et al. (2003) verificaram que o guandu, crotalária e mucuna-preta, embora com valores absolutos maiores, não diferiram de uma área sem cultivo no seu efeito sobre V.

Wutke et al. (2000) também não observaram, num Latossolo Vermelho sob preparo convencional após três anos da rotação do feijoeiro irrigado com milho e plantas de cobertura, diferenças entre pousio, milho, crotalária, mucuna, guandu e aveia preta quanto ao pH e aos teores de matéria orgânica, fósforo, potássio, cálcio e magnésio. Corroborando com tal informação, Moreti et al. (2007), também em Latossolo Vermelho, verificaram, após um ano, que a crotalária e o milho não alteraram os atributos químicos do solo, tanto na semeadura direta quanto incorporadas ao solo pelo preparo convencional.

Tabela 4. pH, H+Al, soma de bases (SB), CTC total, alumínio trocável (Al) e saturação por alumínio (m) nas diferentes camadas num Latossolo argiloso, submetido ao cultivo de culturas de cobertura, em sistema plantio direto de crambe. Santa Helena-PR

Culturas de cobertura	Profundidade (cm)					
	0-10	10-20	20-40	0-10	10-20	20-40
	pH			H+Al		
	-----CaCl <sub>2</sub> -----			-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----		
Sorgo	5,28	5,25	5,15	5,51	5,56	5,80
Milheto	5,21	5,12	5,06	5,58	5,97	5,86
Crotalária	5,40	5,38	5,32	5,07	5,26	5,39
Braquiária	5,35	5,28	5,15	5,26	5,64	5,79
Pousio	5,15	5,11	5,03	5,67	5,83	5,76
CV(%)	6,63	6,59	7,06	14,27	14,97	15,49
	SB			CTC		
	-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----					
Sorgo	9,90	9,68	9,22	15,41	15,25	15,03
Milheto	10,09	9,60	8,87	15,68	15,57	14,73
Crotalária	10,15	10,15	9,24	15,22	15,41	14,64
Braquiária	10,18	9,87	9,16	15,44	15,51	14,96
Pousio	9,64	9,31	8,75	15,32	15,15	14,52
CV(%)	9,42	11,30	11,09	3,79	3,71	4,02
	Al			m		
	-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----			-----(% )-----		
Sorgo	0,00	0,01	0,03	0,04	0,19	0,40
Milheto	0,00	0,01	0,01	0,00	0,17	0,14
Crotalária	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06
Braquiária	0,00	0,01	0,02	0,05	0,14	0,30
Pousio	0,00	0,01	0,01	0,09	0,11	0,13
CV(%)	394,26	265,39	159,97	384,75	275,29	164,73

Médias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Moreti et al. (2007) trabalhando com manejos de solo e plantas de cobertura, não observaram efeito do preparo do solo nas propriedades químicas, porém, verificaram que as plantas de cobertura influenciaram significativamente os teores de P, pH, Ca, Mg, H+Al, SB, CTC e V, para a camada de solo de 0–10 cm, mas não influenciaram os níveis de MO, K e Al, discordando dos resultados observados no presente estudo.

Para acidez trocável (Al), não se observa diferenças entre as culturas de cobertura, todavia, os valores estão presentes em todas as camadas amostradas (Figura 4). Correia e Durigan (2008) verificaram presença de maiores teores na camada de 5-10 cm de profundidade, nos solos cobertos com milheto comum e forrageiro, e de 10-20 cm, no solo sob milheto comum. De acordo com Santos et al. (2003), tal fato pode ser atribuído às sucessivas aplicação de fertilizantes amoniacais e a mineralização de resíduos vegetais na superfície do solo.

Quanto à saturação por alumínio (m) (Figura 4), seus valores foram determinados nas três camadas, porém, muito baixos ( $< 1$ ) e, não se constatou efeito dos resíduos vegetais, apesar da alta variabilidade (CV). Correia e Durigan (2008) não observaram presença de Al nos primeiros 5 cm de solo, no entanto, de 5-10 cm os maiores valores foram determinados nos solos sob milheto comum e forrageiro e capim-pé-de-galinha, e de 10-20 cm, nos solos sob milheto comum e capim-pé-de-galinha.

Dias (2012) trabalhando com três culturas de cobertura (feijão-guandu, feijão-de-porco e milheto), no Sul do Estado de Minas Gerais, observam que o solo mantido sem vegetação apresentou redução do pH, da concentração de alumínio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, capacidade de troca catiônica efetiva, capacidade de troca catiônica potencial, matéria orgânica e condutividade hidráulica saturada do solo, em relação a condição inicial. A autora observou ainda que, das plantas de cobertura utilizadas, o guandu, tanto em nível quanto em desnível, apresentou maior eficiência na melhoria da qualidade química do solo.

Com base no critério de Warrick e Nielsen (1980), as variáveis pH, MO, CTC e SB apresentaram CVs baixos nas três profundidades ( $CV < 12\%$ ), enquanto que, as demais variáveis CVs médios ( $12,1\% < CV < 60\%$ ), com exceção do Al e m ( $CV > 70\%$ ). De acordo com Zanão Junior et al. (2007), os CVs médios podem ser atribuídos ao efeito residual da adubação e ao modo de aplicação contínua de fertilizantes, mecanicamente e na linha de semeadura.

### **4.3 Componentes da produção**

Os componentes da produção do crambe foram afetados pelas sucessivas ocorrências de geadas na fase de florescimento da cultura (Figura 1), fase na qual, a cultura é sensível a baixas temperaturas (PITOL, 2010). Fato semelhante também foi observado por Santos et al. (2012) em Umuarama-PR, para o crambe em dois anos de cultivo, os autores constataram redução nos componentes da produção pela incidência da geada também em junho de 2011.

Quanto ao acúmulo de matéria seca no florescimento da cultura do crambe (Tabela 5), observou-se efeito significativo das culturas de cobertura. A interação culturas de cobertura x manejo da palhada não influenciou a produção de matéria seca, a população final de plantas e a massa de 1000 grãos do crambe, dessa forma, foram discutidos apenas os efeitos dos fatores isolados.

Tabela 5. Matéria seca, população final e massa de 1000 grãos de crambe cultivado no sistema plantio direto sobre culturas de cobertura, com e sem manejo mecânico da palhada. Santa Helena–PR

Culturas de cobertura	Matéria seca (kg ha <sup>-1</sup> )	População final (plantas/ha <sup>-1</sup> )	Massa de 1000 grãos (g)
Sorgo	980,86 b	344.000 c	4,88
Milheto	957,86 b	432.000 b	4,68
Crotalária	1826,26 a	510.667 a	4,75
Braquiária	1069,93 b	445.778 ab	4,87
Pousio	880,40 b	502.889 a	4,73
CV (%)	28,44	9,87	3,71
Sem manejo	1133,92	428.444 b	4,72
Com manejo	1152,21	465.778 a	4,84
CV (%)	14,73	11,48	4,79
Culturas de cobertura (C)	8,54**	18,51**	0,40 n.s.
Manejo da palhada (M)	0,08 n.s.	5,26*	1,96 n.s.
Interação C x M	0,60 n.s.	1,33 n.s.	2,44 n.s.

n.s. = não significativo; \* = significativo a ( $p \leq 0.05$ ); \*\* = significativo a ( $p \leq 0.01$ ).

A matéria seca foi maior quando o crambe foi cultivado em sucessão à crotalária (Tabela 5). A produção de MS do crambe em sucessão as demais culturas de cobertura tiveram acúmulo semelhante e não diferiram entre si. A crotalária é altamente eficiente em fixar o N atmosférico, responsável pelo crescimento inicial das plantas, Malavolta et al. (1997), e acúmulo de matéria seca, além de possuir baixa relação C/N, o que favorece a rápida decomposição e a liberação desse nutriente para a cultura subsequente (CERETTA et al., 1994). A matéria seca do crambe (1,826 kg ha<sup>-1</sup>) quando cultivado em sucessão a crotalária, foi menor do que a observada por Soratto et al. (2013) em Botucatu–SP, em dois anos de cultivo em sucessão a cultura da soja com adubação básica 300 kg ha<sup>-1</sup> (8:28:16). Os autores constataram produções de 2639 e 2283 kg ha<sup>-1</sup> de MS, respectivamente, contudo, na ausência de adubação básica verificaram produções 1525 e 815 kg ha<sup>-1</sup> de MS, respectivamente, em dois anos de estudo.

Com relação ao efeito do manejo da palhada sobre a produção de MS do crambe cultivado em sucessão, observou-se (Tabela 5) que não sofreu influência deste fator, concordando com Crusciol e Soratto (2007), que também não verificaram efeito do manejo mecânico da palhada nos componentes da produção do amendoim cultivado em sucessão. Porém, Ferrari Neto et al. (2011) e Silva et al. (2010) observaram efeito benéfico da ausência do manejo mecânico da palhada na cultura mamoneira. Resultados positivos do manejo mecânico da palhada de milho foram constatados por Furlani Junior et al. (2013), com algodão em sucessão.

As populações finais de plantas foram maiores nas palhadas de crotalária e pousio (Tabela 5). A presença de manejo mecânico das coberturas com triturador de palha também proporcionou maior população final de plantas. Isto se deve, segundo Muraishi et al. (2005), pela melhor distribuição do matéria seca vegetal sobre o solo, proporcionando menor resistência a penetração e ao deslocamento dos sistemas de corte da semeadora. Contudo, o não esfacelamento da palhada pode proporcionar menores variações na temperatura e manutenção do teor de água do solo, promovendo melhor emergência e estabelecimento das plântulas, num período de altas temperaturas e poucas precipitações, como foi observado por Ferrari Neto et al. (2011) e Silva et al. (2010).

Silva et al. (2010) observaram maiores populações finais de plantas de mamona nos tratamentos com milho solteiro e consorciado com a crotalária, além de efeito benéfico da ausência de manejo mecânico das coberturas com triturador de palha. Já Ferrari Neto et al. (2011) e Crusciol e Soratto (2007), para a cultura da mamoneira e do amendoim, respectivamente, não observaram efeito da cultura de cobertura na população final de plantas.

A baixa população de plantas na palhada de sorgo (344.000 plantas/ha<sup>-1</sup>), pode ter ocorrido devido a grande quantidade de matéria seca produzida pelas culturas de cobertura, aliada a pequena antecedência no manejo destas. Problemas semelhantes foram relatados por Gomes Junior et al. (2008) para a cultura do feijoeiro, no qual, os autores constataram baixa população final de plantas sobre a palhada de braquiária e milho, devido ineficaz do mecanismo de corte da semeadora. Deve-se salientar que, mesmo produzindo quantidade de matéria seca similar ao sorgo, a palhada de milho não prejudicou a semeadura direta do crambe. Fato semelhante também foi observado por Gomes Junior et al. (2008), mesmo com o milho (21,2 t ha<sup>-1</sup>) produzindo quantidade superior ao milho (5,6 t ha<sup>-1</sup>) e a braquiária (12,3 t ha<sup>-1</sup>). De acordo com Muraishi et al. (2005), quando há grande quantidade de matéria seca, deve-se manejar com antecedência e utilizar semeadora com sistema eficiente de corte da palha e deposição da semente, ou a utilização do manejo mecânico.

Em relação à massa de 1000 grãos (Tabela 5), não se constatou influência das culturas de cobertura, assim como o manejo da palhada, concordando com os resultados obtidos por Crusciol e Soratto (2007) e Ferrari Neto et al. (2011) para as culturas do amendoim e da mamoneira, respectivamente. Entretanto, se tratando da cultura do crambe, a massa de 1000 grãos observada neste experimento (4,73 a 4,88 g) é inferior às relatados por Silva et al. (2011) (6,3 a 7,7 g), Falasca et al. (2010) (6 a 10 g), Viana (2012) (6,33 a 7,88) e Soratto et al. (2013) (6,8 a 9,3 g), devido as baixas temperaturas (ocorrência de geadas) que danificaram parcialmente as folhagens e prejudicaram a cultura na fase de florescimento e enchimento de

grãos, fato relacionado segundo Guarienti et al. (2004) a fotossíntese, que proporciona maior enchimento de grãos, em sequência, proporcionando a melhoria no peso de mil grãos.

Quanto à produtividade de grãos e o rendimento de óleo do crambe (Tabela 6), houve apenas o efeito isolado das culturas de cobertura. A produtividade do crambe cultivado em sucessão a crotalária (1066,72 kg ha<sup>-1</sup>) foi significativamente superior em relação às demais culturas de cobertura.

Tabela 6. Produtividade, teor de óleo e rendimento de óleo de crambe cultivado no sistema plantio direto sobre culturas de cobertura, com e sem manejo mecânico da palhada. Santa Helena-PR

Culturas de cobertura	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	Teor de óleo (%)	Rendimento de óleo (kg ha <sup>-1</sup> )
Sorgo	571,98 c	21,69 d	122,87 c
Milheto	794,75 b	23,46 cd	186,78 b
Crotalária	1066,72 a	27,77 a	295,92 a
Braquiária	859,21 b	25,12 bc	215,43 b
Pousio	803,13 b	25,95 ab	208,55 b
CV (%)	13,08	5,75	14,87
Sem manejo	811,89	24,84	203,20
Com manejo	826,43	24,75	208,62
CV (%)	13,58	6,18	15,16
Culturas de cobertura (C)	21,74**	21,41**	32,98**
Manejo da palhada (M)	0,17 n.s.	0,03 n.s.	0,30 n.s.
Interação C x M	2,38 n.s.	3,68*	0,94 n.s.

n.s. = não significativo; \* = significativo a ( $p \leq 0.05$ ). ; \*\* = significativo a ( $p \leq 0.01$ ).

Como já mencionado, a produtividade de grãos da cultura pode ter sido influenciada pela população final de plantas, e o melhor desempenho do crambe em sucessão a crotalária se deve ao fato de este ter proporcionado menor interferência da palhada. Além disso, de acordo com Andrade et al. (2009), a crotalária contribui para as qualidades físicas do solo, como também, aporte de N ao solo (TEODORO et al., 2011). Neste sentido, Broch et al. (2010) em trabalho realizado pela Fundação-MS, constataram maior produtividade do crambe em sucessão a soja (1575 kg ha<sup>-1</sup>) comparado ao milho (1002 kg ha<sup>-1</sup>), demonstrando o aproveitamento de N do sistema pela cultura. A maior produtividade sobre a palhada de crotalária sem incremento na densidade de grãos pode ser explicado pelo fato que, as demais culturas de cobertura contribuiriam para maior formação de grãos por planta, devido à diferença na população final de plantas.

Silva et al. (2010) trabalhando com culturas de cobertura (crotalária, milheto e crotalária+milheto) em Botucatu-SP, observaram acréscimo na produtividade de grãos de mamoneira em sucessão ao consórcio crotalária+milheto. De acordo com os autores, o

consórcio acarreta em benéficos, pois o milheto possui alta capacidade de reciclar K, e a crotalária eficiente em fixar o N atmosférico. Ferrari Neto et al. (2011) verificaram que, mesmo o milheto solteiro produzindo maior quantidade de massa seca e acumulando maiores quantidades de macronutrientes na parte aérea, a produtividade de grãos da mamoneira foi maior na sucessão ao consórcio guandu-anão+milheto.

A palhada de sorgo e milheto causaram reduções na população final de plantas de crambe, independentemente do manejo da palhada, o que refletiu a baixa produtividade de grãos (Tabela 3). Deve-se ressaltar que, o curto intervalo de manejo, aliada a alta relação C/N das gramíneas, ocasionou maior persistência dos resíduos sobre o solo, prejudicando a semeadura do crambe.

O uso de implementos para manejo da palhada não influenciou a produtividade de grãos (Tabela 5), evidenciando que a operação de manejo da palhada não se faz necessária para o cultivo do crambe em sucessão, corroborando os resultados de Crusciol e Soratto (2007), Silva et al. (2010) e Ferrari Neto et al. (2011) no cultivo de oleaginosas (amendoim e mamona). O esfacelamento torna os resíduos mais suscetíveis ao processo de decomposição, além de alto custo, baixo rendimento operacional e riscos de compactação do solo (DENARDIN; KOCHHANN, 1993). Ferrari Neto et al. (2012) avaliando a persistência e liberação de macronutrientes do consórcio guandu-anão+milheto em função da fragmentação mecânica da palhada, verificaram que o manejo da palhada não altera a decomposição e a liberação de N, P, K, Ca, Mg e S. Neste contexto, Costa et al. (2012) também reportaram que a fragmentação mecânica da palhada da crotalária não alterou a decomposição e a liberação de macronutrientes para o solo, sendo uma prática desnecessária.

A produtividade do crambe foi afetada pelas baixas temperaturas, porém, a produtividade em sucessão a crotalária ficou dentro do seu potencial produtivo (1000-1500 kg ha<sup>-1</sup>) (PITOL, 2010). Viana (2013) no cultivo do crambe no oeste do Paraná, observou produtividade de 1892,18; 1350,72 e 530,73 kg ha<sup>-1</sup> para semeadura em Abril, julho e julho, respectivamente. Silva et al. (2011) também para região de Cascavel-PR, trabalhando com doses de fosforo e zinco condicionaram produtividade de 1928 e 1845 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, em dois anos de cultivo. Já Soratto et al. (2013) em Botucatu-SP, verificaram produções de 1850 e 2209 kg ha<sup>-1</sup> com dose de 300 kg ha<sup>-1</sup> da formulação básica 8:28:16. Rosa (2013) analisando o potencial estruturante de espécies de cobertura, verificou que a crotalária e a mucuna verde apresentaram redução significativa de densidade do solo em comparação à área de pousio, contudo, não influenciaram a produtividade e o rendimento de óleo do crambe em sucessão, apesar da grande variabilidade dos dados.

O teor de óleo do crambe (Tabela 6) foi afetado pelas culturas de cobertura, bem como pela interação entre os fatores estudados, assim, devido à interação significativa para as culturas de cobertura e o manejo da palhada, será analisado o desdobramento na Tabela 7.

Tabela 7. Desdobramento da interação culturas de cobertura x manejo mecânico da palhada para teor de óleo (%). Santa Helena-PR

Culturas de cobertura	Manejo mecânico da palhada	
	Sem	Com
Sorgo	23,55 bA	19,83 cB
Milheto	23,30 bA	23,62 bA
Crotalária	27,32 aA	28,22 aA
Braquiária	24,37 abA	25,88 abA
Pousio	25,68 abA	26,22 abA

Médias seguidas pela mesma letra (minúsculas nas colunas para comparação entre culturas de cobertura e maiúsculas nas linhas para manejo mecânico da palhada diferem entre si pelo teste de Tukey,  $p \leq 0.05$ ).

Em relação à interação (Tabela 7), observa-se que o crambe cultivado sobre cobertura vegetal de crotalária, apresentou teor de óleo superior às coberturas de sorgo e milho, todavia, não diferiu da cobertura de braquiária e da área em pousio, independentemente do manejo da palhada. Assim como os demais componentes, o teor de óleo do crambe (Tabela 7) ficou abaixo do seu potencial, que chega a 38 % (PITOL, 2008). O baixo teor de óleo da cultura está relacionado à baixa produtividade de grãos, fato este também observado por Santos et al. (2013). Rosa (2013) observou correlação linear positiva entre a produtividade de grãos de crambe e o rendimento de óleo, corroborando o presente trabalho. Contudo, teores de óleo superiores em melhores condições climáticas são relatados por outros autores (FALASCA et al., 2010; SILVA et al., 2011; VIANA, 2012; SANTOS et al., 2012, 2013; ROGÉRIO et al., 2012, 2013; SORATTO et al., 2013).

A crotalária como cultura antecessora, proporcionou maior rendimento de óleo ( $295,92 \text{ kg ha}^{-1}$ ), enquanto que a área em pousio e cobertura de braquiária rendimentos semelhantes ( $215,43$  e  $208,55 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Rendimentos de óleo semelhantes ao presente estudo foram observados por Santos et al. (2013) e inferiores por Rosa (2013).

Assim como para os demais componentes, o crambe cultivado em sucessão ao sorgo forrageiro apresentou menor teor de óleo, sendo dependente do manejo mecânico da palhada, no qual, condicionou efeito negativo. Há necessidades de novos estudos sobre o assunto, contudo, estes fatos podem estar ligados a possíveis atividades alelopáticas da palhada de sorgo sobre o desenvolvimento do crambe. Os fenômenos alelopáticos estão envolvidos com a liberação de substâncias químicas que podem inibir a germinação e o desenvolvimento de

algumas espécies de plantas cultivadas (ALMEIDA, 1991; CORREIA et al., 2008). De acordo com Olibone et al. (2006), estas substâncias químicas tem comportamento diferenciado no sistema de plantio direto, e são dependentes do manejo dos resíduos, podendo se concentrarem nas camadas superficiais. Neste contexto, o esfacelamento da palhada de sorgo por meio do manejo mecânico pode ter acelerado a liberação destes produtos para o solo.

Olibone et al. (2006) analisando o crescimento inicial da soja sob efeito de resíduos de sorgo, em função do manejo (palha e raízes), observaram que o comprimento e a área radicular da soja foram superiores na ausência de palha de sorgo-de-guiné. Os autores verificaram também que, a parte aérea de sorgo na superfície do solo foi prejudicial para o desenvolvimento da soja, bem como as raízes para o sorgo forrageiro. Correia et al. (2005) observaram que o crescimento radicular da soja foi reduzido em até 54 %, sendo seus efeitos mais expressivos quando na presença de folhas de sorgo. Peixoto e Souza (2002) mostraram que a palha de sorgo interferiu na altura das plantas desde as fases iniciais até a fase de pré-colheita, havendo decréscimo na produtividade de grãos com o aumento dos resíduos em cobertura.

#### 4. CONCLUSÃO

O milho, o sorgo e a crotalaria apresentaram elevada produção de matéria seca aos 75 DAE, demonstrando boa adaptação à região de Santa Helena-PR, como culturas de cobertura de solo de verão. A crotalaria apresentou os maiores acúmulos de N e Ca, enquanto que o milho K.

Os atributos químicos do solo, com exceção do K e a M.O. não foram afetados pelas culturas de cobertura. As culturas de cobertura influenciaram os teores de K e M.O., para a camada 0-10 e 20-40 cm, respectivamente.

Os componentes da produção, com exceção a massa de 1000 grãos, foram influenciados pelas culturas de cobertura. O manejo mecânico da palhada influenciou de forma positiva apenas a população final de plantas. O crame cultivado em sucessão a crotalaria apresentou maior acúmulo de matéria seca ( $1826,26 \text{ kg ha}^{-1}$ ), produtividade de grãos ( $1066,72 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e rendimento de óleo ( $295,92 \text{ kg ha}^{-1}$ ).

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDALLA, M.; JONES, M.; WILLIAMS, M. Simulation of N<sub>2</sub> O fluxes Irish arable soils: effect of climate change and management. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v.46, p.247-260, 2010.
- ALMEIDA, F. S. Efeitos alelopáticos de resíduos vegetais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 2, p. 221-236, 1991.
- ALMEIDA, V. P. et al. Rotação de culturas e propriedades físicas e químicas em Latossolo Vermelho de cerrado sob preparo convencional e semeadura direta em adoção. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n.3, p.1227-1237, 2008.
- ALVARENGA, R. C. et al. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p.25-36, 2001.
- AMBROSANO, E. J. et al. Produtividade da cana-de-açúcar após o cultivo de leguminosas. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 4, p.810-818, 2011.
- ANDRADE, R.S.; STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M. Culturas de cobertura e qualidade física de um Latossolo em plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, p.411-418, 2009.
- ANDREOTTI, M. et al. Produtividade do milho safrinha e modificações químicas de um Latossolo em sistema plantio direto em função de espécies de cobertura após calagem superficial. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.30, p.109-115, 2008.
- ARANTES, E. M.; CREMON, C. LUIZ, M. A. C. Alterações dos atributos químicos do solo cultivado no sistema orgânico com plantio direto sob diferentes coberturas vegetais. **Revista Agrarian**, Dourados, v.5, n.15, p.47-54, 2012.
- ARAÚJO, A.P.; ALMEIDA, D.L. Adubação verde associada a fosfato de rocha na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n.2, p.245-251, 1993.
- ARGENTA, G. et al. Efeitos do manejo mecânico e químico da aveia-preta no milho em sucessão e no controle do capim-papuã. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n. 6, p.851-860, 2001.
- BARBOSA, C.M. et al. Determinação da massa seca, teor de nutrientes e cobertura do solo de espécies semeadas no outono-inverno. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.6, n.2, p.265-272, 2011.
- BASSEGIO, D. et al. Nitrogen fertilization for summer corn in succession to cover crops under direct drilling system in Western Paraná–Brazil. **African Journal of Agricultural Research**. Nairóbi, v.8, n.16, p. 1859-1863, 2013.
- BOER, C. A. et al. 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.

BRAZ, A. J. B. P. et al. Emergência de plantas daninhas em lavouras de feijão e de trigo após o cultivo de espécies de cobertura de solo. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 621-628, 2006.

BROCH, D. L.; RANNO, S. K.; ROSCOE, R. Efeito de adubações de plantio e cobertura sobre a produtividade de crame cv. FMS Brilhante após soja e milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 4; SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE OLEAGINOSAS ENERGÉTICAS, 1., João Pessoa, 2010. **Anais...**Campina Grande: Embrapa Algodão, 2010. p.652-657.

CALONEGO, J. C. et al. Crescimento de plantas de cobertura em solo compactado. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 2, p. 289-296, 2011.

CALONEGO, J. C.; ROSOLEM, C. A. Least limiting water range in soil under crop rotations and chiseling. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, n.3, p. 759-771, 2011.

CALONEGO, J.C.; ROSOLEM, C.A. Soybean root growth and yield in rotation with cover crops under chiseling and no-till. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 33, n. 3, p. 242-249. 2010.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Eds.) **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.p. 376-470.

CARDOSO, D. P. **Desempenho de plantas de cobertura no controle da erosão hídrica no sul de Minas Gerais**. Universidade Federal de Lavras, 2009. 100p. (Tese de Doutorado).

CARNEIRO, M. A. C. et al. Produção de fitomassa de diferentes espécies de cobertura e suas alterações na atividade microbiana de solo de cerrado. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 02, p.455-462, 2008.

CARPIM, L. K. et al. Liberação de nutrientes pela palhada de milho em diferentes estádios fenológicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n.especial, p.2813-2819,2008.

CARTER, M.R. Organic matter and sustainability. In: REES, R.M.; BALL, B.C.; CAMPBE L, C.D.; WATSON, C.A. **Sustainable management of soil organic matter**. Wallingford: CABI Publishing, 2001. p.9-22.

CARVALHO, A.M. de. et al. Cover plants with potential use for crop-livestock integrated systems in the Cerrado region. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.10, p.1200-1205, 2011.

CERETTA, C. A. et al. Fornecimento de nitrogênio por leguminosas na primavera para o milho em sucessão nos sistemas de cultivo mínimo e convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 18, p. 215-220, 1994.

CORRÊA, J. C.; MAUAD, M.; ROSOLEM, C. A. Fósforo no solo e desenvolvimento de soja influenciados pela adubação fosfatada e cobertura vegetal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.12, p.1231-1237, 2004.

CORREIA, N. M.; DURIGAN, J. C. Culturas de cobertura e sua influência na fertilidade do solo sob sistema de plantio direto (SPD). **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 4, p.20-31, 2008.

COSTA, C. H. da. et al. Persistência e liberação de macronutrientes e silício da fitomassa de crotalária em função da fragmentação. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 3, p. 384-394, 2012.

CRUSCIOL, C. A. C. et al. Persistência de palha e liberação de nutrientes do nabo forrageiro no plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, p.161-168, 2005.

CRUSCIOL, C. A. C. et al. An innovative crop-forage intercrop system: early cycle soybean cultivars and palisadegrass. **Agronomy Journal**, Madison, v. 104, n. 4, p. 1085-1095, 2012.

CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P. Nitrogen supply for cover crops and effects on peanut grown in succession under a no-till system. **Agronomy Journal**, Madison, v. 101, n. 1, p. 41-46, 2009.

CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P. Nutrição e produtividade do amendoim em sucessão ao cultivo de plantas de cobertura no sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 11, p. 1553-1560, 2007.

CRUSCIOL, C. A. C. et al. Benefits of integrating crops and tropical pastures as systems of production. **Better Crops International**, Atlanta, v. 94, p. 14-16, 2010.

CUNHA, E. de. et al. Atributos químicos de solo sob produção orgânica influenciados pelo preparo e por plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.10, p.1021–1029, 2011.

DAROLT, M. R. **Princípios para implantação e manutenção do sistema**. In: DAROLT, M. R. Plantio direto: pequena propriedade sustentável. Londrina: Iapar, 1998. p.16-45. (Circular, 101).

DE MARIA, I. C.; CASTRO, O. M.; SOUZA DIAS, H. Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 3, p. 703-709, 1999.

DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A. Requisitos para implantação e a manutenção do sistema plantio direto. In: **Plantio Direto no Brasil**. Passo Fundo: Aldeia Norte. EMBRAPA-CNPT; FECOTRIGO-FUNDACEP; FUNDAÇÃO ABC, 1993. p. 19-27.

DIAS, A. C. **Plantas de cobertura do solo na atenuação da erosão hídrica no Sul do Estado de Minas Gerais**. 2012. 112p. (Mestrado em Ciência do Solo). Universidade Federal de Lavras – MG, 2012.

ECHEVENGUÁ, A. **Crambe surge como nova opção para produzir biodiesel**. 2007. Disponível em: <[www.ecoeacao.com.br](http://www.ecoeacao.com.br)>. Acesso em: 09 abril 2013.

EMBRAPA. Centro Nacional e Pesquisa em Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa-SPI; Rio de Janeiro: Embrapa-Solos, 2006. 306 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Indicações técnicas para produção de cevada cervejeira nas safras 2009 e 2010**. Passo Fundo, Embrapa Trigo, 2009. 100p. (Sistemas de Produção, 5)

FALASCA, S.L. et al. *Crambe abyssinica*: An almost unknown crop with a promissory future to produce biodiesel in Argentina. Intern. **International Journal of Hydrogen Energy**. v.35, n.11, p.5808-5812, 2010.

FERRARI NETO, J. et al. Plantas de cobertura, manejo da palhada e produtividade da mamoneira no sistema plantio direto. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 4, p.978-985.

FERRARI NETO, J. et al. Consórcio de guandu-anão com milho: persistência e liberação de macronutrientes e silício da fitomassa. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 2, p.264-272, 2012.

FERREIRA, E.P. de B. et al. Produtividade do feijoeiro comum influenciada por plantas de cobertura e sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.7, p.695–701, 2011.

FURLANI JÚNIOR E. et al. The management of cover plant residues for cotton cropped in a no-tillage system. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 35, n. 3, p. 371-376, 2013;

GAMA RODRIGUES, A. C. et al. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho-Amarelo na região noroeste fluminense-RJ. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 6, p.1421-1428, 2007.

GARCIA, R.A. et al. Potassium cycling in a corn-brachiaria cropping system. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v.28, p.579-585, 2008.

GIACOMINI, S. J. et al. Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 02, p. 325-334, 2003.

GONÇALVES, C.N.; CERETTA, C.A.; BASSO, C.J. Sucessões de culturas com plantas de cobertura e milho em plantio direto e sua influência sobre o nitrogênio do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 1, p.153-159, 2000.

GONÇALVES, W. G. et al. Sistema radicular de plantas de cobertura sob compactação do solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 67-75, 2006.

GUARIENTI, M. E. et al. Influência das temperaturas mínima e máxima em características de qualidade industrial e em rendimento de grãos de trigo. **Ciência Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v.24, n.4, p.505-515, 2004.

HERNANI, L.C. et al. **Adubos verdes de outono/inverno no Mato Grosso do Sul**. Dourados: Embrapa – CPAO, 1995. 93p.

HERNANI, L.C.; KURIHARA, C.H.; SILVA, W.M. da. Sistema de manejo do solo e perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p.145-154, 1999.

HOLTZ, G. P.; SÁ, J. C. M. Resíduos culturais: reciclagem de nutrientes e impacto na fertilidade do solo. In: CURSO SOBRE MANEJO DO SOLO NO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 1995, Castro. **Anais...** Castro: Fundação ABC, 1995. p. 14-30.

IAL (Instituto Adolpho Lutz). **Chemical and physical methods for food analysis**. Analytical Standards, São Paulo, p. 317, 1985.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ – IAPAR. **Mapas climáticos**. Disponível em: < <http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=983>. > Acesso em: 16 mai. 2013.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ – IAPAR. **Cartas Climáticas do Paraná**. Londrina-PR., IAPAR, 2000. Disponível em: < [http://200.201.27.14/Sma/Cartas\\_Climaticas/Precipitacao.htm](http://200.201.27.14/Sma/Cartas_Climaticas/Precipitacao.htm)> Acesso em: 16 mai. 2013.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ – IAPAR. **Recomendações técnicas para a cultura do trigo no Paraná**. Londrina: IAPAR, 1995. 98p. (Circular, 86).

KIEHL, E.J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba, Ed. Agronômica Ceres, 1985. p.117-129.

LARA CABEZAS, W.A.R. et al. Influência da cultura antecessora e da adubação nitrogenada na produtividade de milho em sistema plantio direto e solo preparado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 4, p.1005-1013, 2004.

LIMA, E, do V. **Plantas de cobertura e calagem superficial na fase de implantação do sistema de plantio direto em região de inverno seco**. Botucatu: 2004. 133 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura). Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

LOPES, A. S. et al. **Sistema plantio direto: bases para o manejo da fertilidade do solo**. São Paulo: ANDA, 2004. 110 p.

LUNELLI, I. E. et al. Effects of nutritional arrangements of NPK on the yield of grains and Crambe oil cultivation. **African Journal of Agricultural Research**, Nairobi, v.8 n.18, p. 2048-2052, 2013.

MACHADO, M. F. et al. **Estudo do crambe (*Crambe abyssinica*) como fonte de óleo para produção de biodiesel**. Itaúna/MG – UFMG, 2007.

MALAVOLTA, E. et al. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba : Potafós, 1997. 319p.

MARCELO A, V. CORÁ 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, 1553-1567, 2012.

MARRERO, D. F. et al. Cubierta vegetal con *Teramnus labialis* en plantaciones cítricas: efectos sobre algunas propiedades físicas del suelo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 4, p. 1073-1082, 2009.

MENDONÇA, E.H.M.M.; SCHIAVINATO, M.A. Growth of *Crotalaria juncea* L. supplied with mineral nitrogen. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v.48, n.2, p.181-185, 2005.

MOLINA, L.R. et al. Avaliação agrônômica de seis híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Arq. Bras. Med. Veter. Zootec.**, Belo Horizonte, v.52, n.4, p.385-390, 2000.

MORAES, R. N. de S. **Decomposição das palhadas de sorgo e milho, mineralização de nutrientes e seus efeitos no solo e na cultura do milho em plantio direto**. 2001. 109 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia), Universidade Federal de Lavras, Lavras.

MORETI, D. et al. Atributos químicos de um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de preparo, adubações e plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa v.31, n.1, p.167-175, 2007.

MURAIISHI, C.T. et al. Manejo de espécies vegetais de cobertura de solo e produtividade do milho e da soja em semeadura direta. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 2, p.199-207, 2005.

MUZILLI, O. **Análise de solos: Interpretação e recomendação de calagem e adubação para o Estado do Paraná**. Londrina, Fundação Instituto Agrônômico do Paraná, 1978. 49p. (Circular IAPAR no 9).

NASCENTE, A. S.; CRUSCIOL, C. A. C. Cover crops and herbicide timing management on soybean yield under no-tillage system. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 2, p. 187-192, fev. 2012.

NASCIMENTO, J. T. et al. Efeito de leguminosas nas características químicas e matéria orgânica de um solo degradado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.3, p.457-462, 2003.

NEVES, M.B. et al. **Qualidade fisiológica em cultura de crambe produzidas em Mato Grosso do Sul**. EMBRAPA. Disponível em: [http://www.cpact.embrapa.br/publicacoes/download/livro/Agroenergia\\_2007/Agroener/trabalhos/Outras%20culturas.../Neves\\_1.pdf](http://www.cpact.embrapa.br/publicacoes/download/livro/Agroenergia_2007/Agroener/trabalhos/Outras%20culturas.../Neves_1.pdf). Acesso em: 23 abri. 2013.

NUNES, U. R. et al. Produção de palhada de plantas de cobertura e rendimento do feijão em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n. 6, p.943-978, 2006.

VIANA, O. H. **Cultivo de crambe na região oeste do Paraná**. 2013. 62f. (Mestrado em Energia na Agricultura)-Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2013.

OLIBONE, A, P, E. **Ciclagem de nutrientes em sistemas de rotação de culturas**. Botucatu: 2008. 141 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

OLIBONE, D. et al. Crescimento inicial da soja sob efeito de resíduos de sorgo. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 255-261, 2006.

OLIVEIRA, P. de. et al. Consórcio de milho com braquiária e guandu-anão em sistema de dessecação parcial. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1184-1192, 2011.

OSTERROHT, M. VON. **O que é uma adubação verde: princípios e ações**. Agroecologia Hoje, p.9-11, 2002.

OPLINGER, E.S. et al. **Crambe, alternative field crops manual**. University of Wisconsin and University of Minnesota. St. Paul, MN 55108. July, 1991.

PACHECO, L. P. et al. Produção de fitomassa e acúmulo e liberação de nutrientes por plantas de cobertura na safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 1, p. 17-25, 2011.

PAVINATO, P.S.; ROSOLEM, C.A. Disponibilidade de nutrientes no solo- Decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n.3, p. 911-920, 2008.

PEIXOTO, M. F.; SOUZA, I. F. Efeitos de doses de imazamox e densidades de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) em soja (*Glycine Max* (L.) Merrill) sob plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 2, p. 252-258, 2002.

PERIN, A. et al. Sunnhemp and millet as green manure for tropical maize production. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.63, n.5, p.453-459, 2006.

PITOL, C. **A cultura do crambe: Tecnologia e Produção: Milho safrinha e culturas de inverno**, FUNDAÇÃO MS, Mato Grosso do Sul, 2008.

PITOL C, BROCH DL, ROSCOE, R. **Technology and production: crambe 2010**. FUNDAÇÃO MS, Mato Grosso do Sul, 2010.

PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A. C.; ARMELIN, M.J. A. Qualidade mineral e degradabilidade potencial de adubos verdes conduzidos sobre Latossolos, na região tropical de São Carlos, SP, Brasil. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 77, n. 1, p. 89-102, 2002.

REDDY, S. S. et al. Long-term effects of poultry litter and conservation tillage on crop yields and soil phosphorus in cotton-cotton-corn rotation. **Field Crop Research**, Amsterdam, v.114, n. 2, p.311-319, 2009.

REIS, G . N. dos. et al. Decomposição de culturas de cobertura no sistema plantio direto, manejadas mecânica e quimicamente. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v 27, n. 1, p.194-200, 2007.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359p.

RÓGERIO, F. et al. Efeito de doses de fósforo no desenvolvimento da cultura do crambe. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 3, p. 346-350, 2012.

ROGÉRIO, F. et al. Phosphorus fertilization influences grain yield and oil content in crambe. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 41, p.266-268, 2013.

ROSA, H. A. et al. Effects of the use of cover crops in the structure of an oxisol managed by a no-till farming system in the west of Paraná, Brazil. **Journal of Food, Agriculture and Environment**, Helsink, v. 10, n. 2, p. 1278-1280, 2012.

ROSA, H. A. **Potencial estruturante de espécies de cobertura em um Latossolo Argiloso e seus reflexos no rendimento de grãos e de óleo do crambe**. 2013. 39 f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura)–Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2013.

ROSA, J. D. et al. Atributos químicos do solo e produtividade de videiras alterados pelo manejo de coberturas verdes na Serra Gaúcha. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 1, p.179-187, 2009.

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

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, n.2, p. 355-362, 2003.

ROSOLEM, C. A.; FOLONI, J. S. S.; TIRITAN, C. S. Root growth and nutrient accumulation in cover crops as affected by soil compaction. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 65, n. 1, p. 109-115, 2002.

SALTON, J.C.; KICHEL, A.N. Milheto: uma alternativa para cobertura do solo e alimentação animal. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v.45, n. 1, p.41-43, 1998.

SANTOS, H. P. dos; TOMM, G. O. Disponibilidade de nutrientes e teor de matéria orgânica em função de sistemas de cultivo e de manejo de soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n.3, p. 477-486, 2003.

SANTOS, G. G. et al. Atributos químicos e estabilidade de agregados sob diferentes culturas de cobertura em Latossolo do cerrado. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina grande, v.16, n.11, p.1171–1178, 2012.

SANTOS, G; CAMARGO, F. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, 1999. p. 69-90.

SANTOS, J, I dos. et al. Efeito da adubação potássica na cultura do crambe. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 3, p. 346-350, 2012.

SANTOS, J. I. dos. et al. Yield response in crambe to potassium fertilizer. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 43, p.297-300, 2013.

SCHAEFER, C. E. G. R. et al. Perdas de solo, nutrientes, matéria orgânica e efeitos microestruturais em Argissolo Vermelho Amarelo sob chuva simulada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 5, p. 669-678, 2002.

SECCO, D. et al. Atributos físicos e produtividade de culturas em um Latossolo Vermelho argiloso sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 3, p.407-414, 2005.

SILVA, A. G. et al. Produção de fitomassa e acúmulo de nutrientes por plantas de cobertura e cultivo da mamona em sucessão no sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n. 10, p.2092-2098, 2010.

SILVA, E. C da. et al. Manejo de nitrogênio no milho sob plantio direto com diferentes plantas de cobertura, em Latossolo Vermelho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.3, p.477-486, 2006.

SILVA, M. G. et al. Sucessão de culturas e sua influência nas propriedades físicas do solo e na produtividade do feijoeiro de inverno irrigado, em diferentes sistemas de manejo do solo. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 2, p. 335-347, 2008.

SILVA, T. R. B. REIS, A. C. S. MACIEL, C. D. G. Relationship between chlorophyll meter readings and total N in crambe leaves as affected by nitrogen topdressing. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 39, p. 135-138, 2012.

SILVA, T. R. B.; LAVAGNOLLI, R. R.; NOLLA, A. Zinc and phosphorus fertilization of crambe (*Crambe abyssinica* Hoechst). **Journal of Food Agriculture & Environment**, Helsinki, v. 9, n. 1, p. 132-135, 2011.

SILVEIRA NETO, A. N. et al. Efeitos de manejo e rotação de culturas em atributos físicos do solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 36, n. 1, p.1-20, jan./abr. 2006.

SIMIDU, H. M. et al. Efeito do adubo verde e época de semeadura sobre a produtividade do feijão, em plantio direto em região do Cerrado. **Acta Scientiarum Agronomy**. Maringá, v. 32, n. 2, p. 309-315, 2010.

SIMMONS, B.L.; COLEMAN, D.C. Microbial community response to transition from conventional to conservation tillage in cotton fields. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v.40, p.518-528, 2008.

SORATTO, R. P. et al. Produção, decomposição e ciclagem de nutrientes em resíduos de crotalária e milheto, cultivados solteiros e consorciados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.47, n.10, p. 1462-1470, 2012.

SORATTO, R. P. et al. 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, 658-666, 2013.

SOUZA, A. D. V. et al. Caracterização química de sementes e tortas de pinhão manso, nabo forrageiro e crambe. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 10, p. 1328-1335, 2009.

SOUZA, E.D. et al. Fitomassa e acúmulo de nitrogênio, em espécies vegetais de cobertura do solo para um Latossolo Vermelho distroférrico de Cerrado. **Acta Scientiarum Agronomy**. Maringá, v.30, n.4. p.525-531, 2008.

SOUZA, M. et al. Matéria seca de plantas de cobertura, produção de cebola e atributos químicos do solo em sistema plantio direto agroecológico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.43, n.1, p. 21-27, 2013.

TEDESCO, M.J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 147p. (Boletim Técnico, 5)

TEODORO, R.B. et al. Aspectos agronômicos de leguminosas para adubação verde no cerrado do alto vale do Jequitinhonha. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, n.2, p.635-643, 2011.

TORRES, J.L.R.; PEREIRA, M.G.; FABIAN, A.J. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.3, p.421-428, 2008.

WARRICK, A.W.; NIELSEN, D.R. **Spatial variability of soil physical properties in the field**. In: HILLEL, D. (Ed). Applications of soil physics. New York: Academic, 1980. Cap.2, p.319-44.

WEISS, E. A. **Oilseed crops**. London: Blackwell Science, 2000. 364p.

WUTKE, E. B. et al. Propriedades do solo e sistema radicular do feijoeiro irrigado em rotação de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, n.3, p.621-633, 2000.

ZANÃO JÚNIOR, L. A.; LANA, R. M. Q.; GUIMARÃES, E. C. Variabilidade espacial do pH, teores de matéria orgânica e micronutrientes em profundidades de amostragem num Latossolo Vermelho sob semeadura direta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.4, p.1000-1007, 2007.