

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO,  
CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO – *CAMPUS* RIO VERDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU*  
EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO ÓLEO DAS  
SEMENTES DE CRAMBE SUBMETIDAS A DIFERENTES  
TEMPERATURAS DE SECAGEM

Autora: Renata Rodrigues Mendes  
Orientador: Prof. Dr. Carlos Frederico de Sousa Castro  
Coorientador: Prof. Dr. Osvaldo Resende

Rio Verde - GO

Abril - 2011

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO ÓLEO DAS  
SEMENTES DE CRAMBE SUBMETIDAS A DIFERENTES  
TEMPERATURAS DE SECAGEM

Autora: Renata Rodrigues Mendes  
Orientador: Prof. Dr. Carlos Frederico de Sousa Castro  
Coorientador: Prof. Dr. Osvaldo Resende

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS, no Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – *campus* Rio Verde – Área de concentração Ciências Agrárias.

Rio Verde - GO

Abril - 2011

Mendes, Renata Rodrigues, 1985-

Avaliação da qualidade do óleo das sementes de crambe submetidas a diferentes temperaturas de secagem / Renata Rodrigues Mendes. - - Rio Verde. – 2011.

48f. : il. ; 27 cm.

Dissertação (Mestrado) apresentada ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – IFGoiano, Mestrado em Ciências Agrárias, 2011.

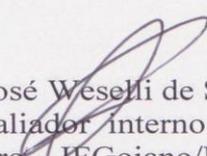
**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

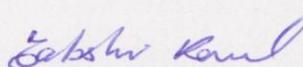
**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO ÓLEO DAS  
SEMENTES DE CRAMBE SUBMETIDAS A DIFERENTES  
TEMPERATURAS DE SECAGEM**

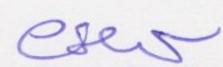
Autora: Renata Rodrigues Mendes  
Orientador: Dr. Carlos Frederico de Souza Castro

*TITULAÇÃO:* Mestre em Ciências Agrárias – Área de concentração  
Ciências Agrárias – Ciências Agrárias

APROVADA em 13 de abril de 2011.

  
Prof. Dr. José Weselli de Sá Andrade  
Avaliador interno  
Membro – IFGoiano/RV

  
Prof. Dr. Takeshi Kamada  
Avaliador externo  
Membro – FESURV

  
Prof. Dr. Carlos Frederico de Souza Castro  
Presidente da banca  
Membro – IFGoiano/RV

## AGRADECIMENTOS

Chegado ao fim de mais uma etapa de qualificação profissional, agradeço várias pessoas que colaboraram para que mais esse trabalho fosse concluído.

Inicialmente, agradeço a Deus, por ter dado força e disposição para superar os desafios encontrados ao longo desta jornada.

Agradeço ao meu esposo, Marcondes Mendonça e Silva, pelo carinho, compreensão e, sobretudo, pela paciência.

À minha pequena filha, Maria Laura Mendes Mendonça, que me inspira a tudo.

Aos meus pais, Remi Rodrigues de Oliveira e Telma Divina Nogueira Rodrigues, pela fé a mim confiada, pelas orações e pensamentos positivos.

Ao professor Dr. Carlos Frederico, pelo compartilhamento de seus conhecimentos, pelas orientações e pela credibilidade.

Ao professor Dr. Osvaldo Resende, pela atenção, coorientação e também pela disposição em estar sempre pronto a ajudar.

A todos os colegas dos laboratórios de Pós-Colheita de Produtos Vegetais e de Agroenergia e Fruticultura do IFGoiano – *Campus* Rio Verde, em especial ao colega Jonas Manzam, pela troca de informações, dedicação, compreensão e coleguismo.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – *Campus* Rio Verde e seus funcionários.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq),  
pelo apoio financeiro, imprescindível a realização deste trabalho.

## BIOGRAFIA DA AUTORA

RENATA RODRIGUES MENDES, filha de Remi Rodrigues de Oliveira e Telma Divina Nogueira Rodrigues, nasceu em Rio Verde, Estado de Goiás, em 13 de maio de 1985.

Em março de 2002, iniciou no curso de Biomedicina na Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC-GO), em Goiânia – GO, graduando em agosto de 2006.

Em fevereiro de 2007, ingressou no Programa de Pós-graduação *latu sensu* em Hematologia Laboratorial, também na PUC de Goiás, defendendo a dissertação em março de 2008.

Em agosto deste mesmo ano, tomou posse como biomédica no concurso do município de Rio Verde – GO, lotada no Laboratório do Hospital Municipal de Rio Verde, GO (HMRV).

Em outubro de 2010, tomou posse como biomédica no concurso do Estado de Goiás, lotada no Laboratório do Hospital de Urgências do Sudoeste Goiano em Santa Helena de Goiás (HURSO).

Em março de 2009, ingressou no Programa de Pós-Graduação *strictu sensu* em Ciências Agrárias do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – *Campus* Rio Verde, submetendo-se à defesa da dissertação em março de 2011.

## ÍNDICE

	Página
ÍNDICE DE TABELA.....	vii
ÍNDICE DE APÊNDICE.....	viii
LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES.....	ix
RESUMO.....	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
1. Biodiesel: definição.....	1
2. Biodiesel no Brasil e no mundo.....	2
3. Busca por novas oleaginosas para produção de biodiesel.....	5
3.1. Crambe.....	6
3.1.1. Secagem.....	8
3.1.2. Armazenamento.....	9
Referências bibliográficas.....	11
OBJETIVOS.....	15
Objetivo Geral.....	15
Objetivos Específicos.....	15
Avaliação da qualidade do óleo durante a secagem das sementes de crambe.....	16
Resumo.....	16
Abstract.....	16
Introdução.....	17
Material e métodos.....	18

Resultados e discussão.....	21
Conclusão.....	25
Agradecimentos.....	25
Referências.....	25
CONCLUSÃO GERAL.....	29
PERSPECTIVAS FUTURAS.....	30

## ÍNDICE DE TABELA

	Página
<b>Tabela 1</b> – Perfil de ácidos graxos das sementes de óleo de crambe.....	7
<b>Tabela 2</b> – Médias e desvios padrões para os índices de acidez, peróxido, iodo e para os teores de óleo de crambe submetido a diferentes temperaturas de secagem.....	21
<b>Tabela 1A</b> – Resultados das análises.....	32

## ÍNDICE DE APÊNDICE

	Página
APÊNDICE A.....	32
<b>Tabela 1A</b> – Resultados das análises.....	32

## LISTA DE SIMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACOES E UNIDADES

ABIPTL.....	Associação Brasileira das Instituices de Pesquisa Tecnológica
ANP.....	Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
B5.....	5% de biodiesel
B20.....	20% de biodiesel
B100.....	100% de biodiesel
b.u.....	Base úmida
CNPq.....	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
DIC.....	Delineamento inteiramente casualizado
ha.....	Hectare
HMRV.....	Hospital Municipal de Rio Verde
HURS.....	Hospital de Urgências do Sudoeste Goiano
I <sub>2</sub> .....	Iodo
IA.....	ndice de acidez
IBGE.....	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IFGoiano.....	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano
II.....	ndice de iodo
IP.....	ndice de peróxido
KOH.....	Hidróxido de potássio
L.....	Litro
m.....	Massa
M.....	Concentração Molar

MCT.....	Ministério da Ciência e Tecnologia
meq.....	Miliequivalentes
mg.....	Miligramas
mL.....	Mililitros
N.....	Normalidade
NaOH.....	Hidróxido de Sódio
Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	Tiosulfato de Sódio ou Hipoclorito de Sódio
PNPB.....	Programa Nacional de Produção de Uso do Biodiesel
V.....	Volume

## RESUMO

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de analisar a qualidade de óleo extraído de sementes de crambe (*Crambe abyssinica*) submetidas a diferentes temperaturas de secagem. Para tanto, foram utilizadas sementes de crambe cultivadas na área experimental do IFGoiano – *Campus* Rio Verde, município de Rio Verde, colhidas manualmente com teor de água de, aproximadamente, 25,0% (b.u.), homogeneizadas e conduzidas para a secagem em secador experimental mantido nas temperaturas controladas de 30, 40, 50, 60, 70°C e temperatura ambiente. O processo de secagem foi realizado utilizando bandejas contendo, em cada uma, 0,5 kg de amostras. Estas bandejas foram pesadas periodicamente até o ponto final da secagem, aproximadamente, 10,0% (b.u.), definido como o teor de água recomendado para o armazenamento seguro deste produto. Foi instalado um psicrômetro no interior do secador experimental para monitorar a temperatura e a umidade relativa de cada amostra. O óleo foi extraído segundo a metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz. O experimento foi feito em quatro repetições para cada temperatura, e o rendimento para o teor de óleo obtido foi expresso como a média das quatro extrações. A influência da temperatura de secagem na qualidade do óleo extraído das sementes de crambe foi avaliada por meio dos índices de acidez, peróxido e iodo. Com base nos resultados obtidos pôde-se concluir que a temperatura de secagem das sementes de crambe não afeta a qualidade do óleo. De um modo geral, o óleo de crambe apresentou índices baixos de peróxido e ácidos graxos livres nas diferentes temperaturas de secagem analisadas, e manteve um teor de óleo considerável nas sementes, indicando ser uma potencial oleaginosa para produção de biodiesel.

**Palavras-chave:** *Crambe abyssinica*, biodiesel, índice de acidez, índice de iodo, índice de peróxido, teor de óleo.

## ABSTRACT

The present study was to analyze the quality of oil extracted from seeds crambe (*Crambe abyssinica*) submitted to different drying temperatures. For this it was used seeds of crambe grown in the experimental area of IFGoiano – Campus Rio Verde, in Rio Verde city, harvested by hand with water content of approximately 25.0% (w.b.), homogenized and led to drying in a dryer kept in temperature-controlled trial of 30, 40, 50, 60, 70 ° C and room temperature. The drying process was carried out using trays with 0.5 kg of samples each one. These trays were weighed periodically until the end point of drying of approximately 10.0% (w.b.), defined as the moisture content recommended for safe storage of this product. A psychrometer was installed inside the experimental dryer to monitor temperature and relative humidity of each sample. The oil was extracted using a method described by Institute Adolfo Lutz. The experiment was done in four replicates for each temperature, and the yield for the oil content obtained was expressed as the average of four extractions. The influence of drying temperature on the quality of oil extracted from seeds of crambe was assessed by the indices of acidity, peroxide and iodine. Based on the results obtained it was concluded that the drying temperature of crambe seed does not affect the oil quality. Seed drying at high temperatures does not alter the natural properties of oil, and even decrease the amount of free fatty acids present, but on the other hand it decreases the amount of oil obtained from plant material; but these differences are not statistically significant. In general, crambe oil showed low levels of peroxide and free fatty acids in the different drying temperatures examined, with high oil content in seeds, indicating to be a potential oil crop for biodiesel production.

**Key words:** *Crambe abyssinica*, biodiesel, acidity's indication, iodine's indication, peroxide's indication, oil's content.

## INTRODUÇÃO GERAL

### 1. Biodiesel: definição

O biodiesel é um biocombustível renovável derivado de fontes alternativas, formado através do processo de transesterificação, que consiste na reação química de óleo (vegetal ou animal) ou de gordura animal com um álcool (metanol ou etanol) na presença de um catalisador.

De acordo com a legislação brasileira, Lei nº. 11.097 de 13 de janeiro de 2005, o biocombustível é um derivado de biomassa renovável para uso em motores a combustão interna com ignição por compressão ou, conforme regulamento, para geração de outro tipo de energia, que possa substituir parcial ou totalmente combustíveis de origem fóssil (BRASIL, 2005).

Segundo a resolução nº. 7, de 19 de março de 2008, da ANP (Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis), artigo 2º: “biodiesel – B100 – combustível composto de alquil ésteres de ácidos graxos de cadeia longa, derivados de óleos vegetais ou de gorduras animais conforme a especificação contida no regulamento técnico, parte integrante desta Resolução”.

Portanto, biodiesel é o nome de um combustível alternativo de queima limpa, produzido de recursos domésticos renováveis. Não contém petróleo, mas pode ser adicionado a ele formando uma mistura. Pode ser usado em um motor de ignição a compressão (diesel) sem necessidade de modificação. O biodiesel é simples de ser usado, biodegradável, não tóxico e essencialmente livre de compostos sulfurados e aromáticos (BIODIESELBR, 2011b).

O biodiesel pode ser usado puro (B100) ou em misturas de várias proporções (2%, 5%, 10%, 20%, etc.).

## 2. Biodiesel no Brasil e no mundo

A discussão sobre a substituição do petróleo por fontes renováveis de energia vem ganhando o cenário mundial desde que estudos apontaram uma possível crise envolvendo a capacidade deste combustível fóssil em suprir a crescente demanda nos próximos 40 anos. Contribuindo ainda mais para esse assunto, em 1997, foi assinado o Protocolo de Kyoto, em que os países industrializados, principalmente os do Norte, comprometeram a diminuir suas emissões de CO<sub>2</sub>, principal responsável pelo superaquecimento global.

Para contornar essa situação, a sociedade está sendo forçada a buscar novas fontes de energia necessárias ao desenvolvimento, sobretudo menos poluentes, renováveis e mais baratas. Diante deste contexto, o biodiesel surge como alternativa que pode substituir parcial ou totalmente o combustível fóssil.

O biodiesel é uma fonte de energia renovável obtida a partir do cultivo de plantas oleaginosas, e a sua produção ajuda a diminuir os efeitos da emissão de CO<sub>2</sub>, uma vez que o sequestro de carbono feito na plantação retira o gás carbônico produzido na queima do biodiesel e outros combustíveis fósseis (RATHMANN et al., 2005).

Diante desta realidade, o Brasil se encontra em posição favorável por ser um país com grande potencial agrícola e, também, por já contar com programas de pesquisa, produção e incentivo ao biodiesel. De acordo com a Lei nº. 11.097, de 13 de janeiro de 2005, o percentual mínimo obrigatório de adição de biodiesel ao óleo diesel comercializado ao consumidor final, em qualquer parte do território nacional, é de 5% , o chamado B5.

Apesar de todo o incentivo em favor do combustível de origem agrícola, mais de 52% das fontes de energia utilizadas no Brasil são de fontes não renováveis (IBGE, 2010). E assim como no país, o mundo inteiro é ainda muito dependente do petróleo, tornando toda nossa economia vinculada diretamente a esse combustível (PORTELA, 2011).

O petróleo é matéria-prima para empresas e fornecedor de energia para movimentar portos, aeroportos e rodovias. Todavia, constantemente, o petróleo é fonte de crises mundiais e as variações no seu preço afetam a balança comercial de muitos países e prejudicam diversos setores da economia e, conseqüentemente, o consumidor final (BENEDETTI et al., 2006).

Segundo o sistema de levantamento de preços da ANP, durante o mês de março de 2011 o preço médio do diesel no estado de Goiás variou entre os valores mínimo de R\$ 1,897 em Trindade, e máximo de R\$ 2,144 em Jataí. Já o preço do biodiesel, repassado no mesmo período para empresas responsáveis pela distribuição deste combustível em forma de B5, foi de um valor médio de R\$ 2,02 entre os dois lotes leiloados (ANP, 2011).

Sabe-se no entanto, que o preço do biodiesel repassado às refinarias de petróleo varia de acordo com o preço dos óleos vegetais e agrega ainda mais valor quando este óleo também faz parte do mercado alimentício. Nesse sentido, há uma busca por novas oleaginosas que produzam óleos não comestíveis, para a produção de biodiesel dentro das normas internacionais de qualidade.

Em um estudo comparando o preço do diesel com o preço estimado do Biodiesel, Lucena (2008) constatou que a infraestrutura existente na distribuição de óleo diesel mineral permite que os únicos custos adicionais sejam compostos pela adequação dos equipamentos de estocagem e de transporte, que não afetam o preço final do produto comercializado em larga escala. O custo de distribuição e revenda do biodiesel foi considerado o mesmo do diesel, assim sendo, o autor concluiu que o biodiesel é economicamente competitivo se combinado com uma desoneração tributária por certo período até que se tenha uma redução dos custos decorrentes da escala e do aprendizado.

Ainda segundo Lucena (2008), a substituição de diesel mineral por biodiesel é análoga à substituição de gasolina por álcool anidro. Ambos são biocombustíveis provenientes de produtos agrícolas, de forma renovável, e que competem com área de plantio e uso final com o setor alimentício. O autor também salienta que o programa do governo federal – o Proálcool, foi sem dúvida responsável por um aumento do número de empregos diretos e indiretos na economia, da indústria produtora de máquinas e equipamentos até a comercialização de álcool e açúcar, mas também trouxe problemas como a alta do preço do açúcar, péssimas condições de trabalho, queimadas provocadas na pré-colheita da cana gerando danos ambientais.

Os biocombustíveis vêm sendo testados em países como Argentina, Estados Unidos, Malásia, Alemanha, França e Itália, que já produzem biodiesel comercialmente, estimulando o desenvolvimento de escala industrial. No início dos anos 1990, o processo de industrialização do biodiesel foi iniciado na Europa. Portanto, mesmo tendo

sido desenvolvido no Brasil, o principal mercado produtor e consumidor de biodiesel em grande escala foi a Europa (BIODIESELBR, 2011a).

Atualmente a União Europeia produz 90% do biodiesel utilizado no mundo, o que corresponde cerca de mais de 1,35 milhões de toneladas de biodiesel. Para isso, o governo garante incentivo fiscal aos produtores, além de promover leis específicas para o produto, visando melhoria das condições ambientais através da utilização de fontes de energia mais limpas. A tributação dos combustíveis de petróleo na Europa, inclusive do óleo diesel mineral, é extremamente alta, garantindo a competitividade do biodiesel no mercado (BIODIESELBR, 2011a).

No mercado internacional, o Biodiesel produzido tem sido usado em: veículos de passeio, transporte rodoviário, transporte público e geração de eletricidade.

O maior país produtor e consumidor mundial de biodiesel é a Alemanha, responsável por cerca de 42% da produção mundial. Sua produção é feita a partir da colza, produto utilizado principalmente para fixação do nitrogênio no solo. A extração do óleo gera farelo proteico utilizado na ração animal. O biodiesel é distribuído de forma pura, isento de mistura ou aditivos, para a rede de abastecimento de combustíveis compostas por cerca de 1700 postos (BIODIESELBR, 2011a).

De acordo com Lima et al. (2008), os EUA, maiores consumidores de petróleo no mundo vêm tentando diminuir a dependência do combustível fóssil do Oriente Médio e da Venezuela através do incentivo ao uso de biodiesel com o “Programa EcoDiesel” sendo a mistura mais cogitada de 20% de biodiesel – B20.

No Brasil, por meio da Lei nº. 11.097 datada de 13 de janeiro de 2005, o uso de 2% de biodiesel misturado a 98% de diesel seria obrigatório até o fim de 2007. Entre 2008 e 2013, seria opcional a mistura de 5% de biodiesel e após este período o B5 seria obrigatório, porém em razão do sucesso de produção de biodiesel no país, este período de adaptação foi antecipado para 2010, de modo que se tem obrigatoriedade em adicionar 5% (em volume) de biodiesel no diesel (PORTELA, 2011).

A produção de biodiesel no Brasil ainda está em estágio inicial e conta com a soja como sua principal matéria-prima. Contudo, novas oleaginosas não comestíveis que produzam um biodiesel de qualidade e que possuam uma cadeia produtiva eficiente se fazem necessárias para acabar com a competição entre o uso de oleaginosas comestíveis na alimentação e produção de biocombustíveis.

### 3. Busca por novas oleaginosas para produção de biodiesel

Existem no Brasil várias oleaginosas que podem ser utilizadas para a produção de biodiesel, entre elas, soja, algodão, mamona, dendê, girassol, babaçu, etc.

Atualmente, a maior produção industrial de biodiesel utiliza óleo de soja como fonte de óleo vegetal, seguido de girassol e sebo bovino. Culturas pouco conhecidas no Brasil, como o crambe (*Crambe abyssinica*) e o pinhão-manso (*Jatropha curcas*), ou conhecidas mas não trabalhadas para a produção de óleo, como o nabo-forrageiro (*Raphanus sativus*), despontam como alternativas interessantes para a produção de biodiesel (ROSCOE et al., 2007). Sendo assim, novas oleaginosas têm chamado a atenção de pesquisadores e investidores a fim de estabelecer e implementar novas e viáveis matrizes naturais (PNPB, 2005).

Para que seja produzido biodiesel de qualidade deve ser levado em consideração as características da matéria-prima utilizada, tais como teor de óleo e composição dos ácidos graxos, porque quanto maior a insaturação do óleo obtido, maior a capacidade de oxidação e deterioração do produto.

Segundo Ramos (2003), a utilização de combustíveis proveniente de óleos vegetais *in natura* é limitada pelas suas características intrínsecas como alta viscosidade, presença de ácidos graxos livres, composição em ácidos graxos e tendência de formação de goma durante os processos de oxidação e a polimerização, seja durante a estocagem ou combustão. Todo tipo de óleo vegetal produz ésteres de ácidos graxos, porém, em razão do grau de insaturação e alta viscosidade nem todos podem ser utilizados para produzir biodiesel.

A diferença nas propriedades dos diversos óleos vegetais é consequência da composição em ácidos graxos (VIEIRA et al., 1999). Por sua vez, as propriedades do óleo são decisivas para definir a qualidade do biodiesel, que é suscetível à oxidação quando exposto ao ar, o que resulta em elevação da acidez e da viscosidade, formação de gomas e sedimentos. Portanto, o perfil de ácidos graxos do óleo vegetal, utilizado como matéria-prima, é um fator importante na determinação da estabilidade. Geralmente, os ácidos graxos mais insaturados, como o linoleico e o linolênico, respectivamente, com duas e três insaturações, são mais suscetíveis à oxidação (VOSS, 2006).

O presente trabalho se justifica por gerar informações a respeito da qualidade do óleo extraído das sementes de crambe durante a secagem, bem como servir de base

para futuros estudos, visto que ainda são escassas as informações científicas sobre esta oleaginosa.

### 3.1. Crambe

O crambe, *Crambe abyssinica*, é uma planta da família Brassicaceae e é normalmente utilizado como forragem para pasto. De cultivo originário da região mediterrânea, tem crescimento e produção em ciclo curto, variando entre 90 a 100 dias (OPLINGER et al., 2000). É uma cultura muito tolerante à seca, principalmente a partir de seu desenvolvimento vegetativo, quando não tolera períodos chuvosos ou de alta umidade relativa do ar. Em relação à temperatura, é muito tolerante ao frio, exceto depois da germinação quando tolera temperaturas até -3°C e no florescimento, no qual a ocorrência de geadas causa abortamento das flores. Em razão das características climáticas do Brasil, comporta-se como cultura de outono/inverno. As regiões que possuem melhores condições climáticas para produção de crambe são: a região centro/sul do centro-oeste, norte/nordeste do sul do país e sul da região sudeste. À medida que avança para o cerrado, as condições climáticas limitam o cultivo, pois o crambe não tolera acidez, exigindo solos bem corrigidos. A acidez do solo reduz a tolerância à seca e diminui o potencial produtivo da cultura (PITOL, 2008).

A planta chega a 90 centímetros de altura na fase de colheita e desenvolve raízes profundas, que ajudam a descompactar o solo. Deixa a terra mais preparada para o plantio da soja na safra de verão. Por isso, a oleaginosa tem se mostrado uma boa opção para a safrinha (RURAL SEMENTES, 2009).

A cultura de crambe não é muito atraente para pragas, mas, deve-se ficar atento à ocorrência de pulgões, lagartas ou brocas e fazer o controle quando for viável (PITOL, 2008). Em recentes estudos sobre a cultura do crambe, Macgnan et al. (2010) relatou a presença de um fungo identificado como *Alternaria brassicicola* responsável por causar uma doença progressiva cujas folhas afetadas da planta de crambe mostraram senescência precoce. O fungo já fora relatado em países como Canadá, EUA, Cuba, porém no Brasil, a doença foi encontrada pela primeira vez no Paraná no início de 2009 e depois em Rio Verde no estado de Goiás em maio do mesmo ano, desde então não houve nenhum outro relato de ocorrência deste fungo.

A semente de crambe é pequena, redonda e leve. Antes da secagem e do armazenamento, a semente pode passar pela pré-limpeza. O grão deve ser armazenado

com um teor de água por volta de 10% (b.u.). Se o grão for colhido com teor de água elevado, o ar natural e/ou secagem artificial deve ser utilizado para chegar à umidade desejada para o armazenamento (RURAL SEMENTES, 2009).

Depois da colheita, o crambe deve ser submetido à secagem para reduzir o seu teor de água em até 10,0% (b.u.) e garantir o armazenamento seguro do produto (OPLINGER et al., 2000). De acordo com Golz (1993), a temperatura de secagem, visando à manutenção da qualidade das sementes do crambe, deve ser no máximo de 43,3°C.

A extração do óleo das sementes de crambe pode ser realizada de forma mecânica, com extrusora e prensa. Diversos pesquisadores relatam que a extração de óleo fornece elevados valores, podendo chegar até um teor total de 38% (LAGHETTI et al., 1995; LAZZERI et al., 1994), sendo que este óleo possui boas características para a produção de biocombustíveis (PITOL, 2008).

De acordo com Silva et al (2009), o ácido graxo predominante na composição do óleo de crambe é o ácido erúxico, perfazendo um total de aproximadamente 57%. O ácido erúxico é um ácido graxo monoinsaturado, de cadeia longa, utilizado como lubrificante industrial, inibidor de corrosão, como ingrediente na borracha sintética, isolamento elétrico, confecção de películas plásticas, surfactantes, e etc. (RURAL SEMENTES, 2011). O perfil de ácidos graxos do óleo das sementes de crambe está relacionado na Tabela 1.

**Tabela 1** – Perfil de ácidos graxos das sementes de óleo de crambe.

Ácido Graxo	Nomenclatura	g/100g
C 16:0	Ácido Palmítico	3,4
C 18:0	Ácido Esteárico	1,1
C 18:1	Ácido Oleico	17,8
C 18:2	Ácido Linoleico	6,1
C 18:3	Ácido Linolênico	2,8
C 20:0	Ácido Araquídico	1,7
C 20:1	Ácido Eicosenoico	6,7
C 22:0	Ácido Behênico	3,7
C 22:1	Ácido Erúxico	56,7

Segundo Machado et al. (2007), o óleo do crambe demonstra uma preferência química para reação com metanol, para produção de um biodiesel de melhor qualidade, visto que possui um alto teor de ácido graxo de alta massa molecular.

Tendo em vista dados de plantios controlados no Brasil e no exterior, o crambe pode render entre 1200 a 2000 kg ha<sup>-1</sup> de semente por colheita. Ressaltando que pode chegar a quatro ciclos de produção por ano, pode-se notar o considerável potencial de fornecimento de óleo vegetal para produção de biodiesel (MEAKIN et al., 2001).

### 3.1.1. Secagem

De acordo com Brooker et al. (1992), a secagem incorreta é a principal causa de deterioração de sementes. Sendo assim o descuido durante a secagem pode comprometer a qualidade das sementes e, sobretudo, do produto final.

A secagem dos produtos agrícolas é o processo mais utilizado para assegurar sua qualidade e estabilidade. Assim, a diminuição da quantidade de água do material reduz a atividade biológica e as mudanças químicas e físicas que ocorrem durante o armazenamento (CORRÊA et al, 2007).

A operação de secagem das sementes é fundamental no sistema de produção, pois, além de reduzir o teor de água, para permitir a preservação de sua qualidade fisiológica durante o armazenamento, possibilita a antecipação da colheita evitando perdas de natureza diversa (FARIA, 2010).

As condições de secagem, essencialmente a temperatura e a umidade relativa do ar, regulam a velocidade de saída de água do interior dos grãos. Assim, durante esse processo, taxas elevadas de remoção de água podem depreciar as características dos produtos, promovendo modificações na sua estrutura e nos teores dos seus componentes. Estas taxas de remoção de água geram tensões internas nos grãos que podem ocasionar trincas e micro fissuras que resultam em injúrias mecânicas e diminuição da qualidade do produto. Quanto maior for a velocidade de retirada de água dos grãos, maior será a taxa de remoção de água e, conseqüentemente, o produto terá maiores danificações mecânicas.

Segundo Hall (1980), o fenômeno de redução do teor de água de grãos e sementes envolve simultaneamente a transferência de calor e massa, que podem alterar de forma substancial a sua qualidade, dependendo do método e das condições de secagem. De acordo com Faria (2010), a energia que é conduzida pelo aquecimento do ar mediante convecção eleva a temperatura das sementes, assim como a água que nela está contida, fazendo com que a água líquida se transforme em vapor, ocupando os espaços vazios e desta forma gera pressão em todas as direções, do qual é chamado de

“pressão de vapor”. Quando este se torna maior do que a do ar que as envolve, ocorre então a transferência de massa, ou seja, o vapor de água que se encontrava internamente na superfície passa para o ar aquecido externamente.

A quantidade de sementes também é um fator muito importante, quando se necessita secar uma quantidade maior de sementes, torna-se necessária a utilização de secagem artificial, cujos custos de operação estão ligados ao volume, velocidade de secagem e temperatura do ar (FARIA, 2010).

A secagem de produtos agrícolas é importante pelo fato de que todo o processo metabólico enzimático ou por micro-organismos depende de água, sendo assim quando há redução da taxa hídrica das sementes há redução de processos químicos deteriorantes, como também diminui a proliferação de micro-organismos. Porém, de acordo com Miranda et al. (1999), o manejo incorreto dos teores de água inicial e final das sementes, da temperatura, da umidade relativa, fluxo de ar, da taxa de secagem e do período de exposição ao ar aquecido podem causar sérios danos à qualidade da semente.

Segundo Goneli (2008), para a correta realização das operações de secagem e armazenagem, torna-se necessário o conhecimento das relações existentes entre a temperatura e a umidade relativa do ar e as condições desejáveis de conservação do produto. No caso da mamona, é muito importante, para garantir a qualidade do produto final, que esta seja armazenada em locais secos e, principalmente, com baixos teores de umidade. Do contrário, o desenvolvimento de microrganismos pode causar fermentações indesejáveis e contaminações por toxinas que depreciam a qualidade do produto e subprodutos, dificultando sua comercialização.

### 3.1.2. Armazenamento

Apesar de toda a tecnologia disponível atualmente, as perdas qualitativas e quantitativas, originadas durante o processo de pós-colheita, ainda não são totalmente controladas e, durante o armazenamento, a massa de grãos é constantemente submetida a fatores externos. Esses fatores podem ser físicos, como temperatura e umidade relativa do ar; químicos, como fornecimento de oxigênio; e biológicos, como bactérias, fungos, insetos e roedores (BROOKER et al., 1992).

Durante a fase de pós-colheita, a realização de um manejo inadequado pode conduzir a uma rápida deterioração da qualidade do produto (MAGAN; ALDRED, 2007).

A qualidade do grão ou semente também está diretamente ligada à qualidade de seus subprodutos, como farinhas, óleos, etc. Assim, considerando o elevado teor de óleo do crambe, este é o principal subproduto que pode ser afetado pelas condições inadequadas de armazenamento depois do processamento das sementes. A extração do óleo é realizada a partir da semente completa (integral com a casca) utilizando o método por prensagem, a frio ou a quente, ou a extração por solvente (FREIRE, 2001).

A utilização de óleos vegetais para as diversas finalidades depende, na maioria das vezes, da sua qualidade. Os maiores problemas de qualidade dos óleos estão relacionados com a rancificação, sendo esta hidrolítica ou oxidativa, de acordo com a presença de ácidos graxos livres e peróxidos, respectivamente. A ocorrência de ácidos graxos livres em óleos e gorduras é resultado da reação de hidrólise dos triglicerídeos. Um alto teor de ácidos graxos livres em óleos não só causa aumento das perdas na neutralização (uma das etapas do refino de óleos), como também é um indicador de sua baixa qualidade, do manuseio e armazenamento inadequados ou de uma extração em condições não ideais. A causa mais comum da rancificação é a reação de oxidação. O primeiro produto formado pela oxidação de um óleo ou gordura é um peróxido (ARAÚJO, 2004; O'BRIEN, 2004).

A oxidação dos lipídeos é uma das maiores causas da deterioração de óleos e gorduras, e os hidroperóxidos, formados a partir da reação entre o oxigênio e os ácidos graxos insaturados, são os produtos primários originados desta reação. Os hidroperóxidos não apresentam sabor nem odor, porém, são rapidamente decompostos, mesmo à temperatura ambiente, em aldeídos, cetonas, álcoois, hidrocarbonetos, ésteres, furanos e lactonas, ocasionando sabor e odor desagradáveis nos óleos e gorduras. Um dos métodos utilizados para determinar o grau de oxidação em óleos e gorduras é a determinação do índice de peróxido que mensura a oxidação ou ranço em sua fase inicial e mede a concentração de substâncias que oxida o iodeto de potássio a iodo, sendo amplamente usado na determinação da qualidade de óleos e gorduras (O'BRIEN, 2004).

O óleo bruto extraído de grãos pode apresentar alto percentual de ácidos graxos livres pelos danos qualitativos ocorridos no campo ou durante o armazenamento (O'BRIEN, 2004). O monitoramento deste parâmetro durante o processamento de óleos e gorduras é fundamental, porque se pode identificar problemas potenciais para os quais podem ser iniciadas ações corretivas.

Segundo Goneli (2008), durante a avaliação da qualidade dos grãos e do óleo de mamona ao longo do armazenamento, houve aumento dos valores do índice de peróxido e dos ácidos graxos livres do óleo bruto durante a armazenagem; além disso, observou-se que este aumento foi mais acentuado com a elevação da temperatura de armazenagem.

No presente trabalho, objetivou-se estudar o efeito da temperatura de secagem sobre a quantidade e a qualidade do óleo de crambe, identificando a influência das diferentes temperaturas no óleo extraído através das análises dos índices de acidez, iodo e peróxido.

### Referências bibliográficas

ANP – Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Relatório Mensal de Acompanhamento de Mercado**. 2011. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/preco/>>. Acesso em: 12 abril de 2011.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de Alimentos: Teoria e Prática**. Viçosa: Editora UFV, 2004. 416 p.

BENEDETTI, O. et al. Uma proposta de modelo para avaliar a viabilidade do Biodiesel no Brasil. **Teoria e Evidência Econômica**, v. 14 , ed. Especial, p. 81-107, 2006.

BIODIESEL – Biodieselbr.com. **Biodiesel no Mundo**. 2011a. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/biodiesel/mundo/biodiesel-no-mundo.htm>>. Acesso em: 20 mar. 2011.

BIODIESEL – Biodieselbr.com. **Definição de Biodiesel**. 2011b. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/biodiesel/definicao/o-que-e-biodiesel.htm>>. Acesso em: 28 fev. 2011.

BRASIL. ANP – Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Resolução n. 7, de 19 de março de 2008. **Diário Oficial da União**, Brasília, 20 de março de 2008. Disponível em: <[http://www.ellopuma.com.br/pdf/resolucao\\_anp\\_n7\\_de\\_19.3.2008\\_dou20.3.2008.pdf](http://www.ellopuma.com.br/pdf/resolucao_anp_n7_de_19.3.2008_dou20.3.2008.pdf)>. Acesso em: 24 mar. 2011.

BRASIL. Lei n. 11.097, de 13 de janeiro de 2005. Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira; altera as Leis n<sup>os</sup> 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.847, de 26 de outubro de 1999 e 10.636, de 30 de dezembro de 2002; e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2005/Lei/L11097.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/Lei/L11097.htm)>. Acesso em: 20 mar. 2011.

BROOKER, D. B.; BAKKER-ARKEMA, F. W.; HALL, C. W. **Drying and storage of grains and oilseeds**. Westport: The AVI Publishing Company, 1992. 450 p.

CORRÊA, P. C. et al. Modelagem matemática para a descrição do processo de secagem do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em camadas delgadas. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 2, p. 501-510, 2007.

FARIA, R. Q. **Cinética de secagem e qualidade fisiológica das sementes de crambe**. 2010. 64 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Goiás, Anápolis.

FREIRE, R. M. M. Ricinoquímica. In: AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F. (eds.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Serviço de Comunicação Tecnológica, 2001. 350 p.

GOLZ, T. Crambe. **Alternative Agriculture Series**, n. 4, 1993. Disponível em: <<http://www.ag.ndsu.edu/pubs/alt-ag/crambe.htm>>. Acesso em: 02 jul. 2008.

GONELI, A. L. D. **Variação das propriedades físico-mecânicas e da qualidade da mamona (*Ricinus communis* L.) durante a secagem e o armazenamento**. 2008. 186 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

HALL, C. W. **Drying and storage of agricultural crops**. Westport: AVI, 1980. 381 p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia\\_visualiza.php?id\\_noticia=1703&id\\_pagina=1](http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1703&id_pagina=1)>. Acesso em: 24 mar. 2011.

LAGHETTI, G.; PIERGIOVANNI, A. R.; PERRINO, P. Yield and oil quality in selected lines of *Crambe abyssinica* Hochst. ex R.E. Fries and *C. hispanica* L. grown in Italy. **Industrial Crops and Products**, v. 4, n. 3, p. 203-212, 1995.

LAZZERI, L. et al. Some technological characteristics and potential uses of *Crambe abyssinica* products. **Industrial Crops and Products**, v. 3, n. 1-2, p. 103-112, 1994.

LIMA, D. O.; SOGABE, V. P.; CALARGE, T. C. C. Uma análise sobre o mercado mundial do biodiesel. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, 46., Administração e Sociologia Rural, 2008, Mato Grosso do Sul. **Anais eletrônicos...** Mato Grosso do Sul: UFMS, 2008. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/9/718.pdf>>. Acesso em: 19 mar. 2011.

LUCENA, T. K. **Impactos do uso de biodiesel na economia brasileira: uma análise pelo modelo insumo-produto**. 2008. 95 f. Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade Federal Fluminense, Niterói.

- MACHADO, M. F. et al. **Estudo do crambe (*crambe abyssinica*) como fonte de óleo para produção de biodiesel**. 2007. Disponível em: <<http://www.biodiesel.gov.br/docs/congresso2007/agricultura/39.pdf>>. Acesso em: 01 set. 2009.
- MAGAN, N.; ALDRED, D. Post-harvest control strategies: Minimizing in the food chain. **International Journal of Food Microbiology**, v. 119, n. 1-2, p. 131-139, 2007.
- MEAKIN, S. et al. ***Crambe abyssinica*, a comprehensive programme**. Springdale Crop Synergies Ltd: Rudston, 2001.
- MIRANDA, L. C.; SILVA, W. R.; CAVARIANI, C. Secagem de sementes de soja em silo com distribuição radial do fluxo de ar. I - Monitoramento físico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 11, p. 2097-2108, 1999.
- O'BRIEN, R. D. **Fats and Oils Formulating and Processing for Applications**. Florida: CRC Press, Boca Raton, 2004. 616 p.
- OPLINGER, E. S. et al. **Crambe. Alternative Field Crop Manual**. 2000. Disponível em: <<http://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/crambe.html>>. Acesso em: 02 jul. 2008.
- PITOL, C. **Cultura do crambe**. Tecnologia e produção: milho safrinha e culturas de inverno. Fundação MS, p. 85-88, 2008. Disponível em: <<http://www.fundacaoms.com.br/page.php?21>>. Acesso em: 02 jul. 2008.
- PNPB – Plano Nacional de Produção e Uso de Biodiesel. Comissão Executiva Interministerial, Brasília, Casa Civil da Presidência da República, 2005.
- PORTELA, F. M. **Efeito da catálise ácida e alcalina na produção e propriedades físico-químicas do biodiesel metílico de pinhão-manso**. 2011. 57 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais.
- RAMOS, L. P. A importância e a viabilidade do biodiesel como alternativa para a matriz energética nacional. **Revista Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, 2003. Disponível em: <<http://www.biotecnologia.com.br>>. Acesso em: 20 out. 2009.
- RATHMANN, R. et al. **Biodiesel: Uma alternativa estratégica na matriz energética brasileira?** In: SEMINÁRIO DE GESTÃO DE NEGÓCIOS, 2. Curitiba: UNIFAE, 2005.
- ROSCOE, R.; RICHETTI, A.; MARANHO, E. Análise de viabilidade técnica de oleaginosas para produção de biodiesel em Mato Grosso do Sul. **Revista de Política Agrícola**, v. 16, p. 48-59, 2007.
- RURAL SEMENTES LTDA. Disponível em: <<http://www.ruralsementes.com.br/crambe.asp>>. Acesso em: jun. 2009.

RURAL SEMENTES LTDA. Disponível em: <[http://www.ruralsementes.com.br/default.asp?tipo=1&secao=crambe\\_producao.asp](http://www.ruralsementes.com.br/default.asp?tipo=1&secao=crambe_producao.asp)>. Acesso em: abril. 2011.

SILVA, P. R. et al.. Caracterização físico-química de óleo e biodiesel metílico de crambe. In: 3º CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL RBTB, Brasília, 2009. Disponível em: <[http://www.tecpar.br/cerbio/menu/arq/Trabalho\\_Congresso\\_Redde\\_Crambe.pdf](http://www.tecpar.br/cerbio/menu/arq/Trabalho_Congresso_Redde_Crambe.pdf)>. Acesso em: mar. 2011.

VIEIRA, R. D.; KRZYZANOWSKI, F. C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Eds.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. cap. 4. Londrina: ABRATES, 1999. p. 1-26.

VOSS, J. As especificações e a qualidade do biodiesel nacional. **O biodiesel**, a. 2, n. 14, 2006.

## OBJETIVOS

Em virtude da escassez de informações a respeito dos fenômenos que ocorrem durante a pós-colheita do crambe, bem como a importância do estudo do processo de secagem dos produtos oleaginosos, o presente trabalho foi realizado com os seguintes objetivos:

### Objetivo Geral:

Estudar o efeito da secagem sobre a quantidade e qualidade do óleo extraído de sementes de crambe (*Crambe abyssinica*);

### Objetivos Específicos:

Quantificar o teor de óleo extraído das sementes de crambe submetidas a diferentes condições de secagem;

Identificar a influência das condições de secagem na qualidade do óleo extraído do crambe pelas análises do índice de peróxidos, índice de acidez e do índice de iodo.

## **Avaliação da qualidade do óleo de sementes de crambe após diferentes temperaturas de secagem**

Evaluation of oil's quality after different drying temperatures

**Resumo** - Dentre as espécies com potencial como matéria-prima para biodiesel, o crambe (*Crambe abyssinica*) se destaca pelo seu percentual de óleo, que varia entre 38%, bem como a produtividade de sementes (1200 a 2000 kg.ha<sup>-1</sup>). O óleo vegetal pode ser empregado na indústria como lubrificante e na produção de borracha sintética e plástico. A determinação das condições de operação que minimizem alterações das propriedades físico-químicas é importante para a obtenção de produtos de qualidade. Sendo assim, no presente trabalho, objetivou-se avaliar a interferência das condições de secagem das sementes na qualidade do óleo de crambe. O experimento foi realizado com seis variações de temperaturas de secagem (30, 40, 50, 60, 70°C e temperatura ambiente), em quatro repetições. As análises foram realizadas seguindo a metodologia do Instituto Adolfo Lutz. Verificou-se que o teor de óleo não sofreu variações significativas durante a secagem, variando de 29,92 ± 3,60% a 36,01 ± 9,51%. Os índices de acidez, peróxido e iodo, também não sofreram variações, variando de 0,19 ± 0,10 a 0,55 ± 0,02 mg KOH/g óleo; 6,98 ± 4,35 a 31,91 ± 22,8 meq. de oxigênio ativo / kg de óleo; e 66,12 ± 9,21 a 92,17 ± 1,17 g de I<sub>2</sub>/100g de óleo, respectivamente, garantindo a esta oleaginosa uma fonte potencial de produção de biodiesel.

**Palavras-chave** - *Crambe abyssinica*, índice de acidez, índice de iodo, índice de peróxido, teor de óleo, biodiesel.

**Abstract** - Among the species with potential as a feedstock for biodiesel, crambe (*Crambe abyssinica*) is notable for its percentage of oil, near to 38%, as well as the seed yield (1200 to 2000 kg.ha<sup>-1</sup>). The vegetable oil may be employed in the industry as a lubricant and for the production of synthetic rubber and plastic. The determination of

operating conditions that minimize changes in the physico-chemical properties is important to obtaining quality products. Thus, the present study aimed to evaluate the influence of drying conditions on seed quality of crambe oil. The experiment was conducted with six variations of temperature (30, 40, 50, 60 and 70°C and room temperature) in four replications. The analysis was performed following the Adolfo Lutz Institute methodology. It was found that the oil's content didn't changed during drying, ranging from  $29,92 \pm 3,60\%$  to  $36,01 \pm 9,51\%$ . The indexes acidity, peroxide and iodine, also had not significant variations, ranging from  $0,19 \pm 0,10$  to  $0,55 \pm 0,02$  mg KOH/g oil;  $6,98 \pm 4,35$  to  $31,91 \pm 22,8$  meq. active oxygen / kg oil; and  $66,12 \pm 9,21$  to  $92,17 \pm 1,17$  g of  $I_2/100g$  of oil, respectively, ensuring to this rapeseed is a potential source for biodiesel production.

**Key words** - *Crambe abyssinica*, acidity's indication, iodine's indication, peroxide's indication, oil's content, biodiesel.

## Introdução

Cerca de 40% da energia consumida no mundo provém de combustíveis fósseis. Essas fontes são limitadas e, portanto, a busca por novas fontes de energia é extremamente relevante. Assim, os óleos vegetais aparecem como alternativa para a substituição dos tradicionais combustíveis originados do petróleo. Esta possibilidade de utilização de combustíveis de origem não fóssil em motores é acentuadamente atrativa tendo em vista o aspecto ambiental, pois são fontes renováveis de energia e também reduzem a dependência de importação de petróleo (FERRARI et al., 2005).

Atualmente, a maior produção industrial de biodiesel utiliza óleo de soja como fonte de óleo vegetal, seguido de girassol e sebo bovino. Nesse sentido, há uma busca por novas oleaginosas que produzam óleos não comestíveis para a produção de biodiesel, dentro das normas internacionais de qualidade. Culturas pouco conhecidas no Brasil, como o crambe (*Crambe abyssinica*) e o pinhão-manso (*Jatropha curcas*), ou conhecidas, mas não trabalhadas para a produção de óleo, como o nabo-forrageiro (*Raphanus sativus*), despontam como alternativas interessantes para a produção de biodiesel (ROSCOE et al., 2007). Sendo assim, estas oleaginosas têm chamado a atenção de pesquisadores e investidores a fim de estabelecer e implementar novas e viáveis matrizes naturais (PNPB, 2005; MCT/ABIPTI, 2006).

Dentre as espécies com potencial como matéria-prima para biodiesel, o crambe, planta da família Brassicaceae normalmente utilizado como forragem para pasto,

destaca-se devido ao seu elevado percentual de óleo e alta produtividade de sementes (1200 a 2000 kg.ha<sup>-1</sup>).

O crambe tem crescimento e produção em ciclo curto, variando entre 90 a 100 dias (OPLINGER et al., 2000). É uma cultura muito tolerante à seca e, no Brasil, comporta-se como cultura de outono/inverno. A semente de crambe é pequena, redonda e leve e, depois da colheita, deve ser submetida à secagem para reduzir o seu teor de água até 10,0% (b.u.). De acordo com Golz (1993), a temperatura de secagem, visando à manutenção da qualidade das sementes do crambe, deve ser no máximo de 43,3°C.

O óleo vegetal de crambe pode ser empregado na indústria como lubrificante e na produção de borracha sintética e plástico e, ainda, possui boas características para a produção de biocombustíveis (PITOL, 2008).

A composição dos ácidos graxos presentes nos óleos vegetais interfere diretamente na qualidade do produto final, pois quanto mais insaturado, maiores são os riscos de oxidação e elevação do índice de acidez, viscosidade e formação de goma.

Segundo Ramos (2003), a utilização de combustíveis proveniente de óleos vegetais *in natura* é limitada pelas suas características intrínsecas como alta viscosidade, presença de ácidos graxos livres, composição em ácidos graxos e tendência de formação de goma durante os processos de oxidação e a polimerização, seja durante a estocagem ou combustão. Todo tipo de óleo vegetal produz ésteres de ácidos graxos, porém, em razão do grau de insaturação e alta viscosidade, nem todos podem ser utilizados para produzir biodiesel.

Na literatura há carência de relatos sobre as alterações que a temperatura pode causar no óleo extraído das sementes de crambe durante a secagem. Estudos sobre o assunto são pertinentes em virtude da secagem ser um processo amplamente utilizado para garantir a qualidade e a estabilidade do produto final. Sendo assim, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a interferência de diferentes temperaturas de secagem na quantidade e qualidade do óleo de crambe.

## **Materiais e métodos**

O experimento foi realizado no Laboratório de Pós-Colheita de Produtos Vegetais e no Laboratório de Química Tecnológica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – *Campus* Rio Verde (IFGoiano – *Campus* Rio Verde).

Foram utilizadas sementes de crambe (*Crambe abyssinica*) cultivadas na área experimental do IFGoiano – *Campus* Rio Verde, município de Rio Verde, Goiás. As

sementes de crambe foram colhidas manualmente com teor de água de, aproximadamente, 25,0% (b.u.), homogeneizadas e submetidas a seis tratamentos de secagem, realizada em secador experimental mantido nas temperaturas controladas de 30, 40, 50, 60 e 70°C e temperatura ambiente. Durante o processo de secagem, as bandejas, contendo em cada uma 0,5 kg de amostras, foram pesadas periodicamente até o ponto final da secagem de, aproximadamente, 10,0% (b.u.), definido como o teor de água recomendado para o armazenamento seguro deste produto.

A temperatura e a umidade relativa do ar de secagem foram monitoradas por um psicrômetro instalado no interior do secador experimental.

O óleo foi extraído pela metodologia oficial adaptada, descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). Cerca de 100 g de sementes de crambe foram separadas em quatro porções homogêneas (4 x 25 g) e transferidas para um aparelho de extração, tipo Soxhlet. Foram adicionados cerca de 250 mL de hexano (razão massa:volume de 1:10) e a mistura foi mantida sob aquecimento constante, durante 8 horas a 65°C. O solvente foi destilado sob pressão reduzida em um evaporador rotativo. O rendimento para o teor de óleo foi expresso como a média das quatro extrações.

A influência da temperatura de secagem na qualidade de óleo extraído das sementes de crambe foi verificada através da análise do índice de acidez, do índice de peróxido e do índice de iodo.

O índice de acidez foi determinado pela metodologia oficial, descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). Em um erlenmeyer de 125 mL foi colocado 1 a 2 g de cada amostra de óleo e adicionados 30 mL de solução de éter etílico e álcool etílico (1:1), agitados até a completa diluição do óleo; acrescentaram-se três gotas do indicador ácido/base fenolftaleína e procedeu-se a titulação com solução de KOH 0,025M até o surgimento da coloração rósea, estável por 30 segundos. O índice de acidez foi calculado por meio da Equação (1) a seguir:

$$IA = \frac{V \times N \times 56,1}{m}$$

em que:

IA: Índice de acidez, (mg KOH g<sup>-1</sup> óleo);

V: volume da solução padronizada de KOH, em mL;

N: normalidade da solução de KOH; e

m: massa da amostra de óleo em g.

A solução de KOH foi padronizada, utilizando o biftalato de potássio seco, como padrão primário.

Para o índice de peróxido foi utilizado a metodologia oficial, descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). Em um erlenmeyer de 125 mL foram colocados cerca de 1g de cada amostra de óleo e adicionados 6 mL de solução de ácido acético glacial e clorofórmio (3:2) e 0,1 mL de solução saturada de iodeto de potássio, com agitação por cerca de 2 minutos. A seguir foram adicionados 6 mL de água destilada e 0,1 mL de solução de amido a 1% e procedeu-se a titulação com solução de tiosulfato de sódio a 0,01M até a mistura ficar transparente. O índice de peróxido foi calculado pela Equação (2) abaixo:

$$IP = \frac{V \times N \times 1000}{m}$$

em que:

IP: índice de peróxidos, meq (kg de amostra)<sup>-1</sup>;

V: volume de Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> gasto na titulação da amostra, mL;

N: normalidade da solução de Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; e

m: massa da amostra, g.

A solução de tiosulfato de sódio foi padronizada utilizando dicromato de potássio, em meio ácido.

O índice de iodo também foi determinado pela metodologia oficial, descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). Em um erlenmeyer de 250 mL foi colocado 0,1 g de cada amostra de óleo e adicionados 5 mL de clorofórmio, 20 mL de solução de Hanus, sendo colocado ao abrigo da luz durante uma hora com agitação manual a cada 20 minutos. Em seguida, foram colocados 10 mL de solução de iodeto de potássio a 10%, isenta de iodo livre, 100 mL de água destilada e 2 mL de solução de amido a 0,02% e procedeu-se a titulação com agitação magnética com solução de tiosulfato de sódio a 0,1M até a mistura ficar transparente. O índice de iodo foi calculado por meio da Equação (3) a seguir:

$$II = \frac{V \times C \times 126,9}{m} \times 100$$

em que:

II: Índice de Iodo (g I<sub>2</sub> / 100 g óleo);

V: volume gasto do branco menos o volume do titulante (L);

C: concentração do titulante (mol.L<sup>-1</sup>);

126,9: massa molecular do iodo; e

m: massa da amostra (kg).

A solução de tiosulfato de sódio foi padronizada utilizando dicromato de potássio em meio ácido.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições. Os dados foram analisados por meio de análise de variância. As médias foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey, adotando o nível de 5% de probabilidade.

## Resultados e discussão

Os dados obtidos por meio dos experimentos, referentes ao índice de acidez, índice de peróxido, índice de iodo, porcentagem de teor de óleo e as respectivas temperaturas analisadas, encontram-se na Tabela 2.

**Tabela 2** - Médias e desvios padrões para os índices de acidez, peróxido, iodo e para os teores de óleo de crambe submetido a diferentes temperaturas de secagem.\*

Tratamento de secagem	Índice de ácido (mg KOH / g óleo)	Índice de peróxido (meq. de oxigênio ativo / kg de óleo)	Índice de Iodo (g de I <sub>2</sub> / 100g de óleo).	Teor de óleo (%)
Temperatura ambiente	0,55 ± 0,02a	29,90 ± 1,37a	79,37 ± 1,25ab	35,24 ± 1,24a
30 °C	0,29 ± 0,17b	6,98 ± 4,35a	71,44 ± 1,62a	32,27 ± 9,93a
40 °C	0,20 ± 0,05b	32,81 ± 18,29a	66,12 ± 9,21a	34,71 ± 3,08a
50 °C	0,34 ± 0,05b	16,02 ± 10,89a	79,72 ± 15,08ab	36,01 ± 9,51a
60 °C	0,29 ± 0,02b	9,54 ± 4,02a	92,17 ± 1,17b	32,35 ± 3,84a
70 °C	0,19 ± 0,10b	31,91 ± 22,8a	76,40 ± 2,60ab	29,92 ± 3,60a

\* Mesmas letras nas colunas não diferem significativamente a 5% de significância pelo teste de Tukey.

O teor de óleo extraído não foi afetado significativamente pelas condições de secagem, encontrando entre 29,92 ± 3,60 a 36,01 ± 9,51%. Resultados semelhantes foram encontrados por Machado et al. (2007) ao estudarem as sementes de crambe como fonte de óleo para produção de biodiesel e também por Biodieselbr (2008), ao divulgar informações sobre as matérias-primas do biodiesel. Jasper et al. (2010) encontraram 33,98% de teor de óleo para o *Crambe abyssinica* que obteve a produtividade de 1.507,05 kg ha<sup>-1</sup>, resultando assim em uma quantidade de óleo superior a 500 L ha<sup>-1</sup>. Em um trabalho semelhante, Cabral (2011) estudando a qualidade do óleo das sementes de pinhão-mansão submetidas à secagem em diferentes condições encontrou valores concordantes com a literatura.

Em pesquisas sobre a caracterização química de sementes de crambe, Souza et al. (2009) notaram que após a prensagem mecânica, com temperaturas médias de saída da torta entre 90 e 110°C, o crambe apresentou um teor de lipídeos nos grãos de  $44,1 \pm 1,46$ . Esses valores indicam que a variedade FMS Brilhante, cultivada nas condições dos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, em que as amostras de grão foram provenientes, apresentam teores semelhantes de óleo aos das sementes cultivadas no município de Rio Verde - GO, na região do sudoeste Goiano, no presente trabalho, e que, na extração por prensagem, o teor de óleo observado nas tortas depende da espécie processada e das especificações das prensas.

Silva et al. (2008) em estudos desenvolvidos com soja, relatam que o produto pode ser submetido à secagem em camada fixa com a temperatura do ar até 60°C. Os autores observaram que a 88°C houve redução na produção de óleo e que a 232°C, usando um secador de fluxo concorrente, não foram observadas alterações na produção e na qualidade do óleo. Nos EUA é comum a utilização de temperaturas de 90°C para secagem em indústrias de transformação de soja.

De acordo com Goneli (2008), a quebra dos grãos é a principal causa da acidificação do óleo, comprometendo a sua qualidade. Silva et al. (2008), afirmam que grãos secados de modo inadequado apresentam maior tendência a quebra e que um dos principais danos sofridos pelo grão durante o processo de secagem são rachaduras em seu interior. Segundo estes pesquisadores, a susceptibilidade a quebra diminui à medida que os grãos submetidos à secagem apresentam teores de água iniciais mais baixos.

O teor de água inicial das sementes de crambe foi de 25% b.u. para todas as condições de secagem. Segundo Silva et al. (2008) e Goneli (2008), para a secagem em altas temperaturas, um teor de água acima de 18% b.u. pode aumentar a susceptibilidade de quebra e, conseqüentemente, aumentar o índice de acidez do óleo. Entretanto, este fato não foi verificado no presente trabalho, conforme apresentado na Tabela 2, contrariamente, quanto maior a temperatura de secagem, menor foi o índice de acidez encontrado.

O índice de acidez permite a quantificação de substâncias ácidas presentes no óleo, determinando a hidrólise/oxidação sofrida por este, portanto, é um dado fundamental para a determinação do estado de conservação do óleo. Os valores do índice de acidez se encontraram entre 0,19 e 0,55 mg KOH/g de óleo. De acordo com a Tabela 2, nota-se um declínio do índice com o aumento da temperatura de secagem das sementes. Cabral (2011) notou que o óleo extraído das sementes de pinhão-mansão não

sofreu hidrólise em nenhuma das diferentes temperaturas de secagem a que foram submetidas. Em trabalhos envolvendo a avaliação da temperatura na acidez do óleo de semente de macaúba, Arrudas et al. (2009) relataram que quando a semente foi aquecida a 105°C percebeu redução da acidez do óleo em relação à acidez da semente, que permaneceu em temperatura ambiente. Porém, quando submetidas ao aquecimento à temperatura de 150°C, houve aumento da acidez em relação à temperatura ambiente. Ao estudarem a qualidade do café após a secagem, Borém et al. (2008) verificaram que a temperatura de secagem de 60°C compromete as estruturas das membranas celulares que levam o café a fácil deterioração, aumentando o índice de acidez. Já Afonso Júnior (2001), observou a redução dos índices de acidez titulável total com a elevação da temperatura do ar de secagem.

Dentre os fatores de degradação de lipídios, a oxidação é a principal causa e para que este processo ocorra, três fenômenos simultâneos acontecem durante a secagem: as moléculas componentes do grão são aproximadas, aumentando, conseqüentemente, a possibilidade de interação entre elas; a remoção da água acarreta a formação de microcapilares no produto, facilitando o acesso físico do oxigênio atmosférico; e a sensibilidade química dos seus componentes aumenta, em razão da remoção da água de hidratação protetora dos locais reativos das moléculas do produto (ARAÚJO, 2004).

O índice de peróxido indica a presença de substâncias capazes de oxidar o iodato de potássio, indicando o grau de oxidação do óleo. A partir dos resultados, nota-se que não há variação significativa entre as amostras que passaram pelas temperaturas de secagem, variando entre  $6,98 \pm 4,35$  e  $31,91 \pm 22,8$  meq/1000 g de óleo. Ao analisar o índice de peróxido do óleo de pinhão-manso submetido a diferentes temperaturas de secagem, Cabral (2011) relatou que à medida que a temperatura de secagem aumentava, também aumentava o grau de oxidação do óleo extraído. Em estudos envolvendo mamona, Araújo et al. (2008) informaram que o índice médio de peróxido apresentado pelo óleo dos genótipos em estudo foi de 0,012 meq/1000 g, estando bem aquém ao valor máximo (10 meq/1000 g de amostra) admitido por Malacrida (2003), indicando que esses óleos podem apresentar baixíssima possibilidade de deterioração oxidativa. Seguindo a mesma referência adotada por Malacrida (2003), o óleo de crambe também apresenta possibilidades de deterioração oxidativa dentro do limite permitido.

Já o índice de iodo reflete o grau de insaturação, estando também relacionado com o perfil dos ácidos graxos constituintes no óleo da semente de crambe. Em estudos sobre a caracterização físico-química do óleo de crambe, Silva et al. (2009) encontraram

56,7% de ácido erúxico, já Anthonisen et al. (2007) ao analisarem o perfil de ácidos graxos de óleos vegetais com potencial para produção de biodiesel, observaram 58,5%, ou seja, a maior parte da composição do óleo de semente de crambe é composta por ácido erúxico, que é monoinsaturado. Sendo assim, estima-se uma estabilidade maior no que se refere à oxidação do óleo de crambe em relação aos vegetais cujos óleos são predominantemente compostos por ácido linoleico (dupla saturação), como é o caso da soja e do girassol. Os valores obtidos relacionados ao índice de iodo variaram entre  $66,12 \pm 9,21$  e  $92,17 \pm 1,17$  g I<sub>2</sub>/100 g de óleo extraído das sementes de crambe. De acordo com Cubas et al. (2010), o valor de referência para o óleo de crambe é de 90 g I<sub>2</sub>/100 g de óleo. Cabral (2011) ao estudar o efeito de diferentes temperaturas de secagem sobre o óleo extraído das sementes de pinhão-mansão, notou que à medida que a temperatura de secagem se elevava, diminuía o índice de iodo do óleo extraído, indicando deterioração do óleo de pinhão-mansão. Araújo et al. (2008) ao fazerem a caracterização físico-química do óleo de mamona, encontraram o índice de iodo dos genótipos em média de 69,94 g I<sub>2</sub>/100 g, bem próximo aos valores encontrados para o óleo de crambe.

Analisando cada propriedade separadamente, nota-se que, quanto ao índice de acidez, a temperatura de secagem de 70°C foi a que obteve o menor número de substâncias ácidas capazes de causar deterioração no óleo. Segundo Zagonel (2005), é considerado como ideal para a transesterificação o óleo com uma acidez abaixo de 2 mg KOH/g de óleo, sendo assim, em todas as temperaturas de secagem o óleo de crambe foi considerado de boa qualidade para produção de biodiesel.

Em relação ao índice de peróxidos, as temperaturas de 30°C e 60°C foram as que apresentaram a menor taxa de oxigênio ativo resultante da oxidação do óleo. Porém, ao considerar os desvios padrões, os valores tornam indiferentes estatisticamente, o que significa que o óleo de crambe não sofre oxidação significativa para comprometer a qualidade do mesmo quando submetido às temperaturas de secagem analisadas.

Como o índice de iodo é determinante no nível de saturação do óleo, verifica-se na Tabela 2, a formação de dois grupos que apresentaram comportamentos diferentes em relação ao perfil de ácidos graxos, visto que a discrepância de resultados é elevada. Porém, por causa dos desvios padrões, estas variações não foram significativas. Os resultados também evidenciaram valores do índice de iodo dentro das magnitudes de referência de acordo com Cubas et al. (2010). A maior insaturação do óleo é encontrada com a secagem das sementes a 60°C.

## Conclusão

Por meio dos resultados analisados, conclui-se que a temperatura de secagem das sementes de crambe não afeta a qualidade do óleo. A secagem do material vegetal a temperaturas elevadas mantém as propriedades naturais do óleo, além de melhorar o teor de ácidos graxos livres. De forma geral, o óleo do crambe apresenta baixos índices de peróxido e de ácido nas diferentes condições, com alto teor de óleo nas suas sementes, indicando a possibilidade do seu uso na produção de biodiesel.

## Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

## Referências

- AFONSO JÚNIOR, P. C. **Aspectos físicos, fisiológicos e da qualidade do café em função da secagem e do armazenamento**. 2001. 373 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- ANTHONISEN, D. G.; SILVA, S. D. A.; JÚNIOR, A. C. Perfil de ácidos graxos de óleos vegetais com potencial para a produção de biodiesel. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DE AGROENERGIA, 1., Embrapa Clima Temperado. **Anais do Simpósio Estadual de Agroenergia**. 2007. Disponível em: <[http://www.cpact.embrapa.br/publicacoes/download/livro/Agroenergia\\_2007/Agroener/trabalhos/Tecnologias\\_11\\_OK/Anthonisen\\_2.pdf](http://www.cpact.embrapa.br/publicacoes/download/livro/Agroenergia_2007/Agroener/trabalhos/Tecnologias_11_OK/Anthonisen_2.pdf)>. Acesso em: jan. 2011.
- ARAÚJO, I. M. S. et al. Caracterização físico-química do óleo de genótipos de mamona. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, ENERGIA E RICINOQUÍMICA, 3., 2008, Ceará. **Anais eletrônicos...** Ceará: Universidade Regional do Cariri – URCA, 2008. Disponível em: <<http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/mamona/publicacoes/cbm3/trabalhos/OLEO%20E%20CO-PRODUTOS/OCP%2012.pdf>>. Acesso em: 20 fev. 2011.
- ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos: teoria e prática**. Viçosa: Editora UFV, 2004. 416 p.
- ARRUDAS, S. R. et al. Avaliação do efeito da temperatura na acidez do óleo de sementes de *Acromia aculeata* (jacq.) Lodd. Ex. *martius* (arecaceae). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, 49., 2009, Rio Grande do Sul. **Resumos...** Rio Grande

do Sul, 2009. Disponível em: <<http://www.abq.org.br/cbq/2009/trabalhos/4/4-436-5524.htm>> Acesso em: 10 fev. 2011.

**BIODIESELBR. Governo divulga informações sobre as matérias-primas do biodiesel.** 2008. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/noticias/bio/mudancas-selosocial-anunciadas-outubro-09-09-08.htm>>. Acesso em: jul. 2010.

BORÉM, F. M. et al. Qualidade do café natural e despolpado após secagem em terreiro e com altas temperaturas. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 5, p. 1609-161 2008.

CABRAL, A. F. **Avaliação da qualidade do óleo do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) durante a secagem.** 2011. 24 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, Goiás.

CUBAS, J. L. et al. Neutralização da glicerina bruta obtida pela transesterificação dos óleos de crambe, cártamo e soja. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DO BIODIESEL, 4., e CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEO, GORDURAS E BIODIESEL, 7., 2010, Belo Horizonte. **Resumos...** Belo Horizonte: Expominas, 2010. Disponível em: <[http://www.tecpar.br/cerbio/menu/arq/Daniele\\_banner\\_CRBTB.pdf](http://www.tecpar.br/cerbio/menu/arq/Daniele_banner_CRBTB.pdf)>. Acesso em: 23 jan. 2011.

FERRARI, R.; A.; OLIVEIRA, V.; S.; SCABIO, A. Biodiesel de soja - taxa de conversão em ésteres etílicos, caracterização físico-química e consumo em gerador de energia. **Química Nova**, v. 28, n. 1, p. 19-23, 2005.

GOLZ, T. Crambe. **Alternative Agriculture Series**, n. 4, 1993. Disponível em: <<http://www.ag.ndsu.edu/pubs/alt-ag/crambe.htm>>. Acesso em: 02 jul. 2008.

GONELI, A. L. D. **Variação das propriedades físico-mecânicas e da qualidade da mamona (*Ricinus communis* L.) durante a secagem e o armazenamento.** 2008. 186 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos Físico-Químicos para análises de alimentos.** São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

JASPER, S. P. et al. Análise energética da cultura do crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) produzida em plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 3, p. 395-403, 2010.

- MACHADO, M. F. et al. **Estudo do crambe (*crambe abyssinica*) como fonte de óleo para produção de biodiesel**. 2007. Disponível em: <[http://www.biodiesel.gov.br/docs/congresso\\_2007/agricultura/39.pdf](http://www.biodiesel.gov.br/docs/congresso_2007/agricultura/39.pdf)>. Acesso em: 01 set. 2009.
- MALACRIDA, C. R. Alterações do óleo de soja e da mistura azeite de dendê - óleo de soja em frituras descontínuas de batatas chips. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 6, n. 2, p. 245-249, 2003.
- MCT/ABIPTI – Ministério da Ciência e Tecnologia / Associação Brasileira das Instituições de Pesquisa Tecnológica. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 1., Brasília, v. 1 e 2. **Anais...**, Brasília, 2006.
- OPLINGER, E. S. et al. **Crambe - Alternative Field Crop Manual**. 2000. Disponível em: <<http://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/crambe.html>>. Acesso em: 02 jul. 2008.
- PITOL, C. **Cultura do crambe**. Tecnologia e produção: milho safrinha e culturas de inverno. Fundação MS, p.85-88, 2008. Disponível em: <<http://www.fundacaoms.com.br/page.php?21>>. Acesso em: 02 jul. 2008.
- PNPB – Plano Nacional de Produção e Uso de Biodiesel. Comissão Executiva Interministerial, Brasília, Casa Civil da Presidência da República, 2005.
- RAMOS, L. P. A importância e a viabilidade do biodiesel como alternativa para a matriz energética nacional. **Revista Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, 2003. Disponível em: <<http://www.biotecnologia.com.br>>. Acesso em: 20 out. 2009.
- ROSCOE, R.; RICHETTI, A.; MARANHO, E. Análise de viabilidade técnica de oleaginosas para produção de biodiesel em Mato Grosso do Sul. **Revista de Política Agrícola**, v. 16, p. 48-59, 2007.
- SILVA, J. S. et al. (Ed.) Secagem e armazenagem de produtos Agrícolas. In: SILVA, J. S.; BERBEERT, P. A.; AFONSO, A. D. L.; RUFATO, S. **Qualidade dos grãos**. Viçosa: Aprenda Fácil Editora, 2008. p. 63-105.
- SILVA, P. R. et al.. Caracterização físico-química de óleo e biodiesel metílico de crambe. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL RBTB., 3., Brasília, 2009. Disponível em: <[http://www.tecpar.br/cebio/menu/arq/Trabalho\\_Congresso\\_Rede\\_Crambe.pdf](http://www.tecpar.br/cebio/menu/arq/Trabalho_Congresso_Rede_Crambe.pdf)>. Acesso em: mar. 2011.
- SOUZA, A. D. V. et al. Caracterização química de sementes e tortas de pinhão manso, nabo forrageiro e crambe. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 44, n. 10, p. 1328-1335, 2009.

ZAGONEL, G. F. **Obtenção e caracterização de biocombustíveis a partir da transesterificação etílica em meio alcalino.** 2005. Dissertação (Mestrado em Química Orgânica) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

## CONCLUSÃO GERAL

Por meio dos resultados analisados, conclui-se que à medida que a temperatura de secagem das sementes de crambe aumenta não interfere significativamente na qualidade do óleo. A secagem do material vegetal a temperaturas elevadas mantém as propriedades naturais do óleo, além de melhorar o teor de ácidos graxos livres. O óleo de crambe apresentou em todas as temperaturas um baixo índice de acidez, indicando que o óleo das sementes de crambe submetidas a diferentes temperaturas de secagem, não sofreu rancificação. O grau de oxidação do óleo extraído das sementes secadas nas temperaturas experimentais de 30°, 40°, 50°, 60° e 70°C e temperatura ambiente, também foi baixo e apresentou variações insignificantes do ponto de vista estatístico. O índice de iodo mostrou o grau de insaturação do óleo, que também variou muito pouco nas diferentes temperaturas de secagem, e cujos valores estão dentro do esperado para se ter um óleo de boa qualidade e menos suscetível a oxidação. De forma geral, o óleo do crambe apresentou baixos índices de peróxido e de acidez nas diferentes condições, com alto teor de óleo nas suas sementes, indicando alto potencial na produção de biodiesel.

## PERSPECTIVAS FUTURAS

Avaliar a interferência dos diferentes índices de acidez, peróxido e iodo, obtidos nas diferentes temperaturas de armazenamento e no processo de transesterificação para produção de biocombustível.

Analisar cromatograficamente o óleo de crambe para verificar possíveis alterações em sua composição.

## APÊNDICE

## APÊNDICE A

Tabela 1A. Resultados das análises.

Tratamento	Repetições	Índice de Peróxido	Índice de Acidez	Grau de Acidez	Índice de Iodo	Rendimento de óleo (%)
Cru	1	28,68	0,567	0,285	77,6	35,24
		29,22	0,567	0,285	80,0	
		31,82	0,513	0,258	80,5	
30°C	1	5,47	0,517	0,260	72,9	18,01
		4,95	0,485	0,244	73,7	
		5,23	0,390	0,196	73,3	
	2	4,74	0,540	0,272	70,8	33,85
		5,24	0,382	0,192	72,7	
		5,01	0,349	0,175	72,4	
	3	4,79	0,083	0,042	70,3	40,83
		4,06	0,141	0,071	68,6	
		3,82	0,133	0,067	69,5	
	4	12,81	0,192	0,097	74,5	36,38
		12,96	0,151	0,076	70,2	
		14,71	0,142	0,072	68,2	
40°C	1	55,97	0,268	0,135	65,6	36,71
		50,15	0,259	0,130	64,1	
		59,47	0,276	0,139	59,6	
	2	31,67	0,293	0,147	63,3	37,67
		34,68	0,218	0,109	64,6	
		35,01	0,124	0,063	66,7	
	3	11,45	0,108	0,054	56,6	33,59
		10,05	0,174	0,088	58,1	
		9,80	0,218	0,109	57,6	
	4	27,55	0,151	0,076	80,3	30,89
		39,42	0,201	0,101	78,9	
		28,49	0,151	0,076	78,1	

Tratamento	Repetições	Índice de Peróxido	Índice de Acidez	Grau de Acidez	Índice de Iodo	Rendimento de óleo (%)
50°C	1	34,67	0,315	0,159	56,8	34,79
		27,20	0,282	0,142	59,4	
		34,85	0,335	0,168	55,4	
	2	13,29	0,423	0,213	83,9	46,48
		10,90	0,360	0,181	85,3	
		13,01	0,448	0,225	88,2	
	3	10,79	0,349	0,175	87,3	23,72
		11,34	0,293	0,147	85,6	
		4,91	0,276	0,139	86,9	
	4	8,07	0,299	0,150	89,9	39,05
		8,15	0,373	0,188	90,6	
		15,14	0,351	0,177	87,3	
60°C	1	5,88	0,368	0,185	93,0	28,63
		1,50	0,218	0,109	90,1	
		6,54	0,299	0,150	89,3	
	2	19,84	0,299	0,150	98,1	31,08
		10,19	0,276	0,139	90,9	
		13,22	0,360	0,181	90,3	
	3	15,72	0,343	0,172	91,7	37,71
		4,69	0,207	0,104	91,2	
		6,51	0,266	0,133	91,9	
	4	10,15	0,301	0,151	94,9	31,99
		8,32	0,318	0,160	91,2	
		11,91	0,234	0,118	93,6	
70°C	1	28,59	0,126	0,063	72,2	29,1
		28,49	0,075	0,038	75,0	
		29,46	0,167	0,084	75,3	
	2	11,63	0,201	0,101	78,2	35,28
		12,32	0,176	0,088	72,2	
		11,93	0,159	0,080	72,2	
	3	19,64	0,142	0,072	73,7	27,59
		23,29	0,234	0,118	78,8	
		24,03	0,209	0,105	82,5	
	4	65,26	0,324	0,163	85,5	27,71
		64,70	0,241	0,121	76,9	
		63,58	0,224	0,113	74,6	