

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**EFEITO DO SISTEMA DE SECAGEM DE CRAMBE (*Crambe abyssinica*
Hochst) NA QUALIDADE DOS GRÃOS E DO ÓLEO PARA
PRODUÇÃO DE BIODIESEL**

MAGNUN ANTONIO PENARIOL DA SILVA

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu,
para obtenção do título de Mestre em Agronomia
(Energia na Agricultura).

BOTUCATU – SP

MARÇO - 2013

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**EFEITO DO SISTEMA DE SECAGEM DE CRAMBE (*Crambe abyssinica*
Hochst) NA QUALIDADE DOS GRÃOS E DO ÓLEO PARA
PRODUÇÃO DE BIODIESEL**

MAGNUN ANTONIO PENARIOL DA SILVA

Engenheiro Agrícola

Orientador: Prof. Dr. Marco Antonio Martin Biaggioni

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Energia na Agricultura).

BOTUCATU – SP

MARÇO - 2013

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

S586e Silva, Magnun Antonio Penariol da, 1988-
Efeito do sistema de secagem de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) na qualidade dos grãos e do óleo para produção de biodiesel / Magnun Antonio Penariol da Silva.
- Botucatu : [s.n.], 2013
vi , 50 f.: il., color, grafs., tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2013
Orientador: Marco Antonio Martin Biaggioni
Inclui bibliografia

1. Biocombustíveis. 2. Clorofila. 3. Plantas Oleaginosas. 4. Sementes oleaginosas - Rendimento. I. Biaggioni, Marco Antonio Martin. II. Universidade Estadual Paulista. "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: “EFEITO DO SISTEMA DE SECAGEM DE CRAMBE (*Crambe abyssinica*
Hochst) NA QUALIDADE DOS GRÃOS E DO ÓLEO PARA PRODUÇÃO
DE BIODIESEL”

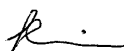
ALUNO: MAGNUN ANTONIO PENARIOL DA SILVA

ORIENTADOR: PROF. DR. MARCO ANTONIO M. BIAGGIONI

Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. MARCO ANTONIO M. BIAGGIONI



PROFA. DRA. RENI SAATH



PROFA. DRA. GISELA FERREIRA

Data da Realização: 01 de março de 2013.

DEDICATÓRIA

A minha mãe Aparecida Sueli Penariol da Silva

Ao meu Pai Elias Antonio da Silva

Ao meu irmão Jean Carlos Penariol da Silva

Aos primos (as)

Rosimeire Penariol

Mateus Henrique da Silva Lúcio

Aos amigos

Igor Fabricio Freitas

Lucas Luciano Zaros

Douglas Borges Filho

Ofereço

AGRADECIMENTOS

Ao meu Senhor e Salvador Jesus Cristo, porque dEle por Ele e para Ele são todas as coisas.

Ao meu orientador Prof. Dr. Marco Antonio Martin Biaggioni pelos ensinamentos dedicados a minha formação.

A minha orientadora na graduação Prof. Dra. Analy Castilho Polizel pelo incentivo em ingressar na Pós-Graduação.

A Prof. Dr. Reni Saath, por sua amizade, por toda ajuda depositada nesse trabalho, pelos conselhos e palavras de ânimos e encorajamento.

A Prof. Dra. Gisela Ferreira, pela contribuição em minha formação, os ensinamentos e pela colaboração neste trabalho.

Aos meus colegas e amigos de graduação Patrícia, Natacha, Daiane, Jeremias, Francielle e Elizabeth por todo tempo de convivência e pelas conversas nesse tempo depois de formados.

A todos meus familiares que sempre torceram por mim.

Aos meus amigos e irmãos da Igreja Batista Getsêmani – Rondonópolis/MT, pelas orações e torcida pelo meu sucesso.

Aos amigos Felipe, Fernando e Pedro Henrique pela ajuda na condução do experimento e pela amizade.

Aos amigos da República Centro Sul, Alisson, Caio e Tiago pela ajuda, convivência e amizade ao longo desse período.

Agradeço de modo geral a todos que estiveram direta ou indiretamente envolvidos nesse trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	VIII
LISTA DE FIGURAS.....	IX
1 RESUMO.....	1
2 SUMMARY.....	2
3 INTRODUÇÃO.....	3
3.1 Objetivos.....	3
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
4.1 A cultura do crambe.....	5
4.2 Métodos de secagem dos grãos.....	6
4.2.1 Secagem artificial com ar aquecido.....	7
4.2.2 Secagem com ar natural.....	8
4.2.3 Secagem natural em terreiro.....	8
4.2.4 Secagem na planta.....	9
4.3 Qualidade dos grãos após a secagem.....	9
4.3.1 Acidez graxa.....	10
4.3.2 Condutividade elétrica.....	11
4.3.3 Grãos verdes e teor de clorofila.....	11
4.4 Qualidade do óleo durante o processamento.....	12
4.5 Qualidade do biodiesel.....	14
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	17
5.1 Tratamentos.....	18
5.1.1 Secagem artificial com ar aquecido.....	18
5.1.2 Secagem com ar natural.....	20
5.1.3 Secagem em terreiro.....	21
5.1.4 Secagem à sombra.....	21
5.1.5 Secagem na planta.....	22
5.2 Análises dos grãos.....	23
5.2.1 Acidez graxa.....	23
5.2.2 Teor de água dos grãos.....	23

5.2.3 Condutividade elétrica.....	24
5.2.4 Rendimento de óleo.....	24
5.2.5 Grãos verdes.....	24
5.2.6 Clorofila.....	26
5.3 Análises do óleo bruto.....	26
5.3.1 Índice de iodo.....	26
5.3.2 Índice de acidez.....	26
5.3.3 Teor de água.....	26
5.3.4 Massa específica a 20°C.....	27
5.3.5 Viscosidade cinemática a 40°C.....	27
5.4 Delineamento experimental.....	27
5.5 Análises estatísticas.....	27
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
6.1 Caracterização da secagem dos grãos.....	28
6.2 Avaliação qualitativa dos grãos de crambe.....	29
6.2.1 Teor de clorofila (a e b) e grãos verdes.....	29
6.2.2 Acidez graxa, condutividade elétrica e rendimento de óleo.....	31
6.3 Análises da qualidade do óleo bruto.....	34
6.3.1 Coloração.....	34
6.3.2 Índice de iodo, índice de acidez e teor de água.....	35
6.3.3 Massa específica a 20°C e viscosidade cinemática a 40°C.....	38
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	40
8 CONCLUSÕES.....	42
9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valores médios do teor de água no início e no final do processo de secagem, em cada sistema, e tempo de secagem (TS - horas) dos grãos de crambe.....	28
Tabela 2. Valores médios da temperatura do ar de secagem no duto de entrada de ar e na massa de grãos, umidade relativa (UR) e fluxo de ar.....	29
Tabela 3. Valores médios de teor de clorofila e grãos verdes (%), em cada método de secagem.....	30
Tabela 4. Valores médios de acidez graxa (AG - ml KOH 0,1N 100g ⁻¹ MS), condutividade elétrica (CE - μS cm ⁻¹ g ⁻¹) e rendimento de óleo (RO - %) dos grãos de crambe em cada método de secagem.....	32
Tabela 5. Classificação de cores do óleo bruto extraído de grãos de crambe, em cada método de secagem utilizado.....	34
Tabela 6. Valores médios de índice de iodo (g 100 g amostra ⁻¹), índice de acidez (mg KOH g amostra ⁻¹) e teor de água (% v/v) em óleo bruto de crambe obtido em cada método de secagem.....	35
Tabela 7. Valores médios de massa específica a 20°C e viscosidade cinemática de óleo bruto de crambe, obtido em cada método de secagem.....	39

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Campo de produção de crambe na Fazenda Experimental Lageado, na Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, Botucatu – SP.....	18
Figura 2. Protótipo utilizado para secagem do crambe com ar aquecido, no Laboratório de Processamento de Produtos Agrícolas, Departamento de Engenharia Rural, FCA, UNESP, Botucatu-SP.....	19
Figura 3. Protótipo utilizado para secagem do crambe com ar natural, no Laboratório de Processamento de Produtos Agrícolas, Departamento de Engenharia Rural, FCA, UNESP, Botucatu-SP.....	20
Figura 4. Secagem do crambe em terreiro no Departamento de Engenharia Rural, FCA, UNESP, Botucatu-SP.....	21
Figura 5. Secagem do crambe à sombra, no Departamento de Engenharia Rural, FCA, UNESP, Botucatu-SP.....	22
Figura 6. Tratamento de secagem natural na planta, na área experimental de produção de crambe, na Fazenda Lageado, FCA, UNESP, Botucatu-SP.....	23
Figura 7. Carta de Munsell utilizada na classificação visual da porcentagem de grãos verdes de crambe (MUNSELL, 1976).....	25
Figura 8. Exemplo de classificação de grãos de crambe, segundo a carta de Munsell (MUNSELL, 1976).....	25
Figura 9. Cores do óleo bruto extraído dos grãos de crambe em cada método de secagem.....	34

1 RESUMO

O crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) é uma planta oleaginosa promissora para produção de biodiesel, por apresentar elevado teor de óleo em seus grãos. É uma cultura de cultivo totalmente mecanizado, de ciclo relativamente curto, e é uma ótima opção para safrinha por se tratar de uma cultura de inverno. O método de secagem de grãos pode influenciar o rendimento e a qualidade do óleo extraído dos grãos. Dessa maneira o presente trabalho teve por objetivo avaliar a qualidade dos grãos e óleo de crambe submetidos a diferentes sistemas de secagem. O delineamento utilizado foi inteiramente utilizado com quatro repetições. Os tratamentos consistiram em testar cinco métodos de secagem (secagem artificial com ar aquecido, secagem artificial com ar não aquecido, secagem em terreiro, secagem em campo e secagem à sombra). As análises de qualidade dos grãos realizadas foram acidez graxa, condutividade elétrica, porcentagem de grãos verdes, teor de clorofila a e b e rendimento de óleo. A extração do óleo foi realizada por prensa mecânica e para verificar a sua qualidade foram realizadas as análises de índice de iodo, viscosidade, massa específica, índice de acidez e teor de água, posteriormente foi realizado a caracterização do biodiesel. Após obtenção dos resultados, os dados foram submetidos à análise de variância, e quando significativo, as médias foram comparadas pelo teste “t” a 5% de significância. Pelos resultados obtidos, foi observado superioridade do sistema de secagem na planta na qualidade dos grãos, os métodos de secagem influenciaram o rendimento do óleo, no entanto não afetaram significativamente sua qualidade.

Palavras-chave: Biocombustíveis, clorofila, oleaginosa, rendimento

EFFECT OF DRYING SYSTEM OF CRAMBE (*Crambe abyssinica* Hochst) THE QUALITY OF GRAIN AND OIL TO BIODIESEL PRODUCTION. Botucatu, 2013. 66 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: Magnun Antonio Penariol da Silva

Adviser: Marco Antonio Martin Biaggioni

2 SUMMARY

The crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) is a promising oilseed plant for biodiesel production, by having high oil content in its grain. It is a culture of fully mechanized cultivation, relatively short cycle, and is a great choice for off-season because it is a winter crop. The method of drying grain may influence the yield and quality of the extracted oil of the grains. Thus the present study aimed to assess the quality of grain and oil crambe submitted to different drying systems. The design was fully utilized with four replications. Treatments consisted of five test drying methods (artificial drying with heated air, artificial drying with unheated air, drying yard, field drying and shade drying). The analyzes were performed grain quality fat acidity, electrical conductivity, percentage of green beans, chlorophyll a and b and oil yield. The oil extraction was performed by mechanical press and to verify the quality of the analyzes were performed iodine index, viscosity, density, acid number and water content, further characterization was performed biodiesel. After obtaining the results, the data were subjected to analysis of variance, and when significant, the means were compared by "t" test at 5% significance. From the results, it was observed superiority of the drying system in the plant on grain quality, drying methods influence the yield of oil, but did not significantly affect their quality.

Keywords: Biofuels, drying, oilseed, crambe

3 INTRODUÇÃO

A matriz energética brasileira é caracterizada pela elevada participação de fontes de energias renováveis em sua composição, com 44,7% (BRASIL, 2006), oriundas de fontes renováveis como a energia hidrelétrica e a biomassa. A participação de biocombustíveis como o biodiesel pode contribuir para o aumento da energia renovável na composição dessa matriz e diminuir a dependência de fontes não renováveis como o diesel e a gasolina.

De acordo com Jasper (2009), os biocombustíveis são fontes de energias renováveis que são derivados de produtos agrícolas como plantas oleaginosas, cana-de-açúcar, biomassa florestal e outras fontes de matéria orgânica. Entre os biocombustíveis está o biodiesel, que segundo Brasil (2005) é definido como um combustível derivado da biomassa renovável para ser usado em motores de combustão com ignição por compressão, ou para outra maneira de geração de energia que possa substituir os combustíveis de origem não renovável. O uso do biodiesel como fonte de energia ajuda diminuir a emissão de CO₂ na atmosfera, resultando em mitigação dos impactos ambientais gerados pelo uso de fontes de energia de origem fóssil.

O crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) surgiu como uma ótima opção para produção de biodiesel, por ser uma planta com alto teor de óleo, de cultivo totalmente mecanizado, podendo ser utilizados os maquinários existentes para o cultivo de grãos miúdos em sua produção, é uma planta resistente à seca e a geadas, e ainda é uma boa opção para a safrinha por se tratar de uma cultura de ciclo outono/ inverno. É uma cultura de ciclo relativamente curto, em média de 90 dias, e com uma produtividade entre 1000 e 1500 quilos por hectare (FUNDAÇÃO MS, 2011).

Para a produção de biodiesel, o Brasil ainda carece de culturas de ciclo outono/inverno, ficando dependente de culturas de ciclo primavera/verão, e que ainda concorrem para a produção de alimentos, cosméticos, entre outros. Dessa maneira, o cultivo do crambe se torna uma excelente opção para a produção de biodiesel, e ainda uma nova cultura para os produtores agrícolas nacionais investirem na entressafra.

O Brasil é o país com o maior potencial agrícola do mundo, e apresenta o setor do agronegócio extremamente desenvolvido, no entanto esse desenvolvimento é perceptível apenas dentro do limite das propriedades, pois carece ainda de tecnologias mais apropriadas para o armazenamento e escoamento da produção, apresentando extremas dificuldades principalmente no setor de transporte, das propriedades até os portos.

Embora o Brasil seja uma referência mundial em termos de tecnologia para produção agrícola, muito há que se pesquisar para se consolidar a produção da cultura do crambe em nosso país, se destacando os processos de secagem e armazenamento visando manter sua qualidade, para um melhor aproveitamento de toda a produção, culminando em diminuição de perdas.

Muitas pesquisas realizadas em outras culturas detectaram que o processo pós-colheita interferem na qualidade do produto derivado da matéria prima. Em grãos de soja, Alencar (2006) encontrou influência do método de armazenamento empregado na qualidade do óleo bruto extraído. Furquim et. al. (2010) encontraram diminuição do rendimento na extração do óleo de grãos de crambe com o aumento da temperatura de secagem empregada.

Como o crambe é uma planta com elevado teor de óleo, tendo seu cultivo comercial focado na produção de biodiesel, faz-se necessário identificar a influência do manejo pós-colheita na qualidade dos grãos e detectar se existe influência desse manejo também na qualidade do óleo bruto extraído e posteriormente no biodiesel.

3.1 OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo avaliar a qualidade do grãos e óleo de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) submetidos a diferentes sistemas de secagem.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 A cultura do crambe

O crambe (*crambe abyssinica* Hochst. ex Fries) é uma planta de ciclo anual, pertencente à família Brassicaceae cujas sementes contém cerca de 35-60% de óleo. É nativa do Mediterrâneo e cultivada em algumas regiões tropicais e subtropicais pelo interesse industrial no óleo extraído destas sementes, e mais recentemente, para produção de óleo para biodiesel (CARNEIRO et al., 2009).

A planta caracteriza-se por ser um vegetal arbustivo e por se desenvolver em regiões com condições climáticas diferenciadas, desde o Sul do Brasil até o Centro-Oeste. A semente é do tipo cariopse, contendo quantidade significativa de óleo, cerca de 44,1% na massa seca (SOUZA et al., 2009).

O crambe se mostra como uma interessante fonte de óleo vegetal, sendo assim uma cultura promissora para a produção de biodiesel (BERALDO et al., 2010).

A produção de crambe tem como vantagens o cultivo totalmente mecanizado, utilizando os mesmos equipamentos existentes para outras culturas, e a possibilidade de cultivo no inverno. Por ser uma cultura pouco conhecida comercialmente, praticamente não se dispõe, ainda, de informações técnicas que viabilize seu cultivo intensivo (OLIVA et al., 2012). É tolerante à geada e, após seu estabelecimento, é altamente resistente à seca. A rotação de cultura evita as

monoculturas que são responsáveis pela queda dos rendimentos agrícolas; o crambe apresenta boa produtividade na estação seca, por ser uma cultura de inverno mostrando ser uma boa alternativa para a safrinha (OPLINGER, 1991; MEAKIN, 2001).

A princípio, as pesquisas iniciais sobre a cultura, visavam à utilização da planta como forrageira, alternativa na rotação de culturas e cobertura de solos para o plantio direto no período de inverno. Contudo, mais tarde, foi descoberto o alto potencial das sementes para a produção de óleo vegetal, a partir do que as pesquisas acabaram chegando à sua utilização como matéria-prima para o biodiesel (FARIA, 2010).

Em diversos estudos realizados, observou-se um potencial de produtividade do crambe em torno de 1000 a 1500 kg.ha⁻¹ (FUNDAÇÃO MS, 2011). Jasper (2009), em experimento de crambe produzido em plantio direto em Botucatu-SP encontrou produtividade média de 1507,05 kg.ha⁻¹ o que demonstra boa aptidão da cultura à região.

Segundo Ferreira e Berchol Silva (2011), no Brasil em 2009, o plantio de crambe alcançou mais de 10000 ha, destacando-se o Sudeste de Goiás e o Sul do Mato Grosso do Sul.

De acordo com Pitol et al. (2010), quando o crambe é semeado na safrinha, constitui uma excelente opção para a rotação de culturas, por ser uma cultura de ciclo considerado curto, de aproximadamente 90 dias, ainda tem rusticidade, precocidade, grande tolerância ao déficit hídrico, e cultivo mecanizável, que utiliza os mesmos implementos de culturas tradicionais produtoras de grãos, maximizando o uso de máquinas e equipamentos agrícolas.

4.2 Métodos de secagem dos grãos

O processo de secagem de grãos é utilizado para reduzir o teor de água para o armazenamento. Dessa maneira, é reduzida a disponibilidade de água para o desenvolvimento de fungos e bactérias e também para as atividades bioquímica e fisiológica dos grãos. A secagem é a principal técnica de conservação de grãos durante o armazenamento, pois através desse processo ocorre a redução do metabolismo dos grãos através da remoção de água. Pode-se definir a secagem como um processo simultâneo de transferência de energia e massa entre a massa de grãos e o ar de

secagem, consistindo na remoção parcial de água no grão por evaporação (SILVA, 2005; BROOKER et al., 1992).

De acordo com Silva (2005), durante a secagem, é necessário um fornecimento de calor para evaporar a umidade da massa de grãos, e também um sorvedor de umidade para remover o vapor de água, que é formado na superfície do material que será seco.

Os sistemas de secagem de grãos são classificados em natural, que é a secagem em campo, na própria planta e artificial. A secagem artificial é dividida no processo sem ventilação forçada de ar (terreiro) e com ventilação forçada de ar. O método de secagem artificial com ventilação forçada de ar se divide em sistemas sem aquecimento do ar de secagem, ou seja, com ar natural e com aquecimento do ar de secagem, que pode ser em baixa temperatura (até 10°C acima da temperatura ambiente), e acima de 10°C além da temperatura do ambiente, sendo esse método definido como secagem em alta temperatura.

4.2.1 Secagem artificial com ar aquecido

A secagem com ar aquecido consiste em insuflar ar aquecido na massa de grãos para garantir uma secagem mais rápida. Em grãos, a secagem com temperaturas muito elevadas pode alterar sua qualidade. Estudando o efeito da temperatura de secagem (80, 100 e 120°C) em grãos de milho, Carvalho et al. (2009) concluíram que, com o aumento da temperatura de secagem, o conteúdo de aminoácidos essenciais e não essenciais diminuíram.

Avaliando o efeito de cinco métodos de secagem (artificial com ar aquecido, ar não aquecido, terreiro, sombra e campo) sobre a qualidade fisiológica de sementes de crambe, Oliva et al. (2012) concluiu que não houve diferença significativa entre os métodos de secagem avaliados.

Saath (2010), estudando a qualidade de café natural e despulpado em diferentes métodos de secagem (terreiro, 40°C, 60°C e 40/60°C), concluiu que altas temperaturas de secagem afetam a qualidade sensorial, fisiológica, físico-química, química e bioquímica dos grãos de café natural e despulpado.

Estudando o efeito de métodos de secagem (terreiro, 40°C, 60°C e 40/60°C) na qualidade do café, Saath et al. (2012), concluíram que o café obtido em

secagem com temperatura de 40/60°C apresentou o menor tempo de secagem, no entanto, essa temperatura afetou negativamente a qualidade do café natural.

4.2.2 Secagem com ar natural

O sistema de secagem artificial com ar natural consiste em realizar a secagem da massa de grãos insuflando ar a temperatura ambiente, para redução do teor de água.

Em estudo realizado com sementes de crambe com 8 e 20 meses de armazenamento com cinco sistemas de secagem (alta e baixa temperatura, terreiro, campo e sombra), Biaggioni et al. (2012) encontraram incrementos próximos a 100% na condutividade elétrica entre os períodos de armazenamento em todos os métodos de secagem avaliados, e os valores da secagem em baixa temperatura ficaram próximos aos da secagem em alta temperatura.

4.2.3 Secagem natural em terreiro

O sistema de secagem em terreiro pode ser realizado espalhando a massa de grãos em um local exposto ao sol. De acordo com Biaggioni (1994), a secagem em terreiro é utilizada principalmente em produtos colhidos com alto teor de água e que não podem ser secos na planta.

Essa secagem ocorre de forma natural e se baseia na ação do vento e do sol para a remoção de água do produto. Esse processo consiste na exposição do produto agrícola em camadas de 4 a 6 cm, revolvidas periodicamente. É um método lento, que depende de condições climáticas, no entanto é de baixo custo (MAIA, 1995).

Segundo Garcia (2012), em sementes a secagem natural utiliza as energias eólica e solar para remoção de água. Deve-se tomar cuidado para que as sementes não sofram aquecimento excessivo e que o processo ocorra do modo mais uniforme possível. De modo geral, a secagem em terreiro é pouco suscetível a riscos de danificação mecânica e térmica, contudo depende das condições psicrométricas do ar ambiente.

Em arroz a secagem ao ar livre (terreiro), desde que as condições climáticas sejam adequadas e que haja disponibilidade de mão de obra, a

qualidade tende a ser a melhor possível, principalmente no rendimento industrial (CASTRO et al., 2009).

4.2.4 Secagem na planta

A secagem dos grãos na planta consiste em manter os grãos na planta, ainda no campo, até alcançarem o teor de água ideal para colheita.

Oliva (2010) estudando a secagem de sementes de crambe (artificial com ar aquecido, ar não aquecido, terreiro, sombra e campo), observou que aos 8 meses de armazenamento a secagem na planta apresentou maior porcentagem de germinação.

Na cultura do amendoim, Pitt et al. (1991) afirmam que a secagem em campo pode aumentar o conteúdo de cálcio nos grãos e diminuir a o crescimento de *Aspergillus flavus*.

Silva et al. (2012 a), estudando o efeito latente da secagem (18 meses de armazenamento), não encontraram diferença significativa quanto ao índice de ácidos graxos em sementes de crambe, utilizando secagem em alta e baixa temperatura, terreiro e na própria planta, destacando-se apenas a testemunha (secagem a sombra) com o menor índice de ácidos graxos. Neste mesmo trabalho os autores encontraram maiores índice de lixiviados na secagem em alta temperatura e menores índices na secagem a sombra, a secagem na planta se comportou como a secagem em terreiro e em baixa temperatura.

Estudando o efeito do pericarpo no teste de condutividade elétrica em sementes de crambe submetidas a cinco métodos de secagem (alta e baixa temperatura, terreiro, campo e sombra) com 10 meses de armazenamento, Silva et al. (2012 b) encontraram menor condutividade elétrica no sistema de secagem na planta, na interação das sementes com e sem o pericarpo.

4.3 Qualidade dos grãos após a secagem

A secagem é um processo que pode comprometer a qualidade dos grãos. Realizada inadequadamente, essa etapa que tem por objetivo diminuir o teor de água dos grãos pode resultar em perdas significativas na produção.

Fatores como o índice de ácidos graxos livres, teor de lixiviados e porcentagem de grãos verdes podem ajudar a analisar a qualidade dos grãos após a secagem. O índice de ácidos graxos livres é uma análise confiável, pois identifica a deterioração do grão ainda em seu estado inicial. A condutividade elétrica, que quantifica o índice de lixiviados, se torna uma ferramenta útil, pois através deste teste é possível detectar deterioração nas membranas das paredes celulares. A porcentagem de grãos verdes está relacionada com o teor de clorofila nos grãos e no óleo. Estima-se que uma secagem rápida, em secador artificial, contribui para permanência de grãos verdes, pois contribui para retenção de clorofila. Por outro lado, para uma secagem em campo, com o efeito da luz solar, pode ocorrer uma maior degradação de clorofila, deixando os grãos com menor teor de clorofila e, conseqüentemente, com uma porcentagem de grãos verdes menor (BIAGGIONI, 1994; SOARES et al., 2005).

4.3.1 Acidez graxa

Analisando o efeito do período de armazenamento dos grãos de soja na qualidade do óleo bruto, Alencar (2006) encontrou aumento significativo do índice de ácidos graxos livres no decorrer do armazenamento, com grãos com teor de água de 14,8% b.u.

Soares et. al. (2005), avaliando o índice de ácidos graxos livres em grãos de soja, não encontraram diferença estatística significativa até os 60 dias após o armazenamento. No entanto a partir dos 90 dias, constataram diferença significativa apesar dos grãos não terem um comportamento padrão.

Com o objetivo de avaliar o efeito do armazenamento na qualidade do óleo bruto de soja, Alencar et. al. (2010) concluíram que a combinação de alta umidade e temperatura durante o armazenamento acelera o processo de deterioração dos grãos, podendo resultar em perda no rendimento do óleo. O armazenamento de grãos de soja com umidade até 15% (b.u.) a 20°C não afeta a qualidade do óleo, enquanto o óleo bruto armazenado até 13% (b.u.) a 30°C mantém a sua qualidade satisfatória por 180 dias. Não é possível se obter óleo de soja nos padrões exigidos para comercialização com grãos de soja armazenados com umidade de 11% (b.u.) a 40°C.

Silva et al. (2012 a), avaliando o índice de ácidos graxos em sementes de crame submetidas a 5 sistemas de secagem (alta temperatura, baixa temperatura, terreiro, campo e sombra), após um período de 18 meses de

armazenamento, observaram que a secagem à sombra foi a que obteve menor índice de ácidos graxos. Apesar de não se diferir dos outros três métodos de secagem, a secagem em alta temperatura foi a que obteve maior índice de ácidos graxos livres.

4.3.2 Condutividade elétrica

Estudando o índice de lixiviados em sementes de crambe submetidas a 5 sistemas de secagem (alta temperatura, baixa temperatura, terreiro, campo e sombra), após um período de 18 meses de armazenamento, Silva et al. (2012 b), não encontraram diferença estatística significativa com as sementes de crambe com presença do pericarpo, no entanto em sementes sem o pericarpo a maior condutividade elétrica foi observada na secagem em alta temperatura, e a menor no sistema de secagem à sombra.

Rosa et al. (2000), estudando o efeito de três métodos de secagem (secagem natural, 8 horas à 50°C e 19 horas à 50°C) sobre a qualidade de sementes de milho pelo teste de condutividade elétrica encontraram maior índice de lixiviados na secagem com 19 horas à 50°C, concluindo neste trabalho que existem danos em sistemas de membranas de sementes associados à secagem, que podem ser detectados pelo teste de condutividade elétrica.

Avaliando o armazenamento de frutos de crambe em três condições: condição ambiente (26 ± 3 °C; $55 \pm 12\%$ Umidade Relativa - UR), câmara refrigerada do tipo B.O.D. (5 ± 1 °C; $79 \pm 5\%$ UR) e câmara climatizada com condicionador de ar (18 ± 1 °C; $53 \pm 7\%$ UR) durante o período de 12 meses, Costa et al. (2012) observaram que o crambe armazenado em câmara refrigerada apresentou menores valores de condutividade elétrica ao longo do armazenamento, sendo identificado diferença estatística significativa a partir do 6º mês de armazenamento, o que indica menor lixiviação de eletrólitos, e frutos de melhor qualidade.

4.3.3 Grãos verdes e teor e clorofila

De acordo com Teixeira (2010), os cotilédones esverdeados causam prejuízos para o setor de sementes brasileiro e também para a produção de óleo comestível. O óleo extraído de grãos verdes sofre redução em sua estabilidade oxidativa, que leva o produto ao processo de rancificação, reduzindo sua permanência

nas prateleiras. A coloração escura do óleo é indesejável e a retirada do pigmento verde dos grãos eleva o custo de produção.

No Canadá e nos Estados Unidos, a incidência de grãos verdes é observada na canola, trazendo problemas especialmente para a indústria de extração de óleo. Desta forma, o pigmento verde é considerado um parâmetro qualitativo em grãos dessa espécie (TEIXEIRA, 2010).

De acordo com Cenkowski e Jayas (1993), no Canadá, o teor máximo de clorofila permitido em grãos de canola de primeira qualidade é 22 mg/kg (base seca). Na Suécia, o teor de clorofila no óleo extraído é um dos fatores que estabelecem o preço do grão no mercado, para um grão ser considerado de primeira qualidade, o teor de clorofila total não pode passar de 30 ppm (DAHLÉN, 1973; MOUNTS et al., 1990).

Para Grain (2012), a coloração verde em grãos de soja é um problema, porque ela estará visível no óleo extraído e em produtos proteicos, aumentando consideravelmente o custo de refino do óleo e de produção de proteicos. O autor ainda relata que esse problema pode ser minimizado com o armazenamento com presença de aeração.

De acordo com Fukushima e Lanfer-Marquez (2000), a clorofila pode ser degradada conforme o método de secagem. A secagem com ar em temperatura ambiente (25°C) proporciona degradação do pigmento verde, enquanto secagem em alta temperatura (40°C) faz com que a clorofila seja retida.

4.4 Qualidade do óleo durante o processamento

Para se obter sucesso na produção de biodiesel, é necessário preservar a matéria prima para a extração do óleo, dessa maneira as operações de pós-colheita devem ser realizadas adequadamente.

Estudando o efeito das condições ambientais (ambiente com temperatura controlada de 17°C e ambiente sem controle de temperatura) e do tempo de armazenamento de soja sobre a qualidade do óleo para a produção de biodiesel, Oliveira et. al., (2007) encontraram diminuição no rendimento de extração de óleo com oito meses de armazenamento, e que o teor de acidez também aumentou significativamente nesse período. Ainda com oito meses de armazenamento, o índice de peróxido do óleo aumentou, contudo esse índice foi maior no ambiente não controlado.

Furquin et. al. (2010), avaliando o efeito da temperatura de secagem de sementes de crambe na qualidade do óleo com temperaturas de 20, 40, 50, 60 e 70°C, concluíram que as temperaturas de secagem empregadas nas sementes não afetam a qualidade do óleo e que a secagem do material a temperaturas elevadas mantém as propriedades naturais do óleo, além de diminuir o teor de ácidos graxos livres, contudo diminui o teor de óleos das sementes, mas não apresenta diferença estatística significativa.

Em estudos realizados visando verificar o efeito da temperatura de secagem na qualidade do óleo de mamona (*Ricinus communis* L.), Oliveira et. al., (2007 b) observaram que secagem a 80°C diminui a qualidade do óleo bruto de mamona e que temperaturas acima de 40°C provocam diminuição do rendimento na extração do óleo.

De acordo com O'Brien (2004), o índice de peróxidos é umas das análises mais utilizadas para verificar a qualidade de óleos e gorduras. O autor relata que valores entre 1 e 5 meq kg⁻¹ são classificados como de baixo estado de oxidação e que valores entre 10 e 20 meq kg⁻¹ são classificados como alto estado de oxidação. Seguindo essa metodologia, Alencar (2006) encontrou óleo em alto estado de oxidação em grãos de soja armazenados com 12,8 e 14,8% (b.u.) de teor de água a 40°C aos 180 e 90 dias. E encontrou ainda óleo em baixo estado de oxidação em grãos de soja armazenados com 11,2 e 12,8% (b.u.) às temperaturas de 20 e 30°C.

Ao avaliar a qualidade do óleo de grãos de soja armazenados em silos tipo bolsa, Faroni et. al., (2009) encontraram que em grãos armazenados com 13,3 e 17,4% de umidade não houve variação ao longo do armazenamento em relação ao teor de ácidos graxos livres. Os valores de ácidos graxos livres de grãos de soja armazenados por 180 atingiram 1,05% para grãos armazenados com maior umidade e 0,59% com menor umidade, não atingindo os limites estabelecidos pela ANVISA (2011) que é de 2%.

Com o objetivo de avaliar a qualidade do óleo bruto extraído dos grãos de soja armazenados em silos bolsa com teores de água de 12 e 17% nas temperaturas de 15, 25 e 35°C, Silva et. al. (2010) observaram que o percentual de ácidos graxos livres e o índice de peróxidos do óleo bruto extraído dos grãos armazenados hermeticamente mantiveram-se abaixo do limite imposto para comercialização. Concluíram que a armazenagem de grãos de soja em silos tipo bolsa não afeta a qualidade do óleo bruto extraído.

Oliveira et al. (2010 a), estudando o efeito do tempo e do armazenamento refrigerado de grãos de soja sobre a qualidade do óleo, com ambiente refrigerado com 17°C aos quatro e oito meses de armazenamento, concluíram que esse método de armazenamento provoca menores reduções no teor do óleo, menores índices de acidez e de peróxido em óleo de soja bruto.

Estudando o efeito do armazenamento na qualidade de sementes de amendoim, Castro (2010) não encontrou diferença estatística significativa na extração do óleo entre as cultivares avaliadas. Encontrou, porém, diferença significativa na extração do óleo em sementes armazenadas com presença de fungos a 30°C e umidade relativa de 70%, apresentando maior teor de óleo do que sementes armazenadas com 20°C e 50% U.R. com ausência de fungos.

Em estudo realizado para verificar as características físico-químicas em macaúba [*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart], caracterizando a polpa e a amêndoa do fruto, para produção de biodiesel, Amaral (2007) encontrou que o óleo da polpa e o óleo da amêndoa da macaúba interfere diretamente em suas propriedades qualitativas. Ainda encontrou na polpa, índice de acidez de 59,9 mg KOH g⁻¹ e na amêndoa de 12,8 mg KOH g⁻¹, o índice de peróxidos também foi maior na polpa, onde apresentou 27,28 meq kg⁻¹ e na amêndoa esse valor foi de 15,57 meq kg⁻¹.

4.5 Qualidade do biodiesel

Cerca de 45% da energia e 18% dos combustíveis consumidos no Brasil já são renováveis. No resto do mundo, 86% da energia vêm de fontes energéticas não-renováveis. Pioneiro mundial no uso de biocombustíveis, o Brasil alcançou uma posição almejada por muitos países que buscam fontes renováveis de energia como alternativas estratégicas ao petróleo (BRASIL, 2011).

O biodiesel é um combustível obtido a partir de matérias primas vegetais ou animais. As matérias primas vegetais são derivadas de óleos vegetais como soja, amendoim e mamona e as matérias primas animais são derivadas de sebo bovinos, suínos e de aves (PINHEIRO et al., 2012).

A introdução do biodiesel no mercado representa uma nova dinâmica para a agroindústria, com seu consequente efeito multiplicador em outros segmentos da economia, envolvendo óleos vegetais, álcool, óleo diesel e demais insumos e co-produtos derivados do processo de produção do éster vegetal pela reação

de transesterificação. Quase a totalidade das indústrias produtoras de biodiesel, instaladas no país, produzem o biocombustível a partir do álcool metílico, justificado pelas vantagens tecnológicas que essa rota apresenta em relação à etílica (WILHELM, 2007).

Até 2012 o biodiesel foi comercializado para a mistura de 2% de biodiesel em 98% de diesel, sendo distribuído por refinarias autorizadas pela Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP (TAVARES et al., 2006). A partir de 2013, o biodiesel é comercializado para mistura de 5% de biodiesel em 95% de diesel (SEBRAE, 2013).

O Biodiesel é extraído do óleo através do processo de transesterificação. A transesterificação é um termo geral usado para descrever uma importante classe de reações orgânicas, onde um éster é transformado em outro através da troca do resíduo alcoxila. É um processo considerado relativamente simples e reduz a massa molecular para um terço em relação aos triacilglicerídeos, ainda reduz a viscosidade e aumenta a volatilidade (GERIS et al., 2007).

A Lei nº 11.097, publicada em 13 de janeiro de 2005, introduziu o biodiesel na matriz energética brasileira e ampliou a competência administrativa da ANP, que passou desde então a denominar-se Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis e assumiu as atribuições de especificar e fiscalizar a qualidade dos biocombustíveis e garantir o abastecimento do mercado, em defesa do interesse dos consumidores. A Agência também executa as diretrizes do Conselho Nacional de Política Energética para os biocombustíveis (BRASIL, 2011).

A ANP tem as funções de estabelecer as normas regulatórias, autorizar e fiscalizar as atividades relacionadas à produção, transporte, transferência, armazenagem, estocagem, importação, exportação, distribuição, revenda e comercialização e avaliação de conformidade e certificação de biocombustíveis (BRASIL, 2011).

Em experimento realizado em Botucatu-SP com a cultura do crambe, produzida em sistema de plantio direto, Jasper et al. (2010) encontrou índice de acidez de $0,06 \text{ mgKOHg}^{-1}$, enquanto a máxima permitida é $0,5 \text{ mgKOHg}^{-1}$, teor de água de 136 mgkg^{-1} , sendo que o máximo permitido é de 500 mgkg^{-1} , teor de fósforo menor que $2,0 \text{ mgkg}^{-1}$, quando o máximo é 10 mgkg^{-1} , teor de éster no mínimo permitido que é 96,5 % massa e glicerina total de 0,06 % massa enquanto o máximo permitido é 0,25 % massa. Pode-se afirmar que o biodiesel de crambe obtido encontrava-

se dentro nas normas estabelecidas pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), contudo o autor ressalta que este biodiesel em regiões frias pode comprometer o funcionamento do motor de ciclo diesel, tornando-se necessário realizar mistura com óleo diesel ou biodiesel provenientes de outra matéria prima.

5 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, Faculdade de Ciências Agrônômicas – FCA, Câmpus de Botucatu/SP. O experimento foi instalado na Fazenda Experimental Lageado.

O município de Botucatu encontra-se em um local com coordenadas geográficas Latitude - 22° 52' 20" S Longitude - 48° 26' 37" W Greenwich, altitude média de 770 metros, declividade média de 4,5% e clima subtropical, com verões quentes e úmidos e invernos frios e secos.

Foram utilizadas para a semeadura, sementes de crambe da cultivar FMS Brilhante.

O campo de produção dos grãos foi em uma área de 2,0 ha, instalado na Fazenda Experimental Lageado, na FCA/UNESP – Botucatu/SP (Figura 1). O teor de água foi monitorado a partir do ponto de maturidade fisiológica.

No período correspondente a época de produção de grãos, a média das temperaturas máximas e mínimas foram 13,4 e 27,0°C respectivamente e a umidade relativa (UR) média foi 49,83%.

Os tratamentos experimentais foram realizados no Laboratório de Processamento de Produtos Agrícolas e no Laboratório de Qualidade de Água, pertencente ao Departamento de Engenharia Rural.

Após a secagem, os grãos foram submetidos a extração de óleo, por meio de prensa mecânica, e o biodiesel foi obtido através do processo de transesterificação. A extração do óleo foi realizada na Faculdade de Tecnologia de Botucatu (FATEC).

Amostras do óleo foram, então, encaminhadas para caracterizações físico-químicas junto ao Centro de Monitoramento e Pesquisa da Qualidade de Combustíveis, Biocombustíveis, Petróleo e Derivados (CEMPEQC) do Instituto de Química da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Araraquara.



Figura 1. Campo de produção de crambe na Fazenda Experimental Lageado, na Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Botucatu – SP.

5.1 Tratamentos

Os tratamentos consistiram em testar cinco sistemas de secagem de grãos (secagem com ar aquecido, secagem com ar não aquecido, secagem em terreiro, secagem à sombra e secagem na planta).

5.1.1 Secagem artificial com ar aquecido

A secagem com ar aquecido foi realizada em um secador desenvolvido na Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP, destinado à pesquisa.

As quatro colunas de PVC de 0,8 m de altura e 0,15 m de diâmetro, com uma tela metálica no fundo, abrigaram as quatro repetições desse tratamento. A altura da massa de grãos em cada coluna foi de 0,60 metros, e o ar de secagem foi insuflado no sistema por meio de um ventilador acionado por um motor elétrico. O aquecimento do ar foi promovido por uma resistência elétrica, proporcionando, por meio da regulagem de um termostato, a temperatura máxima de 60°C na massa de grãos (Figura 4). A secagem teve início quando os grãos atingiram teor de água próximo a 20%.

Durante o processo foi monitorada a temperatura do ar de secagem, por meio de um termômetro digital localizado no duto da entrada do ar no secador, e a temperatura da massa de grãos, determinada também através de termômetros digitais, localizados a 0,10 m e 0,25 m distantes da base da coluna.

A velocidade média do ar de secagem foi medida na saída das colunas por meio de um anemômetro de hélice e utilizada para calcular o fluxo de ar médio de secagem.

A determinação do teor de água durante a secagem foi realizada por meio da diferença na massa de grãos contida nas colunas de secagem.

O teor de água médio dos grãos no início e ao final da secagem foi determinado pelo método de estufa a $105\pm 3^\circ\text{C}$ (BRASIL, 2009).



Figura 2. Protótipo utilizado para secagem do crambe com ar aquecido, no Laboratório de Processamento de Produtos Agrícolas, Departamento de Engenharia Rural, FCA, UNESP, Botucatu-SP.

5.1.2 Secagem com ar natural

A secagem com ar natural ocorreu em um secador desenvolvido na Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP, destinado à pesquisa. Foram utilizadas quatro colunas de PVC de 1,5 m de altura e 0,15 m de diâmetro, com uma tela metálica no fundo. A altura da massa de grãos em cada coluna foi de 1,25 metros (Figura 5).

Durante o processo de secagem foi monitorada a temperatura do ar de secagem, por meio de um termômetro digital localizado no duto de entrada do ar no secador, e a temperatura da massa de grãos, através de termômetros digitais localizados nas colunas a 0,35 m e 0,75 m distantes da base.

O teor de água foi determinado no início, durante e ao final do processo, retirando-se amostras com um calador de três pontos na coluna de secagem, pelo método de estufa a $105\pm 3^{\circ}\text{C}$ (BRASIL, 2009). A secagem teve início quando os grãos atingiram no campo teor de água próximo a 20%.



Figura 3. Protótipo utilizado para secagem do crambe com ar natural, no Laboratório de Processamento de Produtos Agrícolas, Departamento de Engenharia Rural, FCA, UNESP, Botucatu-SP.

5.1.3 Secagem em terreiro

Quando o crambe atingiu teor de água, na planta, próximo a 20%, procedeu-se a colheita mecanizada e o produto foi espalhado em sombrite, numa camada de 5 centímetros de espessura. Os grãos foram revolvidos várias vezes durante o dia, expondo-os da melhor maneira ao sol e, no final do dia, foram amontoados e cobertos com lona plástica (Figura 6).

O teor de água dos grãos foi monitorado durante a secagem, retirando-se amostras dos grãos em todas as repetições durante o dia, e determinado pelo método de estufa a $105\pm 3^{\circ}\text{C}$ (BRASIL, 2009).



Figura 4. Secagem do crambe em terreiro no Departamento de Engenharia Rural, FCA, UNESP, Botucatu-SP.

5.1.4 Secagem à sombra

Quando os grãos atingiram teor de água, na planta, próximo a 20%, foi realizada a colheita mecanizada. Os grãos foram então espalhados com espessura de apenas um grão sobre sombrite e mantidos sob telhado com ventilação

natural, permanecendo à sombra durante o dia e protegidos do sereno durante a noite (Figura 3).

O teor de água dos foi monitorado durante a secagem, retirando-se amostras durante o dia, e determinado pelo método de estufa a $105\pm 3^{\circ}\text{C}$ (BRASIL, 2009).



Figura 5. Secagem do crambe à sombra, no Departamento de Engenharia Rural, FCA, UNESP, Botucatu-SP.

5.1.5 Secagem na planta

Foi reservada uma área com cerca de 0,5 ha no campo de produção, onde o teor de água dos grãos foi monitorado e determinado pelo método de estufa a $105 \pm 3^{\circ}\text{C}$ (BRASIL, 2009), até que os grãos atingissem teor de água próximo a 10%, para então ser realizada a colheita mecanizada (Figura 2).



Figura 6. Tratamento de secagem natural na planta, na área experimental de produção de crambe, na Fazenda Lageado, FCA, UNESP, Botucatu-SP.

5.2 Análises dos grãos

5.2.1 Acidez graxa

A avaliação da acidez graxa foi realizada conforme procedimento determinado pela AACCC (1995), e o resultado foi dado pela equação:

$$AG = [(V \times 100) / PS]$$

onde:

PS: peso seco da amostra (g);

U (bu): umidade base úmida %

V: volume gasto de KOH na titulação (extrato + indicador) em mL;

AG: acidez graxa (mL de KOH 100 g⁻¹ de MS).

5.2.2 Teor de água dos grãos

O teor de água dos grãos foi determinado pelo método da estufa a 105± 3°C, por 24 horas, utilizando-se três repetições de 4,5± 0,5 gramas. Os resultados foram expressos em base úmida (BRASIL, 2009).

5.2.3 Condutividade elétrica

Para a determinação da condutividade elétrica, foram utilizados 100 grãos, pesados e colocados em copo contendo 50 ml de água deionizada, e mantidos em câmara à 20°C por 16 horas, de acordo com a metodologia utilizada para canola (WAGNER e DUCOURNAU, 2007).

5.2.4 Rendimento de óleo

O rendimento de óleo dos grãos de crambe, foi realizado pelo método químico, de extração por solvente (SOXHLET). Essa análise foi realizada pelo Centro de Raízes e Amidos Tropicais (CERAT), da Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu-SP.

5.2.5 Grãos verdes

A determinação porcentagem de grãos verdes foi realizada pelo sistema de notação de cores de Munsell (1976), sob luz natural (luz do dia), por um único observador. De cada amostra obtida pelos métodos de secagem, foram retiradas aleatoriamente 50 grãos, e suas cores foram comparadas com as cores da carta de Munsell. Após a avaliação visual os resultados obtidos foram expressos em “Hue” (tonalidade ou matiz, determinadas pelo comprimento de onda), “Value” (valor, indica brilho ou intensidade luminosa) e “Chroma” (saturação de cor).

Para este estudo, a carta utilizada que indica o “Hue” foi a 5Y. Na vertical, as cores tornam-se sucessivamente mais escuras, da parte superior para a parte inferior de cada carta, de forma visível e equivalente de uma etapa para a outra. Na parte horizontal, as cores aumentam em saturação (“Chroma”), da esquerda para a direita, sendo sua escala indicada na parte inferior. Na escala vertical, à esquerda da carta, é indicada a notação valor (“Value”), conforme mostrado na Figura 7.

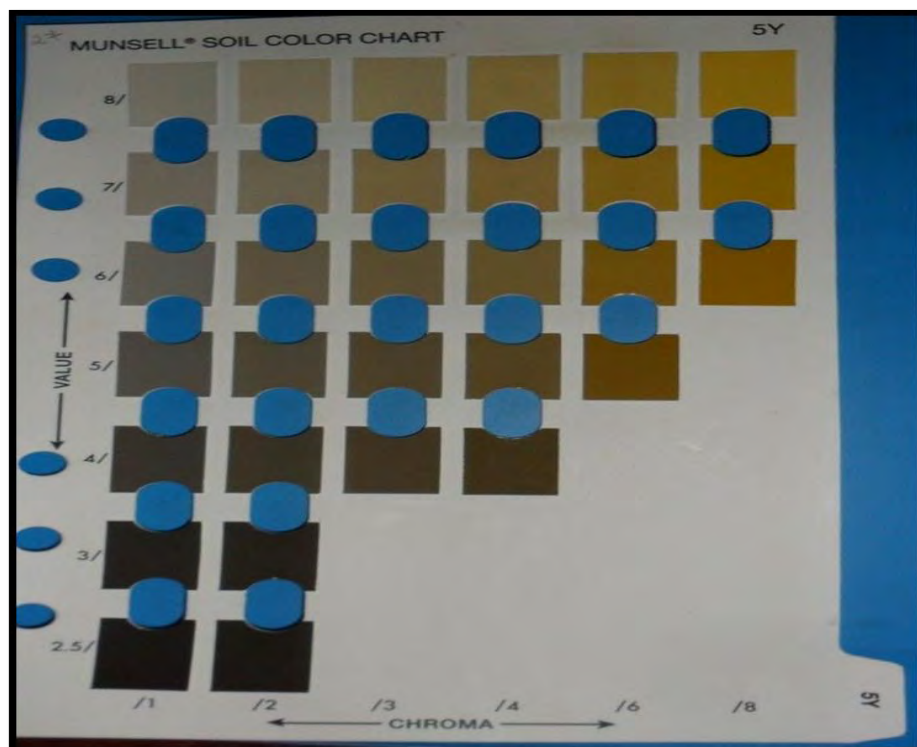


Figura 7. Carta de Munsell utilizada na classificação visual da porcentagem de grãos verdes de crambe (MUNSELL, 1976).

Os grãos de crambe obtidos pelos diferentes métodos de secagem foram classificados em “Values”, que variaram do 8 ao 4, e em “Chroma” que variou de 4 a 6. Os grãos que apresentaram “Value” 8, independente da notação “Chroma” foram considerados ausentes de qualquer pigmento ou tonalidade verde. Os grãos que variaram em “Value” de 7 a 4, independente da notação “Chroma”, foram considerados verdes. Dessa maneira, a porcentagem de grãos verdes foi obtido considerando-se qualquer nuance da cor verde (Figura 8).

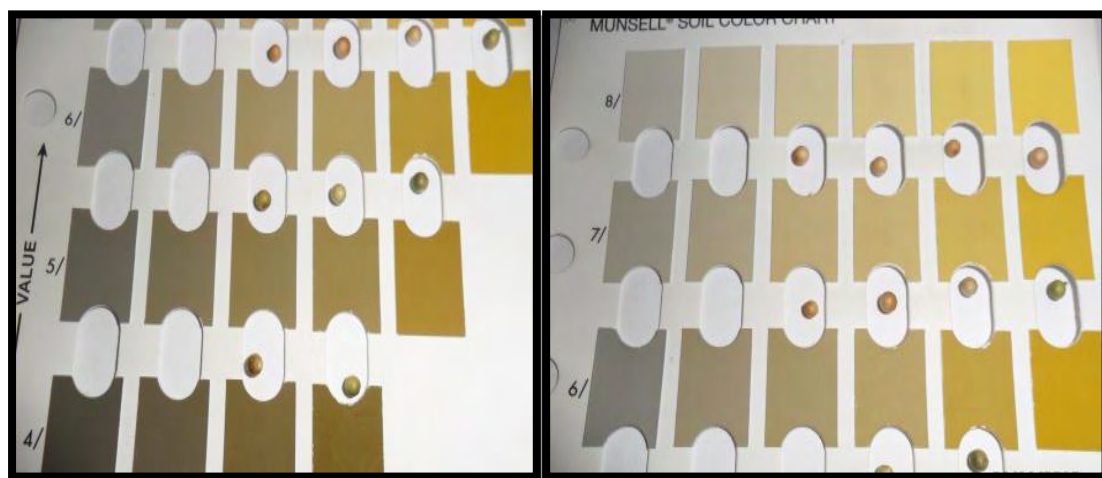


Figura 8. Exemplo de classificação de grãos de crambe, segundo a carta de Munsell (MUNSELL, 1976).

5.2.6 Clorofila

A análise do teor de clorofila foi realizada no Laboratório de Aparelhos Sensíveis e no Laboratório de Germinação, pertencente ao Departamento de Botânica, do Instituto de Biociências de Botucatu.

O teor de clorofila (a e b) nos grãos de crambe foi avaliado conforme a metodologia descrita por Sims & Gamon (2002). O preparo ocorreu pesando-se entre 0,020 e 0,05g de grãos, macerados em nitrogênio líquido, e adicionando-se solução de acetona a 80% (80% de acetona e 20% de solução tamponada Tris). As amostras então foram mantidas em freezer por uma hora. Posteriormente as amostras foram colocadas em centrífuga refrigerada (4°C) por 5 minutos, e realizada a leitura em espectrofotômetro nos seguintes comprimentos de onda: Clorofila a = 663 nm e Clorofila b = 647 nm.

O teor de clorofila foi determinado pela equação:

$$\text{Clorofila a} = 0,01273 * (A663) - 0,000897 * (A537) - 0,003046 * (A647)$$
$$\text{Clorofila b} = 0,02405 * (A647) - 0,004305 * (A537) - 0,005507 * (A663)$$

5.3 Análises do óleo bruto

5.3.1 Índice de iodo

A análise do índice de iodo foi realizada segundo as normas de EN 14111 (Determination of iodine value).

5.3.2 Índice de acidez

A determinação do índice de acidez foi realizada de acordo com a norma ABNT NBR 14448 (Determinação do número de acidez pelo método de titulação potenciométrica).

5.3.3 Teor de água

A análise do teor de água no óleo foi realizada de acordo com a metodologia descrita na ASTM D 2709 (Standard Test Method for Water and Seiment in Middle Distillate Fuels by Centrifuge), que determina que 0,01L do óleo seja

centrifugado com rotação de $2,2 \times 10^3$ rpm por um tempo médio $6,0 \times 10^2$ s em tubo próprio calibrado para a realização das análises (FERNANDES et al., 2009).

5.3.4 Massa específica a 20°C

A massa específica a 20°C foi obtida por meio da metodologia descrita na ASTM D-7042 (Standard Test Method for Dynamic Viscosity and Density of Liquids by Stabinger Viscometer).

5.3.5 Viscosidade cinemática a 40°C

A viscosidade cinemática a 40°C foi realizada de acordo com a metodologia descrita na ASTM D-7042 (Standard Test Method for Dynamic Viscosity and Density of Liquids by Stabinger Viscometer).

5.4 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e quatro repetições, totalizando 20 parcelas.

5.5 Análises estatísticas

Após obtenção dos dados, foi verificada a sua homogeneidade (Teste Shapiro-Wilk), posteriormente os resultados foram submetidos à análise de variância, e quando significativo, as médias foram comparadas pelo teste de t (LSD) ($p \leq 0,05$).

Para a análise de teor de água no óleo bruto, procedeu-se a análise de “candidatos a *outliers*”, considerando-se valor discrepante na distribuição, apenas os valores que efetivamente afetavam a distribuição, afastando-a da distribuição normal e apresentavam uma posição espacial discrepante dos demais valores vizinhos (LIBARDI et al., 1996).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Caracterização da secagem dos grãos

Na Tabela 1, são apresentados os valores médios do teor de água inicial e final dos grãos, e do tempo de secagem (horas), em cada método de secagem.

Tabela 1. Valores médios do teor de água no início e no final do processo de secagem, em cada sistema e tempo de secagem (TS - horas) dos grãos de crambe.

Tratamentos	Teor de água		TS (h)
	Inicial	Final	
Secagem com ar aquecido	21,0	9,69	7,4
Secagem com ar natural	21,0	6,12	88
Secagem natural em terreiro	21,0	5,8	74
Secagem à sombra	21,0	6,85	92
Secagem na planta	21,0	7,43	90

A primeira colheita, destinada aos tratamentos de secagem com ar aquecido, ar natural, terreiro e sombra, iniciou-se quando os grãos apresentaram teor de água de 21%, esse teor de água foi considerado o inicial também para a secagem na planta, na qual os grãos permaneceram na planta. A secagem com ar aquecido foi a que ocorreu de forma mais rápida, em 7,4 horas, enquanto os demais tratamentos que secaram sem aquecimento, registraram tempos de secagem aproximados, variando de 74 a 92 horas.

Os resultados obtidos neste trabalho ficaram próximos àqueles obtidos por Oliva et al. (2012) em sementes de crambe, onde encontraram o menor

tempo de secagem também com ar aquecido, com um tempo de 6,6 horas, ficando a secagem em terreiro com duração de 98 horas, a secagem com ar natural e à sombra com 113 horas e a secagem na planta com o maior tempo, que foi de 144 horas.

A secagem mais rápida registrada neste trabalho, para os tratamentos que empregavam ar sem aquecimento, pode ser atribuída às condições ambientais mais favoráveis, com temperatura do ar mais elevada e umidade relativa mais baixa.

A Tabela 2 apresenta os valores médios da temperatura do ar de secagem no duto de entrada de ar, a umidade relativa e o fluxo de ar de secagem registrados durante a secagem com ar aquecido e com ar natural.

Tabela 2. Valores médios da temperatura do ar de secagem no duto de entrada de ar e na massa de grãos, umidade relativa (UR) e fluxo de ar.

Tratamentos	Temperatura (°C)		UR (%)	Fluxo de ar (m ³ min ⁻¹ m ²)
	Ar de secagem	Massa de grãos		
Secagem com ar aquecido	55,6	47,42	10,11	17,6
Secagem com ar natural	27,0	24,05	50,2	15,55

No método de secagem com ar aquecido, a temperatura média do ar de secagem no duto de entrada de ar foi de 55,6°C e a máxima 61,0°C. Na massa de grãos a temperatura média foi 47,42°C e a máxima 64,0°C. O fluxo de ar foi de 17,6% m³/min.m², e a umidade relativa atingiram cerca de 10%.

Na secagem com ar natural a temperatura média no duto de entrada de ar foi 27,0°C e a máxima 32,2°C e na massa de grãos a média foi 24,05°C e a máxima 33,9°C. O fluxo de ar foi de 15,55 m³/min.m², e a umidade relativa foi de 50,2%.

6.2 Avaliação qualitativa dos grãos de crambe

6.2.1 Teor de clorofila (a e b) e grãos verdes

Observa-se, pelos resultados apresentados na Tabela 3, que o maior teor de clorofila a foi obtido na secagem com ar aquecido, apesar de não se diferir

estatisticamente da secagem com ar natural, à sombra e na planta. Para o teor de clorofila b, o maior valor foi observado na secagem com ar aquecido, apesar de não se diferir significativamente da secagem com ar natural e à sombra. Em relação aos grãos verdes, verificou-se a maior porcentagem na secagem com ar aquecido, enquanto a menor porcentagem foi obtida na secagem na planta.

Tabela 3. Valores médios de clorofila a e b ($\mu\text{g g}^{-1}$) e grãos verdes (%), obtidos após cada método de secagem.

Tratamentos	Clorofila a	Clorofila b	Grãos verdes (%)
Secagem com ar aquecido	140,03 b	211,20 c	48,75 d
Secagem com ar natural	131,26 ab	184,79 bc	28,75 c
Secagem natural em terreiro	71,64 a	116,04 ab	19,50 b
Secagem à sombra	123,70 ab	195,44 bc	31,50 c
Secagem na planta	78,98 ab	94,08 a	7,25 a
F	2,32*	3,16*	234,660*
C.V. (%)	33,39	32,13	7,38

*Significativo ($p \leq 0,05$); C.V.: Coeficiente de variação
Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste t ($p \leq 0,05$).

De acordo com os resultados, a menor porcentagem de grãos verdes encontrada na secagem na própria planta pode ser explicada pela presença de radiação solar nesse método de secagem, que ajudou na degradação da clorofila. Na secagem em terreiro, foi obtida a segunda menor porcentagem de grãos verdes, sugerindo a influência da radiação solar sobre a degradação da clorofila nos grãos, pois também este sistema de secagem recebeu radiação solar direta. Segundo Teixeira (2010), no Canadá e nos Estados Unidos, a incidência de grãos verdes é observada na canola (*Brassica napus* L.), resultando em problemas especialmente para a indústria de extração de óleo, dessa maneira, o pigmento verde é considerado um parâmetro de qualidade para essa cultura.

Na secagem com ar aquecido, foi observada a maior porcentagem de grãos verdes. A secagem em alta temperatura retém a clorofila nos grãos, pois, por ocorrer de maneira muito rápida, impede a degradação do pigmento verde. Nos métodos de secagem com ar natural e à sombra, foram obtidas as segundas maiores porcentagens de grãos verdes. Na secagem com ar natural, a temperatura média na massa de grãos foi de 24,05°C, segundo Fukushima e Lanfer-Marquez (2000),

temperaturas em torno de 25°C favorecem a degradação da clorofila, isso explica a menor presença de grãos verdes na secagem com ar natural, se comparada com a secagem com ar aquecido, mesmo tendo ocorrido sem influência da radiação solar.

A cultura do crambe, em especial a cultivar estudada FMS Brilhante, apresenta maturação irregular, dessa maneira são obtidos grãos maduros e imaturos na mesma planta. Sendo assim, no momento da colheita, a máquina não tem como separar os grãos maduros e imaturos, culminando com um elevado percentual de grãos verdes no material colhido.

Observou-se, nesse trabalho, que os grãos que foram secos com presença de luz solar, obtiveram coloração diferente dos secos artificialmente ou fora da presença de luz. Os grãos que foram secos com ar aquecido apresentaram maior coloração verde, nos grãos e no óleo, na secagem com ar natural e à sombra, a porcentagem de grãos verdes foi menor, e na secagem em terreiro e na planta, foi ainda menor.

Da mesma forma, os grãos secos com presença de luz solar, obtiveram maiores teores de clorofila a e b, enquanto que os grãos secos sem a presença de luz solar apresentaram menores teores. Pode-se afirmar que em crambe a presença de luz solar promove a degradação da clorofila, minimizando a presença de grãos verdes, enquanto a ausência de luz solar promove sua retenção. Os valores isolados de teor de clorofila a e b e porcentagem de grãos verdes, foram maiores na secagem em alta temperatura, e menores na secagem na planta, o que confirma que a secagem em alta temperatura favorece a retenção de clorofila, enquanto a secagem na planta favorece sua degradação, resultando em grãos de melhor qualidade.

6.2.2 Acidez graxa, condutividade elétrica e rendimento de óleo

Os resultados de acidez graxa, condutividade elétrica e rendimento de óleo em cada método de secagem são apresentados na Tabela 4.

Pela análise dos dados de acidez graxa, verificou-se que os grãos encontram-se bem conservados, pois os valores de ácidos graxos são baixos, se comparados aos obtidos por Silva et al. (2012 a), que encontraram valores variando entre 17,5 e 36,7 ml ml KOH 0,1N 100g⁻¹ MS em sementes de crambe após 18 meses de armazenamento. Sendo assim, os métodos de secagem escolhidos não chegaram a comprometer a qualidade do produto.

Tabela 4. Valores médios de acidez graxa (AG - ml KOH 0,1N 100g⁻¹ MS), condutividade elétrica (CE - $\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$) e rendimento de óleo (RO - %) dos grãos de crambe em cada método de secagem.

Tratamentos	AG	CE	RO
Secagem com ar aquecido	6,735 a	127,91 ab	22,12 a
Secagem com ar natural	8,115 b	123,75 ab	28,92 c
Secagem natural em terreiro	9,112 b	143,75 b	24,43 ab
Secagem à sombra	8,930 b	142,91 b	26,39 b
Secagem na planta	9,1 b	105,83 a	29,68 c
F	7,045*	1,844*	15,096*
C.V.(%)	9,12	17,86	6,13

*Significativo ($p \leq 0,05$); C.V.: Coeficiente de variação
Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste t ($p \leq 0,05$).

As diferenças significativas encontradas mostram a boa sensibilidade do teste que, a despeito da boa qualidade do material, conseguiu estratificar as amostras em duas categorias, sendo que os métodos com secagem mais lenta mostraram maior perda da qualidade.

O maior nível de ácidos graxos obtidos nos métodos de secagem lenta, utilizados neste trabalho corroboram os resultados encontrados em outras pesquisas. Soares et al. (2005) obtiveram em secagem de grãos de soja em alta temperatura, menores índices de ácidos graxos até um período latente de 60 dias de armazenamento.

O maior nível de ácidos graxos nos sistemas de secagem mais lenta está relacionado com o maior tempo que os grãos ficaram em contato com umidade mais elevada.

O teste de condutividade elétrica, também, confirma a boa qualidade dos grãos. Esses resultados corroboram os obtidos por Oliva et al. (2012), que observaram boa qualidade de sementes de crambe pelo teste de condutividade elétrica, em um efeito imediato da secagem com valores variando entre 122,97 a 144,32 $\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$, sendo que o menor índice de lixiviados foi observado no método de secagem na planta, assim como nesse trabalho. Avaliando um efeito latente de 18 meses, do método de secagem, Silva et al. (2012 b) observaram maior condutividade elétrica em sementes de crambe secas em alta temperatura.

A menor condutividade elétrica, obtida no tratamento de secagem na planta em relação aos demais, deve-se possivelmente ao fato dos grãos colhidos com 21% (maior porcentagem de grãos verdes), de teor de água, nos outros métodos de secagem, não apresentarem a parede celular bem estruturada, permitindo maior perda de solutos.

O rendimento de óleo dos grãos encontra-se abaixo dos encontrados em outras pesquisas. Souza et al. (2009), em estudo realizado com a cultivar FMS Brilhante em Mato Grosso do Sul, encontraram nos grãos teor de óleo de 40%. Fundação MS (2011) afirma que o teor de óleo na extração por solvente varia de 36 a 38%. No entanto, os resultados deste trabalho estão próximos aos obtidos por Ferreira e Berchol-Silva (2011), que encontraram teor de óleo de 26,61%, em experimento com a cultura do crambe no município de Rondonópolis-MT.

Pode-se explicar esse baixo rendimento, pela interação fenotípica (genótipo x ambiente), que influencia no desenvolvimento da cultivar, afetando características como crescimento, produtividade e nesse caso, o percentual de óleo nos grãos.

Outro fator que pode explicar o baixo rendimento foi o sistema de semeadura utilizado, no qual as plantas se encontraram adensadas, devido a baixa porcentagem de germinação do lote (60%), o que fez com que fosse semeado mais sementes por metro, que o recomendado, com o objetivo de chegar a uma germinação maior.

O maior rendimento de óleo foi encontrado nos métodos de secagem com ar natural e na planta. Observa-se, ainda, que o menor rendimento foi encontrado na secagem com ar aquecido, confirmando os resultados obtidos por Furquin et al. (2010), que observaram diminuição do rendimento de óleo com o aumento da temperatura de secagem.

Um fator que pode estar relacionado com o maior rendimento encontrado na secagem na planta é a maturidade dos grãos, pois esse método apresentou menor porcentagem de grãos verdes e menor teor de clorofila, o que indica que os grãos que permaneceram no campo tiveram completa formação das suas estruturas.

6.3 Análises da qualidade do óleo bruto

6.3.1 Coloração

De acordo com cada método de secagem empregado, houve diferença na cor do óleo extraído dos grãos (Figura 9), e a classificação das cores foi realizada no CEMPEQC – UNESP – Araraquara (Tabela 5).

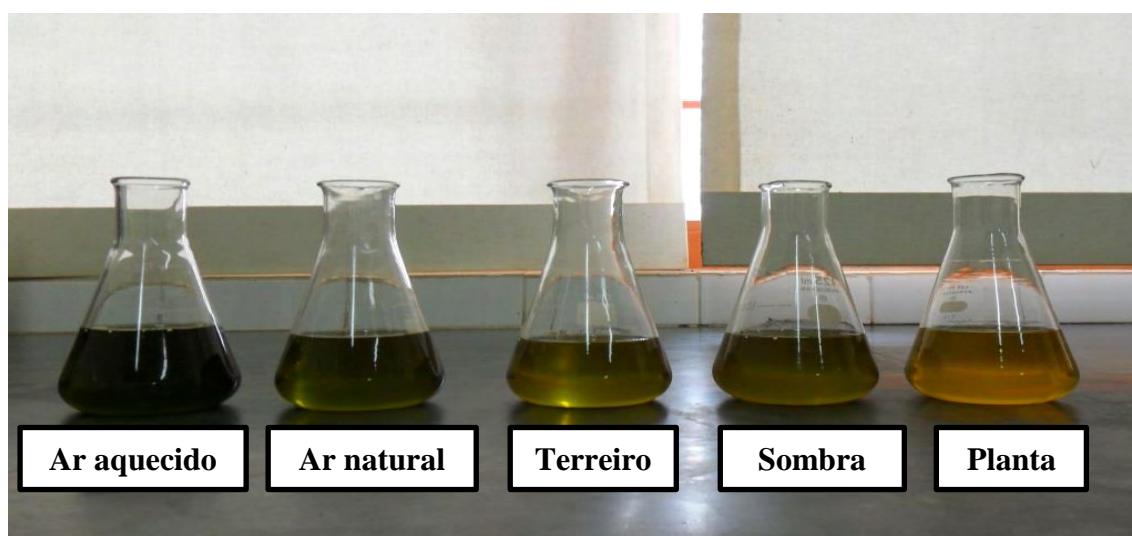


Figura 9. Cores do óleo bruto extraído dos grãos de crambe em cada método de secagem.

Na Tabela 5 é apresentada a classificação de cores do óleo bruto de grãos de crambe, obtido em cada método de secagem.

Tabela 5. Classificação de cores do óleo bruto extraído de grãos de crambe, em cada método de secagem utilizado.

Tratamentos	Cor
Secagem com ar aquecido	Verde
Secagem com ar natural	Amarelo esverdeado
Secagem em terreiro	Amarelo esverdeado límpido
Secagem à sombra	Amarelo esverdeado
Secagem na planta	Amarelo turvo

Pela análise da Figura 9 e Tabela 5, verifica-se a predominância da cor verde no óleo extraído dos grãos submetidos à secagem com ar aquecido. Na

secagem com ar natural e à sombra, o óleo apresentou coloração amarelo esverdeada. Foi constatada coloração amarelo esverdeada mais límpida na secagem em terreiro, e amarelo turvo na secagem na planta.

A cor verde no método de secagem com ar aquecido pode ser explicada pela elevada presença de grãos verdes nas amostras. Segundo Fukushima e Lanfer-Marquez (2000), a secagem em alta temperatura, acima de 40°C, ocasiona retenção de clorofila nos grãos, os quais permanecem verdes, refletindo na cor do óleo.

Nas secagens que ocorreram sob ação direta da radiação solar, observou-se clareamento do óleo. Assim na secagem em terreiro, o óleo apresentou cor amarelo esverdeado límpido, enquanto na secagem na planta os grãos secos com menor teor de verdes devido à maior degradação da clorofila permitiram a extração do óleo com coloração amarela turva.

6.3.2 Índice de iodo, índice de acidez e teor de água

Na Tabela 6, são apresentados os valores médios de índice de iodo, índice de acidez e teor de água do óleo bruto de crambe obtido em cada método de secagem. O teor de água médio do óleo, entre os tratamentos foi de 0,18 % v/v. Esse valor ficou abaixo do limite máximo estipulado pela ANP, que é de 0,5 % v/v.

Tabela 6. Valores médios de índice de iodo ($\text{g } 100 \text{ g amostra}^{-1}$), índice de acidez ($\text{mg KOH g amostra}^{-1}$) e teor de água (% v/v) em óleo bruto de crambe obtido em cada método de secagem.

Tratamentos	Índice de iodo	Índice de acidez	Teor de água
Secagem com ar aquecido	92,02	0,61	0,16
Secagem com ar natural	90,79	0,51	0,20
Secagem em terreiro	93,67	0,61	0,34
Secagem à sombra	92,37	0,45	0,10
Secagem na planta	91,45	0,43	0,12
F	2,485 ^{NS}	1,344 ^{NS}	1,580 ^{NS}
C.V. (%)	1,49	27,49	79,09

^{NS}: Não significativo ($p \leq 0,05$); C.V.: Coeficiente de variação

Não houve diferença significativa entre os métodos de secagem utilizados para as variáveis índice de iodo, índice de acidez e teor de água.

A média entre os tratamentos para a análise de índice de iodo foi de 92,06 g/100 g de amostra. Jasper et al. (2010) observaram valor semelhante em óleo bruto de crambe, e o índice de iodo foi de 88 g/100 g. Estudando a qualidade do óleo bruto de duas cultivares de mamona, Costa (2006) encontraram valores próximos aos obtidos nesse trabalho, sendo que as cultivares BRS-149 Nordestina e BRS-188 Paraguauçu apresentaram índices de iodo de 92,27 e 93,10 g I/100 g respectivamente.

O índice de iodo é uma medida do grau de instauração dos ácidos graxos presentes nos óleos e nas gorduras, sendo assim, quanto maior for a instauração dos ácidos graxos, maior será esse índice (POHNDORF, 2012).

Quanto ao índice de iodo, o seu valor tem sido relacionado com a temperatura em que a massa de grãos foi submetida. Sendo que na secagem com ar aquecido, a massa de grãos foi diretamente afetada por alta temperatura. Estudando o efeito de cinco temperaturas de secagem de grãos de soja (Ar ambiente, 40, 60, 80 e 100°C), Oliveira (2008) encontrou aumento do índice de iodo em temperatura de secagem acima de 40°C, no entanto esse valor foi mais visível a partir de um período de armazenamento superior a oito meses. Avaliando o efeito da temperatura de secagem de grãos (20-25, 35-40, 55-60 e 75-80°C), Zeni (2010) também não encontrou diferença estatística significativa em um efeito imediato do processo de secagem. Estudando o índice de iodo em óleo de soja extraído de grãos armazenados em diferentes umidades (12 e 16% b.u.) e temperaturas (8, 13, 18, 23 e 28°C), Pohndorf (2012) não encontrou diferença estatística significativa entre os tratamentos empregados.

Os resultados encontrados neste trabalho corroboram aqueles encontrados na literatura não detectando efeito imediato do método de secagem sobre a variação do índice de iodo (ZENI, 2010; POHNDORF, 2012).

Segundo O'Brien (2004), as análises de índice de iodo são muito exatas e apresentam valores quase teóricos, contudo não deve ser analisado isoladamente, pois tornaria a análise sem sentido.

O índice de acidez revela o estado de conservação do óleo, é definido como o número de miligramas de hidróxido de potássio necessário para neutralizar os ácidos graxos livres presentes em um grama de óleo ou gordura (RIBEIRO E SERAVALLI, 2004).

De acordo com Pereira (2007), elevados índices de acidez podem interferir negativamente na transesterificação, pois favorece a reação de saponificação, transformando os ácidos graxos em sabão e formando moléculas de água.

No presente trabalho, o índice de acidez apresentou valor médio entre os tratamentos de 0,5 mg KOH/g amostra, esse valor difere do obtido por Jasper et al. (2010) que, estudando a qualidade do óleo de crambe produzido em plantio direto, encontraram um índice de acidez de 3,64 mg KOH g⁻¹. No entanto, assemelha-se aos encontrado em outras culturas, 0,104 mg KOH/g para óleo de soja, 0,703 mg KOH/g para sebo bovino e 0,684 mg KOH/g para gordura de frango (CUNHA, 2008).

Os valores do índice de acidez obtidos nesse trabalho estão de acordo com os estabelecidos pela ANP na Resolução n°. 7, que estabelece que o limite máximo estipulado para índice de acidez é de 0,5 mg KOH g⁻¹. Para Kusdiana e Saka (2004), o índice de acidez deve ser uma das primeiras análises realizadas, pois o valor encontrado pode refletir na eficiência do processo de obtenção do biodiesel.

Segundo Kusdiana e Saka (2001), os óleos brutos comercialmente encontrados apresentam índice de acidez entre 0,5 e 3%. E para uma reação completa na produção de biodiesel, o índice de acidez deve ser inferior a 3% (DORADO et al., 2002).

Algumas análises realizadas nos grãos ajudam a explicar o comportamento do índice de acidez no óleo. Com objetivo de avaliar o efeito da temperatura (20-25, 35-40, 55-60 e 75-80°C) no processo de secagem, Zeni (2010) encontrou maior índice de acidez em óleo de canola extraído de grãos secos com temperatura de 75-80°C.

O menor valor de índice de acidez foi encontrado na secagem na planta, onde também foi encontrado o menor índice de lixiviados pelo teste de condutividade elétrica, o maior rendimento de óleo bruto, a menor porcentagem de grãos verdes e o menor teor de clorofila. Isso mostra que no método de secagem na planta onde os grãos foram menos deteriorados, o índice de acidez no óleo bruto foi mantido.

De acordo com Moretto e Fett (1998), o índice de acidez de um óleo decorre da hidrólise parcial dos glicerídeos, por essa razão não é uma constante ou uma característica e sim uma variável relacionada com a natureza e a qualidade da matéria-prima, com o processamento, e com as condições de conservação do óleo.

Em armazenamento refrigerado de grãos de soja, Pereira et al. (2010) encontraram aumento significativo do índice de acidez em óleo bruto, a partir de 250 dias de armazenamento de grãos de soja, no entanto esse aumento foi menor em grãos armazenados sob refrigeração. Neste caso, o índice de acidez no óleo sofre alteração devido a temperatura que a matéria-prima foi submetida. Para a secagem, esse fator também pode ser relevante, pois a secagem com ar aquecido, juntamente com a em terreiro, apresentaram, embora sem diferenças estatísticas, maior índice de acidez no óleo bruto, sendo que esses tratamentos foram os que receberam maiores temperaturas, devido uma secagem ter sido realizada com ar aquecido, e a outra por ter grãos em camada de 5 cm expostos à radiação solar direta o tempo todo. E segundo Ribeiro e Seravalli (2004), o índice de acidez no óleo está diretamente relacionado com o estado da matéria-prima, e principalmente com as condições de conservação, pois a decomposição dos glicerídeos é acelerada pelo aquecimento e pela luz. Este fator também foi observado por Oliveira (2008), que encontrou aumento do índice de acidez de óleo bruto de soja na secagem de grãos com temperatura acima de 80°C, afirmando que altas temperaturas na secagem da matéria prima, afeta negativamente a qualidade do óleo bruto.

Para Angelucci et al. (1987), quando um óleo apresenta alta teor de acidez, ocorre perda na neutralização, sendo esse um indicador de baixa qualidade em grãos, caracterizado por um armazenamento ou processamento inadequados.

6.3.3 Massa específica a 20°C e viscosidade cinemática a 40°C

A Tabela 7 apresenta os valores médios da massa específica a 20°C e da viscosidade cinemática a 40°C do óleo bruto de crambe, em cada método de secagem.

Pelos resultados, observa-se que não houve diferença entre os tratamentos, para as análises de massa específica a 20°C e viscosidade cinemática a 40°C (Tabela 7).

A massa específica média entre os tratamentos foi 0,91 g/cm³, esse mesmo valor foi obtido por Jasper et al. (2010), mostrando que não houve efeito do método de secagem sobre a massa específica a 20°C do óleo bruto de crambe.

Tabela 7. Valores médios de massa específica a 20°C e viscosidade cinemática a 40°C de óleo bruto de crambe, obtido em cada método de secagem.

Tratamentos	Massa específica a 20°C (g/cm ³)	Viscosidade cinemática a 40°C (mm ² /s)
Secagem com ar aquecido	0,91	49,92
Secagem com ar natural	0,91	50,03
Secagem em terreiro	0,91	49,82
Secagem à sombra	0,91	49,96
Secagem na planta	0,91	49,61
F	0,000 ^{NS}	1,601 ^{NS}
C.V. (%)	0,0	0,52

^{NS}: Não significativo ($p \leq 0,05$); C.V.: Coeficiente de variação

A viscosidade cinemática média dos tratamentos foi de 49,87 mm²/s. Valor aproximado foi encontrado por Jasper et al. (2010), que obtiveram viscosidade cinemática de 49,02 mm²/s. Thompson et al. (2006) encontraram 50,16 mm²/s, e Melo (2010) encontrou um valor acima, ficando em 79,24 mm²/s. Segundo Melo (2010), o comprimento das cadeias graxas, o grau de insaturação e a possibilidade de interações moleculares determina as aumento no valor da viscosidade.

O menor valor absoluto de viscosidade cinemática foi obtido na secagem na planta, que vem mostrando, de maneira geral, ter os grãos de melhor qualidade, pois esse tratamento apresentou menor condutividade elétrica, teor de clorofila, porcentagem de grãos verdes e maior rendimento de óleo.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os métodos de secagem não influenciaram a qualidade do óleo bruto de crambe, exceto pelo rendimento. No entanto os diferentes métodos de secagem ocasionaram efeito na qualidade do grão.

Os grãos quando submetidos à secagem na planta, sendo colhidos completamente maduros, apresentaram menor índice de lixiviados, menor porcentagem de grãos verdes, menores teores de clorofila a e b e maior rendimento na extração de óleo bruto. No entanto quando os grãos são secos na própria planta, pode haver muita perda no momento da colheita. Como o crambe apresenta maturação irregular, alguns grãos mais maduros podem entrar em senescência e, então, ocorre queda dos grãos na planta, enquanto outros ainda permaneçam na planta, isso ocasionaria perda na produtividade.

Devido a maturação irregular da cultivar FMS Brilhante, e essa ser a única cultivar de planta comercializada no Brasil, necessita-se ainda de estudo para determinação do ponto ideal para colheita. Com um ponto ideal determinado será possível, minimizar perdas de grão que caem e ficam no campo, e de grãos colhidos antes da época.

Necessita-se, ainda, de verificar a interação genótipo x ambiente da cultivar, realizando sementeiras na mesma época em diferentes locais do país, para verificar esse efeito no teor de óleo dos grãos.

E como sugestão, deve-se verificar o efeito da secagem na mobilização de reservas, atividade enzimática e qualidade fisiológica dos grãos, para poder relacionar com o rendimento e a cor dos grãos, com efeito, também, na cor do óleo bruto.

8 CONCLUSÕES

Pelos resultados obtidos nesse trabalho pode-se afirmar que:

Houve efeito dos métodos de secagem sobre a qualidade dos grãos e o rendimento de óleo, tendo a secagem na planta proporcionado melhores resultados para a maioria da análises realizadas nos grãos e no óleo.

Os métodos de secagem não influenciaram a qualidade do óleo bruto dos grãos de crambe. Sendo assim, a escolha do sistema ideal deve levar em consideração outros fatores, como disponibilidade de equipamentos, condições climáticas, mão-de-obra e gasto energético.

A maturação irregular da cultura compromete o desempenho dos sistemas de secagem que permitem a antecipação da colheita.

A secagem dos grãos em condições em alta temperatura proporciona maior porcentagem de grãos verdes, refletindo em coloração mais escura do óleo bruto extraído.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALENCAR, E. R. **Efeitos das condições de armazenagem sobre a qualidade da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) e do óleo bruto**. 2006. 117 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Viçosa. Viçosa - MG, 2006.

ALENCAR, et al. Influence of soybean storage conditions on crude oil quality. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.** [online]. 2010, vol.14, n.3, pp. 303-308. ISSN 1807-1929.

AMARAL, F. P. **Estudo das características físico-químicas dos óleos da amêndoa e da polpa da macaúba [*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart]**. 2007. 66 f. Dissertação. Mestrado em Agronomia (Energia na Agricultura). Faculdade de Ciências Agrônômicas. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Botucatu, 2007.

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Approved methods of the AACC**. 8.ed. Saint Paul : AACC, 1995. Paginação irregular.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL, E BIOCOMBUSTÍVEIS. Resolução nº7. 2011.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução nº 482** de 23 de setembro de 1999. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/482_99.htm>. Acesso em: 20 dez. 2011.

BERALDO, et al. Determinação da época de semeadura do Crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) na região nordeste do Estado de São Paulo-SP. 4º Congresso da Rede Brasileira de Biodiesel, 7º Congresso Brasileiro de plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel. In: (**Anais...**) Belo Horizonte-MG. 2010.

BIAGGIONI, M. A. M. **Análise da secagem de grãos de milho com ar em temperatura próxima à ambiente, para as condições climáticas de Botucatu-SP**. 1994. 62 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1994.

BIAGGIONI, M. A. M. et al. Efeito do armazenamento e da secagem sobre a qualidade de sementes de crambe.. X Congresso Latinoamericano y del Criebe de Ingeniería Agrícola e XLI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. (**Anais...**). Londrina – PR. 2012.

BRASIL. **Lei nº. 11.097**, de 13 de Janeiro de 2005. Dispõe sobre a criação do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel e sobre a adição de biodiesel ao óleo diesel. Disponível em: www.anp.gov.br. Acesso em 02/09/11.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. 2009. 399 p.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balanco Energético Nacional**. 2006.

BROOKER, D.B.; BAKKER-ARKEMA, F.W.; Hall, C.W. Drying and storage of grains and oilseeds. New York: van **Nostrand Reinhold**, 1992. 450p.

CARVALHO, D. C. O. et al. Coeficiente de digestibilidade verdadeira dos aminoácidos e valores de aminoácidos digestíveis do milho submetido a diferentes temperaturas de secagem e períodos de armazenamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.5, p.850-856, 2009.

CARNEIRO, S. M. T. P .G.et al. Ocorrência de *Alternaria brassicicola* em crambe (*Crambe abyssinica*) no estado do Paraná. Comunicações. **Summa Phytopathol.** Botucatu, v. 35, n. 2, p. 154, 2009.

CASTRO, R. S. D. **Avaliação das características organolépticas de grãos e qualidade fisiológica de sementes em função do tempo de armazenamento em amendoim**. 2010. 49 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Sistemas de Produção). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2010.

CASTRO et al. Qualidade de grãos em arroz. **Embrapa Arroz e Feijão**. Santo Antônio de Goiás – GO. 2009.

CENKOWSKI, S.; JAYAS, D. S. Pontencial of in-field and low-temperature drying for reducing chlorophyll contents in canola (*Brassica napus* L.). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Bognor Regis, v. 63, p. 377-383, 1993.

COSTA, T. L. **Características físicas e físico-químicas do óleo de duas cultivares de mamona**. 2006. 113 f. Dissertação. Mestrado em Engenharia Agrícola (Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas). Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2006.

COSTA, L. M. et al. Qualidade dos frutos de crambe durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 34, nº 2 p. 239 - 301, 2012.

CUNHA, M. D. **Caracterização de biodiesel produzido com misturas de matérias primas: sebo bovino, óleo de frango e óleo de soja**. 2008. 72 f. Dissertação (Mestrado em Química) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

DAHLÉN, J. A. H. Chlorophyll content monitoring of Swedish rapeseed and its significance in oil quality. **J. Am. Oil Chem. Soc., Champign**, v. 50, n. 8, p. 312-327, 1973.

DORADO, M. P.; ARNAL, J. M.; GOMEZ, J.; GIL, A.; LOPEZ, F. J. The effect of waste vegetable oil blend with diesel fuel on engine performance. **Transactions of the ASAE**, v. 45, p. 525-529, 2002.

FARIA, R. Q. **Cinética de secagem e qualidade fisiológica das sementes de crambe**. 2010. 84 f. Dissertação. Mestrado em Engenharia Agrícola. Universidade Estadual de Goiás. Anápolis, 2010.

FARONI, L. R.A. et. al. Armazenamento de soja in silos Tipo bolsa. **Eng. Agríc.** [online]. 2009, vol.29, n.1, pp 91-100. ISSN 0100-6916.

FERNANDES et al. Análise de teor de água e sedimento do óleo da Samaúma (*ceiba pentandra*). 2º Simpósio Nacional de Biocombustíveis. Recife-PE. (**Anais...**) 2009.

FERREIRA, F. M.; BERCHOL SILVA, A. R. Produtividade de grãos e teor de óleo da cultura do Crambe sob diferentes sistemas de manejo de solo em Rondonópolis – MT. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer – Goiânia, vol. 7, n. 12. 2011.

FUNDAÇÃO MATO GROSSO DO SUL. **Crambe FMS Brilhante**. Maracajú, 2009. Disponível em: <<http://www.fundacaoms.org.br/page.php?34>>. Acesso em: 11 de outubro de 2011.

FURQUIN, et. al. Avaliação da qualidade do óleo durante a secagem de sementes de crambe (*Crambe abyssinica*). 33ª Reunião da Sociedade Brasileira de Química. (**Anais...**). Águas de Lindoia – SP, 2010.

FUKUSHIMA, P.S.; LANFERMARQUEZ, U.M. Chlorophyll derivatives of soybean during maturation and drying conditions. In: INTERNATIONAL SOYBEAN PROCESSING AND UTILIZATION CONFERENCE, 3., 2000, **Tukuba**. Proceedings . Tukuba: Korin, 2000. p.87-88.

- GARCIA, D. C. **Secagem de sementes**. Disponível em: <<http://www.ufsm.br/sementes/textos/secagem.pdf>>. Acesso em: 02 dezembro 2012.
- GERIS, R. et al., Reação de Transesterificação para Aulas Práticas de Química Orgânica. **Química Nova**, Salvador – BA, vol. 30, Nº05. 1369-1373, 2007.
- GRAIN quality. Disponível em:<<http://www.ae.iastate.edu/HTMDOCS/drystore.html>>. Acesso em: 28 jan. 2012.
- JASPER, S. P. **Cultura do crambe (*Crambe abyssinica* Hochst): Avaliação energética, de custo de produção e produtividade em sistema de plantio direto**. 2009. 103 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009.
- JASPER, S. P. et al. Caracterização físico-química do óleo e do biodiesel de crambe *Crambe abyssinica* Hochst. IX Congresso Latinoamericano y del Criebe de Ingeniería Agrícola e XXXIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. (**Anais...**). Vitória – ES. 2010.
- KUSDIANA, D.; SAKA, S.; J. Methyl esterification of free fatty acids of rapeseed oil as treated in supercritical methanol. **Journal of Chemical Engineering of Japan**, v. 34, n. 3, p. 383-387, 2001.
- KUSDIANA, D.; SAKA, S. Effects of water on biodiesel fuel production by supercritical methanol treatment. **Bioresource Technology**, v. 91, n. 3, p. 289-295, 2004.
- LIBARDI, P. L.; et al. Variabilidade da umidade gravimétrica de um solo hidromórfico. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.20, n.1, p.1-12, 1996.
- LÔBO et al. Biodiesel: Parâmetros de qualidade e métodos analíticos. **Quim. Nova**, Vol. 32, No. 6, 1596-1608, 2009.
- MAIA, M. **Secagem de sementes de azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.) com ar ambiente forçado**. 1995. 108 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 1995.
- MEAKIN, S. et al., *Crambe abyssinica*, a comprehensive programme, Springdale Crop Synergues Ltda, Rudston, 2001.

MELO, M. A. M. F. **Avaliação das propriedades de óleos vegetais visando a produção de biodiesel**. 2010 114 f. Dissertação. Mestrado em Química. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2010.

MORRETO, E.; FEET A. Óleos e gorduras vegetais: processamento e análises. **ed. Cidade**, p 109-110. 1989.

MOUNTS, T. L. et al. Quality of soybeans in export. **Journal of the American Chemical Society**, Champaign, v. 67, n. 11, p. 743-746, 1990.

MUNSELL, A. H. **Munsell book of color**. Baltimore: Macbeth Division of Kollmorgen, 1976.(Mathefinish collection).

O'BRIEN, R.D. Fat an Oils. In: O'Brien, R.D. (Ed.) **Fats and Oils Formulating and Processing for Applications**. Boca Raton, 2004. p. 175-232.

OLIVA, A. C. E. **Qualidade de sementes de crambe submetidas a métodos de secagem e períodos de armazenamento**. Dissertação. Mestrado em Agronomia (Energia na Agricultura). 2010. 87 f. Faculdade de Ciências Agronômicas. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Botucatu, 2010.

OLIVA, A. C. E. et al. Efeito imediato do método de secagem na qualidade de sementes de crambe. **Energia na Agricultura**, Botucatu, vol. 27, n.3, julho-setembro, 2012, p.16-30

OLIVEIRA, M. et. al. Efeitos das condições ambientais e do tempo de armazenamento de soja sobre a qualidade do óleo para produção de biodiesel. Simpósio Estadual de Agroenergia - RS. (**Anais...**) 2007 a.

OLIVEIRA, M. et. al. Efeito da temperatura do ar de secagem estacionária na qualidade do óleo de mamona (*Ricinus communis*). Simpósio Estadual de Agroenergia - RS. (**Anais...**) 2007 b.

OLIVEIRA, M. et al. Efeitos do tempo e do armazenamento refrigerado de grãos de soja sobre a qualidade do óleo. 5ª Conferência Brasileira de Pós Colheita. (**Anais...**). Foz do Iguaçu – PR. 2010.

OLIVEIRA, M. **Temperatura na secagem e condições de armazenamento sobre propriedades da soja para consumo e produção de biodiesel**. 2008. 70 f.

Dissertação. Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2008.

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

PEREIRA, F. E. de A. **Biodiesel produzido a partir do óleo de sementes de Mabea fistulifera Mart.** 2007. 87 f. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 2007.

PEREIRA, M. R. et al. Avaliação do efeito de armazenamento refrigerado de grãos de soja na manutenção da qualidade do óleo. II Mostra Científica. (**Anais...**) Pelotas-RS. 2010.

PINHEIRO, B. F. S. et al. **Biodiesel: uma nova fonte de energia obtida pela reciclagem de óleos residuais.** Disponível em: <http://www.essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/BolsistaDeValor/article/viewFile/1857/1035>. Acesso em: 12/02/2012.

PITT, J.I. et al. Systemic invasion of developing peanut plants by *Aspergillus flavus*. **Letters in Applied Microbiology**, Oxford, v.13, n.1, p.16-20, 1991
PITT, J.I. et al. Systemic invasion of developing peanut plants by *Aspergillus flavus*. **Letters in Applied Microbiology**, Oxford, v.13, n.1, p.16-20, 1991

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

POHNDORF, R. S. **Efeitos da umidade e do resfriamento no armazenamento sobre a qualidade de grãos e do óleo de soja para fins comestíveis e de produção de biodiesel.** 2012. 71 f. Dissertação. Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2012.

RIBEIRO, E.P.; SERAVALLI, E.A.G. **Química de Alimentos.** Editora Edgard Blucher. Instituto Mauá de Tecnologia, São Paulo, 2004,184p.

ROSA, S. D. V. F., et al. Eficácia do teste de condutividade elétrica para uso em estudos de danos de secagem em sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 22, nº 1, p.54-63, 2000

SAATH, R. **Qualidade do café natural e despoldado em diferentes condições de secagem e tempos de armazenamento**. 2010. 175 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2010.

SAATH, R. et al. Alterações na composição química e sensorial de café (*Coffea Arabica* L.) nos processos pós-colheita. **Energia na Agricultura**, Botucatu, vol. 27, n 2, abril-junho, 2012, p 96-112.

SEBRAE. **Biodiesel**. Disponível em:

http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/NT00035116_000gihb7tn102wx5ok05vadr1szzvy3n.pdf. Acesso em: 16/01/2013.

SILVA, M. A. P. et al. Acidez graxa em sementes de crambe submetidas a diferentes sistemas de secagem. X Congresso Latinoamericano y del Crie de Ingeniería Agrícola e XLI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. (**Anais...**). Londrina – PR. 2012 a.

SILVA, M. A. P. et al. Influência do pericarpo no teste de condutividade elétrica em sementes de crambe em diferentes sistemas de secagem. X Congresso Latinoamericano y del Crie de Ingeniería Agrícola e XLI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. (**Anais...**). Londrina – PR. 2012 b.

SILVA, L. C. Secagem de grãos – **Boletim técnico**. 2005.

SILVA, T. A. et al. Qualidade do óleo bruto extraído da soja armazenada em silos bolsa. 5ª Conferência Brasileira de Pós Colheita. (**Anais...**). Foz do Iguaçu – PR. 2010.

SIMS, D.A. & GAMON, J.A. Relationships between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range of species, leaf structures and developmental stages. **Remote Sensing of Environment** 81:337-354. 2002.

SOARES, T. A.; BIAGGIONI, M. A. M.; FRANÇA NETO, J. de B. Análise da acidez graxa como índice de qualidade em grãos de soja. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 20, n. 1, p. 91-102, 2005.

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

TAVARES, M. L. A. ; CONCEIÇÃO, M. M. ; SANTOS, I. G. ; SOUZA, A. G. . Cinética do Biodiesel de Girassol e das Misturas B5, B10, B15, B20, B25 e B50. In: 1º Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel, 2006. **Artigos técnico-científicos**, 2006. v. 1. p. 196-200.

TEIXEIRA, R. N. **Teor de clorofila, danos oxidativos e qualidade de sementes de soja**. Dissertação. Mestrado em Agronomia (Agricultura). 2010. 100 f. Faculdade de Ciências Agronômicas. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Botucatu, 2010.

THOMPSON, J. C. et al. Characterization of crude glycerol from biodiesel production from multiples feedstoks. **Applied Engineering in Agriculture**, v.22, p.261-265, 2006.

ULLMANN, R. et al. Qualidade das sementes de pinhão manso submetidas à secagem artificial. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 3, p. 442-447, jul./set. 2010.

WAGNER, M. H.; DUCOURNAU, S. Conductivity testing for oilseed rape seeds. **ISTA News Bulletin**, n. 133, Apr., 2007. Disponível em: <<http://www.seedtest.org/upload/cms/user/STI133April2007.pdf>>. Acesso em: 13 nov. 2011.

WILHELM, H. M. . **Biocombustíveis**: Atuação do Departamento de Tecnologia em Materiais (DPTM) do LACTTEC. 2007.

ZENI, D. B. **Efeitos da temperatura na secagem e da umidade relativa no armazenamento sobre a qualidade de grãos e óleo de canola para biocombustível**. Dissertação. Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas-RS. 2010.