

**CARLOS HENRIQUE FORNASARI**

**OTIMIZAÇÃO DA EXTRAÇÃO DE ÓLEO POR SOLVENTES E  
SECAGEM EM ESPÉCIES VEGETAIS COM POTENCIAL  
ENERGÉTICO**

CASCADEL  
PARANÁ – BRASIL  
JANEIRO 2014

**CARLOS HENRIQUE FORNASARI**

**OTIMIZAÇÃO DA EXTRAÇÃO DE ÓLEO POR SOLVENTES E  
SECAGEM EM ESPÉCIES VEGETAIS COM POTENCIAL  
ENERGÉTICO**

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

Professor Orientador: Dr. Deonir Secco

Professor Co-orientador: Dr. Reginaldo Ferreira Santos

CASCADEL  
PARANÁ - BRASIL  
JANEIRO - 2014



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

F824o Fornasari, Carlos Henrique  
Otimização da extração de óleo por solventes e secagem em  
espécies vegetais com potencial energético. / Carlos Henrique Fornasari  
— Cascavel, PR: UNIOESTE, 2014.  
24 p.

Orientador: Prof. Dr. Deonir Secco  
Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Oeste do  
Paraná.

Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Energia na  
Agricultura, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas.  
Bibliografia.

1. Biocombustível. 2. Soxhlet. I. Universidade Estadual do Oeste do  
Paraná. II. Título.

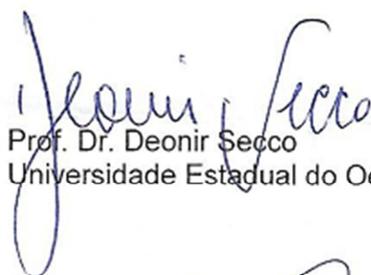
CDD 21°ed. 630

CARLOS HENRIQUE FORNASARI

**“Otimização da extração de óleo por solventes e secagem  
em espécies vegetais com potencial energético”**

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

Orientador:



Prof. Dr. Deonir Secco  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE/Cascavel



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



Prof. Dr. Clovis Orlando Da Ros  
Universidade Federal de Santa Maria– UFSM/Santa Maria

Cascavel, 26 de fevereiro de 2014.

---

*“Escolhe um trabalho de que gostes, e não terás que trabalhar nem um dia na tua vida.”*

Confúcio

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pela saúde e por proporcionar mais essa conquista e vitória em minha vida.

A minha Mãe, Maria Cristina Viu Zanatta Fornasari (*“in memoriam”*) pelo incentivo recebido em toda minha vida, e por ter provocado em mim o desejo de tornar-me engenheiro agrônomo e conseqüentemente um profissional da ciência agrária.

Ao meu Pai Sidney Mauro Fornasari por sempre me apoiar e incentivar os estudos e o crescimento profissional.

A todos os professores do Programa de Mestrado em Energia na Agricultura pelos conhecimentos passados durante o curso.

Ao Professor e amigo Dr. Deonir Secco, orientador desse trabalho, que auxiliou e incentivou sempre na busca de um crescimento pessoal e profissional.

Ao Professor e Co-Orientador Dr. Reginaldo Ferreira Santos pelo apoio, amizade e desafios lançados durante o curso.

Aos amigos(as) que ajudaram na pesquisa e durante o curso, Angelo Gabriel Mari, Alvaro Mari Junior, Helton Aparecido Rosa, Douglas Bassegio, Katiane Orso, Daniela Martins Trindade, Marcio Roberto Rigotte e Cássio René Duminelli .

À Unioeste, por oferecer o programa de Mestrado e toda sua estrutura sempre a disposição.

À secretária do Mestrado Vanderléia, pela sua dedicação e prestação de serviço aos discentes do mestrado.

Aos amigos que fiz durante o período de estudo na Unioeste.

Agradeço enfim, a todos que contribuíram para a realização do trabalho.

FORNASARI, Carlos Henrique. MSc, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Janeiro de 2014. **Otimização da extração de óleo por solventes e secagem em espécies vegetais com potencial energético.** Professor Orientador Dr. Deonir Secco.

## RESUMO

Os extratores e as metodologias utilizadas visam o maior rendimento de óleo na extração. Seguindo este contexto, este trabalho objetivou comparar a eficiência de solventes, hexano e éter de petróleo, bem como o teor de umidade nos grãos na extração de óleo de amendoim (*Arachis hypogaea* L.), girassol (*Helianthus annuus* L.), soja (*Glycine max*), crambe (*Crambe abyssinica*) e canola (*Brassica napus* L.). Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5 x 2 x 2 com quatro repetições totalizando 80 unidades experimentais. Foi avaliado o teor de óleo de cada espécie bem como o efeito que os solventes e a umidade dos grãos produzem sobre o rendimento de óleo. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e a interação entre os fatores bem como suas médias foram comparadas através do teste de Tukey a 1 e 5 % de probabilidade de erro, com a ferramenta estatística Assistat<sup>®</sup> versão 7.5 beta. Quando o F foi significativo na interação, foi realizado desdobramento. Houve interação umidade x solvente, ou seja, nas diferentes espécies, os solventes e as variações na umidade se comportaram de maneira distinta em relação ao rendimento de óleo extraído das sementes. A extração de óleo com umidade próximo de zero utilizando hexano como solvente apresentou acréscimo significativo sobre o rendimento de óleo da canola em relação quando extraído com umidade próximo de zero com éter de petróleo. Obteve-se o menor rendimento de óleo quando se aplicou éter de petróleo com umidade natural do grão de 9,44 %. Em relação ao crambe, não houve diferença significativa no rendimento de óleo quando se utilizou hexano ou éter de petróleo com umidade próximo de zero, porém, com umidade natural no grão de 7,75 %, utilizando hexano houve um acréscimo no rendimento de óleo de 11,95 % quando se compara com a extração com umidade próximo de zero utilizando o mesmo solvente. Para o amendoim observa-se que não houve diferença significativa no rendimento de óleo quando se utilizou hexano ou éter de petróleo com umidade próximo de zero, porém, apresentou diferença significativa no rendimento de óleo quando se utilizou éter de petróleo como solvente com umidade natural de 6,69 % em relação a extração com hexano com a mesma umidade natural, um acréscimo de 8,85 %. Quanto ao girassol, não houve diferença significativa em relação aos solventes utilizados e não houve interação umidade x solvente no rendimento de óleo, porém, ocorreu diferença significativa na extração entre a umidade próximo de zero e umidade natural no grão de 6,83 %, um acréscimo no rendimento de 6,89 % de óleo quando a extração ocorreu com a umidade do grão próximo de zero. Não houve diferença significativa no rendimento de óleo de soja em função do solvente utilizado e umidade no grão na extração. Neste estudo, os solventes utilizados nas extrações e as variações de umidade influenciaram significativamente a eficiência da extração, de acordo com as especificidades e interações nas matrizes analisadas.

**PALAVRAS-CHAVE:** rendimento, óleo, biocombustível, soxhlet

FORNASARI, Carlos Henrique. MSc, Western Paraná State University (UNIOESTE), January 2014. **Optimization of extraction solvents and oil by drying on plant species with potential energy.** Coordinating Teacher: Dr. Deonir Secco.

### ABSTRACT

Extractors and the methodologies target the highest oil extraction . Following this context, this study aimed to compare the efficiency of solvents , hexane and petroleum ether , and the moisture content of the grains in the extraction of peanut oil ( *Arachis hypogaea* L. ) , sunflower ( *Helianthus annuus* L. ) , soybean ( *Glycine max* ) , crambe ( *crambe abyssinica* ) and canola ( *Brassica napus* L. ) . The experimental design used was completely randomized , factorial 5 x 2 x 2 with four replicates totaling 80 experimental units . The content of each kind of oil has been reported as well as the effect that grain moisture and solvents have on the yield of oil. The results obtained were subjected to analysis of variance and the interaction between the factors and their means were compared using Tukey's test at 1 and 5 % probability of error , with the statistical tool Assistat ® version 7.5 beta . When F was significant interaction was performed unfolding . There was interaction between moisture solvent, ie , in different species , solvents and variations in humidity behaved differently in relation to the yield of oil extracted from the seeds . The extraction of oil with moisture near zero using hexane as solvent showed significant increase on the yield of canola oil when extracted with relative humidity near zero with petroleum ether . Gave the lowest oil when applied petroleum ether with natural grain moisture of 9.44 % . Regarding crambe , there was no significant difference in oil yield when using hexane or petroleum ether with humidity close to zero , however, with natural moisture in the grain of 7.75 % , using hexane there was an increase in the yield of oil 11.95% when compared to extraction with moisture close to zero using the same solvent. For peanuts is observed that there was no significant difference in oil yield when using hexane or petroleum ether with humidity close to zero , however, showed a significant difference in oil yield when using petroleum ether as solvent with natural moisture 6.69 % compared to extraction with hexane with the same natural moisture , an increase of 8 , 85 % . As sunflower , there was no significant difference compared to the solvents used and there was no interaction between moisture solvent in oil yield, however , a significant difference in extraction between moisture near zero and natural moisture in the grain of 6.83 % , an increase in yield of 6.89 % when oil extraction occurred with grain moisture close to zero . There was no significant difference in the yield of soybean oil as a function of solvent and moisture in the grain used in the extraction . In this study , the solvents used in extraction and moisture changes significantly influenced the extraction efficiency , according to the characteristics and interactions in the matrices analyzed .

**KEYWORDS:** yield, oil, biofuel, soxhlet

## ÍNDICE

RESUMO.....	viv
ABSTRACT.....	viv
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>3</b>
2.1 BIOCOMBUSTÍVEIS.....	3
2.2 PLANTAS COM POTENCIAL ENERGÉTICO.....	4
2.2.1 AMENDOIM ( <i>Arachis hypogaea</i> L.).....	4
2.2.2 GIRASSOL ( <i>Helianthus annuus</i> L.).....	5
2.2.3 SOJA ( <i>Glycine max</i> ).....	5
2.2.4 CRAMBE ( <i>Crambe abyssinica</i> ).....	6
2.2.5 CANOLA ( <i>Brassica napus</i> L.).....	7
2.3 EXTRAÇÃO DE ÓLEO POR SOLVENTES - MÉTODO SOXHLET.....	8
2.4 HEXANO X ÉTER DE PETRÓLEO.....	10
2.5 UMIDADE X RENDIMENTO DE ÓLEO.....	10
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>11</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>12</b>
4.1 CANOLA.....	13
4.2 CRAMBE.....	14
4.3 AMENDOIM.....	15
4.4 GIRASSOL.....	15
4.5 SOJA.....	15
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>16</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>17</b>



## 1. INTRODUÇÃO

Grande parte da energia consumida no mundo é derivada do petróleo, do carvão e do gás natural. São fontes limitadas e com previsão de término no futuro, assim, a busca por fontes alternativas de energia é de suma importância.

Os combustíveis fósseis contêm altos índices poluidores e são prejudiciais ao meio ambiente de forma agressiva, o que faz a população mundial buscar soluções para tais problemas.

Com a exploração do petróleo em ritmo acelerado atualmente, a redução das reservas, a elevação dos preços, bem como as bruscas mudanças climáticas globais o mundo tem se atentado as fontes de energia renováveis.

Os óleos vegetais para a produção de combustíveis são fontes renováveis e estão presentes em muitos países como uma alternativa e conseqüentemente uma fonte viável econômica, social e sustentável. O Brasil como apresenta a maior área verde cultivável do mundo se destaca por apresentar grande potencial de matéria-prima vegetal para produção de biocombustíveis.

No final do século XIX, Rudolph Diesel iniciou estudos utilizando como alternativa para combustíveis, óleos vegetais. Devido à utilização in natura direta nos motores, os mesmos, apresentavam muitos problemas, tais como: material oleoso em excesso nos bicos de injeção, queima incompleta de óleo, câmara de combustão com depósitos de carvão, baixo rendimento de potência, liberação de acroleína como resultado da queima, sendo este um composto tóxico a saúde humana.

Diante o exposto, alternativas têm sido relevantes para melhorar a eficiência dos óleos vegetais em motores do ciclo diesel, cita-se como exemplo a reação de transesterificação que tem sido a mais utilizada, visto que o processo é relativamente simples e o produto obtido (biodiesel) contém propriedades muito similares às do diesel mineral.

O biodiesel é um combustível gerado a partir de óleo de oleaginosas, tais como, amendoim (*Arachis hypogaea L.*), girassol (*Helianthus annuus L.*), soja (*Glycine max*), crambe (*Crambe abyssinica*) e canola (*Brassica napus L.*) adicionado de metanol ou etanol, mais a adição de um catalisador no processo

como o hidróxido de sódio ou de potássio, sendo uma opção com características físico-químicas parecidas ao diesel, não necessitando adaptações nos motores, além de ser de base renovável e menos poluente.

A procura por matérias-primas de baixo custo para a geração de biodiesel tornou-se necessária, em relação ao ponto de vista tecnológico e econômico. No entanto, a extração de óleos vegetais passa a ser considerado o ponto mais importante da tecnologia de produção de biocombustíveis. Para que a mesma aconteça, métodos distintos podem ser utilizados, tais como, a prensagem mecânica, extração com solvente e extração com fluido supercrítico. Pelo método Soxhlet, obtém-se uma quantidade maior de óleo em relação a outros métodos, pois a amostra permanece em contato com solvente pela evaporação e condensação.

O éter de petróleo, pode ser utilizado como solvente na extração de óleo dos grãos ou farelo. É utilizado e seu ponto de ebulição se encontra entre 70°C a 90°C. Por outro lado o uso de hexano, sendo um hidrocarboneto alcano com a fórmula química  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}_3$ , solvente inerte em reações orgânicas com ponto de ebulição de 69°C também é comumente utilizado em extrações de óleo de grãos e farelos, ambos os solventes utilizados pelo método Soxhlet.

A repetibilidade, reprodutibilidade e a maximização da extração de óleo tem sido objetivo de metodologias e equipamentos utilizados neste procedimento. Há evidências de que tanto o teor de umidade quanto o solvente utilizado apresentem comportamento distintos na quantidade de extração do óleo em estudos realizados.

Seguindo este contexto, este trabalho objetivou comparar a eficiência de solventes, hexano e éter de petróleo, bem como o teor de umidade nos grãos na extração de óleo de amendoim, girassol, soja, crambe e canola.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 BIOCOMBUSTÍVEIS

A busca de matéria prima para geração de biocombustíveis tem alavancado pesquisas nesse sentido. Desde o início do uso de combustíveis oriundos de óleos vegetais em 1898 na Feira Mundial de Paris, onde Rudolph Diesel apresentou um motor abastecido com óleo de amendoim mais eficiente que os motores da época, a vapor. (ZAHER, 1990); (SHAY, 1993).

No período entre 1911 e 1912, o inventor foi um grande visionário ao afirmar que: “O motor a diesel pode ser alimentado por óleos vegetais e ajudará no desenvolvimento agrário dos países que vierem a utilizá-lo”.

O uso de óleos vegetais como combustível pode parecer insignificante hoje em dia. Mas com o tempo, ficarão tão importantes quanto o petróleo e o carvão são atualmente” (GUNSTONE e PADLEY, 1997). Entretanto, o óleo mineral tornou-se o combustível para esse tipo de motor desde o início do século XX, pois, apresentava vantagens como menor custo e melhores propriedades físico-químicas em relação aos óleos vegetais.

O óleo mineral é mundialmente conhecido e chamado de óleo diesel em reconhecimento a R. Diesel. Porém, nos dias de hoje as mudanças climáticas somada com a liberação de gases oriundos da queima de combustíveis fósseis, o elevado preço internacional do petróleo e diante da preocupação com o desenvolvimento sustentável dá-se início a retomada da intenção citada por R. Diesel da utilização de óleos vegetais aos motores de ciclo diesel (SCHUCHARDT et al., 2001).

O biodiesel que se define segundo a ASTM - PS 121/99 como um combustível composto de ésteres monoalquilados de ácidos graxos de cadeia longa obtidos de óleos vegetais ou gorduras animais, utilizado mundialmente como combustível tem se apresentado de forma promissora, pois na sua utilização a mesma comparada com combustíveis fósseis apresenta diminuição na emissão de CO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub> e de hidrocarbonetos emitidos ao ambiente e, conseqüentemente, a poluição ambiental é reduzida quantitativamente. Diante disso, é considerado um mercado que cresce de forma constante (FERRARI et

al., 2005). Segundo o mesmo autor atualmente são consumidos anualmente no Brasil, aproximadamente 35 milhões de toneladas/ano de óleo diesel. Desta forma com a ampliação da utilização do biodiesel, haveria de forma expressiva uma economia com a importação de petróleo, podendo, inclusive, minimizar o déficit na balança comercial.

Dentre as matérias-primas mais utilizadas para a produção de biodiesel, incluem-se os óleos das oleaginosas como: amendoim, girassol, soja, crambe e canola.

## 2.2 PLANTAS COM POTENCIAL ENERGÉTICO

### 2.2.1 AMENDOIM (*Arachis hypogaea* L.)

O Amendoim é originado na América, utilizada como planta domesticada pelas civilizações indígenas sul-americanas há 3800 anos. As espécies do gênero *Arachis* são encontradas na América Latina em países como: Brasil, Paraguai, Argentina, Bolívia e Uruguai (HAMMONS citado por NOGUEIRA & TÁVORA, 2005).

Segundo dados do USDA (2010) sua produção foi de 31,48 milhões de toneladas em grãos, liderada pela China (33 %), Índia (18 %) e EUA (7 %), e seu óleo com uma produção estimada em 6 milhões de toneladas. Os grãos dessa oleaginosa têm inúmeras opções de consumo para os segmentos alimentícios e oleoquímicos, com teores de óleo entre 44 a 56 % (CAMPOS MONDRAGON et al., 2009).

No Brasil, o amendoim na safra 2012/2013 alcançou 326,3 mil toneladas, líder de produção a região Sudeste (294,7 mil toneladas) e posterior a região Sul (12 mil toneladas). Desse montante, 5,2 mil toneladas foram oriundas no Rio Grande do Sul e na região Nordeste, Norte e Centro-Oeste com 5,2, 6,0 e 0,3 mil toneladas, respectivamente (CONAB, 2013).

Diante da produção pesquisadores tem promovido uma ampliação nas linhas de pesquisa de melhoramento genético, visando gerar cultivares para atender aos mercados de óleo comestível e combustível (JONNALA et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2006).

O amendoim possui em média 5,4 % de água, 47,7 % de gordura (DALBELLO, 1995).

### 2.2.2 GIRASSOL (*Helianthus annuus* L.)

O girassol é uma dicotiledônea anual da família Compositae. Sobre sua origem diversos países são citados como: México, Canadá, Estados Unidos e até mesmo o Brasil (VRÂNCEANU, 1977 citado por DALL'AGNOL, VIEIRA & LEITE, 2005).

Em razão de sua eficiência na reciclagem de nutrientes, o girassol é recomendado como adubo verde em rotação de culturas, além, de oferecer proteção ao solo contra erosão e a infestação de plantas invasoras (Denucci, 2008).

Atualmente, a grande motivação para a produção de óleo de girassol é a produção de biodiesel no país. Com o intuito de aumentar a participação de biocombustíveis na matriz energética do Brasil e decrescer a dependência energética externa e de combustíveis fósseis, existe um espaço e uma excelente oportunidade para a cultura do girassol como fornecedora da matéria prima (ALMEIDHA, 2011).

O Centro-Oeste se destaca com a maior área, com 53,8 mil hectares, seguida do Sudeste, com 11 mil hectares e Sul 3,4 mil hectares. A região Centro-Oeste se destaca na produtividade, atingindo 1.673 kg/ha, o Sul, logo em seguida, com 1.394 kg/ha e o Sudeste com 1.192 kg/ha. A maior colheita com 90 mil toneladas está localizada na região Centro-Oeste. A região Sul 4,8 mil toneladas e a Sudeste 13,1 mil toneladas (CONAB, 2013).

Quimicamente a composição da semente está totalmente relacionada às suas características de produção como local, clima, adubação, tipo de solo e manejo aplicado. A composição centesimal média em base seca é de: 4,8 % de água, 24 % de proteína, 47,3 % de óleo, 19,9 % de carboidratos totais e 4 % de cinzas (WATT E MERRIL, 1979 citados por CARRÃO PANIZZI e MANDARINO, 2005).

### 2.2.3 SOJA (*Glycine max*)

Planta milenar, a soja é considerada uma das principais oleaginosas do mundo. Sua origem não é relatada com precisão, porém, há relatos de sua origem no continente Asiático, em uma região antigamente conhecida como Manchúria, hoje, atual China. Hoje no Brasil, destaca-se a produção de soja na região Centro-Oeste do país com aproximadamente 38 milhões de toneladas em 2013. (CONAB, 2013).

Segundo maior produtor de soja do mundo, o Brasil com 81,4 milhões de toneladas, plantados em uma área de 27,7 milhões de hectares, o estado do Mato Grosso se destaca, pois, participa com aproximadamente 28 % da produção do país, seguido do Paraná com 19 % (CONAB, 2013).

O Brasil processou entre 2012/2013, 6,9 milhões de toneladas de óleo de soja, desse montante, 5,5 milhões de toneladas para o consumo interno e o restante destinado à exportação (ABIOVE, 2013).

Cultivo anual de grãos mais importante do Brasil, a soja, devido à sua importância como fonte primária de óleo e proteína vegetal, ressalta-se a sua importância também como uma alternativa energética para a produção de biocombustíveis. (NAVARINI, 2008).

Líder mundial dos óleos vegetais, o lipídeo dessa oleaginosa representa 20 a 24 % de todos os óleos e gorduras consumidas no mundo. Em média o teor de óleo no grão é de 18 %, ou seja, 528,8 kg de óleo por hectare levando em consideração a safra de 2012/2013 com produtividade média no Brasil de 2938 kg/ha (CONAB, 2013).

Dos 2,2 milhões de toneladas de Biodiesel produzidos no Brasil (ABIOVE, 2010), 1,79 milhões são oriundos do óleo de soja (ANP, 2010), caracterizando assim como a principal matéria prima utilizada para a produção de biodiesel no país.

#### 2.2.4 Crambe (*Crambe abyssinica*)

O crambe pode ser utilizado na rotação de culturas e ser destinado como matéria prima para produção de biodiesel, devido ao seu alto potencial de óleo. Cultivada em grande escala no México e nos Estados Unidos para produção de óleo industrial, o cultivo iniciou-se no Brasil em 1995,

na Fundação MS, no município de Maracaju no Estado do Mato Grosso do Sul (ECHEVENGUÁ, 2007).

Espécie de outono/inverno, recomendada para região centro-sul de Mato Grosso do Sul, norte e nordeste do Paraná e sul de São Paulo, onde apresenta tolerância à seca a partir do seu desenvolvimento vegetativo e a temperaturas amenas (PITOL, 2008).

De acordo com dados adaptados de Trezeciak et al. (2008), a produtividade do crambe é cerca de 1500 kg/ha, a composição de óleo na semente é de 40 % e a produtividade de óleo é de 750 L/ha.

Além de ser apontada como matéria prima para produção de biodiesel o óleo extraído dos grãos de crambe pode ser utilizado como lubrificante industrial, inibidor de corrosão e também na fabricação de borracha sintética, por causa de seu alto teor de ácido erúico no óleo (50 a 60 %). Além de ser utilizado também na fabricação de plásticos, nylon, adesivos e como isolante elétrico (OPLINGER et al., 1991).

A conversão de óleo de crambe em biodiesel mostra-se viável, apresentando boa porcentagem de ácido graxo convertido em éster metílico (MACHADO, 2007).

#### 2.2.5 Canola (*Brassica napus* L.)

A canola é uma planta da família das Brassicaceae (do gênero *Brassica*) originária da Ásia e da Europa. Os grãos produzidos no Brasil possuem em torno de 24 a 27 % de proteína e em média 38 % de óleo. Nacionalmente cultiva-se apenas canola da espécie *Brassica napus* L. que através de melhoramento genético convencional de colza, foi desenvolvida. (TOMM, 2007).

O ciclo da canola é de 130 a 150 dias e seu desenvolvimento ocorre em clima temperado, com temperaturas médias entre 13 a 22° C na fase vegetativa e 20° C na fase reprodutiva. (TOMM et al., 2009).

A canola é a terceira oleaginosa mais plantada no mundo e, na safra 2010/2011, a produção de óleo atingiu seus 56,7 milhões de toneladas, que corresponde a 15% da produção mundial de óleos vegetais, perdendo apenas para a produção de óleo da soja e da palma. A maior concentração da

produção de canola encontra-se nos Estados Unidos da América, China, Canadá e Índia, somando 88 % da produção mundial (CARVALHO, 2011).

Segundo o levantamento da CONAB de Setembro de 2013, na safra 2013/2014 o Brasil produziu 54,4 mil toneladas de grãos em 45,1 mil hectares plantados, com produtividade média de 1.206 kg/ha. Deste montante destaca-se o Rio Grande do Sul, com produção de 39,5 mil toneladas em 29,9 mil hectares com produtividade média de 1.320 kg/ha, seguido do Paraná com 14,9 mil toneladas em 15,2 mil hectares com produtividade média de 981 kg/ha.

Economicamente a característica principal é a utilização deste óleo na produção de biodiesel, diante da quantidade significativa de óleo produzido (TOMM, 2009).

Em países da Europa como a Alemanha o uso da canola como matéria prima para produção de biodiesel já acontece de forma significativa. Foi estabelecido neste país de forma expressiva um programa de produção de biodiesel a partir da canola, sendo atualmente o maior produtor e consumidor europeu de biodiesel, com capacidade de produção de 1 milhão de toneladas por ano (LIMA, 2004).

Com expectativa de aumento da área plantada, pois agronomicamente a canola atende as recomendações de manejo do solo, visando a fertilidade e a conservação do mesmo. Implantando a canola no processo produtivo se obtém o controle eficiente de pragas, doenças e uma supressão das plantas daninhas, evitando assim, monoculturas de trigo e milho da segunda safra (FRANCHINI et al., 2010).

### 2.3 EXTRAÇÃO DE ÓLEO POR SOLVENTES – MÉTODO SOXHLET

O óleo extraído através de solventes se dá pela transferência de constituintes solúveis (o óleo) de um material inerte (a matriz graxa) para um solvente com o qual a matriz se encontra em contato. Processo esse totalmente físico, pois o óleo transferido para o solvente é recuperado sem nenhuma reação química (REGITANO-D'ARCE 1987)

O primeiro aparelho para extração dos lipídios em matrizes graxas foi desenvolvido por Franz von Soxhlet em 1879 (SOXHLET, 1879) que frisou o

grau da importância de trituração da amostra, quanto à duração e a eficiência do processo. Em relação a liberação extrativa do processo, levam-se em conta três etapas que se destacam-se: a penetração do solvente no tecido; a formação de uma miscela intracelular e, a difusão do extrato na miscela externa (SCHNEIDER, 1980). Todo o processo consiste no tratamento sucessivo e intermitente da amostra, sendo ela totalmente imersa em um solvente puro, (éter de petróleo ou n-hexano), graças à sifonagem e posterior condensação do solvente aquecido dentro do balão que está na base do aparelho (SOXHLET, 1879).

As principais vantagens que o método de Soxhlet apresenta são que a amostra está sempre em contato com o solvente, ocorrendo sua renovação de forma constante; da mesma forma acontece com a temperatura no processo, pois a mesma se mantém de forma constante. Metodologia é simples não requer treinamento especializado. A extração quantitativamente é maior de óleo quando comparado a outros métodos e sem a necessidade de filtrar a miscela no término do processo de extração, pois a matriz esteve envolta no cartucho durante todo o procedimento (LUQUE DE CASTRO, 1998).

Diferentes solventes como éter de petróleo, metanol, n-hexano, diclorometano:hexano (1:4) e acetona:hexano (1:4), separadamente em cada extração, pelo método Soxhlet, são eficientes para extração da fração lipídica de amostras sólidas que contenham alto teor de lipídios (MANIRAKIZA, 2001).

Entre os solventes orgânicos mais utilizados neste, estão o hexano e éter de petróleo (OGUNNINY, 2006).

São três os métodos de extração de óleo, podendo haver adaptações ou mesmo serem utilizados combinados entre si: prensa hidráulica por batelada; prensa mecânica contínua (expeller); e extração por solventes (WEISS, 1983).

Os expellers não irão substituir de forma integral a extração de óleo por solvente, principalmente no processamento de oleaginosas em grande escala, onde é requerido elevado rendimento em óleo (WIESENBERN et al., 2001).

## 2.4 HEXANO X ÉTER DE PETRÓLEO

O processo convencional de obtenção de óleos vegetais é realizado por prensagem da matéria-prima seguida da extração com n-hexano. Este solvente é inflamável e mais denso que o ar, colocando em risco, empregados e comunidades próximas à fábrica. Para cada tonelada de grão processado, cerca de 2 litros de solvente são perdidos para o meio ambiente. Por esta razão, o processo de extração de óleos vegetais é considerado pelos órgãos de proteção ambiental como um dos maiores responsáveis pela emissão de gases do efeito estufa (SCHWARZBACH, 1997).

Em um trabalho realizado por Manirakiza, P. et. al 2001 verificou-se que o método de Soxhlet, utilizando distintos solventes como éter de petróleo, metanol, n-hexano, diclorometano:hexano (1:4) e acetona:hexano (1:4), separadamente em cada extração, foi conveniente para extração da fração lipídica de amostras sólidas que continham alto teor de lipídios. Vale salientar que o solvente hexano é apolar e não tem a mesma eficiência para extrair os lipídios ligados (polares) como outros solventes de maior polaridade.

Segundo o compêndio brasileiro de alimentação animal, 2009 para a determinação do extrato etéreo, método Soxhlet, os solventes recomendados são o éter de petróleo p.a ou hexano p.a.

## 2.5 UMIDADE X RENDIMENTO DE ÓLEO

A eficiência na extração esta de forma significativa, relacionada ao teor de umidade dos grãos. O teor de umidade é o fator que mais afeta o rendimento de óleo em oleaginosas (Singh et al., 1984; Singh et al., 2002).

O teor de umidade ótimo deve ser encontrado, pois, valores altos reduzem a fricção, causam baixo rendimento e valores baixos prejudicam o funcionamento da prensa (Reuber, 1992; Singh & Bargale, 1990). Singh et al. (2002) mostraram que uma diminuição no teor de umidade melhoram o rendimento em óleo.

Em trabalho com Girassol (*Helianthus annuus* L.) Pighinelli et al. (2009) destaca que a prensagem mecânica influi na extração do óleo, quando se reduz a umidade dos grão, o rendimento em óleo aumenta. O autor ressalta

que o maior rendimento em óleo bruto foi obtido para umidade na faixa de 8 a 8,5%.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

As determinações de óleo e umidade foram realizados no laboratório Padrão Análises na cidade de Tangará da Serra-MT, já os estudos foram realizados na Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE) localizada na cidade de Cascavel-PR. Os materiais avaliados foram cinco espécies de oleaginosas, sendo uma delas pertencente à família botânica Compositae: Girassol, duas pertencente à família botânica das Brassicaceae: Canola e Crambe e duas delas pertencentes à família botânica Fabaceae: Soja e Amendoim. As sementes de Canola e Girassol utilizadas foram fornecidas pela Embrapa, híbrido Hyola 61 e cultivar BRS 321 respectivamente. Sementes de Crambe foram fornecidas pela Fundação MS, variedade FMS Brilhante, Amendoim fornecidas pelo Instituto Agrônômico de Campinas, cultivar IAC 886 e por fim a Soja fornecida pela Cooperativa Central de Pesquisa Agrícola – Coodetec.

Foram realizadas as extrações de óleo das cinco espécies através de dois solventes distintos hexano e éter de petróleo, duas variações na umidade com quatro repetições.

Para a determinação do teor de óleo no albúmen foi empregada à extração direta com hexano e éter de petróleo. Foram escolhidos aleatoriamente os grãos das amostras recebidas. Os grãos foram triturados para aumentar a superfície de contato com os solventes e submetidos a um processo de secagem no caso das análises realizadas com umidade próximo a zero. A retirada da umidade foi efetuada numa estufa a 105 °C até peso constante. No caso das sementes com umidade natural, foram apenas trituradas, pesadas e colocadas no aparelho extrator de óleo.

Para a extração do conteúdo de óleo nos grãos, foi utilizado o aparelho Soxhlet, realizada com base em procedimentos adaptados da norma analítica do Instituto Adolfo Lutz.

As sementes foram trituradas usando um mixer portátil, em seguida pesadas 5 g da amostra em papel filtro e transferidas para o cartucho do aparelho extrator tipo Soxhlet. O balão de fundo chato foi acoplado ao extrator, sendo adicionados 200 ml dos solventes testados. A chapa aquecedora foi ligada a uma temperatura constante e a extração foi realizada de forma contínua por 6 horas. Foram retirados os cartuchos, após a recuperação dos solventes e os balões com o óleo extraído foram colocados em uma estufa a 105 °C, mantidos por cerca de uma hora. Após este período os balões foram retirados da estufa e colocados para resfriar em dessecador até atingirem a temperatura ambiente, em seguida foram pesados. O cálculo foi realizado através da fórmula  $100 \times N/P = \text{lipídios ou extrato etéreo por cento m/m}$

Onde:

N = n° de gramas do lipídeos

P = n° de gramas da amostra

Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5 x 2 x 2 com quatro repetições totalizando 80 unidades experimentais. Foi avaliado o teor de óleo de cada espécie bem como o efeito que os solventes e a umidade dos grãos produzem sobre o rendimento de óleo.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e a interação entre os fatores bem como suas médias foram comparadas através do teste de Tukey a 1 e 5 % de probabilidade de erro, com a ferramenta estatística Assistat<sup>®</sup> versão 7.5 beta (Silva e Azevedo, 2002). Quando o F foi significativo na interação, foi realizado desdobramento.

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A distribuição da análise de variância está apresentado na Tabela 1. Pode-se observar a significância do efeito dos tratamentos, assim como a interação umidade x solvente para Canola, Crambe e Amendoim. A interação entre umidade x solvente não proporcionou resposta significativa no rendimento de óleo para Girassol e Soja.

**Tabela 1.** Análise da variância para rendimento de óleo de canola, crambe, amendoim, girassol e soja (%) em função do solvente e umidade

Tratamentos	Canola	Crambe	Amendoim	Girassol	Soja
Solvente					
Hexano	33,68 a	31,71	40,33 b	37,98	17,77
Éter de Petróleo	27,23 b	30,86	42,44 a	36,81	17,59
Umidade					
Sem umidade	32,48 a	30,19 b	41,15	38,73 a	17,91
Com umidade	28,43 b	32,38 a	41,63	36,06 b	17,45
CV (%)	2,03	3,31	3,17	4,67	6,04
Teste F	Valores F				
Solvente (S)	436,57* *	2,73 ns	10,35 **	1,79 ns	0,11 ns
Umidade (U)	172,47* *	17,87**	0,54 ns	9,34 **	0,74 ns
UxS	77,84**	12,54**	6,08 *	2,20 ns	0,28 ns

n.s = não significativo; \* = significativo a 5% de probabilidade; \*\* = significativo a 1% de probabilidade

Na Tabela 2 são apresentados os desdobramentos da interação dos fatores estudados (umidade x solvente) para rendimento de óleo.

**Tabela 2.** Desdobramento da interação para médias de rendimento de óleo (%), em função de solventes x umidade.

Solventes	Umidade	
	Sem	Com
Canola		
Hexano	34,35 aA	33,02 aB
Éter de Petróleo	30,62 bA	23,85 bB
Crambe		
Hexano	29,70 aB	33,73 aA
Éter de Petróleo	30,68 aA	31,04 bA
Amendoim		
Hexano	40,90 aA	39,77 bA
Éter de Petróleo	41,39 aB	43,49 aA

Médias seguidas pela mesma letra (minúsculas nas colunas para comparação entre espécie e maiúsculas nas linhas entre método de extração não diferem entre si (Tukey, 5%).

#### 4.1 Canola

Verifica-se que a umidade de grão de canola produziu respostas distintas. A extração de óleo com umidade próximo de zero utilizando hexano como solvente apresentou acréscimo significativo sobre o rendimento de óleo

da canola em relação quando extraído com umidade próximo de zero com éter de petróleo, um acréscimo no rendimento de 10,86 %. Obteve-se o menor rendimento de óleo quando se aplicou éter de petróleo com umidade natural do grão de 9,44 %. Já (Santos et al., 2008) trabalhando com rendimento de óleo de cinco espécies vegetais com variações de umidades semelhantes ao do presente trabalho, relata que todas as espécies apresentaram de forma significativa maior rendimento de óleo quando as sementes apresentavam umidades próximo de zero. O autor (Ambrosano, 2012) trabalhando com plantas oleaginosas potenciais para cultivo de safrinha descreve um aumento de 68,9 % no rendimento de óleo da canola quando utilizado o hexano como solvente, isso se dá pois há uma maior solubilidade dos lipídeos nessa espécie com hexano. O trabalho de (ROSSETO, R.E., et al. 2012) comparou a eficiência de solventes, hexano e etanol, em cinco oleaginosas, mamona (*Ricinus communis*), pinhão manso (*Jatropha curcas*), soja (*Glycine max*), amendoim (*Arachis hypogaea L*), e crambe (*Crambe abyssinica*) segundo o autor o método de extração por hexano ocasionou neste estudo um maior rendimento de óleo nas espécies estudadas.

#### 4.2 Crambe

Em relação ao crambe, não houve diferença significativa no rendimento de óleo quando se utilizou hexano ou éter de petróleo com umidade próximo de zero, porém, com umidade natural no grão de 7,75 %, utilizando hexano houve um acréscimo no rendimento de óleo de 11,95 % quando se compara com a extração com umidade próximo de zero utilizando o mesmo solvente. Segundo o guia de métodos analíticos do compêndio brasileiro de alimentação animal, método número 14, revisão 2009 cita que para amostras acima de 18 % de umidade é necessário proceder à secagem prévia do cartucho contendo amostra por no mínimo 1 hora à temperatura de 105°C. Todas as sementes se encontravam com umidade natural abaixo de 18 %, justificando assim os resultados para o Crambe.

### 4.3 Amendoim

Para o amendoim observa-se que não houve diferença significativa no rendimento de óleo quando se utilizou hexano ou éter de petróleo com umidade próximo de zero, porém, apresentou diferença significativa no rendimento de óleo quando se utilizou éter de petróleo como solvente com umidade natural de 6,69 % em relação a extração com hexano com a mesma umidade natural, um acréscimo de 8,85 %. Segundo o compêndio brasileiro de alimentação animal, 2009 e os procedimentos analíticos do Instituto Adolf Lutz, 2005 para a determinação do extrato etéreo, método Soxhlet, os solventes recomendados são o éter de petróleo p.a ou hexano p.a, justificando dessa forma, os resultados obtidos, por serem métodos padronizados e validados.

### 4.4 Girassol

Quanto ao girassol, não houve diferença significativa em relação aos solventes utilizados e não houve interação umidade x solvente no rendimento de óleo, porém, ocorreu diferença significativa na extração entre a umidade próximo de zero e umidade natural no grão de 6,83 %, um acréscimo no rendimento de 6,89 % de óleo quando a extração ocorreu com a umidade do grão próximo de zero conforme Tabela 1. Os autores (Pighinelli et al. 2009) trabalhando com a otimização do processo de prensagem mecânica contínua de uma mini-prensa, em função de duas variáveis independentes (temperatura e teor de umidade) tendo como resposta o rendimento em óleo bruto de girassol, descreve que a variável com maior efeito foi o termo linear da umidade, que atua de forma negativa indicando que, quanto menor a umidade dos grãos maior será o rendimento em óleo bruto.

### 4.5 Soja

Não houve diferença significativa no rendimento de óleo de soja em função do solvente utilizado e umidade no grão na extração conforme Tabela 1. A espécie *Glycine max* quando submetida ou não a secagem e a extração por ambos solventes, demonstrou rendimentos de óleo compatíveis com a

literatura. (Ramesh et al. 1995) enfatiza que a secagem ou tostagem otimiza a extração de óleos de sementes oleaginosas, e pode afetar as propriedades físico-químicas de óleo. (Saxena et al. 2011) relata que a cor do óleo extraído por solvente hexano é um pouco mais clara do que o óleo extraído por outros solventes.

De modo geral, os trabalhos comparativos entre o método de extração com solvente hexano e solvente éter de petróleo por extração direta Soxhlet são escassos na literatura. Alguns trabalhos entre o método de extração com solvente biorenovável e solvente tradicional (hexano) ou prensagem, por exemplo, (Brossard-González et al. 2010); (Ribeiro et al. 2010); (Ferreira-Dias et al. 2003); (Anthonisen 2007); (Drumond et al. 2006), citam que os resultados com o hexano foram melhores em alguns casos em relação à porcentagem de óleo extraído, sendo viável sua utilização, pois o éter de petróleo apresenta um custo superior ao hexano em 55,5 % por litro.

## **5. CONCLUSÕES**

Canola: A combinação do solvente e umidade que apresentou maior rendimento de óleo na extração foi o hexano com a umidade próximo de zero.

Crambe: A combinação do solvente e umidade que apresentou maior rendimento de óleo na extração foi o hexano com a umidade natural do grão de 7,75 %.

Amendoim: A combinação do solvente e umidade que apresentou maior rendimento de óleo na extração foi o éter de petróleo com a umidade natural do grão de 6,69 %.

Girassol: O maior rendimento de óleo na extração ocorreu com a umidade próximo de zero, indiferente do solvente utilizado.

Soja: Os rendimentos do óleo extraído, não foram influenciados pelos solventes utilizados e pelas variações da umidade.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anna L. M. T. Pighinelli et al. Otimização da prensagem de grãos de girassol e sua caracterização. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.13, n.1, p.63–67, 2009.

BALLA, A., CASTIGLIONI, R. B.V., CASTRO, C. Colheita do girassol. **Centro Nacional de Pesquisa de Soja. – CNPSO**, Londrina, PR. 1997

BOLTON, G. E.; SANDERS, T. H. Effect of roasting oil composition on the stability of roasted high-oleic peanuts. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 79, n. 02, p. 129-132, 2002.

Brossard-González CO, Ferrari RA, Pighinellia AL, Park KJ. Preliminary evaluation of anhydrous ethanol as a solvent in the oilseed extraction of *Jatropha curcas* L. **Grasas y Aceites** v. 61: p. 295- 302, 2010.

CAMPOS-MONDRAGÓN, M. G. et al. Nutritional composition of new peanut (*Arachis hypogaea* L. cultivars. **Grasas e aceites**, v. 60, n. 02, p. 161-167, 2009.

CARRÃO-PANIZZI, M., MANDARINO, J. M. G., LEITE, R. M. V. B. C., BRIGHENTI, A. M., CASTRO, C. Produtos protéicos do girassol. **Girassol no Brasil**. Londrina. p. 51 – 68, 2005

CARVALHO, M. A. Canola. **Companhia Nacional de Abastecimento**, Brasília: 31 p, 2011

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento de safra brasileira: **Grãos, primeiro levantamento**, 2010.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento de safra brasileira: **Grãos, décimo segundo levantamento**, Brasília, 2013.

COSTA, B. J.; ZAGONEL, G. F., SANTOS, R. C.; FREIRE, R. M. M.; SUASSUNA, T. M. F. Potencial do óleo do amendoim como fonte de biodiesel. **Amendoim: O produtor pergunta a Embrapa responde**. Brasília, Cap. 13, p. 211-220, 2009

DALBELLO, O. Eficiência do processo de secagem do amendoim (*Arachis hypogaea* L.) e milho-pipoca (*Zea mays* L.). **Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas**, Campinas, 1995.

DALL'AGNOL, A., VIEIRA, O. V., LEITE, R. M. V. B. C., LEITE, R. M. V. B. C., BRIGHENTI, A. M., CASTRO, C. Origem e histórico do girassol. **Girassol no Brasil, EMBRAPA**. Londrina, p. 1 – 14, 2005.

DENUCCI, S. Girassol como adubo verde.

Drummond ARF, Gazineu MHP, Almeida L, Souto MA. Methanol and ethanol as solvents in the extraction of castor oil. **Congress Brazilian Biodiesel Technol**. V. 1: p. 3-7, 2006.

ECHEVENGUÁ, A. Crambe surge como nova opção para produzir biodiesel. Egbekun MK & Ehieze. Proximate composition and functional properties of fullfat and defatted beniseed (*Sesamum indicum* L.) flour. **Plant Foods Human Nutrition**, v. 51: p. 35-41, 1997.

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, 2005.

Ferreira-Dias S, Valente DG, Abreu JMF. Comparison between ethanol and hexane for oil extraction from *Quercussuber* L. fruits. **Grasas y Aceites**, v. 54: p. 378-383, 2003.

FRANCHINI, J. C. et al. Importância da rotação de culturas para a produção agrícola sustentável no Paraná. **Embrapa Soja**, Londrina, 29 p, 2011.

FRANCO, D.A.S. et al. Avaliação do uso de glyphosate em soja geneticamente modificada e sua relação com o ácido chiquímico. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 659-666, 2012

Gelbard, G.; Bres, O.; Vargas R. M.; Vielfaure F.; Schuchardt U.; J. Am. Oil Chem. Soc. 72, 1239, 1995.

Gunstone, F. D.; Padley, F. B.; Lipid Technologies and Applications, **M. Dekker**: New York, cap. 30 e 31, 1997.

HAMMONS, R. O., HAMMONS, R. O. Early history and origin of the peanuts. **American Peanut Research and Education Association**, Oklahoma, 684p, 1973.

HOFFLAND, E.; FINDENEGG, G.R.; NELEMANS, J.A. Solubilization of rock phosphate by rape. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.113, n.2, 161-165, 1989.

ISLEIB, T. et al. Compositional and sensory comparisons between normal and high oleic peanuts. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, n. 05, p. 1759- 1763, 2006

IZQUIERDO, I.F., CARAVACA, M.M., ALGUACIL, ROLDN, A. Changes in physical and biological soil quality indicators in a tropical crop system in response to different agroecological management practices, **Environ. Manag.** Havana, n. 32, p. 639-645. 2003.

JONNALA, R.; DUNFORD, N.; DASHIELL, K. New high oleic peanut cultivars grown in the Southwestern US. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 85, n. 02, p. 125- 128, 2005.

KIM, H., KANG, B., KIM, M., PARK, Y.M., KIM, D., LEE, J., LEE, K., Transesterification of vegetable oil to biodiesel using heterogeneous base catalyst. **Catalysis Today**. v 93–95 p. 315–320, 2004

LAZZAROTTO, J. J., ROESSING, A. C., MELLO, H. C. O., LEITE, R. M. V. B. C., BRIGHENTI, A. M., CASTRO, C. Agronegócio do girassol no mundo e no Brasil. **Girassol no Brasil, EMBRAPA Londrina**, p. 15 – 42, 2005.

Lucas, F. T. et al. Produtividade e qualidade de grãos de canola em função da adubação nitrogenada e sulfatada. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 6, suplemento 1, p. 3205-3218, 2013

MACHADO, M.F.; BRASIL, A.N.; OLIVEIRA, L.S.; NUNES, D.L. Estudo do crambe (*Crambe abyssinica*) como fonte de óleo para produção de biodiesel. **Universidade Federal de Minas Gerais**. Itáúna, 2007.

MANDARINO, J. M. G., LEITE, R. M. V. B. C., BRIGHENTI, A. M., CASTRO, C. Óleo de girassol como alimento funcional. *Girassol no Brasil*, EMBRAPA. Londrina, p. 43 – 49, 2005.

MANIRAKIZA, P.; Covaci, A.; Schepens, P.; **Journal of Food Composition and Analysis**, p. 14, 93, 1993

MAPA: MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Agricultura brasileira em números – **Anuário: Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 26, n. 229, p. 19, 2005.

MPAGALILE, J. J.; HANNA, M. A.; WEBER, R. Design and testing of a solar photovoltaic operated multi-seeds oil press. **Renewable Energy**, v. 31, n. 12, p. 1855-1866, 2006.

NAVARINI, L. Resposta de cultivares de soja ao controle químico de ferrugem asiática. **Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria**, Santa Maria, Cap. 1, 2008.

NOGUEIRA, R. J. M. C., TÁVORA, F. J. A. F., SANTOS, R. C. Ecofisiologia do amendoim (*Arachis hypogaea* L.). **O agronegócio do amendoim no Brasil, EMBRAPA**. Campina Grande, p. 73 – 99, 2005.

OGUNNINY D. S.; PERIN. G.; SACHINI, M.; ÁLVARO, G.; WESTPHAL, E.; JACOB, R. G.; LENARDÃO, E. J. Bioresource Technology. **Anais da 29ª Reunião Anual da SBQ**, Águas de Lindóia, v. 97, p. 1086-1091, 2006.

OLIVEIRA, E. J. et al. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de amendoim de porte rasteiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 08, p. 1253-1260, 2006.

OPLINGER, E.S., OELKE E.A., KAMINSKI, A.R., PUTNAM D.H., TEYNOR, T.M., DOLL, J.D., KELLING, K.A., DURGAN, B.R., NOETZEL, D.M. Crambe. **Departamento de Agronomia e ciência do solo**. Madison. 1991.

PAIVA, B. M. de; ALVES, R. M.; HELENO, N. M. Aspectos socioeconômicos da soja. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 27, n. 230, p. 7-14, 2006.

PATIL, A.; TAWARE, S. P.; OAK, M. D.; TAMHANKAR, S.A.; RAO, V. S. Improvement of Oil Quality in Soybean (*Glycine max* L. Merrill) by Mutation Breeding. **Journal American Oil Chemistry Society**, v. 84, p. 1117-1124, 2007.

PEREZ, E. E.; CARELLI, A. A.; e CRAPISTE, H. G. Chemical characterization of Oil and meals from wild sunflower (*Helianthus petiolaris* Nutt). **Journal of the American Oil Chemists Society**, Champaign, v. 81, n. 3, pg. 245-249, 2004.

Pighinelli ALMT, Park KJ, Rauen AM, Oliveira RA de. Optimization of pressing sunflower seeds and their characterization. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Amb.** v. 13: p. 63-67, 2009.

PITOL, C. Cultura do crambe. **FUNDAÇÃO MS: Tecnologia e produção: milho safrinha e culturas de inverno**. Maracaju, p. 85-88, 2008.

PREGNOLATO, W.; PREGNOLATO, N.P. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**, São Paulo, 3ª Ed, 1985.

R. C. Santos et al. Produtividade de grãos e óleo de genótipos de amendoim para o mercado oleoquímico. **Rev. Ciênc. Agron.**, v. 43, n. 1, p. 72-77, 2012

RAMESH, M. et al. Microwave treatment of groundnut (*Arachis hypogaea*): Extractability and quality of oil and its relation to lipase and lipoxygenase activity. **Lebensmittel – Wissenschaft und -Technologie**, v. 28, n. 1, p. 96-99, 1995.

REGITANO-D'ARCE, M. A. B.; LIMA, V. A. Emprego do álcool etílico na extração de óleo de girassol (*Helianthus annuus*). **Ciência e tecnologia de alimentos**, v. 7, n. 1, p. 1-14, 1987

Ribeiro BD, Nascimento RF, Barreto DW, Coelho MAZ, Freitas SP. An ethanol-based process to simultaneously extract and fractionate carotenoids from mauritiaflexuosa pulp. **Rev. Bras. Frutic**, v. 32: p. 657-663, 2010.

ROSSETO, R.E., et al. Optimization of oil extraction from high energetic potential plants performed through drying and solvent extraction methods. **African Journal of Biotechnology**, Vol. 12(48), pp. 6761-6765, 2013

Saxena, D. K., Shrama, S. K. & Sambhi, S. S. Kinetics and thermodynamics of cottonseed oil extraction. **Grasas y Aceites**, v. 62(2), p. 198-205, 2011.

SCHUCHARDT, U., RIBEIRO, M.L., ALVES, A.R. The petrochemical industry in the next century: How to replace petroleum as raw material, **Química Nova**, v. 24, n. 2, pp. 247-251, 2001.

SILVA, F.A.S.; AZEVEDO, C.A.V. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 71-78, 2002.

SINGKHAM, N. et al. Estimation of heritability by parent-offspring regression for high-oleic acid in peanut. **Asian Journal of Plant Sciences**, v. 09, n. 096, p. 358-363, 2010.

SOXHLET, F.; Polytechnisches J. p. 232, 461, 1879.

Thomaz F. Lobo et al. 2012. Efeito do lodo de esgoto e do nitrogênio nos fatores produtivos do girassol. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, v.17, n.5, p.504–509, 2013.

TOMM, G. O. Indicativos tecnológicos para produção de canola no Rio Grande do Sul. **Embrapa Trigo: Sistemas de Produção**. Passo Fundo, p. 68, 2007.

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

UNGARO, M.R.G.; CÂMARA, G.M.S., CHIAVEGATO, E.J. Mercados potenciais para o girassol e os seus subprodutos. **O agronegócio das plantas oleaginosas: algodão, amendoim, girassol e mamona, ESALQ**. Piracicaba, p. 123-140, 2001.

VRÂNCEANU, A. V. El girassol. **Madri: Ediciones Mundi** – Prensa, 375p, 1977.

WATT, B. K., MERRILL, A. L. Composition of foods: raw, processed, prepared. Washington: **Department of Agriculture**, p. 190, 1978.

WEISS, E. A. Oilseed processing and products. **Oilseed crops**. 1 ed. Longman, p. 528-596, 1983.

WIESENBORN, D., DODDAPANENI, R., TOSTENSON, K., KANGAS, N.  
Cooking indices to predict screw-press performance for crambe seed. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 78, p. 467 – 471, 2001.

ZAHER, F.A.; **Grasas y Aceites** p. 41, 82, 1990.