



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

FABIO ANTONIO CAJAMARCA SUQUILA

**EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO ÓLEO DE
CULTIVARES DE INVERNO VISANDO A PRODUÇÃO DE
BIODIESEL NO ESTADO DO PARANÁ**

FABIO ANTONIO CAJAMARCA SUQUILA

**EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO ÓLEO DE
CULTIVARES DE INVERNO VISANDO A PRODUÇÃO DE
BIODIESEL NO ESTADO DO PARANÁ**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Bionergia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito à obtenção do título Mestre em Bioenergia.

Orientadora: Profa. Dra. Maria de Fatima
Guimarães

Coorientadora: Profa. Dra. Carmen Luisa
Barbosa Guedes

Londrina
2015

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Cajamarca Suquila, Fabio Antonio.

Extração e caracterização do óleo de cultivares de inverno visando a produção de biodiesel no estado do Paraná / Fabio Antonio Cajamarca Suquila. - Londrina, 2015. 127 f.

Orientador: Maria de Fatima Guimarães.

Coorientador: Carmen Luisa Guedes.

Dissertação (Mestrado em Bioenergia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Bioenergia, 2015.

Inclui bibliografia.

1. Biodiesel - Tese. 2. Plantas oleaginosas na produção de biodiesel - Tese. 3. Entressafra - Tese. 4. Cultivos agrícolas de inverno - Tese. I. Guimarães, Maria de Fatima. II. Guedes, Carmen Luisa . III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Bioenergia. IV. Título.

FABIO ANTONIO CAJAMARCA SUQUILA

**EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO ÓLEO DE CULTIVARES DE
INVERNO VISANDO A PRODUÇÃO DE BODIESEL NO ESTADO DO
PARANÁ**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Bionergia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito à obtenção do título Mestre em Bioenergia.

BANCA EXAMINADORA

Orientadora: Profa. Dra. Maria de Fátima
Guimarães
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. César Ricardo Teixeira Tarley
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Dr. Pedro Mário de Araújo
Instituto Agrônômico do Paraná - IAPAR

Londrina, 26 de Fevereiro de 2015.

Dedico este trabajo a mis padres, Fabio Antonio Cajamarca y María del Tránsito Suquila, quienes durante toda mi vida han sido mi mayor, incondicional e incomparable apoyo. Gracias a ellos hoy me formo como Magister en Bioenergía.

AGRADECIMENTOS

Agradezco principalmente...

... a Dios, por día a día darme fortaleza, apoyo y sabiduría para afrontar todas aquellas situaciones difíciles presentes durante todo este proceso, no solo en el sentido académico, sino también por el hecho de estar a muchos kilómetros de distancia de las personas que más quiero en mi vida... mi familia y amigos. Además por todas las bendiciones y alegrías recibidas durante mi camino personal y profesional.

... a mis padres, Fabio Antonio Cajamarca Ubate y Maria del Transito Suquila; a mis hermanos: Esperanza, Rosalba, Saul, Paola; cuñados: Gonzalo, Patricia, Eduardo; sobrinos: Sandy, Daniel, Camila, Natalia, Camilo, Nicolás, Santiago y Andrés; e a mi ahijada Ana María; a mi madrina Rosa; a mi tía Adela, porque a pesar de la distancia, me han demostrado su constante e incondicional apoyo y amor, lo que me ha permitido dar continuidad a todos mis proyectos. Ellos son la razón de mí ser y las personas que más amo en mi vida.

... a la Prof. Dra. María de Fátima Guimarães, por toda la orientación y contribución en este trabajo de investigación, y en mi proceso de formación personal y profesional. Ella se convirtió en mi segunda mamá aquí en Brasil, pues dedico parte de su valioso tiempo para escucharme y aconsejarme en los momentos más críticos, tratando de buscar siempre la mejor solución.

... a la Profa. Dra. Carmen Luisa Barbosa Guedes. Gracias a ella y a toda la gestión realizada, conseguí llegar aquí, a Londrina. Además por toda la orientación pertinente durante el trabajo de investigación, auxiliando desde la parte técnica y experimental. Resalto su gran gestión como Coordinadora del programa de Bioenergía, buscando el beneficio de todos. En lo personal, contribuyo a resolver la mayoría de inconvenientes asociados con mi permanencia aquí en Brasil.

... a mi familia Cajamarca Suquila Vargas: mis tios, mis primos, mi madrina, mi abuela; a mis amigos (Andrés Lancheros, Diana Pinina, Glorita, Mafesita, Lili, Shirley, Andrés Prias); a mis otros amigos colombo-londrineses (Cata, Dianita, Edward, Heder e Julieth), por hacer parte de todos esos detalles (despedida,

saludos de navidad, mensajes constantes, encuentros) que me llenan de felicidad al saber que cuanto con su amistad y hago parte de sus vidas.

... a la profesora Elza Louko Ida por su constante colaboración, apoyo y disponibilidad durante el proceso de investigación.

... al Doctor Pedro Mário de Araújo, investigador del Instituto Agronómico de Paraná, por su gran colaboración y suministro de la materia prima (granos oleaginosos) y por la información asociada a las condiciones edafoclimáticas de cada cultivo.

... a los Profesores Doctores, Ivone Yurika Mizubuti (Zootecnia), Lúcia Sadayo Assari Takahashi (Fitotecnia/Tecnología de Semillas), Claudemir Zucareli (Fitotecnia/Agricultura), Marcelo Augusto de Aguiar e Silva (Manejo Sustentável do Solo/Agroclimatologia), Osmar Rodrigues Brito (Manejo Sustentável do Solo/Fertilidade de Solos), Adriana Lourenço Soares (Tecnología de alimentos), Inês Cristina de Batista Fonseca (Experimentación Agrícola), por la información, asesoría e intervención en algunos procesos esenciales de este trabajo de investigación.

... a los técnicos de laboratorio Tania Mara Sedemaka Milani, Fernando Mazzaro y Geraldo Lopes da Silva, por la asesoría durante el desarrollo de los experimentos.

... a los estudiantes Felipe Bosqui (Agronomía), Felipe Benatti (Bacharelado em Química), Daiane Alves Nunes (Bacharelado em Química), Eloá Travaini (Bacharelado em Química), Alyson Akira (Bacharelado em Química) e Paulo Barbeta, por el acompañamiento y participación en la parte experimental.

... a Wesley Machado, Freddy Zambrano y Thamires Bertti por la ayuda brindada en el aspecto personal y por su valiosa amistad.

En fin, tal vez muchos nombres no aparecen en esta lista, pero ellos saben que también participaron en este proceso y por eso también les agradezco.

Atentamente,

Fabio Antonio Cajamarca Suquila

“Para que exista una educación válida es necesario que se desarrolle el pensamiento crítico e independiente de los jóvenes, un desarrollo puesto en peligro continuo por el exceso de materias (sistema puntual). Este exceso conduce necesariamente a la superficialidad y a la falta de cultura verdadera. La enseñanza debe ser tal que pueda recibirse como el mejor regalo y no como una amarga obligación”.

Albert Einstein.

CAJAMARCA SUQUILA, Fabio Antonio. **Extração e caracterização do óleo de cultivares de inverno visando a produção de Biodiesel no Estado do Paraná**, 2015. 127f. Dissertação (Mestrado em Bioenergia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2015.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo comparar as características físicas dos grãos de Camelina (*Camelina Sativa L.*), Canola (*Brassica napus L.*), Cártamo (*Carthamus tinctorius*), Crambe (*Crambe abyssinica*), Linhaça (*Linum usitatissimum*) e Nabo Forrageiro (*Raphanus sativus L.*), cultivados pelo IAPAR na época de outono / inverno em quatro locais do Estado do Paraná, e avaliar alguns parâmetros de qualidade dos óleos para a produção de Biodiesel. Assim, com os dados obtidos, pretende-se contribuir ao projeto do IAPAR e propor o cultivo das espécies oleaginosas que apresentem os melhores resultados como opção para a entressafra entre as culturas de verão e inverno, e ao mesmo tempo atender a demanda de produção do Biodiesel. Este trabalho inicia-se com o beneficiamento e armazenamento dos grãos, seguido da classificação granulométrica, massa de 1000 grãos e fração lipídica. Finalmente, culmina com a extração, degomagem e caracterização dos óleos, sendo o índice de acidez e perfil de ácidos graxos os parâmetros químicos analisados. Com base nos resultados obtidos, conclui-se que as condições edafoclimáticas dos locais, especificamente a temperatura, não tem efeito sobre a massa de 1000 grãos e a fração lipídica (teor de óleo) dos grãos. O teor de óleo das oleaginosas estudadas é superior quando comparado a Soja, destacando-se o Crambe, seguido pela Canola, Linhaça, Cártamo e Nabo Forrageiro. Os óleos brutos extraídos foram degomados para reduzir o índice de acidez, favorecer a reação de transesterificação e atingir o valor preconizado pela ANP N° 14/2012 (máx. 0,50 mgKOH/g). A percentagem dos ácidos graxos saturados e insaturados presentes nos óleos variou com a temperatura de cada local, obtendo-se maiores percentagens de ácidos graxos insaturados em Guarapuava, seguido de Santa Tereza do Oeste, Londrina e Cambará. As oleaginosas estudadas podem ser consideradas como culturas promissoras para a produção de grãos na época de inverno e Biodiesel nos quatro locais.

Palavras-chave: Extrato etéreo. Culturas alternativas de inverno. Índice de acidez. Perfil de ácidos graxos.

CAJAMARCA SUQUILA, Fabio Antonio. **Extraction and characterization of oil of winter cultivars projecting at the production of Biodiesel in Paraná State**, 2015. 127 p. Dissertation (Master in Bioenergy) – State University of Londrina, Londrina, 2015.

ABSTRACT

The aim of this work is to compare the physical characteristics of the following grains: Camelina (*Camelina Sativa L.*); Canola (*Brassica napus L.*); Safflower (*Carthamus tinctorius*); Crambe (*Crambe abyssinica*); Flaxseed (*Linum usitatissimum*) and Forage Turnip (*Raphanus sativus L.*), which are grown by the IAPAR during the autumn/winter at four locations in the State of Paraná. It also seeks to evaluate a number of parameters of oil quality for the production of Biodiesel. After which, oilseed species achieving the best results will be proposed as optional crop candidates for the off season between summer and winter crops, thereby contributing to the IAPAR project while concomitantly supplying the production demand of Biodiesel. This work begins with the processing and storage of grains, followed by grain size classification, 1,000 grain mass, lipid fraction and ends with the extraction, degumming and chemical characterization of oils (acid value and fatty acid profiles). With the obtained results, it was concluded that soil and climatic conditions of the locations, specifically the temperature, had no effect on the 1,000 grain mass and the lipid fraction (oil content) of the grains. The oil content of oilseed species studied was higher than that of soybean, Crambe in particular, followed by Canola, Flaxseed, Safflower, and Forage Turnip. Crude oils extracted were degummed to reduce the acid value, promote the transesterification reaction and reach the value expected by the ANP N° 14/2012 (max. 0,50 mgKOH/g). The percentage of saturated and unsaturated fatty acids present in the oils varied with the temperature of each location, obtaining higher percentages of unsaturated fatty acids in Guarapuava, followed by Santa Tereza do Oeste, Londrina and Cambará. The oilseed species studied can be considered as promising crops for grain and subsequent Biodiesel production during the winter season in all four locations.

Keywords: Ether extract. Alternative crops for winter. Acid value. Fatty acid profiles.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Reação de transesterificação de um triglicerídeo	26
Figura 2 -	Mapa da distribuição das oleaginosas estudadas pelo mundo	29
Figura 3 -	Espécies e cultivares estudadas	37
Figura 4 -	Localização dos experimentos para produção dos grãos empregados neste estudo.....	38
Figura 5 -	Aspectos edafoclimáticos dos quatro locais de experimento no período de cultivo - maio/setembro 2012	39
Figura 6 -	Temperatura média para os quatro locais no período de cultivo das oleaginosas - maio/setembro 2012.....	40
Figura 7 -	Precipitação para os quatro locais no período de cultivo das oleaginosas - maio/setembro 2012	40
Figura 8 -	Agitador de peneiras eletromagnético.....	42
Figura 9 -	Remoção manual das impurezas dos grãos	42
Figura 10 -	Contador de grãos ESC 2008 SANICK.....	44
Figura 11 -	Montagem do método Soxhlet	47
Figura 12 -	Tamanho de peneiras e dimensões os grãos das diferentes espécies oleaginosas	57
Figura 13 -	Massa de 1000 grãos (g) das cultivares de Camelina nos quatro locais.....	59
Figura 14 -	Massa de 1000 grãos (g) das cultivares de Canola nos quatro locais.....	60
Figura 15 -	Massa de 1000 grãos (g) das cultivares de Cártamo nos quatro locais.....	61
Figura 16 -	Massa de 1000 grãos (g) do Crambe FMS Brilhante nos quatro locais.....	63
Figura 17 -	Massa de 1000 grãos (g) de Linhaça nos quatro locais.....	64
Figura 18 -	Massa de 1000 grãos (g) das cultivares do Nabo Forrageiro nos quatro locais.....	66
Figura 19 -	Fração lipídica (%) das cultivares de Camelina nos quatro locais.....	69
Figura 20 -	Fração lipídica (%) das cultivares de Canola nos quatro locais	69
Figura 21 -	Fração lipídica (%) das cultivares de Cártamo nos quatro locais.....	70

Figura 22 - Fração lipídica (%) do Crambe FMS Brilhante nos quatro locais	71
Figura 23 - Fração lipídica (%) da Linhaça nos quatro locais	72
Figura 24 - Fração lipídica (%) das cultivares do Nabo Forrageiro nos quatro locais	73
Figura 25 - Correlação das variáveis e os componentes principais.....	77
Figura 26 - Projeção das cultivares estudadas nos componentes principais C-I e C-II.....	78

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 -	Perfil dos ácidos graxos majoritários das oleaginosas estudadas	23
Quadro 2 -	Composição química aproximada dos grãos oleaginosos estudados	24
Quadro 3 -	Parâmetros de qualidade do Biodiesel comumente analisados.....	25
Quadro 4 -	Rendimento de grãos (kg/ha) das oleaginosas estudadas obtidos em outros estudos.....	28
Quadro 5 -	Características agronômicas gerais das oleaginosas estudadas	30

TABELAS

Tabela 1 -	Classificação granulométrica dos grãos oleaginosos	56
Tabela 2 -	Massa de 1000 grãos das cultivares estudadas em gramas	58
Tabela 3 -	Teste de Scott-Knott e Tukey aplicado à massa de 1000 grãos de cultivares de Canola nos quatro locais.....	60
Tabela 4 -	Teste de Scott-Knott e Tukey aplicado à massa de 1000 grãos de cultivares de Cártamo nos quatro locais.....	62
Tabela 5 -	Teste de Tukey aplicado à massa de 1000 grãos do Crambe FMS Brilhante nos quatro locais	63
Tabela 6 -	Teste de Tukey aplicado à massa de 1000 grãos da Linhaça nos quatro locais.....	65
Tabela 7 -	Teste de Scott-Knott e Tukey aplicado à massa de 1000 grãos do Nabo Forrageiro nos quatro locais	66
Tabela 8 -	Média da massa de 1000 grãos (g) e da granulometria (mm) dos grãos oleaginosos estudados nos locais de melhor desenvolvimento das culturas.....	67
Tabela 9 -	Fração lipídica dos grãos oleaginosos estudados	68
Tabela 10 -	Teste de Scott-Knott e Tukey aplicado à fração lipídica das cultivares de Canola nos quatro locais.....	70
Tabela 11 -	Teste de Scott-Knott e Tukey aplicado à fração lipídica das cultivares de Cártamo nos quatro locais	71
Tabela 12 -	Teste de Tukey aplicado à fração lipídica do Crambe FMS Brilhante nos quatro locais.....	72
Tabela 13 -	Teste de Tukey aplicado à fração lipídica da Linhaça nos quatro locais.....	73
Tabela 14 -	Teste de Scott-Knott e Tukey aplicado à fração lipídica das cultivares de Nabo Forrageiro nos quatro locais	74
Tabela 15 -	Matriz de correlação de Pearson das condições edafoclimáticas, massa de 1000 grãos e teor de óleo	76
Tabela 16 -	Correlação e contribuição (%) das variáveis e os componentes principais.....	76
Tabela 17 -	Cultivares selecionados por local	79
Tabela 18 -	Índice de acidez dos óleos brutos e degomados das cultivares estudadas nos quatro locais.....	80
Tabela 19 -	Perfil dos ácidos graxos majoritários dos óleos transesterificados nos quatro locais.....	82

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACP	Análise de Componentes Principais
AGL	Ácidos Graxos Livres
ANP	Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis.
CCA	Centro de Ciências Agrárias
CETEC	Centro Tecnológico
C-I	Primer Componente
C-II	Segundo Componente
ECL	Comprimento Equivalente de Cadeia (Equivalent Length of Chain)
IAPAR	Instituto Agrônômico do Paraná
LAFLURPE	Laboratório de Fluorescência e Ressonância Paramagnética Eletrônicas
LANA	Laboratório de Análises de Alimentos e Nutrição Animal
M1000	Massa de 1000 grãos
I.A	Índice de Acidez
UEL	Universidade Estadual de Londrina
UFC	Universidade Federal do Ceará
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	REVISÃO NA LITERATURA	19
2.1	GRÃOS	19
2.1.1	Estrutura.....	19
2.1.2	Composição Química	19
2.1.2.1	Amiláceos.....	20
2.1.2.2	Oleaginosos	20
2.1.2.3	Aleuro-oleaginosos.....	22
2.1.2.4	Aleuro-amiláceos.....	22
2.2	BIODIESEL.....	24
2.2.1	Produção de Biodiesel no Mundo e no Brasil.....	26
2.3	ESPÉCIES OLEAGINOSAS.....	27
2.3.1	Camelina [<i>Camelina Sativa</i> (L.)].....	32
2.3.2	Canola (<i>Brassica napus</i> L. var. <i>Oleifera</i> Moench).....	32
2.3.3	Cártamo - (<i>Carthamus tinctorius</i>)	33
2.3.4	Crambe [<i>Crambe abyssinica</i> (Hochst)].....	34
2.3.5	Linho (<i>Linum usitatissimum</i> L).....	34
2.3.6	Nabo Forrageiro (<i>Raphanus sativus</i> L)	35
3	MATERIAL E METODOS	37
3.1	GRÃOS OLEAGINOSOS..	37
3.2	BENEFICIAMENTO E ARMAZENAMENTO	41
3.3	CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS GRÃOS	43
3.3.1	Granulometria	43
3.3.2	Massa de 1000 grãos.....	43
3.3.3	Umidade.....	45
3.3.4	Fração Lipídica (Teor de Óleo)	46
3.4	ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (ACP).....	48
3.5	SELEÇÃO DE CULTIVARES POR LOCAL	48
3.6	EXTRAÇÃO DO ÓLEO PELO METODO A FRIO	49

3.7	DEGOMAGEM DO ÓLEO	50
3.8	CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO.....	50
3.8.1	Índice de Acidez (I.A)	50
3.8.2	Perfil de Ácidos Graxos.....	51
3.9	TRATAMENTO ESTATÍSTICO	52
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
4.1	CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS GRÃOS ..	55
4.1.1	Granulometria	55
4.1.2	Massa de 1000 grãos.....	57
4.1.3	Fração Lipídica (Teor de Óleo)	67
4.2	ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (ACP).....	75
4.3	CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO.....	79
4.3.1	Índice de Acidez.....	79
4.3.2	Perfil de Ácidos Graxos.....	81
	CONCLUSÃO	85
	REFERÊNCIAS.....	87
	ANEXOS	100
	ANEXO A – Regulamento Técnico Nº 14/2012.....	101
	ANEXO B – Extração óleo - Metodo Soxhlet.....	108
	ANEXO C – Massa de 1000 grãos das oleaginosas estudadas.....	109
	ANEXO D – Fração Lipídica das oleaginosas estudadas	110
	ANEXO E – Graficos da Titulação potenciométrica dos óleos	111
	ANEXO F – Padrões de ésteres metílicos de ácidos graxos (FAME)	127

1. INTRODUÇÃO

De acordo com Manzoni e Barros (2012) o estudo de óleos vegetais no Brasil para fins energéticos iniciou em 1920. Algumas pesquisas foram desenvolvidas pelo Instituto Nacional de Tecnologia, Instituto de Agricultura, Ministério do Petróleo e pelo Instituto de Tecnologia Industrial de Minas Gerais. Este último, em 1950, centrou a sua pesquisa sobre o uso de óleo puro de Ouricuri, Mamona e Algodão em motores a diesel.

Na década de 70 e 80 devido à crise energética global, foi necessário reduzir a dependência do petróleo, incentivando a produção e uso de óleos vegetais, como uma alternativa nas diferentes regiões. Desta maneira, segundo Osaki e Batalha (2008), o Governo Brasileiro criou através da Comissão Nacional de Energia - Resolução n.º 007, de 22 de outubro de 1980, o Plano de Produção de Óleos Vegetais para fins energéticos (PRO-ÓLEO), tentando substituir total ou parcialmente o óleo diesel por óleo vegetal.

De tal modo, os óleos vegetais e a gordura animal foram transformados em uma mistura de ésteres metílicos ou etílicos de ácidos graxos, atualmente conhecida como Biodiesel.

Segundo Freitas (2011), a soja foi a primeira oleaginosa utilizada no Brasil como matéria-prima para a produção de Biodiesel, devido a sua capacidade de adaptação e produção no país. E, mesmo com a grande diversidade de culturas oleaginosas no Brasil, atualmente, a maior parte da produção de Biodiesel ainda é suprida por esta oleaginosa.

No Brasil, a produção do Biodiesel está difundida com base em culturas anuais, de ciclo primavera/verão. Porém, entre a cultura de verão e inverno, existe um período menor (entressafra) que pode ser aproveitado com o cultivo de espécies oleaginosas de ciclo curto que produzam grãos na época de inverno para atender a demanda da produção do Biodiesel, além de diversificar a matéria-prima e manter a cobertura do solo.

Neste sentido, o IAPAR, desde 2004 trabalha com projetos agroenergéticos em várias regiões do Estado do Paraná avaliando espécies de ciclo curto de inverno. Dentre esses projetos está o de “Viabilização de matérias primas vegetais para produção e uso de Biodiesel”, que tem como objetivo avaliar a interação de espécies oleaginosas com as condições edafoclimáticas em diferentes

locais e anos, buscando genótipos de maior estabilidade de produção para o Estado do Paraná.

Este trabalho tem como objetivo comparar as características físicas de seis espécies de grãos oleaginosos cultivados pelo IAPAR na época de outono / inverno em quatro locais do Estado do Paraná, e avaliar alguns parâmetros de qualidade dos óleos para a produção de Biodiesel. Assim, com os dados obtidos, pretende-se contribuir ao projeto do IAPAR e propor o cultivo das espécies oleaginosas que apresentem os melhores resultados, como opção para aproveitar a área ociosa na entressafra da cultura de verão e, ao mesmo tempo, atender a demanda de produção de Biodiesel.

Este trabalho está inscrito na linha de pesquisa 1 “Geração e Caracterização de Matéria-Prima” do programa de Pós-Graduação Mestrado em Bioenergia - UEL.

2. REVISÃO NA LITERATURA

2.1 GRÃOS

O termo grão é usado quando destinado ao consumo humano e animal, ou como matéria-prima para a indústria; enquanto o termo semente é usado para indicar o seu uso no plantio e propagação da espécie ou variedade (Petersen et al., 2013; Sagarpa, 2014).

Neste trabalho será utilizado o termo grão, pois, seu destino é industrial como matéria-prima para a produção de Biodiesel.

2.1.1 Estrutura

Todos os grãos são constituídos, no mínimo, por duas partes: tegumento e embrião. E, algumas sementes e/ou grãos têm uma terceira parte denominada endosperma (Silva e Corrêa, 2008).

O tegumento é a estrutura que delimita o grão e, é o principal modulador das interações da estrutura interna do grão com o meio ambiente. Assim, destacam-se as seguintes funções do tegumento: manter unidas as partes internas; proteção contra agentes externos de natureza climática (umidade, trocas gasosas, variações de temperatura), biótica (microrganismos, insetos, pássaros), mecânica (choques) ou química (substâncias ou produtos de diversas naturezas) (Filho, 2005).

2.1.2 Composição Química

A composição química dos grãos é fundamental para o estabelecimento de diretrizes visando a sua utilização como fonte de alimentos para homens e animais ou como matéria-prima de ampla aplicação industrial (Filho, 2005).

De modo geral, os carboidratos, as proteínas e os lipídios são as principais substâncias de reserva, mas as proporções de cada um desses componentes variam de acordo com a espécie e, frequentemente, com o cultivar.

Nos grãos, estas substâncias de reserva são armazenadas no endosperma e/ou embrião. Porém, o processo de síntese ocorre em compartimentos celulares diferentes e são específicos para cada substância: carboidratos (sacarose) e lipídios em plastídios, proteínas no citosol e retículo endoplasmático. O acúmulo de carboidratos precede o dos lipídios e das proteínas porque são precursores e/ou participam indiretamente na síntese desses compostos nos grãos (Buckeridge et al., 2004; Filho, 2005).

De acordo com o tipo de reservas predominantes, os grãos podem ser classificados em:

2.1.2.1 Amiláceos

As principais substâncias de reserva são os carboidratos. Estes têm como função principal o fornecimento de energia para o desenvolvimento do embrião durante a germinação. Os cereais e outras gramíneas são especialmente ricos em carboidratos e armazenam menores quantidades de óleo e de proteínas. Exemplo: milho, arroz, trigo e várias outras gramíneas (Bobbio e Bobbio, 2003; Filho, 2005).

O carboidrato presente em maior quantidade nos grãos amiláceos é o amido, uma substância armazenada na forma de amilose e amilopectina, principalmente no endosperma de gramíneas e no embrião de algumas leguminosas (Filho, 2005).

2.1.2.2 Oleaginosos

Predominam os lipídios, como no caso da mamona, dendê, amendoim, girassol, linho, colza. Os lipídios são substâncias de origem vegetal ou animal. Trata-se de ésteres de ácidos graxos e glicerol ou seus vários produtos hidrolíticos. Durante a germinação, são considerados fontes de energia mais eficientes que os carboidratos. Podem também ter função estrutural e de reserva (Bobbio e Bobbio, 2003)

Os lipídios mais abundantes no embrião são os glicerídios, mais especificamente os triglicerídios, porque cada molécula de glicerol é combinada com três de ácidos graxos (Buckeridge et al., 2004).

A classificação dos lipídios é baseada em sua composição e podem ser: simples, compostos e derivados.

Os lipídios simples incluem os ésteres de ácidos graxos e glicerol ou outros álcoois. Podem apresentar-se na forma sólida ou líquida, sendo que os sólidos à temperatura ambiente recebem o nome de gordura, enquanto que os líquidos, o nome de óleos.

Os lipídios compostos são ésteres de ácidos graxos, contendo grupos químicos adicionais, como fósforo, glicídios, nitrogênio e enxofre, originando os fosfolipídios (componentes da estrutura da membrana celular), glicolipídios e lipoproteínas.

Os lipídios derivados são originados por hidrólise de lipídios simples ou compostos, incluem os ácidos graxos saturados e insaturados, o glicerol e os esteróides.

A grande maioria dos lipídios presentes nos grãos é do tipo simples, em que, os ácidos graxos são identificados pelo número de átomos de carbono e de ligações duplas em suas cadeias. Os saturados contêm número par de átomos de carbono (geralmente 4 a 24) e não têm ligações duplas, por exemplo, o ácido palmítico (16:0, com 16 átomos de carbono e nenhuma cadeia dupla), o principal ácido graxo saturado dos grãos oleaginosos (Filho, 2005)

No entanto, os mais comuns são os insaturados, constituídos de uma ou mais ligações duplas nas cadeias de hidrocarbonetos, indicando que podem tomar átomos de hidrogênio de um composto saturado. Os principais ácidos graxos insaturados dos grãos são o oléico, com uma ligação dupla (18:1), e o linoléico, com duas (18:2), representando cerca do 60% do peso de todos os lipídios presentes nas oleaginosas. Os ácidos graxos com duplas ligações têm grande tendência à oxidação, e, para sua melhor conservação, há necessidade da adição de substâncias antioxidantes (Buckeridge et al., 2004).

A maior parte dos triglicerídios procedentes de vegetais são líquidos a temperatura ambiente e apresentam elevada proporção de ácidos graxos insaturados. Já, os de origem animal, possuem elevadas proporções de ácidos

graxos saturados sólidos ou semi-sólidos, quando em temperatura ambiente (Bobbio e Bobbio, 2003; Buckeridge et al., 2004).

Durante a germinação, as lipases hidrolisam os triglicerídios formando glicerol e ácidos graxos, e, parte do glicerol é transformada posteriormente em açúcares, liberando energia para a germinação (Bobbio e Bobbio, 2003)

2.1.2.3 Aleuro-oleaginosos

São grãos que acumulam lipídios e proteínas, como a Soja e o Algodão. As proteínas são constituídas por combinações de aminoácidos em proporções variadas. Após a água, durante a germinação, são os componentes mais essenciais para a formação de novos tecidos nos pontos de crescimento do embrião. São armazenadas em partículas proteicas, na forma de albuminas, globulinas, prolaminas e glutelinas (Filho, 2005).

2.1.2.4 Aleuro-amiláceos

São grãos que acumulam carboidratos e proteínas, como o feijão, ervilha e outras leguminosas (Filho, 2005).

Além das substâncias mencionadas, podem ainda ser encontrados, em pequenas quantidades, minerais (metais), vitaminas, compostos fosforados, taninos, alcaloides, compostos fenólicos e outras substâncias (Mizubuti et al., 2009).

No Quadro 1, elaborado a partir de informações relatadas na literatura, é apresentado o perfil de ácidos graxos das oleaginosas de inverno estudadas. A concentração de ácidos graxos (em porcentagem) predominante é destacada com cor azul escura para cada tipo de óleo.

Os óleos de Camelina e Linhaça são ricos em ácido linolênico, enquanto que, no óleo de Canola e Nabo forrageiro predomina o ácido oléico. Por outro lado, o óleo de Crambe é rico em ácido erúcico, e o óleo de Cártamo tem maior quantidade de ácido linoléico.

Quadro 1 – Perfil dos ácidos graxos majoritários das oleaginosas estudadas

Oleaginosa	Lugar	Teor Óleo	Saturados		Insaturados					Outros %	Fonte
			Palmítico	Esteárico	Oléico	Linoléico	Linolênico	Eicosenoico	Erúcico		
		%	(16:0)-%	(18:0)-%	(18:1)-%	(18:2)-%	(18:3)-%	(20:1)-%	(22:1)-%		
Camelina [<i>Camelina sativa</i> (L.)]	USA	30,0 – 38,0	6,4	2,8	15,9	20,9	30,7	13,6	3,0	6,6	Budin et al., 1995
	Alemanha	37,0 - 41,0	6,5	2,3	16,2	18,1	39,0	13,2	2,6	-	Zubr e Matthäus, 2002
	Canada	38,0 - 43,0	4,6-5,2	2,2 - 2,5	12,8 - 14,7	16,3 - 17,2	36,2 - 39,4	14,0 - 15,5	2,5 - 3,1	-	Gugel e Falk, 2006
	USA	30,5	6,8	2,7	18,6	19,6	32,6	12,4	2,3	2,1	Moser e Vaughn, 2010
	Roménia	30,0-45,0	6,5	2,2	16,3	21,0	35,6	-	1,6	3,3	Imbrea et al., 2011
Canola (<i>Brassica napus</i> L. var. Oleifera Moench)	Canada	40,5 - 44,5	4,7	1,8	63,0	20,0	8,6	1,9	-	-	Downey, 1990
	USA	-	6,2	-	61,3	21,6	6,6	-	-	4,3	Budin et al., 1995
	Canada	-	3,7	1,9	62,4	20,1	8,4	1,5	-	1,9	Zambiasi, 2007
	Brasil	-	5,0 - 5,4	2,7	0,1	19,8 - 20,8	0,3 – 0,4	1,0 - 1,2	-	-	Aued-Pimentel et al., 2009
	Índia	-	3,0	1,0	64,0	22,0	8,0	-	-	-	Singh e Singh, 2010
	USA	-	6,0	2,0	62,0	22,0	6,0	1	-	-	Schulte et al., 2013
Cártamo (<i>Carthamus tinctorius</i>)	Turquia	27,5	7,6	2,4	11,0	70,5	-	0,1	-	8,4	Bozan e Temelli, 2008
	Isfahan	32,0	5,7	1,7	15,1	73,5	0,3	-	-	0,4	Sabzalian et al., 2008
	Arak	33,1	7,6	2,5	14,1	72,8	0,2	-	-	0,4	Sabzalian et al., 2008
	Canada	34,0	7,3	2,9	15,4	71,1	0,5	-	-	0,5	Sabzalian et al., 2008
	Índia	-	7,3	1,9	13,6	77,2	-	-	-	-	Singh e Singh, 2010
	Roménia	19,6	11,1	4,4	12,8	69,7	0,5	-	-	1,7	Patroscoiu et al., 2013
Crambe [<i>Crambe abyssinica</i> (Hochst)]	Canada	33,0 -54,0	1,7	1,0	16,7	7,8	6,9	2,9	55,7	7,3	Downey, 1971
	Itália	36,3	1,9	0,7	17,2	8,7	5,2	3,4	56,2	6,7	Lazzeri et al., 1994
	USA	-	2,4	0,4	18,4	10,7	5,1	-	54,0	9,0	Budin et al., 1995
	Itália	30,6	1,8	0,7	17,2	8,7	5,2	3,4	56,2	6,8	Bondioli et al., 1998
	China	34,5	2,2	-	16,5	9,3	4,8	4,7	62,5	-	Wang et al., 2000
	Índia	-	2,0	1,0	19,0	9,0	-	1,0	59,0	9,0	Singh e Singh, 2010
	Grécia	30,0	0,9	0,5	15,1	13,2	-	2,4	63,7	3,8	Lalas et al., 2012
Linhaça (<i>Linum usitatissimum</i> L)	USA	-	5,1	4,6	24,3	16,3	45,1	-	0,9	3,7	Budin et al., 1995
	Canada	-	4,8	3,0	21,4	15,2	54,2	0,4	-	0,9	Zambiasi, 2007
	Turquia	33,6	6,9	4,6	15,1	14,0	58,3	-	-	1,2	Bozan e Temelli, 2008
	Turquia	29,4	4,3	6,0	22,3	13,4	53,6	0,2	-	-	Bayrak et al., 2010
	Roménia	-	6,6	4,4	18,5	17,2	53,2	-	-	-	Popa et al., 2012
	Índia	38,4	6,1	6,3	27,8	15,9	44,0	-	-	-	Pali e Mehta, 2014
Nabo F. (<i>Raphanus sativus</i> L)	Brasil	25,6	8,3	2,7	35,4	19,1	13,2	7,8	11,9	-	Ferrari et al., ?
	Suécia	-	5,2	1,9	29,4	15,9	8,1	9,6	24,5	2,7	Appelqvist, 1971
	Índia	42,6	3,3	1,0	17,7	13,9	18,9		44,2	-	Ahuja et al., 1987
	Brasil	-	5,7	2,2	34,5	17,8	12,5	10,0	16,4	-	Domingos, 2005

Fonte: Autor

Quando as plantas crescem em ambientes com altas temperaturas, decresce significativamente a composição do ácido linoléico e aumenta notoriamente o ácido oléico (Canvin, 1965).

De acordo com o Quadro 2, os grãos escolhidos, empregados neste trabalho, classificam-se como grãos oleaginosos, pois as reservas predominantes são os lipídios. Embora, o Cártamo pudesse ser classificado como amiláceo.

Quadro 2 – Composição química aproximada dos grãos oleaginosos estudados

GRÃO	COMPOSIÇÃO APROXIMADA			Fonte
	Carboidratos (%)	Lipídios (%)	Proteínas (%)	
Camelina	5,5	29,0–41,0	23,0–30,0	Putnam Et Al., 1993; Zubr, 2010
Canola	19,0	34,0–40,0	23,0-27,0	Oplinger Et Al., 1989; Naczk E Shahidi, 1990
Cártamo	50,5	32,0- 40,0	11,0-17,0	Tomm, 2005, 2009; Filho, 2005
Crambe	26,5	45,0–55,0	15,0-24,0	Duke, 1983; Oelke Et Al., 1992; Bozan E Temelli, 2008
Linhaça	24,0	33,0–47,0	18,0-24,0	Duke, 1983; Oplinger Et Al., 1991; Falasca Et Al., 2010
Nabo Forrageiro	11,0	27,0–42,0	29,6	Filho, 2005, Dixit Et Al., 2012; Juita Et Al., 2012
				Barros E Jardine, 2012; Yamakoa, 2013

Fonte: Autor

2.2 BIODIESEL

O Biodiesel é definido como um combustível e/ou aditivo derivado de fontes renováveis (biomassa) usado em motores de ciclo diesel. É composto de uma mistura de mono-alquil éster de ácidos graxos de cadeia longa, obtida a partir do craqueamento, esterificação de ácidos graxos e/ou transesterificação de matérias graxas de origem vegetal (óleo) ou animal (gordura), que atende as especificações contidas no Regulamento Técnico nº 14/2012 da ANP. Essas especificações limitam a quantidade de contaminantes individuais que podem levar a problemas operacionais severos quando o Biodiesel é utilizado em motores, incluindo a formação de depósitos, entupimento de filtro e deterioração do combustível. Alguns

dessas especificações são apresentadas no Quadro 3 e de forma completa no Anexo A.

Quadro 3 – Parâmetros de qualidade do Biodiesel comumente analisados

Parâmetros	Unidade	Limite	Método ABNT NBR
Teor de Água, máx.	mg/kg	2	
Teor de Ester	% massa	96,5	15764
Enxofre Total, máx.	mg/kg	10	15867
Fósforo, máx	mg/kg	10	15553
Índice de Acidez, máx.	mgKOH/g	0,5	14448
Índice de lodo	g l ₂ /100g	Anotar	-
Viscosidade Cinemática a 40°C	mm ² /s	3,0 a 6,0	10441

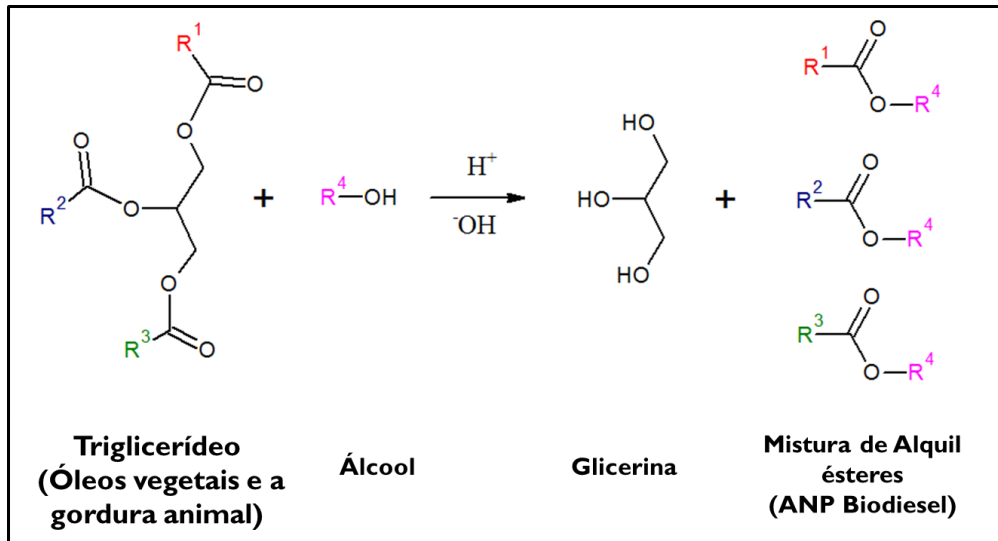
Fonte: ANP, 2012

Na atualidade, a rota utilizada no Brasil para transformar a matéria graxa em Biodiesel é a transesterificação, visto que é um processo relativamente simples e promove a obtenção de um combustível cujas propriedades são similares às do óleo diesel (Ferrari et al., 2005). Este processo de transesterificação, segundo Suarez e Meneghetti (2007), foi patenteado no Brasil pelos professores Expedito Parente e Ulf Schuchard da UFC e da Unicamp, com o apoio de Fundação CETEC de Minas Gerais e do Ministério da Indústria e Comércio.

A transesterificação, também conhecida como alcoólise, consiste na reação entre um éster e um álcool, formando-se outro éster e outro álcool, ou seja, um éster é transformado em outro através da troca dos grupos alcóxidos. O triglicerídeo (éster) presente no óleo vegetal e/ou gordura animal reage com um álcool de cadeia curta (metanol ou etanol) na presença de um catalisador produzindo uma mistura de ésteres mono-alquílicos de ácidos graxos e glicerol (Figura 1)

Os ésteres graxos produzidos através da transesterificação são a matéria-prima para uma ampla gama de derivados oleoquímicos com alto valor agregado. Para o setor energético, estão se tornando um substituto renovável parcial ou total do óleo diesel mineral (Garcia, 2006). Portanto, o Biodiesel pode ser utilizado puro ou misturado com o óleo diesel mineral.

Figura 1 – Reação de transesterificação de um triglicerídeo



Na estrutura geral do Triglicerídeo, R₁, R₂, R₃ = grupo alquil saturado ou insaturado; podendo ser igual ou diferente.

As misturas binárias de Biodiesel e óleo diesel mineral são designadas pela abreviação mundial BX, onde X é a porcentagem de Biodiesel na mistura. Hoje, 2015, nos postos em todo Brasil é vendido o Biodiesel B6, onde 6 representa uma concentração de 6% de Biodiesel.

2.2.1 Produção de Biodiesel no Mundo e no Brasil

A produção do Biodiesel no mundo depende basicamente de fatores como a geografia, o clima e a economia de cada país, os quais determinam a matéria-prima (óleo vegetal) de maior interesse para uso potencial nos biocombustíveis.

Atualmente a produção de Biodiesel está concentrada principalmente na Europa. Segundo USDA (2014) os principais produtores da União Europeia são, em primeiro lugar, a Alemanha (3,180 milhões de litros), seguida pela união Benelux (1,990 milhões de litros) e pela França (1,930 milhões de litros), que utilizam como matéria-prima a Colza ou Canola. Estados Unidos (10,890 milhões de litros), Brasil (3,500 milhões de litros) e Argentina (2,600 milhões de litros) com a cultura da Soja. Por outro lado, países com clima tropical, como Indonésia (3,650

milhões de litros), Malásia (0,423 milhões de litros) e Colômbia (0,558 milhões de litros), têm focado seus estudos no óleo de palma.

O Brasil tem o maior potencial do mundo para a produção de oleaginosas como matéria-prima para Biodiesel, dado sua grande extensão territorial e às diferentes condições edafoclimáticas de cada região. De acordo com Freitas, (2011), a Soja foi a primeira oleaginosa utilizada no Brasil como matéria-prima para a produção de Biodiesel, devido a sua capacidade de adaptação e produção no país. Ao longo do tempo, vários estudos têm destacado os potenciais de outras espécies oleaginosas para a produção de Biodiesel, como o Coco, a Mamona, o Girassol, o Amendoim, o Algodão, a Canola e a Palma. Mesmo com a grande diversidade de culturas oleaginosas presentes no Brasil, a maior parte da produção de Biodiesel ainda é suprida pelo óleo de Soja, segundo ANP (2015). Na atualidade cerca de 11,2 milhões de toneladas de soja são transformadas em óleo, que servem como matéria-prima para 73,09% da produção de Biodiesel no Brasil, e, o restante vem da Gordura Bovina (21,94%), óleo de Algodão (2,84%), óleo de fritura (0,74%), gordura de porco (0,30%), gordura de frango (0,05%), e outras matérias graxas (0,98%).

No Estado de Paraná, segundo Franchini et al. (2011), é adotado dois sistemas de produção de grãos, caracterizados como sistemas de sucessão de culturas, com o predomínio de Soja no verão e trigo no inverno para a metade sul e sudoeste (região subtropical) e de Soja no verão e milho safrinha no inverno nas regiões norte e oeste do Estado (região de transição climática). Apesar do predomínio desses dois sistemas, nos últimos anos, os sistemas de produção de grãos no Paraná têm apresentado, em média, 78% de Soja, 16% de Milho e 6% de Feijão no verão, e no inverno 21% de Trigo, 24% de Milho safrinha, 25% Aveia para cobertura do solo, 5% de Cevada, Triticale, Canola e Girassol, e 25% de área ociosa.

2.3 ESPÉCIES OLEAGINOSAS

As oleaginosas são plantas que contém um alto teor de óleo, tanto a partir de suas sementes (Soja, Colza/Canola, Girassol), como a partir de seus frutos (palma, babaçu, coco), podendo ser utilizadas como matéria-prima para a produção

de Biodiesel. Além disso, algumas dessas plantas, após da extração do óleo, são utilizadas em diferentes aplicações, especialmente, alimento proteico para animais.

Nesse cenário, destaca-se as espécies oleaginosas de inverno: Camelina (*Camelina Sativa L.*), a Canola (*Brassica napus L.*), o Cártamo (*Carthamus tinctorius*), o Crambe (*Crambe abyssinica*), a Linho (*Linum usitatissimum*) e o Nabo Forrageiro (*Raphanus sativus L.*), pois, segundo informações relatadas na literatura, os óleos dessas oleaginosas apresentam características favoráveis para a produção de Biodiesel, seguindo as normas internacionais de qualidade. Além disso, o rendimento de grãos dessas oleaginosas apresentam valores próximos ao rendimento de grãos da Soja no Estado do Paraná, como pode-se observar no Quadro 4.

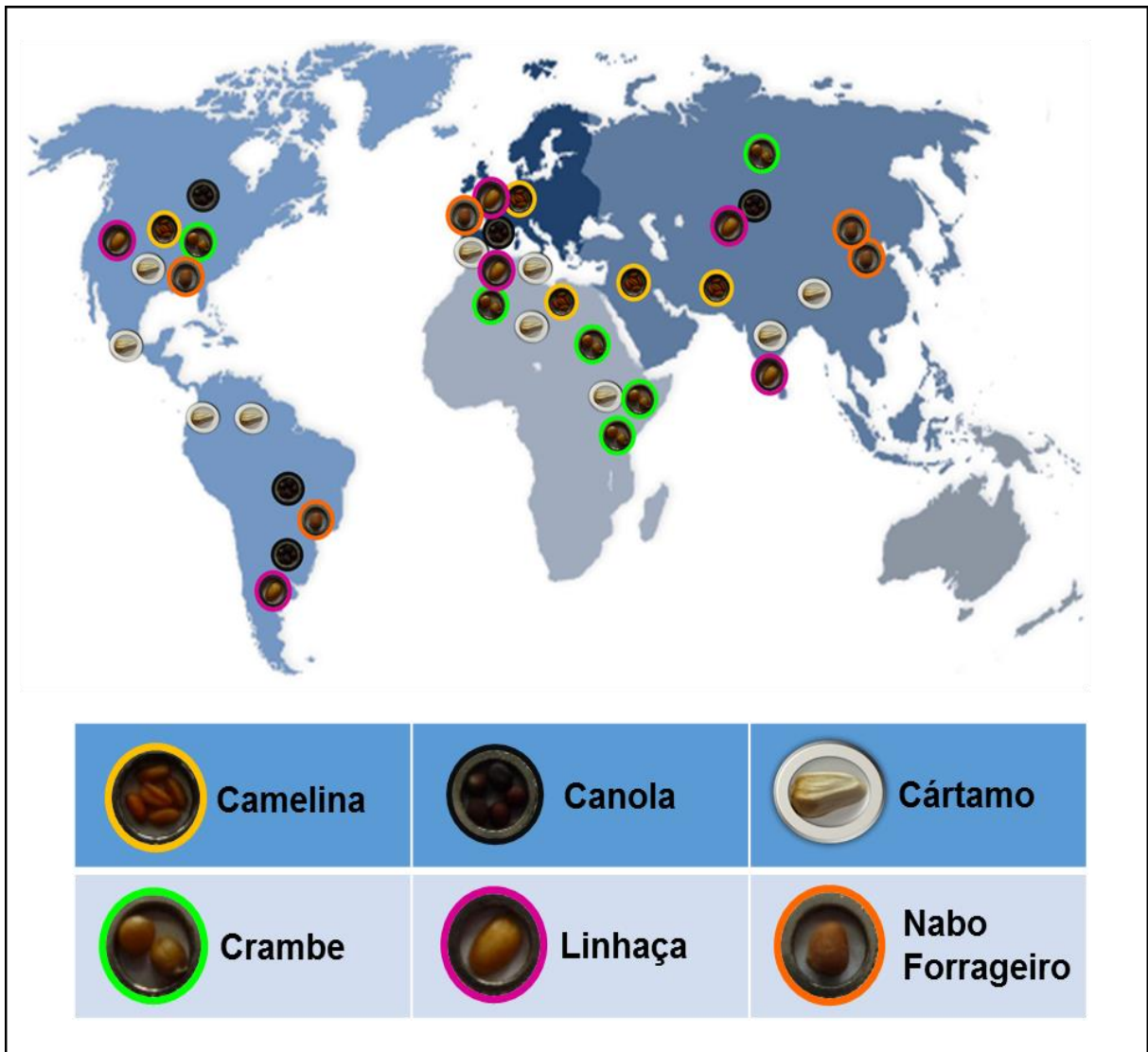
Quadro 4 – Rendimento de grãos (kg/ha) das oleaginosas estudadas obtidos em outros estudos.

Oleaginosa	Ano	País	Rendimento de Grãos (Kg/Ha)	Fonte
Soja	2014/15	Brasil - PR	3328,0	Conab, 2015
Camelina	2006	Canadá	2281,0	Gugel e Falk, 2006
	2013	Espanha	2240,0	Ciubota-Rosie et al., 2013
	2007	Áustria	1851,0	Vollmann et al, 2007
Canola	2009/10	Chile	4000,0	USDA, 2012; Mori et al., 2014
	2011	União Europeia	3300,0	Mori et al., 2014
	2011	Bélgica	4746,0	Mori et al., 2014
Cártamo	2014	Brasil - PR	1436,0	Conab, 2015
	2008	México	1400,0	Faostat, 2010; Montoya, 2010
	2008	EUA	1700,0	Faostat, 2010; Montoya, 2010
	2009	EUA	1100,0	UCCE, 2011
	2009	Turquia	2749,9	Ada, 2012
Crambe	2007	Brasil - PR	1420,0	Moura, 2012
	-	Rússia	1622,0	Duke, 1983 ; Falasca et al., 2010
	-	EUA	2522,0	Duke, 1983; Falasca et al., 2010
	1995	Itália	2900,0	Falasca et al., 2010
	-	Austrália	3300,0	Falasca et al., 2010
	-	Brasil - MS	1500,0	Falasca et al., 2010
	2008	Brasil - SP	1507,7	Jasper et al., 2010
Linhaça	1981	Arizona/Califórnia	4390,0	Dybing e Lay, 1981; Duke, 1983
	1981	EUA	2460,0	Dybing e Lay, 1981; Duke, 1983
	2006/08	Nova Zelândia	2596,0	Townshend e Boleyn, 2010
Nabo Forrageiro	-	-	1500,0	Barros e Jardine, 2012; Cremonez et al., 2013

Fonte: Autor

Essas oleaginosas de inverno tem sua origem principalmente na Europa, Ásia e África. Porém, ao longo do tempo foram disseminadas nas Américas, como pode-se verificar na Figura 2.

Figura 2 – Mapa da distribuição das oleaginosas estudadas pelo mundo



Fonte: Autor

As principais características agronômicas dessas oleaginosas são descritas no Quadro 5.

Quadro 5 – Características agronômicas gerais das oleaginosas estudadas.

Oleaginosa	Nome científico	Família	Nomes tradicionais	Origem	Países que cultivam	Condições climáticas	Tolerância
Camelina	<i>Camelina sativa</i> (L.)	Brassicaceae	False flax ou gold-of-pleasure	Alemanha, Mediterrâneo até Ásia Central	Sudeste da Europa, sudoeste da Ásia, América do Norte	Clima Frio, Temperado	Resistência a seca e geadas
Canola	<i>Brassica napus</i>	Brassicaceae	CANadian Oil, Low Acid,	Europa	Ásia, Europa, Canadá, Argentina, Brasil	Clima de temperado a frio	Geadas e estresse hídrico
Cártamo	<i>Carthamus tinctorius</i>	Asteraceae	Alazor, azafrán bastardo, azafrancillo, azafrán romí, kusum, honghua e safflower.	Etiópia, Índia	Sul da Ásia, China, Índia, Pérsia, Egypto, Itália, França, Espanha, México, Venezuela, Colômbia, Estados Unidos, regiões do Mediterrâneo.	Tempo seco	Resistência a seca
Crambe	<i>Crambe abyssinica</i> (Hochst)	Brassicaceae	Crambe	Mediterrâneo, Etiópia, Tanzânia.	Norte e leste da África, Europa, Estados Unidos, Rússia, Brasil.	Temperaturas baixas, se adapta muito bem ao clima frio	Geadas
Linho	<i>Linum usitatissimum</i>	Linaceae	Linaceae, flaxseed, flax	Ásia Central e Região do Mediterrâneo	Ásia (Índia), Europa (França, Polônia, Bélgica, Países Baixos, Portugal), Canada, EUA, Argentina.	Clima temperado ou subtropical fresco	Doenças, secas, e fungos.
Nabo Forrageiro	<i>Raphanus sativus</i> L	Brassicaceae	Rabano, rabanete, forage turnip, oilseed radish.	Europa e Ásia.	Ásia Oriental, Europa, América do Norte, Brasil	Clima frio, úmido ou tropical.	Seca, geada, resistência a doenças e pragas.

Fonte: Autor

Continuação...

Oleaginosa	Aspecto dos grãos	Altura da planta (cm)	Ciclo da cultura (días)	Produtividade (kg/ha)	Produção de óleo (kg/ha)	Fonte
Camelina	Cor amarelo-marrom, 1 mm largura, 2 mm comprimento.	30-90	85-100	600-2.281	807	Gugel e Falk, 2006; Vollmann et al., 2007; Moser e Vaughn, 2010
Canola	Cor entre marrom escuro e preto, diâmetro < 2 mm.	93-176	100-155	1.436-4.000	960	Duke, 1983; Hernández et al., 2008; Tomm, 2009; Yamakoa, 2013
Cártamo	Cor branca, 7-8 mm comprimento, 4-5 mm largura.	100-150	110-150	1.100-2.750	525	Oelke et al., 1992; Montoya, 2010; Yamakoa, 2013
Crambe	Grãos mantidos em pequenas cápsulas esféricas e cada cápsula contém um único grão de cor castanho-verdeado, diâmetro de 0,8-2,6 mm.	100-120	100-212	1.500-3.300	360	Oplinger et al., 1991; Duke, 1983; Wang et al., 2000; Falasca et al., 2010; Lalas et al., 2012; Feroldi et al., 2012; Yamakoa, 2013
Linho	Cor amarelo ou marrom claro a escuro, brilhante. 4-5 mm de comprimento, 2 mm de largura.	75 -120	120-200	2.460-4.390	500	Duke, 1983; Townshend e Boleyn, 2010; Dixit et al., 2012; Juita et al., 2012; Yamakoa, 2013
Nabo Forrageiro	Cor marrom-amarelada, 2 mm a 3 mm de diâmetro.	100-180	150-180	1.000-1.500	340	Barros e Jardine, 2012; Yamakoa, 2013 Cremonez et al., 2013

Fonte: Autor

2.3.1 Camelina [*Camelina Sativa* (L.)]

Na Espanha, a Camelina, segundo Ciubota-Rosie et al. (2013), é considerada como uma boa cultura para rotação com o trigo de inverno, pois seu uso no sistema de rotação inibe o crescimento de plantas daninhas e afasta as pragas indesejáveis. O óleo desta oleaginosa é tradicionalmente usado para a produção de sabões, tintas, enquanto que, o farelo (coproduto) é utilizado na alimentação de animais. Além disso, foi testado como combustível diretamente em motores diesel (Bernardo et al., 2003) e avaliado como matéria-prima para a produção de Biodiesel por Frohlich e Rice (2005), Moser e Vaughn (2010) e Ciubota-Rosie et al. (2013) e na produção de Bioqueresene, um combustível alternativo na aviação (IATA, 2013).

No Brasil, não foi encontrado registro de trabalhos realizados sobre a produção de Biodiesel utilizando a Camelina como matéria-prima.

2.3.2 Canola (*Brassica napus* L. var. *Oleifera* Moench)

Os grãos de Canola ocupam o segundo lugar de maior importância econômica no mundo (USDA, 2015).

Canola é um termo genérico internacional que corresponde a uma variedade melhorada de Colza desenvolvida pelos cientistas canadenses Baldur Stefansson e Richard Downey. O termo é considerado um acrônimo em inglês CANadian Oil, Low Acid, indicando que o óleo tem baixos níveis de ácido erúico e de glucosinolatos, apto para consumo humano e animal.

Existem diferentes espécies associadas à Canola no mundo, tais como *Brassica napus*, *Brassica rapa* L., *Brassica oleracea*, *Brassica juncea* e *Brassica carinata*. No Brasil, empregam-se unicamente híbridos de *Brassica napus* L. var. *oleífera*, que atendem o padrão de baixo teor de ácido erúico para consumo humano, pela necessidade de se evitar o cultivo de cultivares de Colza (com maiores teores de ácido erúico), em função do risco de contaminação do óleo comestível (Carlsson, 2009).

Segundo Mori et al. (2014) a colza (*Brassica napus* L.) ou sua variedade melhorada, a Canola (*Brassica napus* L. var. *oleífera*), é uma das

principais oleaginosas do mundo. A Colza/Canola tem sido usada como forragem verde para alimentação animal, adubação para condicionamento do solo e matéria-prima para extração de óleo, o qual tem sido empregado na alimentação humana (óleo comestível, margarina, maionese e outros derivados), para iluminação (lâmparina à base de óleos vegetais), para uso industrial (sabões e outros derivados) e, mais recentemente, para produção de biocombustível. O farelo de Canola, coproduto sólido da extração de óleo, é usado como suplemento proteico na formulação de rações para animais.

2.3.3 Cártamo - (*Carthamus tinctorius*)

Desde a antiguidade, o Cártamo foi cultivado com o objetivo de extrair de suas flores os corantes vermelho e amarelo, utilizados principalmente para culinária e tintura de tecidos (Oelke et al., 1992). Em termos de fornecimento de material para tingimento, o Cártamo era tão importante quanto o índigo e só foi substituído lentamente com a descoberta e aplicação de novos corantes químicos sintéticos.

O óleo de Cártamo é usado em tratamento corporal, para estética e saúde, indústria bioquímica, produção do Biodiesel, e na alimentação. A importância do óleo de semente de Cártamo está no seu alto teor de ácido linoléico (LA-C 18:2), que mostra uma crescente importância, para fins nutricionais e farmacêuticos (Duz et al., 2011).

Para o Brasil, foi encontrado apenas dois registros sobre produção de Biodiesel a partir de óleo de Cártamo (Safflower), de autoria de Moraes et al. (2010) no Estado do Rio Grande do Norte e Mendeiros (2011) no Estado da Paraíba. No primeiro trabalho o produto obtido (Biodiesel) foi caracterizado por RMN 1H e cromatografia em camada delgada (CCD), além de índice de acidez e densidade. Enquanto, no segundo trabalho foram determinados os parâmetros: taxa de conversão em ésteres, índice de acidez, ácidos graxos livres, índice de saponificação, glicerina livre, glicerina total, índice de peróxido, índice de iodo, viscosidade cinemática, massa específica (20°C), teor de água, índice de cetano, poder calorífico, ponto de fulgor, ponto de névoa e de fluidez, ponto de entupimento de filtro a frio, estabilidade oxidativa. Além disso, neste segundo trabalho, foi

identificada a composição de ésteres (Cromatografia Gasosa - CG) e a estrutura por Espectroscopia de Absorção na região do Infravermelho e Ressonância Magnética Nuclear de Hidrogênio (1H RMN)

2.3.4 Crambe [*Crambe abyssinica* (Hochst)]

O óleo de Crambe pode ser distinguido de outros devido ao seu elevado teor de ácido erúico (50-60%, C22:1), um ácido graxo de cadeia longa que tem utilizações industriais especiais, tais como lubrificante industrial, inibidor de corrosão e como ingrediente na fabricação de borracha sintética. Ele também pode ser usado para produzir películas de plástico, nylon, adesivos e materiais de isolamento elétrico.

A partir do óleo é obtido "erucamida", uma substância utilizada para preparar cosméticos, além de outros usos industriais (Falasca et al., 2010). A torta e/ou farelo do Crambe, depois da extração do óleo, precisa do processo de destoxificação para ser utilizada como suplemento de proteínas para o gado (25-35% de proteína). Além disso, o Crambe pode ser perfeitamente incluído em uma rotação com a Soja para a produção de Biodiesel (Onorevoli, 2012)

No Brasil, foram encontrados os trabalhos de Basso et al. (2012) em Campinas - SP, e Onorevoli (2012) em Porto Alegre, RS, sobre produção de Biodiesel a partir do óleo de Crambe. Os parâmetros analisados no Biodiesel obtido por Onorevoli (2012) foram índice de acidez e teor de ésteres, enquanto, Basso et al (2012) determinou o perfil de ácidos graxos.

2.3.5 Linho (*Linum usitatissimum* L)

Linho é a planta cultivada pelas suas fibras e óleo. A roupa de cama é o produto mais importante feita a partir da fibra desta planta. O Linho é macio, brilhante e flexível, embora não seja tão flexível ou elástico como o algodão ou a lã. É mais forte do que o algodão, rayon ou lã, mas, mais fraco do que rami (Duke, 1983).

É usado na fabricação de argolas, capachos e tapetes, fios, telas, bolsas, e para trabalhos de qualidade, como impressão de notas da moeda. A linhaça, semente do linho, é usada na indústria de tintas e vernizes, esmaltes, linóleo, oleado e couro, e, na impermeabilização para capas de chuva e lonas. Em alguns países, é usado como óleo comestível, na fabricação de sabão, e na produção de Biodiesel. Além disso, é utilizado para preservar o concreto e para evitar rachaduras e desgastes em superfícies (Duke, 1983; Demirbas, 2009; Dixit et al., 2012; Juita et al., 2012).

O farelo de linhaça é usado como ração para gado e é valorizado por seu alto teor de proteínas. Os principais benefícios nutricionais do óleo de linhaça para a saúde humana são atribuídos ao alto teor de ácido α -linoléico (ALA) (Simopoulos, 2002).

Para o Brasil, foram encontrados registros de produção de Biodiesel a partir de óleo de Linhaça, de autoria de Guzatto et al. (2011), no Estado do Rio Grande do Sul (Porto Alegre), e de Oliveira et al. (2012), no Estado do Rio Grande do Norte. Em Guzatto et al. (2011), o Biodiesel foi caracterizado para densidade (20°C), ponto de fulgor, conteúdo de enxofre, viscosidade cinemática (40°C), ponto de névoa e de fluidez, ponto de entupimento de filtro a frio, Sódio, Potássio, Cálcio, Magnésio, teor de água, glicerina livre, glicerina total, metanol, resíduo de carbono, estabilidade oxidativa (110°C) e corrosão do cobre. E, Oliveira et al. (2012) determinaram pH, densidade, índice de acidez e ácidos graxos livres no Biodiesel obtido.

2.3.6 Nabo Forrageiro (*Raphanus sativus* L)

O Nabo Forrageiro tem sido amplamente utilizado na região sul e central do Brasil como cultura de cobertura do solo em épocas de entressafra, como pastagens, e como adubo verde (Crusciol et al., 2005; Tomm et al., 2005). Tem uma excelente capacidade de reciclar os micronutrientes do solo (principalmente nitrogênio e fósforo), desenvolvendo-se razoavelmente em solos fracos com problemas de acidez (Sluszz e Machado, 2006).

O óleo extraído do nabo forrageiro é considerado uma boa opção como matéria-prima para a produção de Biodiesel no Brasil. Apresenta

características favoráveis, principalmente pela baixa viscosidade, o que melhora o desempenho do motor. Além disso, possui alta estabilidade química quando comparado ao óleo de Soja e ao de Girassol, diminuindo a possibilidade de eventuais degradações e formação de resíduos sólidos, se armazenado ou transportado inadequadamente (Barros e Jardine, 2012).

No Brasil, foram encontrados registros de produção de Biodiesel a partir da transesterificação do óleo de Nabo Forrageiro, de autoria de Dambiski (2007), Cremones et al. (2013), e Valle (2009). Nestes trabalhos, foram determinados índice de acidez, índice de lodo, resíduo de Carbono, conteúdo de Enxofre, viscosidade cinemática (40°C) e densidade (20°C).







3. MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi conduzido no período de outubro 2013 a dezembro 2014 na Universidade Estadual de Londrina – UEL (Londrina-PR), nos Laboratórios de Análises de Alimentos e Nutrição Animal (LANA), de Fitotecnia, ambos localizados no Centro de Ciências Agrárias (CCA), e no Laboratório de Fluorescência e Ressonância Paramagnética Eletrônicas (LAFLURPE) do Centro de Ciências Exatas.

3.1 GRÃOS OLEAGINOSOS

Foram utilizados grãos de seis espécies de oleaginosas e 18 cultivares: Camelina (*Camelina sativa L.*), Canola (*Brassica napus L.*), Cártamo (*Carthamus tinctorius*), Crambe (*Crambe abyssinica*), Linhaça (*Linum usitatissimum*) e Nabo Forrageiro (*Raphanus sativus L.*), conforme Figura 3.

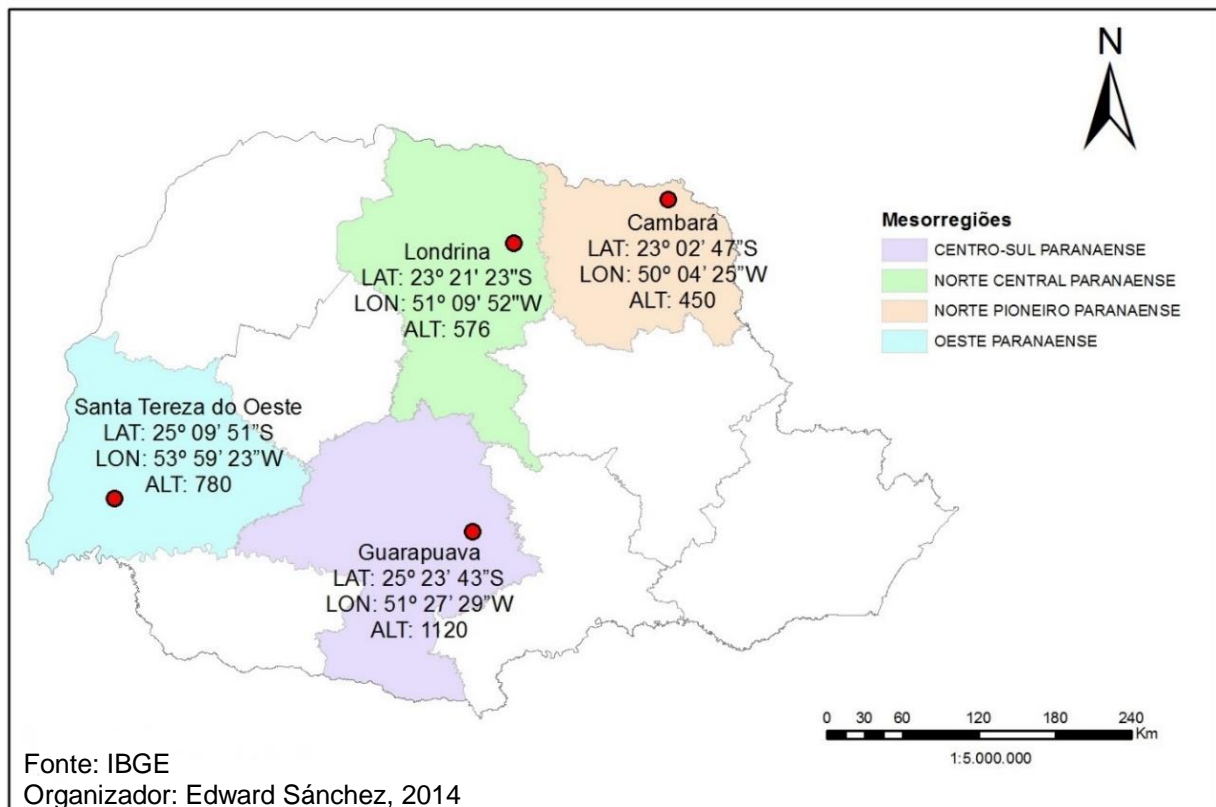
Figura 3 – Espécies e cultivares estudadas

ESPÉCIES OLEAGINOSAS						
	Camelina	Canola	Cártamo	Crambe	Linhaça	Nabo Forrageiro
Quantidade	2	7	4	1	1	3
Cultivares	IAPAR ESP	Hyola401 Hyola 61 Hyola 433 Rivette Rivette C3 RivetteC4 PCI 0801	CIPL 04406 CIPL 04407 S 325 S 518	FMS Brilhante	Linhaça	IPR 116 AL 1000 NBI 0702
Tamanho relativo dos grãos						

Fonte: Autor

Estes materiais foram obtidos junto ao Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) e por meio do projeto “Viabilização de matérias primas vegetais para produção e uso de biodiesel no Paraná”. A condução dos cultivos e colheita foram realizadas pelo IAPAR, em quatro locais do Estado do Paraná (Figura 4): Cambará (latitude 23° 02' 47" s – longitude 50° 04' 25" o – e altitude de 450 m), Londrina (latitude 23° 21' 23" s – longitude 51° 09' 52" o – e altitude de 576 m), Guarapuava (latitude 25° 23' 43" s – longitude 51° 27' 29" o – e altitude de 1120 m) e Santa Tereza do Oeste (latitude 25° 09' 51" s – longitude 53° 59' 23" o – e altitude de 780 m). A semeadura foi realizada no mês de maio e a colheita no mês de setembro do ano 2012, com duas repetições de campo em cada local por oleaginosa.

Figura 4 – Localização dos experimentos para produção dos grãos empregados neste estudo



O critério de escolha dos locais foi com base principalmente nas características climáticas, sendo Cambará e Londrina os locais com altitude mais baixa e com invernos menos rigorosos, e, Guarapuava e Santa Tereza do Oeste os

locais com maiores altitudes e de invernos rigorosos. Os aspectos edafoclimáticos de cada local estão descritos na Figura 5.

Figura 5 – Aspectos edafoclimáticos dos quatro locais de experimento no período de cultivo - Maio/Setembro 2012

Local	Solo	Argila (g/kg)	Altitude (m)	T Max (°C)	T Min (°C)	T média (°C)	P média (mm)
Cambará	<u>NVef3:</u> NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico típico	670	450	27,70	13,39	19,84	580,90
Londrina	<u>LVef3:</u> LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico típico	760	576	25,49	13,62	19,02	565,10
Guarapuava	<u>LBd5:</u> LATOSSOLO BRUNO Distrófico úmbrico	660	1120	21,20	10,25	14,96	683,30
Santa Tereza do Oeste	<u>LVdf10:</u> LATOSSOLO VERMELHO Distroférico típico	720	780	24,29	13,00	17,94	633,51

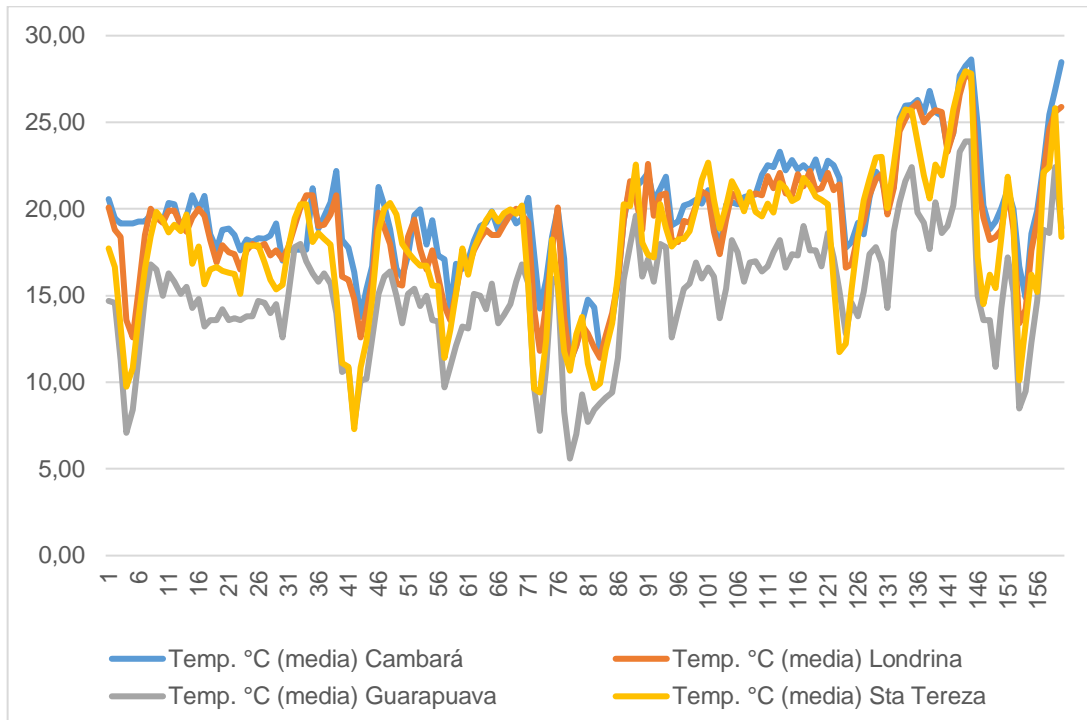
T: temperatura; P: precipitação.

Fonte: EMBRAPA, 2008; IAPAR-AEF, 2012; SIMEPAR, 2012; AGUASPARANÁ, 2012

Nas Figuras 6 e 7 constam a temperatura média e a precipitação, dos quatro locais, durante o período de cultivo das culturas.

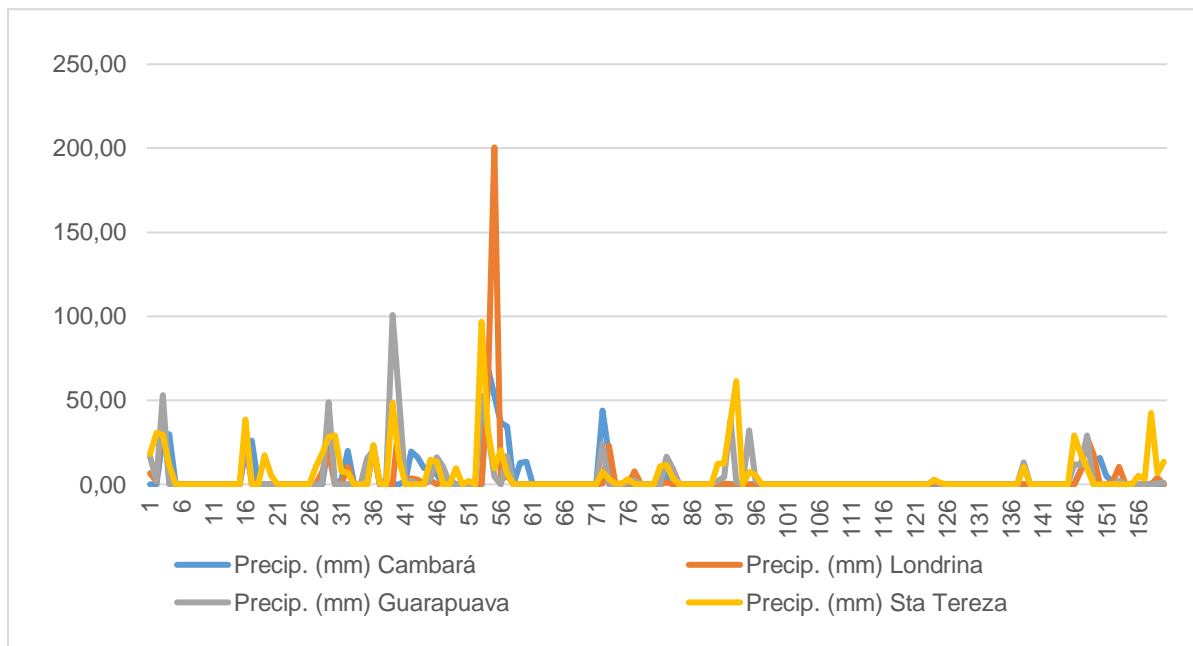
Os dados de precipitação de Santa Tereza do Oeste corresponde à média dos dados das estações meteorológicas de Cascavel, Céu Azul, Lindoeste, Vera Cruz do Oeste, pois no ano 2012 Santa Tereza não contava com estação meteorológica.

Figura 6 – Temperatura média para os quatro locais no período de cultivo das oleaginosas - Maio/Setembro 2012



Fonte: IAPAR-AEF; SIMEPAR; AGUASPARANÁ.

Figura 7 – Precipitação para os quatro locais no período de cultivo das oleaginosas - Maio/Setembro 2012



Fonte: IAPAR-AEF; SIMEPAR; AGUASPARANÁ.

Este trabalho inicia-se com o beneficiamento e armazenamento dos grãos, seguido da classificação granulométrica, massa de 1000 grãos e fração lipídica (Teor de óleo). Finalmente, com a extração, degomagem e caracterização dos óleos, sendo o índice de acidez e perfil de ácidos graxos, os parâmetros químicos analisados.

Os grãos de Crambe foram descascados, antes do realizar o processo de caracterização física.

3.2 BENEFICIAMENTO E ARMAZENAMENTO

Os grãos oleaginosos vindos do campo apresentavam grande quantidade de impurezas que precisavam ser removidas para melhorar sua qualidade física, fisiológica e sanitária. Estas impurezas constavam de: materiais inertes (caules, folhas, vagens, entre outros), sementes de plantas daninhas e de outras espécies, insetos, grãos mal formados e fora do padrão, além de pó e torrões de terra.

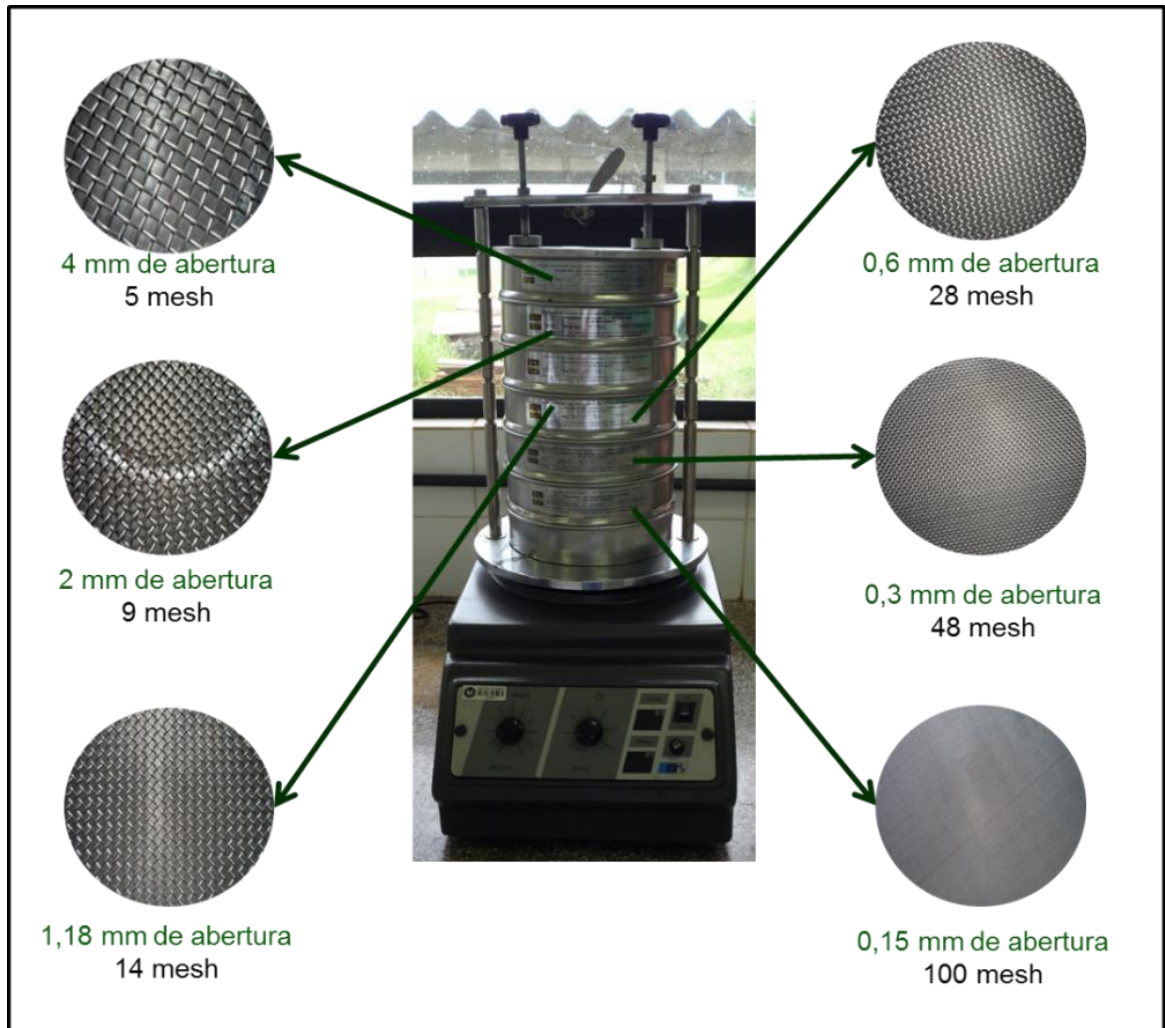
O beneficiamento consistiu em separar os grãos quebrados (atacados possivelmente por insetos) e outras impurezas de tamanho e densidade próximas a dos grãos (Eifert e Utino, 2014; Silva, 2014).

Os grãos colhidos foram limpos utilizando um agitador de peneiras eletromagnético (Figura 8). As impurezas que ficaram com os grãos depois do processo de peneiramento foram removidas manualmente usando pinça metálica como pode ser visto na Figura 9.

O armazenamento dos grãos compreende a etapa após o beneficiamento. As condições ideais para o armazenamento dos grãos depende da umidade do grão e da umidade e temperatura no local do armazenamento. Assim, para manter a qualidade do grão, sua umidade não deve ser superior a 13%, sob risco de comprometer sua qualidade fisiológica, devido ao crescimento de fungos e produção de micotoxinas (Eifert e Utino, 2014; Sagarpa, 2014).

A condição ideal de armazenamento dos grãos deve ser um ambiente de baixa temperatura e baixa umidade. Portanto, um local arejado, frio e seco, propiciam melhores condições para a preservação do grão (Sagarpa, 2014).

Figura 8 - Agitador de peneiras eletromagnético



Fonte: Autor

Figura 9 - Remoção manual das impurezas dos grãos.



Fonte: Autor

Os grãos foram embalados em sacos de polietileno transparente (espessura: 0,08 mm, dimensão: 8,5 x 14 cm), com auto adesivo para impedir sua atividade respiratória e reduzir a deterioração. A seguir, foram armazenados em câmara fria a temperatura de 11 °C e 46% de Umidade Relativa.

3.3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS GRÃOS

3.3.1 Granulometria

A classificação granulométrica é considerada um parâmetro importante ao momento de estabelecer a amostra representativa de um lote, pois, uma grande diferença entre os tamanhos destes podem provocar instabilidade na mistura e na uniformidade (MAPA, 2009).

Para a classificação granulométrica dos grãos foi pesada uma massa inicial e depois depositada sobre peneiras de caixilhos de inox marca “a bronzinox” que foram colocadas em um agitador de peneiras eletromagnético (Figura 8). O tempo de agitação foi 10 minutos com intensidade de vibração 10. Finalmente, foi pesada a massa retida em cada peneira e expressa em porcentagem. As massas foram expressas com três casas decimais, e, o resultado final correspondeu a média aritmética das três repetições

O objetivo deste processo foi separar os grãos de acordo com seu tamanho (Silva, 2014) e utilizar a maior quantidade de amostra (maior porcentagem) como amostra homogênea e representativa de cada local (MAPA, 2009).

As peneiras utilizadas foram 5, 9, 14, 28, 48 e 100 mesh da Série Tyler (International Standard Organization), que correspondem ao número 4; 2; 1,18; 0,6; 0,3 e 0,15 mm de abertura, respectivamente.

3.3.2 Massa de 1000 Grãos

A massa de 1000 grãos é uma medida de qualidade utilizada para diferentes finalidades, dentre elas: a comparação da qualidade de diferentes lotes de

grãos; determinação do rendimento das culturas; e mesmo para o cálculo da densidade de semeadura (Cunha, 2004).

Figura 10 - Contador de grãos ESC 2008 SANICK



Fonte: Autor

Para este teste foram contados e pesados 100 grãos de uma amostra homogênea, com 16 repetições por cultivar (8 de cada repetição de campo para cada local), seguindo o método proposto em MAPA (2009). A contagem foi feita em contador eletrônico de grãos e sementes ESC 2008 SANICK (Figura 10), que apresenta as seguintes características técnicas: um feixe infravermelho para contagem; um contador de até 8 grãos por segundo em modo contínuo (a velocidade depende do tamanho do grão); um alimentador vibratório helicoidal de alta rigidez e fácil limpeza; um sistema de controle inteligente com auto-calibração; e, uma interface por meio de teclas no painel e display LCD gráfico (Sanick, 2014).

3.3.3 Umidade

Os grãos, como todos os organismos vivos, respiram. Através do processo respiratório, os grãos estão sujeitos a transformações contínuas.

O teor de umidade é o principal fator que influencia a qualidade dos grãos armazenados. Para um armazenamento eficiente, os grãos devem ter um baixo teor de umidade, prevenindo o crescimento de microrganismos, insetos e ácaros.

O método utilizado para determinar a umidade dos grãos foi o da estufa a 105 °C por um tempo de 24 horas, seguindo o método proposto em MAPA (2009). A balança semianalítica utilizada foi SHIMADZU UX620H, com incerteza de 0,001g. Foram empregadas três repetições para cada amostra.

Cada cadinho de alumínio e sua tampa foram enumerados e estabilizados em estufa a 105 °C por 1 hora e, depois, resfriados em dessecador por 1 hora.

O cadinho e sua tampa foram pesados em balança analítica (peso 1). O peso foi registrado e a balança foi tarada. Depois, pesou-se 1g dos grãos moídos até granulometria de 14 mesh (peso 2).

As amostras foram distribuídas uniformemente nos cadinhos e colocadas em estufa a 105 °C até massa constante (24 horas), sem tampar. Após o período de aquecimento, as amostras foram tampadas e resfriadas em um dessecador por 1 hora e em seguida pesadas (peso 3).

O teor de umidade foi calculado por diferença de massa, em base de peso úmido, e, expresso em porcentagem, utilizando a Equação 1:

$$\%U = \frac{(Peso\ 2) - (Peso\ 3 - peso\ 1)}{(Peso\ 2)} \times 100 \quad (1)$$

Onde,

Peso 1: massa do cadinho e tampa,

Peso 2: massa da amostra úmida e cadinho com tampa,

Peso 3: massa da amostra seca e cadinho com tampa.

As massas foram expressas com três casas decimais, e, o resultado final correspondeu a média aritmética das três repetições (MAPA, 2009)

3.3.4 Fração Lipídica (Teor de Óleo)

O lipídios (substâncias graxas) estão armazenados em diversos tecidos do grão, por isso, não existe um processo único (método) para a extração desta fração. No entanto, é possível identificar algumas operações unitárias básicas envolvidas na extração: prensagem mecânica, extração à solvente ou autolavagem (Ramalho e Suarez, 2012).

Na maioria dos casos, a fração de lipídios é extraída pelo método Soxhlet (Anexo B) utilizando solventes como éter de petróleo (Cavalcante et al., 2011) o hexano (Vianna et al., 1999; Benício et al., 2010), possibilitando extração de maior quantidade de óleo em relação a outros métodos (Brum et al., 2009).

A seleção do solvente depende das vantagens e desvantagens de cada um. Para este trabalho foi escolhido o éter de petróleo por ser mais barato e não absorver umidade durante a extração (Mizubuti et al., 2009).

A extração do óleo com solvente é um processo meramente físico, em que o óleo é solubilizado pelo solvente e retirado da amostra. Depois, o solvente pode ser recuperado, sem acontecer nenhuma reação química (Brum et al., 2009)

Para quantificar a fração de lipídios presente nos grãos empregou-se o extrator Soxhlet e éter de petróleo como solvente (Figura 11), seguindo o método Ac.3-44 da AOCS (1995) e Cavalcante et al., (2011). A balança analítica utilizada foi da marca METTLER TOLEDO AB204, com quatro casas decimais.

Um balão vazio de 250 mL de fundo chato foi estabilizado em estufa a 105 °C por 6 a 8 horas. Depois, foi resfriado em dessecador por 1 hora e pesado (peso 4).

Foram pesados, sobre papel filtro, de 1 a 2 g de grãos macerados manualmente usando um almofariz com pilão (a maceração foi feita para aumentar a superfície de contato com o solvente) até granulometria de 14 mesh. O papel foi dobrado e selado de maneira a não ocorrer perda da amostra. Foram feitas 3 repetições para cada amostra.

O papel filtro numerado foi introduzido no extrator Soxhlet de tal forma que o mesmo ficasse totalmente submerso em éter de petróleo durante a extração. Após, foram adicionados 170 mL de éter de petróleo, mantendo-se o volume constante durante a extração, evitando a perda significativa de solvente devido à evaporação.

Durante a extração foi fixada a velocidade/quantidade de 3 a 4 sifonagens por hora, à temperatura constante, e com fluxo de gotejamento entre 200 e 243 gotas por minuto.

Concluído o período de extração de 7 horas, a amostra foi retirada e o éter recuperado no extrator. O balão foi levado novamente até a estufa (105 °C) por uma noite (6 a 8 horas), depois foi resfriado em dessecador até temperatura constante (1 hora), e finalmente pesado (peso 6).

Para não comprometer a pesagem do óleo, a transferência do balão foi feita com auxílio de luvas de látex, impedindo assim a contaminação deste com a gordura da mão.

Figura 11 – Montagem do método Soxhlet



Fonte: Autor

O teor de óleo (T.O), expresso em porcentagem e em “base seca”, foi calculado, utilizando a Equação 2:

$$\%T.O = \frac{\left(\frac{\text{Peso } 6 - \text{Peso } 4}{\text{Peso } 5} \times 100\right) \times 100}{100 - \%U} \quad (2)$$

Onde,

Peso 4: massa do balão vazio estabilizado em estufa a 105 °C e resfriado,

Peso 5: massa dos grãos macerados,

Peso 6: massa do balão com fração lipídica (extrato etéreo),

%U: porcentagem de umidade determinada no processo anterior.

Os pesos foram expressos com quatro casas decimais. O resultado final foi obtido por meio da média aritmética das repetições.

3.4 ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (ACP)

Com base nos resultados dos parâmetros analisados (massa de 1000 grãos e fração lipídica) e as condições edafoclimáticas (argila, altitude, temperatura média e precipitação) para cada local, descritas na Figura 5, foi aplicada a Análise de Componentes Principais (ACP) utilizando o software STATISTICA 7,0 copyright(c) StatSoft, Inc. 1984-2004, para determinar a interação das condições edafoclimáticas com a produção de massa e o teor de óleo dos grãos.

3.5 SELEÇÃO DE CULTIVARES POR LOCAL

De acordo com os resultados do teste de Scott-Knott, Tukey e a ACP, os melhores materiais foram selecionadas (16 cultivares, 4 para cada local, e pelo menos uma cultivar por espécie), levando em consideração o teor de óleo (ACP) associado a diferença significativa entre as cultivares (teste de Scott-Knott) e o desempenho destas entre os locais (teste de Tukey). Deste modo, foi possível selecionar e propor para cada local, pelo menos, duas cultivares como matéria-prima para produção de Biodiesel.

O óleo das cultivares selecionadas foi extraído empregando o método a frio proposto por Bligh e Dyer (1959) com algumas modificações técnicas (Brum et al., 2009), evitando comprometer a qualidade do óleo.

Os óleos extraídos pelo método Bligh e Dyer (1959) foram degomados e caracterizados por meio do índice de acidez e o perfil de ácidos graxos.

3.6 EXTRAÇÃO DO ÓLEO PELO MÉTODO A FRIO

Inicialmente, os grãos foram macerados em cadinho de porcelana na presença de nitrogênio líquido, para facilitar o processo de maceração e conservar a integridade dos grãos. Posteriormente, foram pesados aproximadamente 10 gramas de cada amostra e colocadas em um erlenmeyer de 250 mL com boca esmerilhada. Adicionou-se 60 mL de metanol, 30 mL de clorofórmio e 23 mL de água deionizada, mantendo a proporção 1:2:0,8 v/v (Bligh e Dyer, 1959). No volume da água está contemplada a quantidade de água tissular dos grãos (umidade de 4 a 8%). O erlenmeyer foi tampado e colocado em mesa agitadora (marca TECNAL, modelo TE-140) com velocidade de 200 rpm, por 30 minutos. Após, foram adicionados 30 mL de clorofórmio e 30 mL de solução de sulfato de sódio anidrido 1,5%, agitando-se a mistura por mais 5 minutos. A solução foi filtrada a vácuo, em funil de Büchner, utilizando-se papel filtro. Em seguida, o filtrado foi transferido para um funil de separação, onde ocorreu a formação do sistema bifásico.

A camada inferior, a fase que contém o clorofórmio e os lipídios, foi retirada e depositada no balão do evaporador rotativo (marca QUIMIS, modelo Q344B1) para remover o solvente, onde, a evaporação ocorreu a velocidade de 6 (65 rpm) e temperatura de 40 °C. O extrato (óleo) foi acondicionado em frascos âmbar e colocados em estufa a 70 °C por 2 horas para evaporação completa do clorofórmio restante. Finalmente, o óleo foi resfriado em dessecador e refrigerado até o momento da análise. Este processo foi realizado em triplicata.

3.7 DEGOMAGEM DO ÓLEO

O método empregado foi o da degomagem total, onde 10,0 g de óleo bruto aquecido a 90 °C foi acidificado com 13 µL (0,2% da massa do óleo) de ácido fosfórico 85% P.A (Marca Fmaia, densidade 1,685-1,705 g mL⁻¹ 20°C) e mantido sob agitação durante 5 minutos. Em seguida, acrescentou-se 490 µL de NaOH 5% e submeteu-se a centrifugação durante 30 minutos com velocidade 4 (1250 rpm) em centrífuga (marca Macro IV, modelo 025-A da EVLab), separando, assim, os fosfatídeos do óleo, inclusive os não-hidratáveis (Penedo e Coelho, 1997)

3.8 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO

3.8.1 Índice de Acidez (I.A)

O índice de acidez é um importante indicador da degradação dos óleos, que podem ser causada pela presença de água, enzimas e/ou microrganismos. Estados avançados de oxidação levam à formação de ácidos graxos livres (AGL), que podem ser quantificados por métodos titulométricos.

O método empregado para a determinação do número de acidez total foi por titulação potenciométrica, adotado pela ABNT (ABNT-NBR 14448), utilizando o titulador automático Titroline 6000 com eléctrodo N 6480 (LiCl / Etanol). A balança analítica utilizada foi Ohaus Adventurer modelo AR2140.

Pesou-se 1 g de óleo bruto em um beaker de 250 mL e foram adicionados 100 mL da solução de titulação. Foi introduzido o agitador magnético no beaker, e iniciou-se a titulação potenciométrica com KOH 0,1 mol L⁻¹ (preparada em álcool isopropílico). Após a titulação, o eletrodo e a bureta foram lavados com a solução de titulação, em seguida, com água, e depois, novamente com solução de titulação.

A solução de titulação corresponde a uma mistura de solventes, composta por Tolueno, Alcool Isopropílico e Água, na proporção 0,5; 0,495; 0,005 v/v/v.

O índice de acidez (I.A) foi calculado usando a Equação 3, e o resultado final, expresso em mg KOH g⁻¹, foi obtido por meio da média aritmética de

três repetições. Esse processo também foi realizado para o branco (solução de titulação) e para os óleos degomados

$$I.A = \frac{V \times M \times 56,1}{m} = \frac{mg \text{ KOH}}{g} \quad (3)$$

Onde,

V = volume gasto na titulação (Amostra – Branco) mL,

M = Molaridade do KOH (0,1 mol L⁻¹),

m = massa do óleo em gramas.

3.8.2 Perfil de Ácidos Graxos

A conversão dos triglicerídeos em ésteres seguiu o método 5509 da ISO (1978) conforme Milinsk et al. (2008). Pesou-se 200 mg de óleo degomado em um tubo de ensaio com tampa rosqueável. Depois foi adicionado 2 mL de n-heptano ao tubo, tampou-se e procedeu-se a agitação em vortex, até completa solubilização dos lipídios. Em seguida, adicionou-se 2mL de solução de NaOH/metanol 2 mol L⁻¹ e novamente submeteu-se a agitação. Em seguida, a solução permaneceu em repouso até completa separação das fases. A fase superior, contendo n-heptano e ésteres de ácidos graxos, foi extraída com auxílio de um pipetador automático e transferida para um vial âmbar e armazenada a -18°C até o momento da análise.

Os ésteres foram separados e quantificados por cromatografia gasosa. Foi utilizado o cromatógrafo Shimadzu modelo 17A Gas Chromatograph, equipado com detector de ionização de chama e coluna capilar (100m x 0,25 mm) com 0,25 µm de cianopropilpolisiloxano CP SII 88. A rampa de temperatura da coluna foi programada para: 65°C por 15 minutos; 10°C.min⁻¹ até 165°C e mantido por 2 minutos; 4°C.min⁻¹ até 185°C e mantido por 8 minutos; 4°C.min⁻¹ até 235°C e mantido por 5 minutos. O detector e o injetor foram mantidos a 260°C, utilizando Split de 1/100. O fluxo de gases foi de 1,2 mL.min⁻¹ para o gás de arraste (H₂), 30 mL.min⁻¹ para o gás auxiliar (N₂), 30 e 300 mL.min⁻¹ para os gases da chama, H₂ e ar sintético, respectivamente. As injeções foram em duplicata e o volume de injeção foi de 1 µL. A identificação dos ésteres de ácidos graxos foi realizada por

comparação do tempo de retenção dos constituintes da amostra com uma mistura de padrões de ésteres metílicos de ácidos graxos Sigma (Anexo F). As áreas dos picos dos ésteres foram integradas através do software próprio do cromatógrafo. Os resultados da média aritmética de duas repetições, foram expressos em porcentagens relativas dos ácidos graxos identificados.

3.9 TRATAMENTO ESTATÍSTICO

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, aplicados a cada espécie, com duas repetições de campo, quatro blocos (locais) e tratamentos (cultivares por espécie). As repetições de laboratório para cada parâmetro analisado estão descritas acima. O modelo matemático do delineamento em blocos casualizados é:

$$y_{ir} = \mu + t_i + b_r + e_{ir}$$

Onde,

y = dados obtidos,

r = número de repetições,

i = número de tratamentos,

μ = média,

t_i = efeito tratamento,

b_r = efeito blocos e cada repetição,

e_{ir} = efeito do erro experimental.

Antes de realizar a análise de variância (ANOVA) das médias dos dados obtidos para os parâmetros de caracterização, foi preciso verificar a distribuição dos erros e a homogeneidade de variância dos erros de cada tratamento (cultivar), analisados por espécie. Portanto, previamente, foram aplicados dois testes: Shapiro Wilk (normalidade) e Hartley (homocedasticidade ou homogeneidade de variâncias), que são parte da análise de resíduos ou erros. Depois foi verificado a existências de dados discrepantes.

Para realizar esses testes e ANOVA, foi utilizado o software Sisvar, versão 5,3 (Build 77), de autoria de Daniel Furtado Ferreira, DEX/UFLA.

Na ANOVA, as médias de cada espécie e cultivar foram analisadas aplicando o teste de agrupamento de médias de Scott-Knott (1974), em 5% de probabilidade, enquanto, as médias dos quatro locais foram analisadas pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade. Em todos os testes os coeficientes de variação (CV) das médias foram baixos, o que confere uma boa precisão (homogeneidade) dos dados obtidos.

Os testes de de Scott-Knott (1974) e Tukey são apresentados em forma de tabela, como no modelo a seguir:

FV	GL	SQ	QM	Fc	
Tratamento (Cultivares) - (t)	t-1	SQtrat	QMtrat	Ftrat	** ; * ; ns
Bloco (Locais) - (B)	r-1	SQblocos	QMblocos	Fblo	
Residuo (Erro)	(t-1)(r-1)	SQres	QMres		
Total corrigido	r(t - 1)	SQtotal			
CV (%) =					
Média geral:	Médias das cultivares (X)		Número de observações	Total amostras (N)	
** significativo em nível de 1% de probabilidade (p < 0.01)					
* significativo em nível de 5% de probabilidade (0.01 =< p < 0.05)					
ns não significativo (p >= 0.05)					
Teste Scott-Knott (1974) para FV – Cultivares			Teste Tukey para FV – Local		
Cultivares	Médias	Resultado	Locais	Médias	
		abcd		abcd	

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foram aplicados o Teste de Scott-Knott e Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Onde,

FV = causa de variação,
 GL = graus de liberdade,
 SQ = soma dos quadrados,
 QM = quadrado médio,
 C = fator de correção,

x = valor dos dados obtidos,
 t = tratamentos,
 r = repetições,
 N = número de observações
 (Tratamentos e repetições).

$$C = \frac{(\sum x)^2}{N}$$

$$SQ_{total} = \sum x^2 - C$$

$$SQ_{trat} = \frac{\sum t^2}{r} - C$$

$$SQ_{bloco} = \frac{\sum B^2}{t} - C$$

$$SQ_{res} = SQ_{total} - (SQ_{trat} + SQ_{blo})$$

$$QM = \frac{SQ}{GL}$$

$$CV = \frac{s}{m} \times 100$$

$$m = \frac{\sum x}{N} \times 100$$

$$s = \sqrt{QM_{res}}$$

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir são apresentados os resultados do processo de caracterização física dos grãos e química dos óleos.

4.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS GRÃOS

4.1.1 Granulometria

Os resultados desta classificação estão condensados na Tabela 1 e de forma geral na Figura 12.

Na Tabela 1 pode-se observar a classificação granulométrica dos grãos oleaginosos, a média destacada em cor azul escuro representa a maior porcentagem de massa retida na respectiva peneira, ou seja, a amostra uniforme e representativa de cada espécie oleaginosa que foi utilizada nas análises de caracterização.

Com base nos dados da Tabela 1, pode-se observar que as peneiras 48 e 100 mesh não retiveram grãos de nenhuma espécie e, que somente os grãos de Camelina e Crambe foram retidos na peneira de 0,6 mm.

Os grãos da Camelina caracterizam-se por ter 0,8 mm largura e 1,8 mm comprimento, sendo a oleaginosa que produz os menores grãos, comparados às outras.

Na peneira de malha 14 mesh (1,18 mm) permaneceram retidos os grãos de Canola, Crambe e Linhaça, embora cada grão tenha tamanho diferente. A Canola tem um diâmetro menor de 2 mm, o Crambe entre 2 – 2,6 mm e a linhaça uma largura de 2 mm e comprimento de 3 – 4 mm.

Por último, os grãos de Cártamo e Nabo Forrageiro ficaram retidos na peneira de 9 mesh (2 mm). O Cártamo tem largura de 3 mm e comprimento de 5-6 mm, e o Nabo diâmetro de 2 mm.

Tabela 1 – Classificação granulométrica dos grãos oleaginosos¹







Espécie Oleaginosa	Local	Peneiras			
		5 mesh	9 mesh	14 mesh	28 mesh
		4 mm %	2 mm %	1,18 mm %	0,6 mm %
Camelina [<i>Camelina sativa</i> (L.)]	Cambará	-	-	2,89	94,37
	Londrina	-	-	60,50	38,99
	Guarapuava	-	-	-	-
	Sta Tereza do O.	-	-	36,11	63,61
	Média	-	-	33,17	65,66
Canola (<i>Brassica napus</i> L. var. <i>Oleifera Moench</i>)	Cambará	-	0,50	99,27	-
	Londrina	-	11,72	87,21	-
	Guarapuava	-	1,30	98,41	-
	Sta Tereza do O.	-	7,24	92,23	-
	Média	-	5,19	94,28	-
Cártamo (<i>Carthamus tinctorius</i>)	Cambará	3,45	96,42	-	-
	Londrina	0,78	98,65	-	-
	Guarapuava	14,82	79,83	-	-
	Sta Tereza do O.	10,30	89,65	-	-
	Média	7,34	91,14	-	-
Crambe [<i>Crambe abyssinica</i> (Hochst)]	Cambará	-	-	10,68	89,12
	Londrina	-	-	93,64	0,19
	Guarapuava	-	-	96,34	3,64
	Sta Tereza do O.	-	-	5,06	94,86
	Média	-	-	51,43	46,95
Linhaça (<i>Linum usitatissimum</i> L)	Cambará	-	1,49	97,98	-
	Londrina	-	2,13	97,83	-
	Guarapuava	-	57,00	42,74	-
	Sta Tereza do O.	-	39,63	59,90	-
	Média	-	25,06	74,61	-
Nabo F. (<i>Raphanus sativus</i> L)	Cambará	-	71,84	27,70	-
	Londrina	-	84,02	15,95	-
	Guarapuava	-	97,32	2,66	-
	Sta Tereza do O.	-	67,83	32,10	-
	Média	-	80,25	19,60	-

1: As peneiras 48 e 100 mesh não foram incluídas por não terem retido nenhuma espécie. Os valores apresentados são a média aritmética das 6 repetições de laboratório por cultivar (3 de cada repetição de campo para cada local).

Os grãos que permaneceram retidos nas peneiras 28, 14 e 9 mesh têm tamanho entre 0,6 - 1,18 mm, 1,18 – 2 mm e 2 – 4 mm respectivamente.

Na Figura 12 é possível observar as diferenças entre os tamanhos e formas dos grãos utilizados neste trabalho.

Figura 12 – Tamanho de peneiras e dimensões os grãos das diferentes espécies oleaginosas

Parâmetro	Espécie oleaginosa					
	Camelina	Canola	Crambe	Cártamo	Linhaça	Nabo Forrageiro
Grão						
Forma	Alongada	Esférica	Esférica	Ovóide	Oval achatada	Esférica achatada
Dimensões	Largura: 0,8 mm Comprimento: 1,8 mm	Diâmetro: < 2 mm	Diâmetro: (0,6-2) mm	Largura: 3 mm Comprimento: (5-6) mm	Largura: 2 mm Comprimento: (3-4) mm	Diâmetro: 2 mm
Peneira						
Mesh	28	14	28 e 14	9	14	9
mm	0,16 -1,18	1,18-2	0,16 -2	1,18-2	1,18-2	1,18-2

Fonte: Autor.

Os grãos de Camelina são alongados, enquanto os de Canola e Crambe são esféricos. Os de Cártamo têm forma ovóide e os de Nabo Forrageiro forma esférica achatada. Por último, a Linhaça tem forma oval achatada.

4.1.2 Massa de 1000 Grãos

Os resultados da massa de 1000 grãos estão apresentados na Tabela 2. Os testes de Shapiro Wilk e Hartley evidenciaram que as variâncias dos erros das medidas de massa 1000 grãos foram homogêneas e não houve dados discrepantes. Multiplicou-se a média das repetições por 10, obtendo-se assim, a massa de mil grãos de cada oleaginosa por local (MAPA, 2009).

Tabela 2 – Massa de 1000 grãos das cultivares estudadas em gramas²

Cultivares	Locais			
	Cambará	Londrina	Guarapuava	Sta. Tereza O.
Camelina ESP	-	-	-	0,74
Camelina IAPAR	0,62	0,93	-	0,94
Canola Hyola 401	2,75	3,21	2,81	2,31
Canola Hyola 433	2,37	3,15	2,59	1,94
Canola Hyola 61	2,16	3,18	2,43	1,96
Canola PCI 0801	2,67	3,23	2,76	2,30
Canola Rivette	2,43	3,27	2,41	1,98
Canola Rivette C3	2,34	3,14	2,25	2,10
Canola Rivette C4	2,32	3,16	2,37	2,04
Cártamo CIPL 04406	34,32	40,62	26,84	35,09
Cártamo CIPL 04407	34,04	38,14	25,80	33,10
Cártamo S 325	26,25	35,27	17,52	31,55
Cártamo S 518	29,29	35,48	19,58	30,16
Crambe FMS Brilhante	3,78	5,83	4,18	3,95
Linhaça	4,91	4,79	4,87	4,46
Nabo AL 1000	9,06	9,48	11,95	7,78
Nabo IPR 116	8,78	9,86	11,62	7,86
Nabo NBI 0702	8,64	9,34	11,67	8,24

2: Os valores apresentados são a média aritmética das 16 repetições de laboratório por cultivar (8 de cada repetição de campo para cada local).

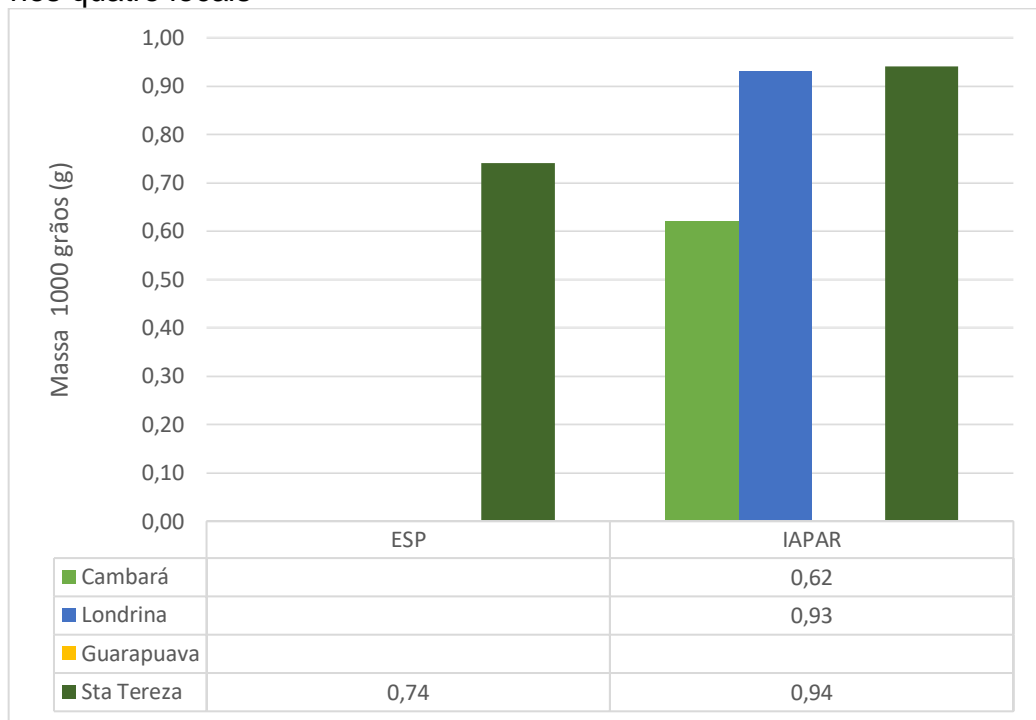
Como se observa na Tabela 2, a massa de 1000 grãos varia em cada local, mesmo para uma dada espécie e cultivar. Apesar das oleaginosas Camelina, Canola, Crambe e o Nabo Forrageiro pertencerem à mesma família, Brassicaceae, têm diferentes massas, especialmente a Camelina e o Nabo Forrageiro, com a menor e maior massa, respectivamente.

De forma geral, a oleaginosa que têm maior massa de 1000 grãos é o Cártamo, seguido do Nabo Forrageiro, o que se pode atribuir a seus respectivos tamanhos. Os grãos de Linhaça e de Crambe têm massas semelhantes.

É importante ressaltar que em relação ao desempenho da Camelina, entre os locais de Cambará, Londrina e Guarapuava, esta oleaginosa não produziu grãos, devido a incidência de doença e problemas de germinação, principalmente em Guarapuava. Assim, não foi possível apresentar alguns dados desta oleaginosa. A Figura 13 permite evidenciar que as condições edafoclimáticas de SantaTereza favorecem o desenvolvimento das cultivares da Camelina, pois foi o único local em que foram colhidos grãos das duas cultivares. A massa média de 1000 grãos de

Camelina foi 0,81 g, com um valor mínimo de 0,62 g e o máximo de 0,94 g, dados inferiores comparados com a média (1,35 g) obtida no trabalho de Vollmann (2007).

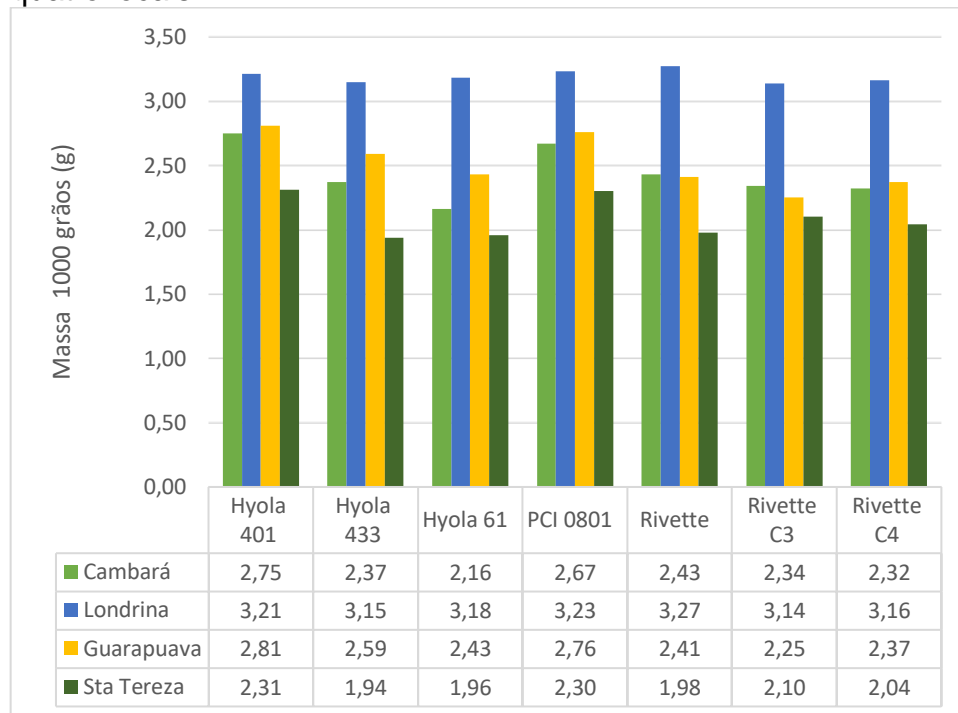
Figura 13 – Massa de 1000 grãos (g) das cultivares de Camelina nos quatro locais



Do mesmo modo, a Figura 14 mostra o comportamento da massa de 1000 grãos para as cultivares de Canola.

As maiores médias de massa de 1000 grãos das cultivares de Canola foram obtidas para a localidade de Londrina, destacando-se a Canola Rivette (3,27 g) e Canola PCI0801 (3,23 g). Caso contrário aconteceu na localidade de Santa Tereza, em que as cultivares Hyola 433 e Hyola 61 produziram as massas menores, com 1,94 e 1,96 g, respectivamente. A média da massa de 1000 grãos para a Canola foi 2,56 g, com valor mínimo de 1,94 g e máximo de 3,27g, dados inferiores aos obtidos por Ambrosano (2012), cuja massa encontrada foi de 4,0 g.

Figura 14 - Massa de 1000 (g) grãos das cultivares de Canola nos quatro locais



O teste de agrupamento de médias de Scott-Knott e Tukey aplicado com 5% de probabilidade para os dados de Canola é apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 – Teste de Scott-Knott e Tukey aplicado à massa de 1000 grãos de cultivares de Canola nos quatro locais

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Cultivares CANOLA	6	0,925021	0,154170	6,902**	0,0000
Local	3	8,960100	2,986700	133,718**	0,0000
Erro	46	1,027450	0,022336		
Total corrigido	55	10,912571			
CV (%) =	5,84				
Média geral:	2,5592857		Número de observações	56	

** significativo em nível de 1% de probabilidade ($p < 0.01$)

* significativo em nível de 5% de probabilidade ($0.01 \leq p < 0.05$)

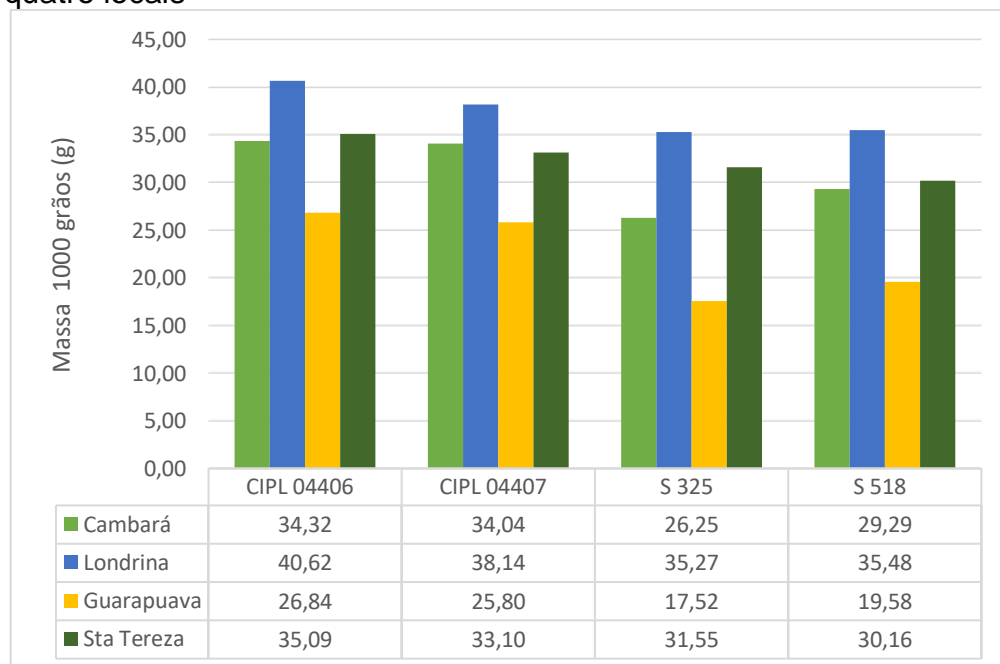
ns não significativo ($p \geq 0.05$)

Teste Scott-Knott (1974) para FV - Cultivares CANOLA			Teste Tukey para FV – Local		
Cultivares	Médias		Locais	Médias	
Hyola401	2,771250	a	Londrina	3,194286	a
Hyola433	2,515000	bc	Cambará	2,435000	B
Hyola61	2,433750	c	Guarapuava	2,517143	B
PCI0801	2,742500	ab	Sta Tereza O.	2,090714	C
Rivette	2,523750	bc			
RivetteC3	2,456250	c			
RivetteC4	2,472500	c			

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foram aplicados o Teste de Scott-Knott e Tukey em nível de 5% de probabilidade.

O teste de Scott-Knott evidenciou que a massa de 1000 grãos das cultivares PCI0801 e Hyola401 diferem estatisticamente das outras cultivares, tendo esses cultivares as médias mais altas. Por outro lado, o teste de Tukey evidenciou que as massas em Cambará e Guarapuava são similares e estatisticamente diferentes de Santa Tereza do Oeste e Londrina. De forma geral, a Canola apresentou maior rendimento de massa em Londrina.

Figura 15 - Massa de 1000 (g) grãos das cultivares de Cártamo nos quatro locais



A Figura 15 corresponde ao gráfico da massa de 1000 grãos para o Cártamo. A média da massa de 1000 grãos de Cártamo foi 30,82 g, com valor mínimo de 17,52 g (S325) em Guarapuava e máximo de 40,62 g (CIPL 04406) em Londrina.

Tabela 4 – Teste de Scott-Knott e Tukey aplicado à massa de 1000 grãos das cultivares de Cártamo nos quatro locais

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Cultivares CÁRTAMO	3	241,874050	80,624683	19,976**	0,0000
Local	3	927,972100	309,324033	76,641**	0,0000
Erro	25	100,900800	4,036032		
Total corrigido	31	1270,746950			
CV (%) =	6,52				
Média geral:	30,8162500		Número de observações		32

** significativo em nível de 1% de probabilidade ($p < 0.01$)
 * significativo em nível de 5% de probabilidade ($0.01 \leq p < 0.05$)
 ns não significativo ($p \geq 0.05$)

Teste Scott-Knott (1974) para FV - Cultivares CÁRTAMO			Teste Tukey para FV – Local		
Cultivares	Médias		Locais	Médias	
CIPL04406	34,220000	a	Londrina	37,376250	A
CIPL04407	32,770000	a	Cambará	30,973750	B
S325	27,647500	b	Sta Tereza O.	32,476250	B
S518	28,627500	b	Guarapuava	22,438750	C

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foram aplicados o Teste de Scott-Knott e Tukey em nível de 5% de probabilidade.

O teste de agrupamento de médias de Scott-Knott (Tabela 4) evidencia que as massas de 1000 grãos das cultivares CIPL04406 e CIPL04407 diferem estatisticamente das cultivares S325 e S518. Do mesmo modo, as médias dos locais (teste de Tukey) evidenciaram que o comportamento das massas em Cambará e Santa Tereza do Oeste são similares e estatisticamente diferentes de Londrina e Guarapuava. O Cártamo produziu a maior massa em Londrina e a menor em Guarapuava, possivelmente devido a deterioração física dos grãos produzidos em Guarapuava.

Igualmente a maior massa de 1000 grãos para o Crambe foi obtida em Londrina. Na Figura 16 pode-se observar que o valor máximo foi de 5,83 g (Londrina) e 3,78 g (Cambará) a mínima, sendo a média 4,44 g.

Figura 16 - Massa de 1000 grãos (g) do Crambe FMS Brilhante nos quatro locais



Neste caso, não foi possível aplicar o teste de Scott-Knott por ter só uma cultivar de Crambe. Em Londrina foi obtido o maior rendimento de massa de 1000 grãos desta oleaginosa, segundo o teste de Tukey apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 – Teste de Tukey aplicado à massa de 1000 grãos de Crambe FMS Brilhante nos quatro locais

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Cultivar CRAMBE	0	0,000000	80,624683	1124,865**	0,0000
Local	3	5,327850	1,775950	24,778**	0,0048
Erro	4	0,286700	0,071675		
Total corrigido	7	5,614550			
CV (%) =	6,03				
Média geral:	4,4375000		Número de observações		8

** significativo em nível de 1% de probabilidade ($p < 0.01$)

* significativo em nível de 5% de probabilidade ($0.01 \leq p < 0.05$)

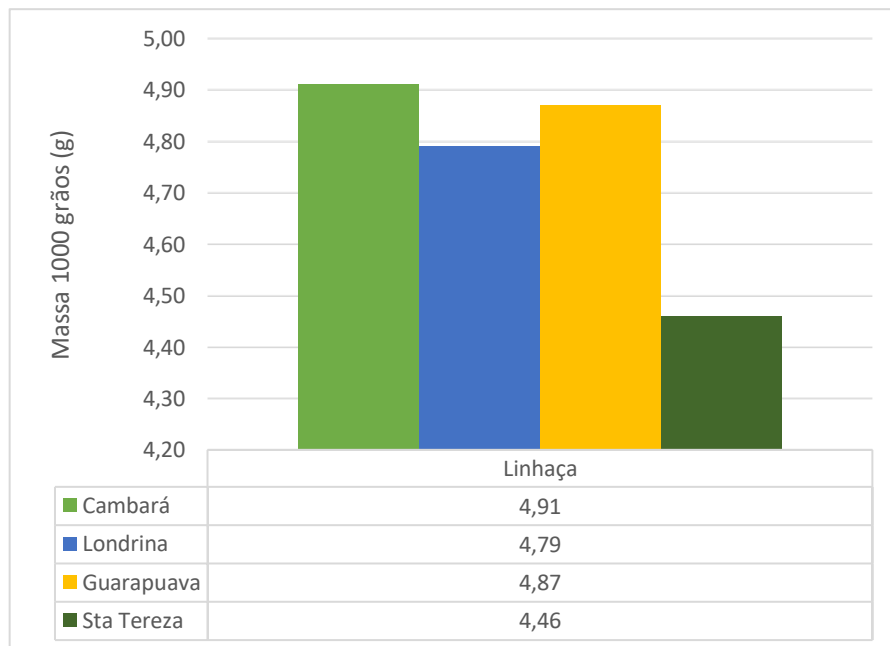
ns não significativo ($p \geq 0.05$)

Teste Scott-Knott (1974) FV		Teste Tukey para FV – Local	
Cultivar	Médias	Locais	Médias
		Londrina	5,830000 A
		Guarapuava	4,180000 B
		Sta Tereza O.	3,955000 B
		Cambará	3,785000 B

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade

A Linhaça apresentou massa média de 1000 grãos de 4,75 g, próxima à do Crambe (FMS Brilhante). O valor máximo (4,91 g) foi obtido em Cambará, seguido de Guarapuava (4,87 g) e, a menor massa (4,46 g) em Santa Tereza do Oeste. A Figura 17 apresenta a massa de 1000 grãos da Linhaça.

Figura 17 - Massa de 1000 (g) grãos de Linhaça nos quatro locais.



Não foi possível aplicar, do mesmo modo que para o Crambe, o teste de Scott-Knott por ter só uma cultivar de Linhaça. O teste de agrupamento de médias de Tukey (Tabela 6) aplicado com 5% de probabilidade, evidenciou que as médias das massas de 1000 grão para a Linhaça não têm diferenças significativas entre os locais.

Tabela 6 – Teste de Tukey aplicado à massa de 1000 grãos de Linhaça nos quatro locais

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Cultivar LINHAÇA	0	0,000000	80,624683	761,059**	0,0000
Local	3	0,253237	0,084412	0,797 ns	0,5564
Erro	4	0,423750	0,105937		
Total corrigido	7	0,676987			
CV (%) =	6,85				
Média geral:	4,7537500		Número de observações		8

** significativo em nível de 1% de probabilidade ($p < 0.01$)

* significativo em nível de 5% de probabilidade ($0.01 \leq p < 0.05$)

ns não significativo ($p \geq 0.05$)

Teste Scott-Knott (1974)		Teste Tukey para	
FV		FV – Local	
Cultivar	Médias	Locais	Médias
		Cambará	4,905000 a
		Guarapuava	4,870000 A
		Londrina	4,785000 A
		Sta Tereza O.	4,455000 A

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade

Por último, na Figura 18, está apresentada a massa de 1000 grãos para o Nabo Forrageiro.

A massa média de 1000 grãos para o Nabo Forrageiro foi 9,52 g, com valor mínimo de 7,78 g em Santa Tereza do Oeste e valor máximo de 11,95 g em Guarapuava.

O teste de agrupamento de médias de Scott-Knott aplicado com 5% de probabilidade (Tabela 7) mostra que as massas de 1000 grãos para as cultivares do Nabo Forrageiro não diferem estatisticamente entre elas. Porém, o teste de Tukey evidenciou diferenças significativas entre os locais, onde o Nabo Forrageiro produziu maior massa de 1000 grãos em Guarapuava, e menor massa em Santa Tereza do Oeste.

Figura 18 - Massa de 1000 grãos (g) das cultivares de Nabo Forrageiro nos quatro locais

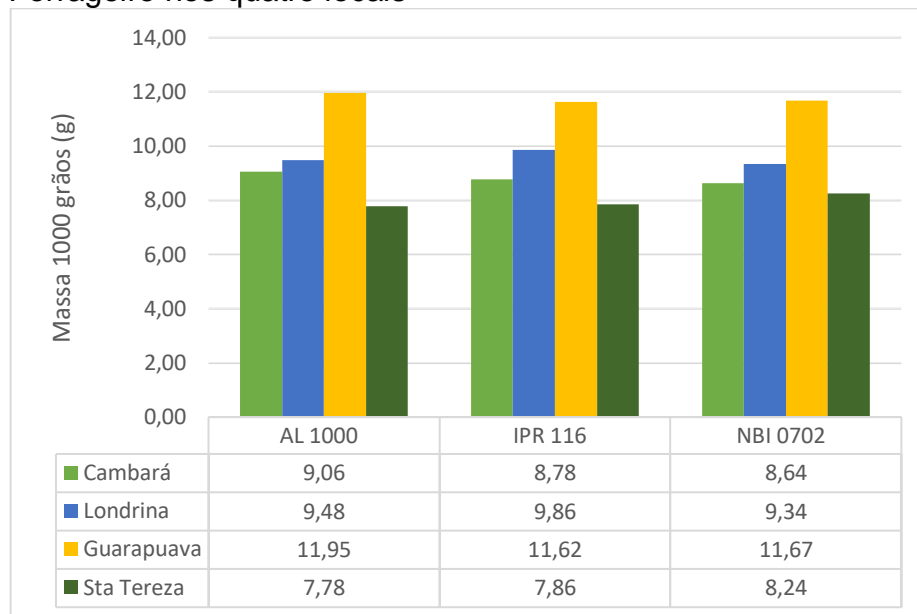


Tabela 7 - Teste Scott-Knott e Tukey aplicado à massa de 1000 grãos das cultivares de Nabo Forrageiro nos quatro locais

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Cultivares NABO F.	2	0,039033	0,019517	0,102 ns	0,9035
Local	3	47,225446	15,741815	82,329**	0,0000
Erro	18	3,441717	0,191206		
Total corrigido	23	50,706196			

CV (%) = 4,59

Média geral: 9,5245833 Número de observações 24

** significativo em nível de 1% de probabilidade ($p < 0.01$)

* significativo em nível de 5% de probabilidade ($0.01 \leq p < 0.05$)

ns não significativo ($p \geq 0.05$)

Teste Scott-Knott (1974) para FV - Cultivares NABO F.		Teste Tukey para FV – Local	
Cultivares	Médias	Locais	Médias
AL1000	9,568750 a	Guarapuava	11,748333 A
IPR116	9,533750 a	Londrina	9,560000 B
NBI0702	9,471250 a	Cambará	8,826667 C
		Sta Tereza O.	7,963333 D

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foram aplicados o Teste de Scott-Knott e Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Na Tabela 8 pode-se observar, de forma geral, que cada espécie oleaginosa possui tamanho distinto do grão e, conseqüentemente, massa diferente, sendo o tamanho do grão proporcional à respectiva massa. A Canola, o Crambe e o Cártamo produziram maior massa de 1000 grãos em Londrina, uma vez que essas oleaginosas apresentam melhor desenvolvimento em locais com invernos suaves, e inferiores em locais com invernos rigorosos, como em Guarapuava. Já, o Nabo Forrageiro apresenta melhor desenvolvimento em invernos rigorosos, sendo mais resistente a geadas, quando comparado as outras oleaginosas.

Tabela 8 – Média da massa de 1000 grãos (g) e da granulometria (mm) dos grãos oleaginosos estudados nos locais de melhor desenvolvimento das culturas.

Local	Oleaginosa	Média da massa de 1000 grãos (g)	Granulometria média (mm)
Sta. Tereza	Camelina	0,81	0,60
Londrina	Canola	2,56	1,18
Londrina	Cártamo	30,82	2,00
Londrina	Crambe	4,44	1,18
4 locais	Linhaça	4,76	1,18
Guarapuava	Nabo forrageiro	9,52	2,00

4.1.3 Fração Lipídica (Teor de Óleo)

Os resultados da fração lipídica e o teor de umidade dos grãos estudados estão apresentados na Tabela 9. A fração lipídica foi calculada em base seca.

Neste trabalho, os grãos oleaginosos apresentaram um teor de umidade na faixa de 4,19 a 7,49%. Esses valores foram considerados baixos, pois segundo Rosseto et al. (2012) amostras com valores superiores a 13% comprometem a extração do óleo e precisam ser submetidas previamente ao processo de secagem.

Tabela 9 - Fração lipídica e teor de umidade dos grãos oleaginosos estudados³

<i>Cultivar</i>	<i>Locais</i>							
	<i>Cambará</i>		<i>Londrina</i>		<i>Guarapuava</i>		<i>Sta. Tereza O.</i>	
	% T. O	% U	% T. O	% U	% T. O	% U	% T. O	% U
Camelina ESP	-	-	-	-	-	-	28,24	5,82
Camelina IAPAR	28,98	6,06	27,64	6,68	-	-	32,15	5,49
Canola Hyola 401	33,56	6,64	36,20	6,37	35,78	4,55	27,59	5,34
Canola Hyola 433	34,97	6,79	31,77	6,73	37,75	5,08	27,57	5,57
Canola Hyola 61	32,06	6,70	33,85	7,14	34,94	5,48	26,10	6,12
Canola PCI 0801	33,57	6,55	34,21	6,60	34,70	4,32	30,54	5,50
Canola Rivette	33,56	6,82	35,17	7,06	37,05	5,08	26,40	5,71
Canola Rivette C3	33,36	7,03	37,14	7,40	36,20	5,00	29,48	5,77
Canola Rivette C4	30,46	7,49	37,95	6,37	38,07	5,28	30,14	5,55
Cártamo CIPL 04406	23,46	6,09	30,51	6,19	18,15	5,23	26,69	4,99
Cártamo CIPL 04407	23,97	6,09	27,66	5,92	22,04	4,95	27,40	5,36
Cártamo S 325	31,69	5,66	39,22	5,27	19,93	5,02	35,24	4,79
Cártamo S 518	31,71	5,17	38,59	5,25	17,52	5,27	30,67	4,70
Crambre FMS Brilhante	37,14	4,31	38,16	4,23	39,05	4,26	39,79	4,19
Linhaça	33,71	7,07	30,32	7,29	35,14	5,99	32,37	5,83
Nabo AL 1000	24,35	5,56	23,87	6,68	25,65	5,52	24,54	5,61
Nabo IPR 116	26,17	5,83	25,13	6,83	26,38	5,84	25,99	5,71
Nabo NBI 0702	24,50	5,55	24,57	6,50	23,00	5,68	25,24	5,54

3: O resultado final foi obtido por meio da média aritmética das 6 repetições de laboratório por cultivar (3 de cada repetição de campo para cada local)

Os testes de Shapiro Wilk e Hartley evidenciaram que as variâncias dos erros das medidas do teor de óleo foram homogêneas e não houve dados discrepantes.

Na tabela 9 se observa que a fração lipídica das espécies oleaginosas estudadas varia de 18,5% a 41,53%, com média de 32,42%. O maior teor de óleo foi registrado para o Crambe (38,54%), seguido pela Canola (33,22%), Linhaça (32,89%) e Camelina (29,25%), enquanto os mais baixos foram registrados para o Cártamo (27,78%) e o Nabo Forrageiro (24,95%).

A variação da fração lipídica das cultivares oleaginosas são apresentadas, por espécies, da Figura 19 a 24. Do mesmo modo, são apresentados os testes de agrupamento das médias de Scott-Knott e Tukey à 5% de probabilidade, da Tabela 10 a Tabela 14.

Não foi possível aplicar o teste de Scott-Knott para as médias do teor de óleo das oleaginosas Crambe e Linho por tratar-se apenas de uma cultivar por espécie.

Figura 19 - Fração lipídica (%) das cultivares de Camelina nos quatro locais

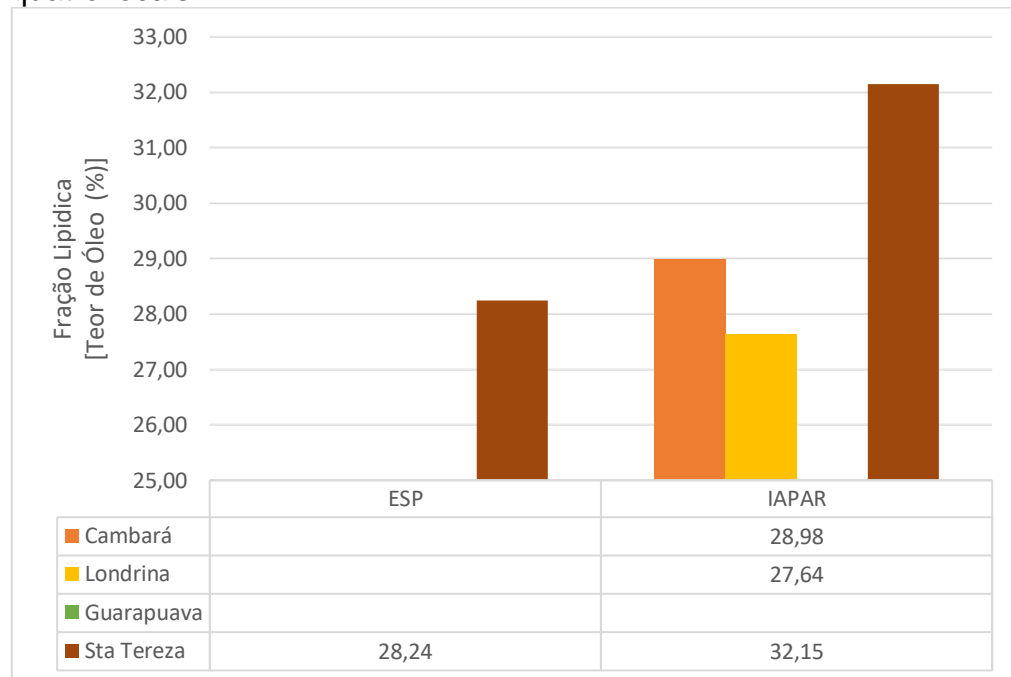


Figura 20 - Fração lipídica (%) das cultivares de Canola nos quatro locais

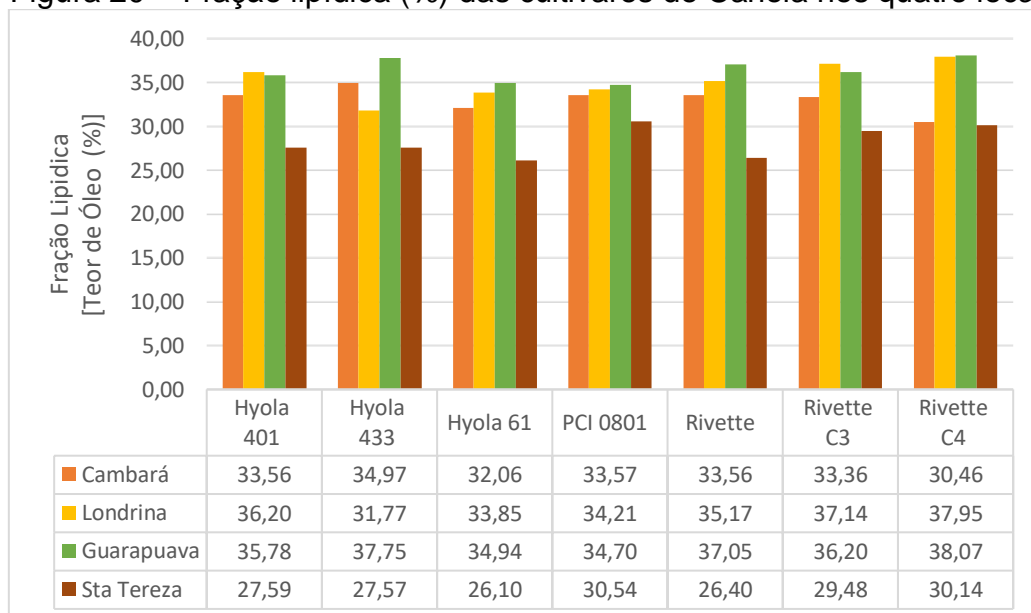


Tabela 10 - Teste de Scott-Knott e Tukey aplicado à fração lipídica das cultivares de Canola nos quatro locais

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Cultivares CANOLA	6	30,604771	5,100795	0,957 ns	0,4644
Local	3	536,877043	178,959014	33,589 **	0,0000
Erro	46	245,085157	5,327938		
Total corrigido	55	812,566971			
CV (%) =	6,95				
Média geral:	33,2207143		Número de observações		56

** significativo em nível de 1% de probabilidade ($p < 0.01$)

* significativo em nível de 5% de probabilidade ($0.01 \leq p < 0.05$)

ns não significativo ($p \geq 0.05$)

Teste Scott-Knott (1974) para FV - Cultivares CANOLA			Teste Tukey para FV – Local		
Cultivar	Médias		Locais	Médias	
RivetteC4	34,156250	a	Guarapuava	36,357857	a
RivetteC3	34,047500	a	Londrina	35,186429	ab
Hyola401	33,285000	a	Cambará	33,080000	b
PCI0801	33,253750	a	Sta Tereza O.	28,258571	c
Rivette	33,046250	a			
Hyola433	33,015000	a			
Hyola61	31,741250	a			

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foram aplicados o Teste de Scott-Knott e Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Figura 21 - Fração lipídica (%) das cultivares de Cártamo nos quatro locais

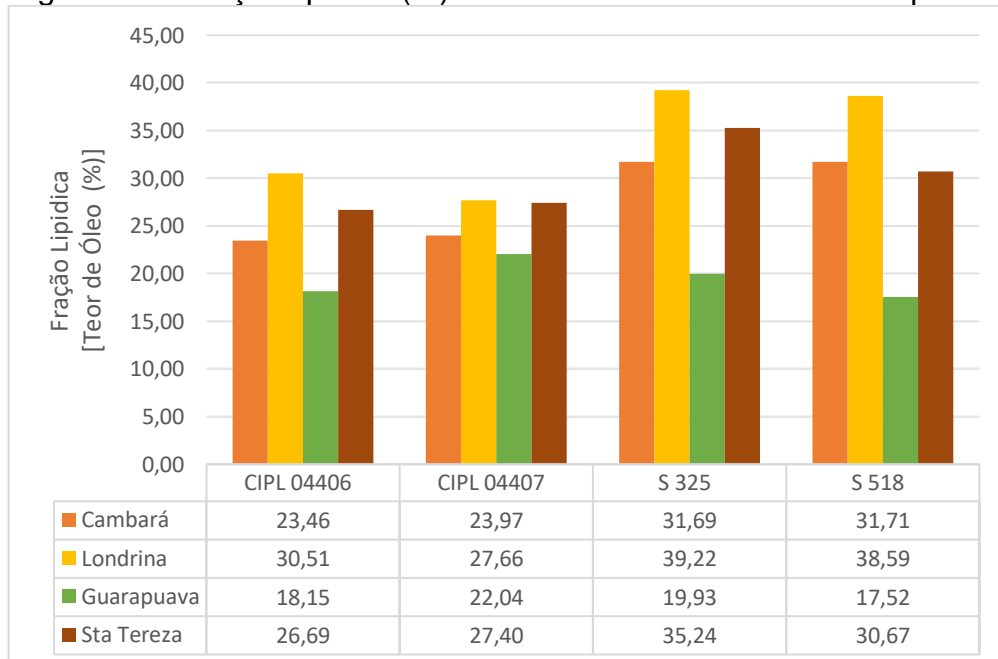


Tabela 11 - Teste de Scott-Knott e Tukey aplicado à fração lipídica das cultivares de Cártamo nos quatro locais

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Cultivares CÁRTAMO	3	265,092734	88,364245	6,584 **	0,0020
Local	3	908,852859	302,950953	22,571 **	0,0000
Erro	25	335,550228	13,422009		
Total corrigido	31	1509,495822			
CV (%) =	13,19				
Média geral:	27,7784375		Número de observações		32

** significativo em nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo em nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

Teste Scott-Knott (1974) para FV - Cultivares CÁRTAMO			Teste Tukey para FV – Local		
Cultivar	Médias		Locais	Médias	
S325	31,517500	a	Londrina	33,993750	a
S518	29,623750	ab	StaTereza O.	30,001250	ab
CIPL04407	25,267500	bc	Cambará	27,708750	b
CIPL04406	24,705000	c	Guarapuava	19,410000	c

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foram aplicados o Teste de Scott-Knott e Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Figura 22 - Fração lipídica (%) do Crambe FMS Brilhante nos quatro locais

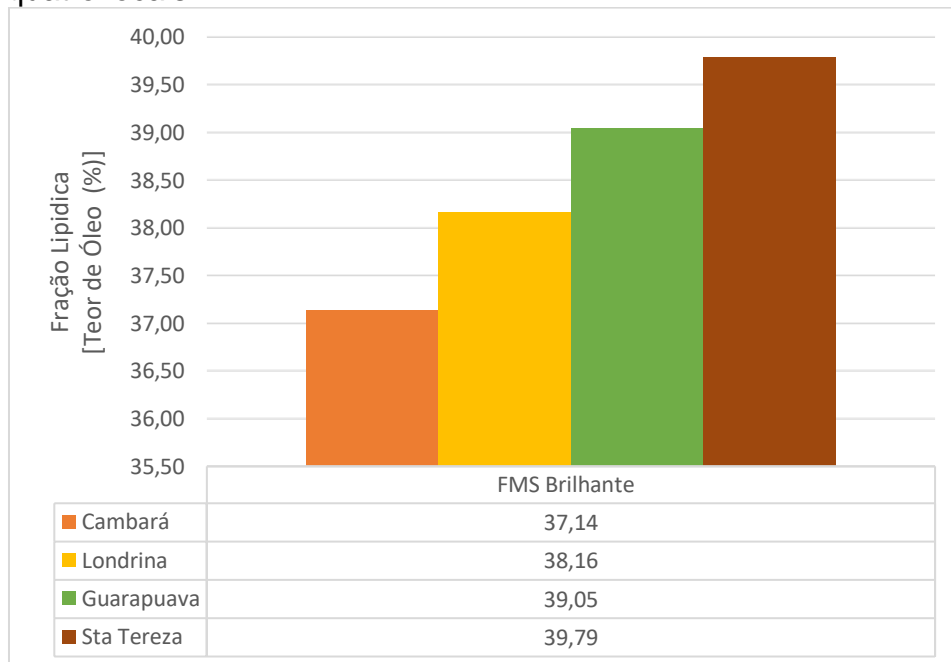


Tabela 12 - Teste de Tukey aplicado à fração lipídica do Crambe FMS Brilhante nos quatro locais

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Cultivar CRAMBE	0	0,000000	88,364245	66,747 **	0,0000
Local	3	7,836100	2,612033	1,973 ns	0,2602
Erro	4	5,295500	1,323875		
Total corrigido	7	13,131600			
CV (%) =	2,99				
Média geral:	38,5350000		Número de observações		8

** significativo em nível de 1% de probabilidade ($p < 0.01$)

* significativo em nível de 5% de probabilidade ($0.01 \leq p < 0.05$)

ns não significativo ($p \geq 0.05$)

Teste Scott-Knott (1974)		Teste Tukey para	
FV		FV - Local	
Cultivar	Médias	Locais	Médias
		Sta Tereza O.	39,790000 a
		Guarapuava	39,045000 a
		Londrina	38,165000 a
		Cambará	37,140000 a

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Figura 23 - Fração lipídica (%) da Linhaça nos quatro locais

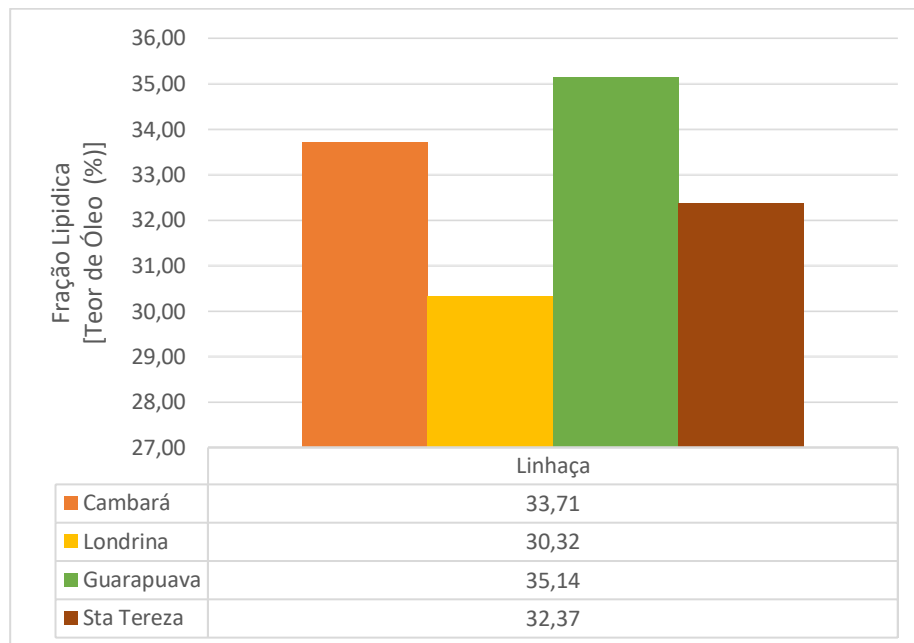


Tabela 13 - Teste de Tukey aplicado à fração lipídica da Linhaça nos quatro locais

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Cultivar LINHAÇA	0	0,000000	88,364245	17,179 **	0,0000
Local	3	25,220200	8,406733	1,634 ns	0,3159
Erro	4	20,574400	5,143600		
Total corrigido	7	45,794600			
CV (%) =	6,9				
Média geral:	32,8850000		Número de observações		8

** significativo em nível de 1% de probabilidade ($p < 0.01$)

* significativo em nível de 5% de probabilidade ($0.01 \leq p < 0.05$)

ns não significativo ($p \geq 0.05$)

Teste Scott-Knott (1974)		Teste Tukey para	
FV		FV - Local	
Cultivar	Médias	Locais	Médias
		Guarapuava	35,140000 a
		Cambará	33,710000 a
		Sta Tereza O.	32,370000 a
		Londrina	30,320000 a

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Figura 24 - Fração lipídica (%) das cultivares de Nabo Forrageiro nos quatro locais

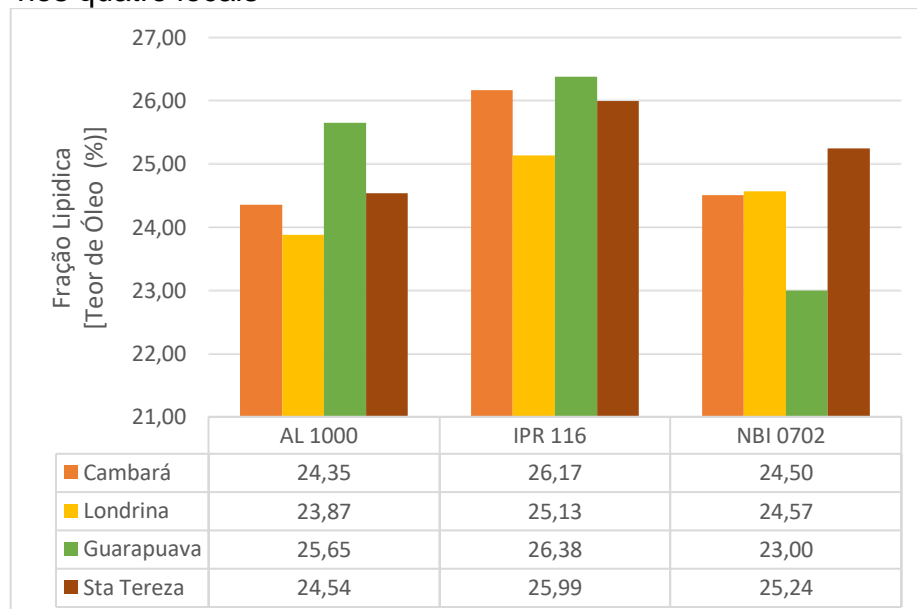


Tabela 14 - Teste de Scott-Knott e Tukey aplicado à fração lipídica das cultivares de Nabo Forrageiro nos quatro locais

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Cultivares NABO F.	2	11,568433	5,784217	1,469 ns	0,2565
Local	3	1,697383	0,565794	0,144 ns	0,9325
Erro	18	70,877167	3,937620		
Total corrigido	23	84,142983			
CV (%) =	7,95				
Média geral:	24,9508333		Número de observações		24

** significativo em nível de 1% de probabilidade ($p < 0.01$)

* significativo em nível de 5% de probabilidade ($0.01 \leq p < 0.05$)

ns não significativo ($p \geq 0.05$)

Teste Scott-Knott (1974) para FV - Cultivares NABO F.			Teste Tukey para FV - Local		
Cultivar	Médias		Locais	Médias	
IPR116	25,920000	a	StaTereza O.	25,258333	a
AL1000	24,602500	a	Guarapuava	25,011667	a
NBI0702	24,330000	a	Cambará	25,008333	a
			Londrina	24,525000	a

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foram aplicados o Teste de Scott-Knott e Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Com base na Figura 19, a Camelina apresentou alto teor de óleo (32,15%) em Santa Tereza do Oeste, e o menor em Londrina (27,64%), com média de 29,25%.

As cultivares de Canola não apresentaram diferença significativa nas médias de teor de óleo (teste de Scott-Knott – Tabela 10), ou seja, qualquer cultivar pode ser utilizado para produção de óleo. A Canola apresentou, segundo o teste de Tukey, diferenças significativas entre os locais. O maior teor de óleo de Canola (38,07%) foi obtido em Guarapuava, o menor (26,10%) em Santa Tereza do Oeste, sendo a média de 33,22% (Figura 20).

Segundo os resultados do teste de Scott-Knott e Tukey, as cultivares de Cártamo, foram as únicas que apresentaram diferença significativa entre elas, destacando-se o Cártamo S325 (Figura 21) por ter o maior teor de óleo (39,22%) em Londrina, e o Cártamo S518 e CIPL0440 por apresentarem os teores mais baixos, 17,52% e 18,15 %, respectivamente. De forma geral, o Cártamo apresentou maior teor de óleo em Londrina, e menor teor de óleo em Guarapuava (teste de Tukey – Tabela 11).

Os resultados do teste de Tukey (Tabelas 12 e 13) evidenciaram que as médias do teor de óleo de Crambe e de Linhaça não apresentaram diferenças

significativas entre os locais. Porém, o Crambe, comparado com as outras oleaginosas, apresentou maior teor de óleo nos quatro locais. Os valores mínimos de teor de óleo obtidos para o Crambe e Linhaça foram 37,14% e 30,32%, respectivamente e, os valores máximos 39,79% e 35,14%, como verifica-se nas Figuras 22 e 23.

As cultivares de Nabo Forrageiro não apresentaram diferenças significativas nas médias do teor de óleo (Teste de Scott-Knott - Tabela 14), mesmo entre os locais (Teste de Tukey). O valor mínimo do teor de óleo obtido para o Nabo Forrageiro foi 23,00% e o valor máximo 26,38% (Figura 24).

Os teores de óleo obtidos para os materiais estudados neste trabalho estão de acordo com os valores reportados na literatura, alguns deles compilados nos Quadros 1 e 2. Sendo, estes teores superiores aos comumente obtidos para a Soja. Cavalcante et al. (2011), obtiveram em seu trabalho um teor médio de óleo de 16,75% para a Soja, sendo 21,59% o maior teor encontrado e 13,51% o menor. Portanto, com base neste parâmetro, pode-se considerar as cultivares estudadas como alternativa para produção de Biodiesel, com destaque para o Crambe, a Canola e a Linhaça.

Assim, com base na análise dos resultados (teste de Tukey), não foi possível observar correlação direta entre o teor de óleo e a massa de 1000 grãos, com exceção do Cártamo, que foi a única oleaginosa que apresentou correlação, encontrando-se os maiores valores de massa de 1000 grãos e teor de óleo para o mesmo local, Londrina.

4.2 ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (ACP)

Com base na matriz de correlação de Pearson (Tabela 15), os coeficientes de correlação (r) das variáveis argila, altitude, temperatura, precipitação, massa de 1000 grãos e teor de óleo, algumas delas estão correlacionados moderadamente ($0,3 < r \leq 0,5$) e outras fortemente ($0,8 < r \leq 0,9$).

Tabela 15 – Matriz de correlação de Pearson das condições edafoclimáticas, massa de 1000 grãos e teor de óleo

Variáveis	Argila	Altitude	Temperatura	Precipitação	Massa 1000 Grãos	Teor De Óleo
Argila	1,00	-0,36	0,41	-0,57	0,08	0,12
Altitude	-0,36	1,00	-0,99	0,95	-0,06	-0,09
Temperatura	0,41	-0,99	1,00	-0,93	0,06	0,08
Precipitação	-0,57	0,95	-0,93	1,00	-0,08	-0,15
Massa 1000	0,08	-0,06	0,06	-0,08	1,00	-0,28
Teor de Óleo	0,12	-0,09	0,08	-0,15	-0,28	1,00

Os valores em negrito são diferentes de 0 com um nível de significância $\alpha=0,05$

Como as variáveis apresentaram correlação significativa, foi aplicada a ACP. Na Tabela 16 são apresentadas as variáveis, sua correlação e contribuição (%) para os componentes principais.

Tabela 16 - Correlação e contribuição (%) das variáveis e os componentes principais

	C-I		C-II		C-III		C-IV		C-V	
Argila	0,60	11,20%	-0,02	0,03%	0,67	55,17%	-0,44	29,70%	0,04	2,83%
Altitude	-0,96	28,68%	-0,03	0,08%	0,26	8,21%	-0,10	1,45%	-0,03	1,35%
Temperatura	0,96	28,94%	0,04	0,11%	-0,22	6,08%	0,05	0,42%	0,13	33,13%
Precipitação	-0,98	30,14%	-0,01	0,00%	0,02	0,08%	0,00	0,00%	0,17	62,40%
Massa 1000	0,08	0,22%	0,81	50,68%	0,37	16,65%	0,46	32,38%	0,01	0,06%
Teor de Óleo	0,16	0,82%	-0,79	49,09%	0,33	13,81%	0,48	36,05%	0,01	0,23%
Variância Total	53,61%		21,31%		13,44%		10,83%		0,80%	

Na Tabela 16, os componentes principais de maior correlação foram o primeiro componente (C-I) e o segundo componente (C-II), que juntos explicaram 74,92% da correlação entre as variáveis analisadas. O C-I é composto pelas variáveis argila, altitude, temperatura e precipitação, enquanto o C-II, pela massa 1000 grãos e o teor de óleo. Assim, de forma independentemente, o C-I explicou 53,61% da correlação, e o C-II o restante (21,31%).

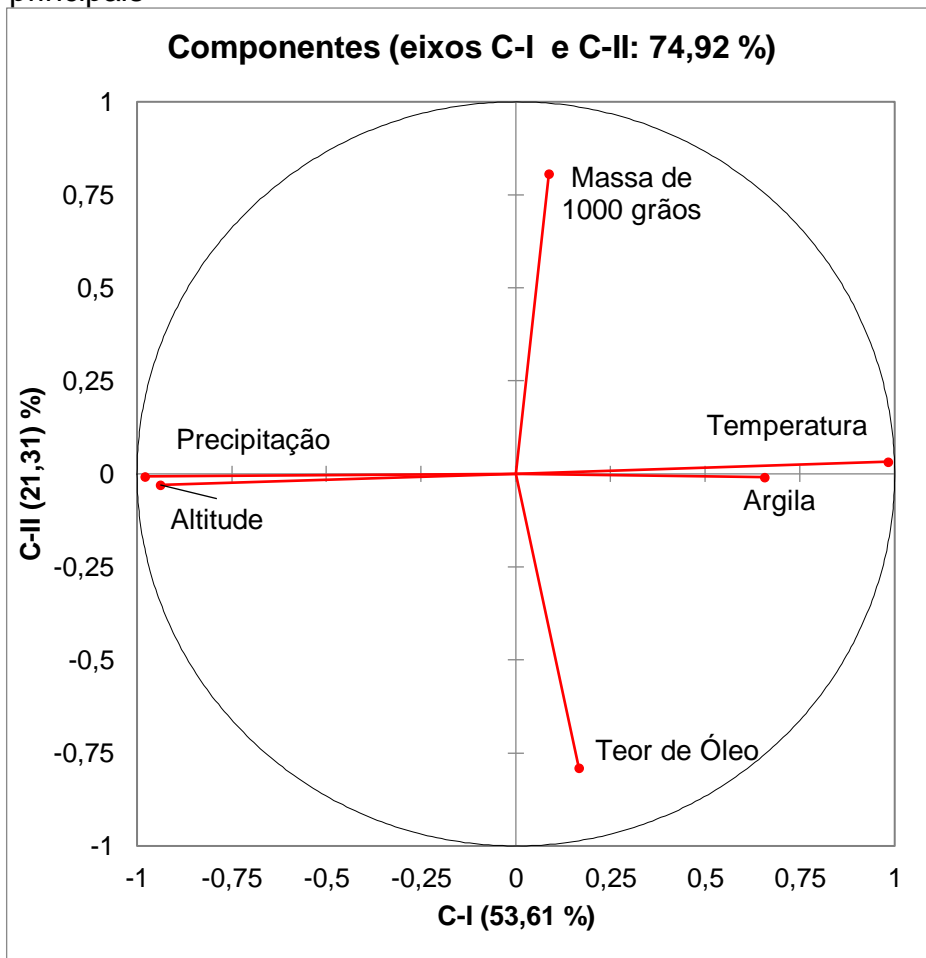
Na Figura 25, é possível observar de forma gráfica a correlação entre as variáveis e os componentes C-I e C-II, na qual, cada variável está representada por um vetor, considerando-se que, quanto maior o tamanho, maior a importância para explicar a variabilidade entre as cultivares.

No C-I, os vetores de precipitação e altitude estão próximos e indicam provável correlação proporcional entre eles. Assim, os vetores temperatura

e argila também estão próximos e correlacionados, e inversamente correlacionados à precipitação e altitude, permitindo explicar o valor da correlação de 53,61%.

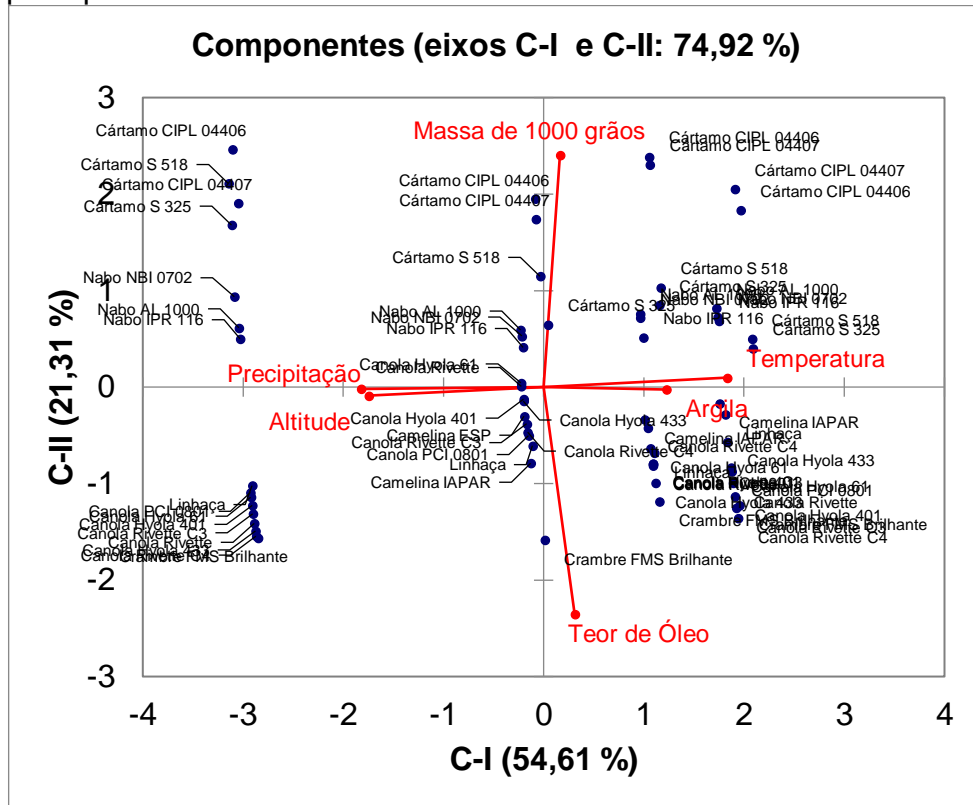
No C-II, o vetor massa de 1000 grãos está inversamente correlacionado ao vetor teor de óleo, e pouco distante do eixo do C-II, evidenciando-se a baixa correlação entre as variáveis (21,31%).

Figura 25 – Correlação das variáveis e os componentes principais



Os dados de cada cultivar são representados de forma gráfica como um ponto no espaço na Figura 26. As cultivares com similaridade em uma ou mais propriedades são pontos próximos no espaço da variável.

Figura 26 – Projeção das cultivares estudadas nos componentes principais C-I e C-II.



Foi aplicada a ACP para cada espécie oleaginosa, obtendo-se resultados semelhantes aos expostos acima, apresentando uma correlação inversa entre a massa de 1000 grãos e o teor de óleo, e baixa correlação com as condições edafoclimáticas dos locais. Por conseguinte, não foi apresentada neste trabalho.

Com base nos resultados da ACP é possível afirmar que as condições edafoclimáticas dos locais, especialmente a temperatura, não interferiram ou incidiram no teor de óleo das cultivares estudadas. Assim, existe correlação inversa entre a massa de 1000 grãos e o teor de óleo. Em consequência, independentemente do tipo de inverno, seja suave (Cambará e Londrina), moderado (Santa Tereza do Oeste) ou rigoroso (Guarapuava), as cultivares oleaginosas apresentaram teores de óleo semelhantes. O mesmo comportamento foi observado por Canvin (1965), que cultivou Colza, Cártamo, Girassol, Linhaça e Mamona em diferentes temperaturas (10, 16, 21 e 26,5 °C), obtendo os maiores teores de óleo para Colza e Linhaça nas mais baixas temperaturas, com decréscimo com o

aumento da temperatura. O mesmo autor observou que o teor de óleo de Cártamo, Girassol e Mamoma, não foi afetado pela temperatura.

Na Tabela 17 são apresentadas as cultivares selecionadas com base no teor de óleo ACP, a diferença significativa entre as cultivares (teste de Scott-Knott) e o desempenho destas entre os locais (teste de Tukey).

Tabela 17 – Cultivares selecionados para cada local

Local	Cultivar	Teor de Óleo (%)
Cambará	Camelina IAPAR	28,98 ± 0,78
	Canola Hyola433	34,97 ± 0,53
	Crambre FMS Brilhante	37,14 ± 1,07
	Linhaça	33,71 ± 1,16
Londrina	Canola RivetteC4	37,95 ± 0,92
	Crambre FMS Brilhante	38,16 ± 1,64
	Cártamo S325	39,22 ± 1,25
	Nabo IPR116	25,13 ± 0,93
Guarapuava	Canola Hyola433	37,75 ± 1,46
	Canola RivetteC4	38,07 ± 0,91
	Crambre FMS Brilhante	39,05 ± 1,24
	Nabo AL1000	25,65 ± 0,58
Santa Tereza do Oeste	Cártamo S325	35,24 ± 1,32
	Crambre FMS Brilhante	39,79 ± 1,05
	Linhaça	32,37 ± 1,63
	Nabo NBI0702	25,24 ± 1,51

4.3 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DOS ÓLEOS

4.3.1 Índice de Acidez

Na Tabela 18 são apresentados os resultados de índice de acidez do óleo bruto e degomado para cada cultivar e local. E, no Anexo E, estão apresentados os gráficos da titulação potenciométrica de cada óleo.

Tabela 18 – Índice de Acidez dos óleos brutos e degomados das cultivares estudadas nos quatro locais⁴

No	Cultivar	Índice de Acidez KOH mg/g		Local
		Óleo Bruto	Óleo Degomado	
1	Camelina IAPAR	6,86 ± 0,435	2,19 ± 0,312	Cambará
2	Canola Hyola 433	6,50 ± 0,337	1,03 ± 0,084	Cambará
3	Canola Hyola 433	6,20 ± 0,455	0,26 ± 0,015	Guarapuava
4	Canola Rivette C4	4,38 ± 0,213	0,39 ± 0,099	Londrina
5	Canola Rivette C4	3,70 ± 0,454	1,35 ± 0,034	Guarapuava
6	Cártamo S 325	4,75 ± 0,455	1,27 ± 0,063	Londrina
7	Cártamo S 325	6,64 ± 0,816	2,78 ± 0,132	Sta. Tereza O.
8	Crambre FMS Brilhante	11,88 ± 0,560	3,92 ± 0,143	Cambará
9	Crambre FMS Brilhante	8,43 ± 0,213	0,86 ± 0,026	Londrina
10	Crambre FMS Brilhante	9,96 ± 0,546	0,27 ± 0,032	Guarapuava
11	Crambre FMS Brilhante	5,49 ± 0,396	0,27 ± 0,044	Sta. Tereza O.
12	Linhaça	3,01 ± 0,158	0,27 ± 0,131	Cambará
13	Linhaça	4,78 ± 0,203	0,39 ± 0,087	Sta. Tereza O.
14	Nabo IPR 116	0,28 ± 0,345	0,27 ± 0,043	Londrina
15	Nabo AL 1000	0,28 ± 0,567	0,62 ± 0,042	Guarapuava
16	Nabo NBI 0702	0,41 ± 0,874	1,36 ± 0,023	Sta. Tereza O.

Os valores apresentados são a média aritmética de 3 repetições de laboratório por cultivar.

De acordo com os resultados da Tabela 18, o índice de acidez encontrado na maioria dos óleos brutos é maior que nos óleos degomados, especialmente no óleo de Crambe. Tais resultados indicam que possivelmente os óleos brutos durante o processo de extração e/ou armazenamento, sofreram quebras (hidrólise) em suas cadeias, liberando seus constituintes principais, os ácidos graxos livres (AGL), devido a presença da água que permaneceu no óleo depois da extração (Dabdoub e Bronzel, 2009).

Neste sentido, o processo de degomagem reduziu consideravelmente o índice de acidez da maioria dos óleos, neutralizando os AGL e atingindo o valor preconizado para o Biodiesel pela ANP N° 14/2012, de no máximo 0,50 mgKOH/g. Os óleos degomados com índice de acidez superior a 1,0 mg KOH/g, especialmente os óleos da Camelina IAPAR e do Crambe FMS Brilhante em Cambará, juntamente com o Cártamo S325 em Santa Tereza do Oeste, necessitam de tratamento de neutralização para serem submetidos à reação de transesterificação, uma vez que o excesso de ácidos graxos livres pode levar a reações de saponificação que competem com a reação de transesterificação.

Porém, realizar novamente a neutralização dos óleos, exige o uso de mais reagentes químicos e mais operações unitárias, aumentando o consumo energético da produção do Biodiesel (Dabdoub e Bronzel, 2009).

Os óleos degomados das cultivares Nabo AL1000 e Nabo NBI0702, apresentam maior índice de acidez comparado com os óleos brutos. Possivelmente, devido ao excesso de ácido fosfórico utilizado durante a degomagem. Por tanto os óleos brutos das cultivares mencionadas acima não precisam ser degomados, o que reduz custos de produção a partir destas matérias.

Ressalta-se que, de forma geral, os óleos degomados das cultivares escolhidas para cada local têm índices de acidez que estão dentro do valor permitido, viabilizando seu uso para a produção de Biodiesel.

4.3.2 Perfil de Ácidos Graxos

Os triglicerídeos presentes nos óleos degomados (refinados) foram submetidos ao processo de conversão em ésteres, mesmo aqueles que apresentaram índice de acidez superior a 1,0 mgKOH/g. A reação dos óleos de Camelina IAPAR (Cambará), Crambe FMS Brilhante (Cambará) e Cártamo S325 (Santa Tereza do Oeste) com NaOH/metanol evidenciou a formação de emulsão, possivelmente como produto da saponificação. Segundo Dabdoub e Bronzel (2009) a formação de sabões, promove “o arraste de quantidades variáveis de ésteres junto com a fase glicerínica, reduzindo assim o rendimento dos ésteres na fase leve e gerando uma glicerina contendo mais contaminantes”. Por conseguinte, não foi possível identificar a composição dos ácidos graxos das cultivares mencionadas acima.

A Tabela 19 mostra o perfil dos ácidos graxos majoritários dos óleos degomados, que foram convertidos em ésteres, sem formação de emulsões.

Tabela 19 – Perfil dos ácidos graxos majoritários dos óleos convertidos em ésteres, para os quatro locais⁵.

Cultivar Oleaginoso	Local	Teor Óleo (Média)	Saturados			Insaturados						Sat. %	Insat. %	AGI /AGS
			Palmitico	Estearico	Outros %	Oléico	Linoléico	Linolênico	Eicosat.	Erúcico	Outros %			
			(16:0)-%	(18:0)-%		(18:1)-%	(18:2)-%	(18:3)-%	(20:3)-%	(22:1)-%				
Canola Hyola 433	C	34,97±0,53	7,10	2,90	0,35	68,15	14,77	6,07	0,09	0,00	0,57	10,35	89,65	8,66
Canola Hyola 433	G	37,75±1,46	3,66	2,05	0,66	68,32	16,16	8,07	0,34	0,14	0,60	6,37	93,63	14,70
Canola Rivette C4	L	37,95±0,92	4,11	3,46	1,03	65,84	15,61	8,86	0,49	0,08	0,52	8,60	91,40	10,63
Canola Rivette C4	G	38,07±0,91	4,17	2,75	0,88	66,81	16,18	8,15	0,46	0,08	0,52	7,80	92,20	11,83
Cártamo S325	L	39,22±1,32	5,79	2,23	0,31	23,14	67,35	0,45	0,32	0,11	0,29	8,34	91,66	10,99
Crambre FMS Brilhante.	L	38,16±1,64	1,63	0,85	1,16	15,97	7,28	7,54	2,41	60,37	2,78	3,64	96,36	26,46
Crambre FMS Brilhante.	G	39,05±1,24	1,50	0,74	1,04	14,83	6,81	7,70	1,90	62,77	2,71	3,29	96,71	29,44
Crambre FMS Brilhante.	S	39,79±1,05	1,59	0,87	0,96	16,16	7,14	7,92	1,95	60,89	2,52	3,43	96,57	28,19
Linhaça	C	33,71±1,16	7,57	5,18	0,35	25,19	11,55	49,87	0,17	0,08	0,06	13,09	86,91	6,64
Linhaça	S	32,37±1,63	5,72	3,65	0,38	22,23	12,91	54,82	0,17	0,07	0,05	9,75	90,25	9,26
Nabo IPR116	L	25,13±0,93	4,59	2,29	2,84	32,28	13,08	21,82	0,54	21,59	0,97	9,72	90,28	9,29
Nabo AL1000	G	25,65±0,58	3,92	1,71	1,23	23,57	10,38	18,22	1,20	35,31	4,48	6,85	93,15	13,59
Nabo NBI0702	S	25,24±1,51	4,83	1,84	1,17	27,12	13,13	19,42	0,85	28,40	3,24	7,85	92,15	11,75

5: Os valores apresentados são a média aritmética de 2 repetições de laboratório por cultivar;

C = Cambará; L = Londrina; G = Guarapuava; S = Santa Tereza do Oeste; Eicosat = Eicosatrienóico (n=6); Sat = Saturados; Insat = Insaturados; AGI = Ácidos Graxos Insaturados; AGS = Ácidos Graxos Saturados.

O perfil lipídico de um grão permite estabelecer o seu uso e destino final, seja, como fonte de alimento para homens e animais, ou como matéria-prima de ampla aplicação industrial. Neste último sentido, para a produção de Biodiesel, é desejável ter um perfil lipídico com maior porcentagem de ácidos saturados, minimizando a possível oxidação de ligações duplas e portanto aumentando a estabilidade do combustível. Porém, maior presença de saturações aumenta a viscosidade, entupimento e danos no motor (Monyem e Gerpen, 2001).

De acordo com a Tabela 19, os óleos estudados caracterizam-se por ter, em sua composição, predominância de ácidos graxos insaturados, sendo o ácido Oléico majoritário nas cultivares de Canola e Nabo IPR116, o ácido Linoléico em Cártamo S325 e Linhaça, e por último, o ácido Erúcico no Crambe e nas cultivares de Nabo AL1000 e NBI0702. Assim, o perfil dos ácidos graxos majoritários obtido neste trabalho mostra concordância com o dados encontrados na literatura (Quadro 1). As porcentagens obtidas de ácido Oléico para Canola e de ácido Linoléico para Cártamo são superiores quanto comparadas com as relatadas. No entanto, as demais cultivares apresentaram percentagens intermediárias.

O perfil de ácidos graxos, segundo Harris et al., (1978) é influenciado por o tipo de planta, genótipo, temperatura, condições ambientais e práticas agrícolas. Em climas com baixas temperaturas, os grãos, como mecanismo natural, sintetizam em maior porcentagem lipídios insaturados na sua membrana plasmática (Schulte et al., 2013). Desta forma, a bicamada lipídica torna-se mais aberta e fluida pela configuração espacial das insaturações, reduzindo assim, a energia necessária para perturbar o empacotamento da membrana e favorecendo a troca gasosa, que ocorre por difusão simples, difusão facilitada e/ou por transporte ativo (Cooper e Hausman, 2013).

Os ácidos graxos insaturados aparecem naturalmente na configuração espacial *cis*, dificultando o alinhamento e a aproximação das moléculas destes ácidos no óleo e, conseqüentemente, interações intermoleculares de Van der Waals mais fracas, que atribuem ao óleo menor viscosidade (HUI, 2006). Deste modo, como os óleos das cultivares estudadas apresentam maiores percentuais de insaturações, possivelmente terão menores valores de viscosidade, atribuindo-lhe características favoráveis ao Biodiesel produzido a partir destes materiais. Porém,

existe a possibilidade de que o Biodiesel possa ter menor estabilidade oxidativa (Bozan e Temelli, 2008).

Na Tabela 19 também é possível observar que as maiores porcentagens de insaturações (Insat. %), foram obtidas em Guarapuava, local com menor temperatura durante o cultivo (Figura 6). Por conseguinte, as porcentagens de insaturações obtidas em Santa Tereza do Oeste foram maiores que em Londrina e Cambora. Estes resultados concordam com o estudo de Canvin (1965), que obteve maiores valores de ácido linoléico, linolênico e erúcico, e menores valores de ácido oléico, em óleos de Canola, Linhaça e Girassol quando foram cultivadas em temperaturas amenas.

Segundo Canvin (1965), Ren et al., (2009) e Schulte et al. (2013) a porcentagem dos ácidos insaturados pode variar com a temperatura dos locais de cultivo, pois, o aumento da temperatura diminui a porcentagem dos ácidos insaturados, mais especificamente, os ácidos poli-insaturados. Além disso, a porcentagem do ácido linoléico, linolênico ou erúcico diminui com o aumento do ácido oléico. Possivelmente, a enzima *dessaturase* responsável pela conversão do ácido oléico em ácido linoléico, permanece inativa em altas temperaturas, aumentando a concentração do ácido oleico (Martinez et al, 2003). Este efeito foi evidenciado na composição dos ácidos graxos dos óleos estudados nos quatro locais.

CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos neste trabalho, conclui-se que:

As espécies de oleaginosas *Camelina* (*Camelina sativa* L.), *Canola* (*Brassica napus* L), *Cártamo* (*Carthamus tinctorius*), *Crambe* (*Crambe abyssinica*), *Linho* (*Linum usitatissimum*) e *Nabo Forragiero* (*Raphanus sativus* L) podem ser estudadas para a produção de grãos na época de inverno nos quatro locais. Destaca-se a obtenção de maiores massas de 1000 grãos de *Canola*, *Cártamo* e *Crambe* em Londrina.

Os grãos das oleaginosas cultivadas no Estado do Paraná durante a época de inverno, fornecem alto teor de óleo, permitindo considerar esses grãos como matéria-prima alternativa para suprir a demanda da produção de Biodiesel na entressafra de verão. O *Crambe* FMS Brilhante foi a cultivar que apresentou elevado teor de óleo nos quatro locais.

A Análise por Componentes Principais (ACP) permitiu identificar que as condições edafoclimáticas dos locais, especificamente a temperatura, não têm efeito sobre a massa de 1000 grãos e a fração lipídica (teor de óleo) dos grãos estudados. Além disso, as oleaginosas que tem maior massa de 1000 grãos, como o *Cártamo* e o *Nabo Forrageiro*, não são aquelas que apresentam maior teor de óleo, evidenciando-se a correlação inversa da massa de 1000 grãos e o teor de óleo.

Para o processo de transesterificação dos óleos das cultivares selecionadas foi necessário realizar previamente a degomagem, reduzindo o índice de acidez da maioria dos óleos e obtendo valores próximos ao preconizado pela ANP N° 14/2012, de no máximo 0,50 mg KOH/g.

A percentagem dos ácidos graxos saturados e insaturados presentes nos óleos variou com a temperatura de cada local, obtendo-se maiores percentagens de ácidos graxos insaturados em Guarapuava, seguido de Santa Tereza do Oeste, Londrina e Cambará. Além disso, possivelmente podem conferir-lhe menor viscosidade ao Biodiesel produzido a partir deles.

Levando em consideração os parâmetros analisados, especificamente no índice de acidez, os óleos selecionados para cada local

apresentam características que favorecem a produção de Biodiesel, com exceção do óleo de Camelina IAPAR (Cambará), Crambe FMS Brilhante (Cambará) e Cártamo S325 (Santa Tereza do Oeste).

Os óleos brutos das cultivares de Nabo Forrageiro foram os únicos que apresentaram baixa acidez, o que permite destacá-los entre as outras oleaginosas respeito a este parâmetro. Porém, essas cultivares foram também as que apresentaram o mais baixo teor de óleo e as menores produtividades, segundo registros relatados na literatura, citados neste trabalho.

REFERÊNCIAS

ADA, R. Effects of winter and spring sowing on yield components of safflower genotypes. Rev. **International Scholarly and Scientific Research & Innovation**, v. 6, n. 6, p. 38-42, Turquia, 2012.

AGUASPARANÁ. Instituto das Águas do Paraná, 2012.

AHUJA, K. L.; SINGH, H.; RAHEJA, R. K.; LABANA, K.S. The oil content and fatty acid composition of various genotypes of cauliflower, turnip and radish. Rev. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 37, p. 33-40, 1987.

AMBROSANO, L. **Avaliação de plantas oleaginosas potencias para cultivo de safrinha. 2012.** 81 fls. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras. MG, 2012.

ANP (Agencia Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Regulamento Técnico nº 14/2012

AOCS. Official Method Ac 3-44 Oil. Revised 1984, 1995. Reapproved 1993. **Samplly and Analysis of Vegetables Oil Source Materials.** Disponível na biblioteca Universidade Estadual de Londrina. Acesso em: 20 nov 2013.

APPELQVIST, L. A. Lipids in Cruciferae: VIII. The fatty acid composition of seeds of some wild or partially domesticated species. Rev. **Journal of the American Oil Chemists Society**, v. 48, n. 11, p. 740-744. Suécia, 1971.

AUED-PIMENTEL, S; KUMAGAI, E. E.; KUS, M. M. M.; CARUSO, M. S. F.; TAVARES, M.; ZENEBON, O. Ácidos graxos trans em óleos vegetais refinados poli-insaturados comercializados no estado de São Paulo, Brasil. **Rev. Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 29, n. 3, p. 646-651, Campinas-Brasil, 2009.

BARROS, T. D.; JARDINE, J. G. Nabo-forageiro. **Árvore do conhecimento agroenergia.** Embrapa, Ageitec. Brasília, 2012. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agroenergia/arvore/CONT000fbl23vn002wx5eo0sawqe38tspejq.html>> Acesso em: 10 oct. 2014.

BASSO, R. C.; MEIRELLES, A. J. de A.; BATISTA, E. A. C. Liquid-liquid equilibrium of pseudoternary systems containing glycerol + ethanol + ethylic biodiesel from crambe oil (*Crambe abyssinica*) at T/K= (298.2, 318.2, 338.2) and thermodynamic modeling. Rev. **Fluid Phase Equilibria**, v. 333, p. 55-62, SP, Brasil.

BAYRAK, A.; KIRALAN, M.; IPEK, A.; ARSLAN, N.; COSGE B.; KHAWAR, K.M., Fatty acid compositions of linseed (*Linum usitatissimum* L.) genotypes of different origin cultivated in Turkey. Rev. **Biotechnology & Biotechnological Equipment**, v. 24, n. 2, p. 1836-1842, Turquia, 2010.

- BENÍCIO, D. A.; NETO, V. Q.; SOUSA, J. G. Avaliação das propriedades físico-químicas e da composição química parcial do óleo de sementes de Nim Indiano (*azadirachta indica* a. Juss), cultivado no município de patos - paraíba. Rev. **BioFar, Paraíba**, v. 4, n. 2, p. 22-33, 2010.
- BERNARDO, A.; HOWARD-HILDIGE, R.; O'CONNELL, A.; NICHOL, R.; RYAN, J.; RICE, B.; ROCHE, E.; LEAHY, J.J. Camelina oil as a fuel for diesel transport engines. Rev. **Industrial Crops and Products**, v. 17, n. 3, p. 191-197, 2003.
- BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. Rev. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v.37, n. 8, p. 911-917, 1959.
- BONDIOLI, P.; FOLEGATTI, L.; LAZZERI, L.; PALMIERI, S. Native *Crambe abyssinica* oil and its derivatives as renewable lubricants: an approach to improve its quality by chemical and biotechnological processes. Rev. **Industrial Crops and Products**, v. 7, n. 2-3, p. 231–238, Italia, 1998.
- BOZAN, B.; TEMELLI, F. Supercritical CO₂ extraction of Flaxseed. Rev. **JAACS**, v.79, n. 3, p. 231–235, 2002.
- BOZAN, B.; TEMELLI, F. Chemical composition and oxidative stability of flax, safflower and poppy seed and seed oils. Rev. **Bioresource Technology**, n.99, p. 6354–6359, 2008.
- BRUM, A. S.; ARRUDA, L. F.; ARCE, REGITANO-D' A, A. B. Métodos de extração e qualidade da fração lipídica de matérias-primas de origem vegetal e animal. Rev. **Quim. Nova**, v. 32, n. 4, p. 849-854, Fev. 2009.
- BUDIN, J. T.; BREENE, W. M.; PUTNAM, D. H. Some Compositional Properties of Camelina (*Camelina sativa* L. Crantz) Seeds and Oils. Rev. **JAACS**, v. 72, n. 3, p. 309 - 315 1995.
- CANVIN, D. T. The effect of temperature on the oil content and fatty acid composition of the oils from several oil seed crops. Rev. **Canadian Journal of Botany**, v. 43, p. 63 – 69. Manitoba, 1965.
- CARLSSON, A. S. Plant oils as feedstock alternatives to petroleum – A short survey of potential oil crop platforms. Rev. **Biochimie**, v. 91, n. 6, p. 665–670, 2009.
Disponível em:
<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0300908409000960#>>.
- CAVALCANTE, A. K.; SOUSA, L. B.; HAMAWAKI, O. T. Determinação e avaliação do teor de óleo em sementes de soja pelos métodos de ressonância magnética nuclear e soxhlet. Rev. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 27, n. 1, p. 8-15, Jan/Feb. 2011.
- CIUBOTA-ROSIE, C.; RUIZ, J. R.; RAMOS, M. J.; PÉREZ, A. Biodiesel from *Camelina sativa*: A comprehensive characterisation. Rev. **Fuel**, 105, p. 572–577, Espanha, 2013.

- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira grãos**. Safra 2014/15, v.2, n. 5, p. 121 - Quinto Levantamento, Brasília, fev. 2015. Disponível em: <
http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_01_09_09_00_21_boletim_graos_janeiro_2015.pdf> Acesso em: 28 Fev. 2015.
- COOPER, G. M.; HAUSMAN, R. E. Chap. 13: The Plasma Membrane In. **The Cell, A Molecular Approach**. Sixth Edition. Ed. Sixth, p. 515-540, Sunderland, Massachusetts U.S.A., 2013.
- CORREIRA, J. C. G. Capítulo 6: classificação e peneiramento. In: CETEM, **Tratamento de Minérios**. 6. Ed. RJ –Brasil, p. 257-297, 2010.
- CREMONEZ, P. A.; FEIDEN, A.; CREMONEZ, F. E.; ROSSI, E. de; ANTONELLI, J.; NADALETI, W. C.; TOMASSONI, F. **Nabo forrageiro: do cultivo a produção de biodiesel**. Acta Iguazu, Cascavel, v.2, n.2, p. 64-72, 2013.
- CRUSCIOL, C. A. C.; COTTICA, R. L.; LIMA, E. D. V.; ANDREOTTI, M.; MORO, E.; MARCON, E. Persistência de palhada e liberação de nutrientes do Nabo Forrageiro no plantio direto. Rev. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.40, n.2, p.161-168, Brasília, 2005.
- CUNHA, M. B. da. **Comparação de métodos para obtenção do peso de mil sementes de aveia preta e soja**, 2004. 17 fls. Dissertação (Mestrado em ciência e tecnologia de sementes) - Universidade Federal de Pelotas, Rio Grande Do Sul – Brasil, 2004.
- DABDOUB, M. J.; BRONZEL, J. L. Biodiesel: visão crítica do status atual e perspectivas na academia e na indústria. Rev. **Quim. Nova**, v. 32, n. 3, p. 776-792, Brasil, 2009.
- DAMBISKI, L. **Síntese de Biodiesel de óleo de nabo forrageiro empregando metanol supercrítico**. 2007. 94 fls. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica e de Materiais) - Universidade Tecnológica Federal de Paraná, Curitiba – Brasil, 2007.
- DEMIRBAS, A. Production of biodiesel fuels from linseed oil using methanol and ethanol in non-catalytic SCF conditions. Rev. **Biomass and Bioenergy**, v. 33, n. 1, p. 113–118. Turquia, 2009.
- DIXIT, S.; KANAKRAJ, S.; REHMAN, A. U. Linseed oil as a potential resource for bio-diesel: A review. Rev. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 16, n. 7, p. 4415–4421, Índia, 2012.
- DOMINGOS, A. K. **Optimização da etanolise de óleo de Raphanus Sativus L e avaliação de sua estabilidade à oxidação**. 2005. 113 fls. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.
- DOWNEY, R. K. **Agricultura Cruciferous and Genetic Potentials Oilseed Crops**. Symposium: cruciferous oilseeds conducted by the ISF-AOCS World Congress. Chicago L-A. APPELQVIST, Program Chairman, 1971.

DOWNEY, R. K. Canola: A quality brassica oilseed. p. 211-217. In: **J. Janick and J.E. Simon (eds.)**, Advances in new crops. Timber Press, Portland, OR, 1990.

DUKE, J. A. Brassica napus, L Carthamus tinctorius L, Crambe abyssinica Hochst. ex R.E.Fries, Linum usitatissimum L.. **Handbook of Energy Crops**. NewCROPS web site, 1983. Disponível em: <
https://www.hort.purdue.edu/newcrop/Indices/index_ab.html>.

DUZ, M. Z.; SAYDUT, A.; OZTURK, G. Alkali catalyzed transesterification of safflower seed oil assisted by microwave irradiation. Rev. **Fuel Processing Technology**, v. 92, n. 3, p. 308 – 313. Turquia, 2011.

DYBING, C. D. ; LAY, C. Yields and Yield Components of Flax, Soybean, Wheat, and Oats Treated with Morphactins and Other Growth Regulators for Senescence Delay. Rev. **Crop Science Society of America**, v. 21, n. 6, p. 904-908, 1981.

EIFERT, E. C.; UTINO, S. **Árvore do conhecimento feijão: Beneficiamento e armazenamento**. Embrapa, Ageitec. Brasília. Acesso em: 08 Mai. 2014.

EMBRAPA. **Mapa de solos do Estado do Paraná: legenda atualizada**. Editores técnicos: Silvio Barge Bhering, Humberto Gonçalves dos Santos. Rio de Janeiro, 2008.

FALASCA, S. L.; FLORES, N. ; LAMAS, M. C. ; CARBALLO, S. M. ; ANSCHAU, A. Crambe abyssinica: An almost unknown crop with a promissory future to produce Biodiesel in Argentina. Rev. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 35, n. 11, p. 5808–5812, 2010.

FARONI, L. R. A. Capítulo 1: Los granos y su calidad. **Manual de manejo poscosecha de granos a nivel rural**. Editor Oficina regional de la FAO para America Latina y el Caribe. Santiago, Chile 1993. Disponível em: <
<http://www.fao.org/docrep/x5027s/x5027S01.htm#I>. Los granos y su calidad> Acesso em: 08 jul, 2014.

FEROLDI, M.; CREMONEZ, P. A.; FEIDEN, A. DE ROSSI, E, NADALETI, W. C.; ANTONELLI, J. Cultivo do Crambe: potencial para produção de biodiesel. Rev. **Brasileira de Energias Renováveis**, v. 2, p. 11-22, 2012.

FERRARI, R. A.; OLIVEIRA, V. DA S; SCABIO, ARDALLA. Biodiesel de soja – taxa de conversão em ésteres etílicos, caracterização físicoquímica e consumo em gerador de energia. Rev. **Quim. Nova**, v. 28, n. 1, p. 19-23, 2005. Ponta Grossa – PR.

FERRARI, R. A.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B.; RIBEIRO, F. L. F. **Biodiesel de óleo de Raphanus Sativus L.** II Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel Realização: Universidade Federal de Lavras e Prefeitura Municipal de Varginha.

FILHO, J. M. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. **Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz – FEALQ**. v. 12, p 495. Piracicaba, SP, Brasil, 2005. Disponível em: Biblioteca UEL.

FRANCHINI, J. C.; COSTA, J. M.; DEBIASI, H. Rotação de culturas: prática que confere maior sustentabilidade à produção agrícola no Paraná. **Informações agronômicas. IPNI**, n. 134, junho, 2011.

FREITAS, M. de C. de. A cultura da soja no Brasil: o crescimento da produção brasileira e o surgimento de uma nova fronteira agrícola. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer** - Goiânia, v. 7, n. 12, 2011.

FRÖHLICH, A.; RICE, B. Evaluation of Camelina sativa oil as a feedstock for biodiesel production. Rev. **Industrial Crops and Products**, v. 21, n. 1, p. 25-31, 2005.

GARCIA, C. M. **Transesterificação de óleos vegetais**. 2006, 120 fls. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Química), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP. 2006.

GOFFMAN, F. D.; MÖLLERS, C. Changes in tocopherol and plastochromanol-8 contents in seeds and oil of oilseed rape (Brassica Napus L.) During storage as influenced by temperature and air oxygen. Rev. **J. Agric. Food Chem**, v. 48, n. 5, p. 1605–1609, Alemanha, 2000.

GUDERJAN, M.; ELEZ-MARTÍNEZ, P.; KNORR, D. Application of pulsed electric fields at oil yield and content of functional food ingredients at the production of rapeseed oil. Rev. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 8, n. 1, p. 55–62, Alemanha, 2007.

GUGEL, R. K.; FALK, K. C. Agronomic and seed quality evaluation of Camelina sativa in western Canada. Rev. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 86, n. 4, p. 1047-1058, 2006.

GUZZATTO, R.; MARTINI, T. L. DE.; SAMIOS, D. The use of a modified TDSP for biodiesel production from soybean, linseed and waste cooking oil. Rev. **Fuel Processing Technology**, v. 92, n. 10, Porto Alegre, RS, Brasil, 2011.

HARRIS, H.; MCWILLIAM, J.R.; MASON, W.K. Influence of temperature on oil content and composition of sunflower seed. Rev. **Aust. J. Agric. Res**, v. 29, n. 6, p. 1203–1212, 1978.

HERNANDEZ, R.; GONZÁLEZ, A.; RIVERA, P. El cultivo de la Canola (Brassica napus y B. Napas) en el Estado de Jalisco, México. I. Características agronómicas. **Biagro 20**, v. 3, p. 185-191. México, 2008.

HUI, Y. H. Handbook of Food Science, Technology, and Engineering. v. 3. CRC Press, 2006.

IAPAR-AEF. Instituto Agronômico do Paraná. Agrometeorologia, Dados diários, 2012.

IATA. Partnership for Aviation in Eastern Europe. Press Release n 48, data 13 september 2013. Disponível em: <http://www.iata.org/pressroom/pr/Pages/2013-09-13-01.aspx>.

IHA, O. K. **Produção e análises de Bio-óleo e Biodiesel utilizando oleaginosas que possam contribuir para o aumento da matriz energética renovável brasileira**. 2010, 52 fls. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Química), Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2010.

ILKILIÇ, C.; AYDIN, S.; BEHCET, R.; AYDIN, H. Biodiesel from safflower oil and its application in a diesel engine. Rev. **Fuel Processing Technology**, v. 92, n. 3, p. 356 – 362, Turquia, 2011.

IMBREA, F.; JURCOANE, S.; HALMAJAN, H. V.; DUDA, M.; BOTOS, L. Camelina sativa: a new source of vegetable oil. Rev. **Romanian Biotechnological Letters**, v. 16, n. 3, p. 6263-6270, 2011.

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

JUITA; DLUGOGORSKI, B. Z.; KENNEDY, E.M.; MACKIE, J. C. Low temperature oxidation of linseed oil: a review. Rev. **Fire Science Reviews**, 1:3. 2012, Disponível em: <<http://www.firesciencereviews.com/content/pdf/2193-0414-1-3.pdf>> Acesso em: 13 Nov. 2014.

KHAN, M. A.; MIRZA, M. Y.; AMJAD, M.; NAWAZ, N.; NAWAZ, M. S.; BAIG, D. Assessment of genetic diversity in germplasm of linseed (L.). Rev. **Pakistan J. Agric. Res.** v. 26, n. 3, 2013.

LALAS, S.; GORTZI, O.; ATHANASIADIS, V.; DOURTOGLOU, E.; DOURTOGLOU, V. Full Characterisation of *Crambe abyssinica* Hochst. Seed Oil. **J Am Oil Chem Soc.** 17 July 2012.

LAZZERI, L.; LEONI, O.; CONTE, L. S.; PALMIERI, S. Some technological characteristics and potential uses of *Crambe abyssinica* products. Rev. **Industrial Crops and Products**, v. 3, n. 1-2, p. 103-112, Italia, 1994.

LESSMAN, K. J. *Crambe: A New Industrial Crop in Limbo*. p. 217-222. In: J. Janick and J.E. Simon (eds.), *Advances in new crops*. Timber Press, Portland, OR, 1990.

MANZONI, L. P.; BARROS T. D. Biodiesel. **Árvore do conhecimento agroenergia**. Embrapa, Ageitec. Brasília. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agroenergia/arvore/CONT000fbl290nv02wx5eo0sawqe3ho6o476.html>> Acesso em: 08 Mai, 2014.

MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). **Regras para análise de sementes**. 1. Ed. Brasília - Brasil, 2009. (MAPA, 2009)

MARTÍNEZ, J. M. R; SÁNCHEZ, A. G.; SICARDO, M. D.; GARCÍA, M. T. D.; MANCHA, M. Oxygen-independent temperature regulation of the microsomal oleate desaturase (FAD2) activity in developing sunflower (*Helianthus annuus*) seeds. Rev. **Physiologia Plantarum**, v. 117, n. 2, p. 179–185, Espanha, 2003.

MATTEI L. F. **Programa nacional para produção e uso do biodiesel no brasil (pnpb): trajetória, situação atual e desafios**. Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural (SOBER). Rio Branco – Acre, 20 a 23 de julho de 2008. Disponível em: < <http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/109212/2/79.pdf>>.

MARTIN, C. A.; ALMEIDA, V. V. de. ; RUIZ, M. R. ; VISENTAINER, J. E. L.; MATSHUSHITA, M.; SOUZA, N. E. de.; VISENTAINER, J. V. Ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 e ômega-6: importância e ocorrência em alimentos. Rev. **Nutrição**, v. 19, n. 6, p. 761-770, Campinas, SP-Brasil, 2006.

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

MENDEIROS, P. T. **Viabilidade técnica do Biodiesel metílico do óleo de duas variedades de *Carthamus tinctorius* L.** como substituto do diesel de petróleo. 2011. 68 fls. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2011.

MILINSK, M. C.; MATSUSHITA, M.; VISENTAINER, J.V.; OLIVEIRA, C. C.; SOUZA, N. E. Comparative Analysis of Eight Esterification Methods in the Quantitative Determination of Vegetable Oil Fatty Acid Methyl Esters (FAME). Rev. **J. Braz. Chem. Soc.**, v. 19, n. 8, p. 1475-1483, 2008

MIZUBUTI, I. Y; PINTO, A. P.; PEREIRA E. S.; RAMOS, B. M. de O. **Métodos laboratoriais de avaliação de alimentos para animais**. Editorial Eduel, Londrina-Brasil, p. 69-72, 2009.

MONTOYA, L. C. **El cultivo del cártamo (*carthamus tinctorius* L.) en México**. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México, p. 24-29, 2010.

MONYEM, A.; GERPEN, J. H. V. The effect of biodiesel oxidation on engine performance and emissions. Rev. **Biomass and Bioenergy**, v. 20, n. 4, p. 317-325, USA, 2001.

MORAIS, E. K. L.; COSTA, M.; SOUTO, C. R. O.; LICHSTON, J. E.; LIMA, J. P. M. **S. Obtenção de biodiesel a partir de óleo das sementes de Safflower**. IV congresso brasileiro de mamona, 4 & simpósio internacional de oleaginosas energéticas, 1, 2010, João Pessoa. Inclusão Social e Energia: Anais Campina grande: Embrapa Algodão, 2010. p. 158-162. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/18297/1/BID-15.pdf>>

MORI, C.; TOMM, G. O.; FERREIRA, P. E. P. **Aspectos econômicos e conjunturais da cultura da canola no mundo e no Brasil**, em 2014. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2014. Publicação Online. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E) Disponível em:

<<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/103763/1/2014-documentos-online149.pdf>> Acesso em: 15 Jan. 2015.

MOSER, B. R.; VAUGHN, S. F. Evaluation of alkyl esters from Camelina sativa oil as biodiesel and as blend components in ultra low-sulfur diesel fuel. Rev. **Bioresource Technology**, 101, p. 646–653. USA, 2010.

MOURA, N. C. **Avaliação de espécies oleaginosas de inverno em diferentes regiões fisiográficas do Paraná para produção de biodiesel**. 2012. 67 fls. Dissertação (Mestrado em Bioenergia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2012.

NACZK, M.; SHAHIDI, F. Chapter 12: Carbohydrates of Canola and Rapeseed. In **Canola and Rapeseed**. Production, Chemistry, Nutrition and Processing Technology, parte 2. Van Nostrand Reinhold, p. 211-220, 1990.

OELKE, E. A. ; OPLINGER, E. S.; TEYNOR, T. M. ; PUTNAM, D. H. ; DOLL, J. D. ; KELLING, K. A. DURGAN, B. R. ; NOETZEL, D. M. Safflower. **Alternative Field Crops Manual**, EEUU. Fev, 1992. Disponível em: <<https://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/safflower.html>>.

OLIVEIRA, A. K. C.; SILVA, L. H. N.; SILVA, L. L.; OLIVEIRA, K. R. R.; SILVA, S. I. F.; COSTA, C. J. **Produção e avaliação comparativa do biodiesel de soja e biodiesel de linhaça através de dois métodos de preparação aplicados aos óleos vegetais**. VIICONNEPI Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e inovação. Palmas, Tocantins, 19 – 21 de outubro, 2012.

ONOREVOLI, B. **Estudo de Crambe Abyssinica como fonte de matérias primas oleaginosas: óleo vegetal, esteres metílicos e bio-óleo**. 2012. 115 fls. Dissertação (Mestrado em ciência dos materiais) - Universidade Federal de Rio Grande do Sul, Porto Alegre – Brasil, 2012.

OPLINGER, E.S.; HARDMAN, L. L.; GRITTON, E. T.; DOLL, J. D. KELLING, K. A. Canola (Rapeseed). **Alternative Field Crops Manual**. Nov, 1989. Disponível em: <<https://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/canola.html>>.

OPLINGER, E. S.; OELKE, E. A.; KAMINSKI, A. R. PUTNAM, D. H.; TEYNOR, T. M.; BONECA, J. D; KELLING, K. A.; DURGAN, B. R.; NOETZEL, D. M. Crambe.). **Alternative Field Crops Manual**. Nov, 1991. Disponível em: <<https://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/crambe.html>>.

OSAKI, M.; BATALHA, M. O. **Produção de biodiesel e óleo vegetal no brasil: realidade e desafio**. Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural (SOBER). Rio Branco – Acre, 20 a 23 de julho de 2008. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/9/171.pdf>>.

- OSSA, F. J. B. **Cultivos energéticos para biocombustíveis**. Secretaria de Desarrollo Institucional. IDE-UNCuyo. Julio 2012. Disponível em: <<http://www.imd.uncu.edu.ar/upload/cultivos-energeticos-final.pdf>>.
- PALI, V.; MEHTA, N. Evaluation of Oil Content and Fatty Acid Compositions of Flax (*Linum usitatissimum* L.) Varieties of India. Rev. **Journal of Agricultural Science**, v. 6, n. 9, p. 198-207. India, 2014.
- PATROSCOIU, M.; RATHBAUER, J.; NEGREA, M.; ZELLER, R. Perspectives of safflower oil as biodiesel source for South Eastern Europe (comparative study: Safflower, soybean and rapeseed). Rev. **Fuel**, v. 111, p. 114-119. Romania, 2013.
- PENEDO, P.L. M.; COELHO, G. L. V. Purificação de óleos vegetais por extração com CO₂ supercrítico. Rev. **Ciênc. Tecnol. Aliment**, v. 17 n. 4, Campinas Dec. 1997. Food Science and Technology (Campinas), On-line version ISSN 1678-457X. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20611997000400007>>.
- PETERSEN, P.; SILVEIRA, L.; DIAS, E.; CURADO, F; e SANTOS, A. Sementes ou grãos? Lutas para desconstrução de uma falsa dicotomia. Revista **Agriculturas: Experiências em Agroecologia**. v.10, n.1, p. 36-46. Março, 2013. Disponível em: <<http://www.sct.embrapa.br> > Acesso em 18 Abr.2014.
- POPA, V-M.; GRUIA, A.; RABA, D-N; DUMBRAVA, D.; MOLDOVAN, C.; BORDEAN, D.; MATEESCU, C. Fatty acids composition and oil characteristics of linseed (*Linum Usitatissimum* L.). Rev. **Journal of Agroalimentary Processes and Technologies**, v. 18, n. 2, p. 136-140. Romênia, 2012.
- PUTNAM, D. H.; BUDIN, J.T.; FIELD, L.A.; BREENE, W.M. Camelina: A Promising Low-Input Oilseed. In: **J. Janick and J.E. Simon (eds.)**, new crops. p. 314-322, Wiley, New York, 1993. Disponível em: <<https://www.hort.purdue.edu/newcrop/proceedings1993/v2-314.html> >.
- PRADHAN, R. C.; MEDA, V.; ROUT, P. K.; NAIK, S.; DALAI, A. K. Supercritical CO₂ extraction of fatty oil from flaxseed and comparison with screw press expression and solvent extraction processes. Rev. **Journal of Food Engineering**, v. 98, n. 4, p. 393–397, Canadá, 2010.
- QUADROS, D. P, C. de; CHAVES, E. S.; SILVA, J. S. A.; TEIXEIRA, L. S. G.; CURTIUS, A. J.; PEREIRA, P. A. P. Contaminantes em Biodiesel e Controle de Qualidade. Rev. **Virtual Quim**, v. 3, n. 5, p. 376-384, 2011.
- RAMALHO, V. C.; JORGE, N. Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos. Rev. **Quim. Nova**, v. 9, n. 4, p. 755-760, 2006.
- RAMALHO, H. F.; SUAREZ, P. A. Z. A Química dos Óleos e Gorduras e seus Processos de Extração e Refino. Rev. **Virtual Quim**, v. 5, n. 1, p. 2-15, Brasília, Nov, 2012.
- RAYMER, P. L. Canola: An Emerging Oilseed Crop. p. 122–126, 2002. In: **J. Janick and A. Whipkey (eds.)**, Trends in new crops and new uses. ASHS Press, Alexandria, VA.

REN, C.; BILYEU, K. D.; BEUSELINCK, P. R. Composition, vigor, and proteome of mature soybean seeds developed under high temperature. Rev. **Crop Science**, v. 49, n. 3, p. 1010-1022, 2009 .

RIBEIRO, A. P. B.; MOURA, J. M. L.N.; GRIMALDI, R.; GONÇALVES, L. A. G. Interesterificação química: alternativa para obtenção de gorduras zero trans. Rev. **Quim. Nova**, v. 30, n. 5, p. 1295-1300, Campinas – SP, Brasil, 2007.

ROGERIO, F.; SILVA, T. R. B. da.; SANTOS, J. I. dos.; POLETINE, J. P. Phosphorus fertilization influences grain yield and oil content in crambe. Rev. **Industrial Crops and Products**, v. 41, p. 266-268, Maringa, PR, Brazil, 2013.

ROSSETO, R. E.; SANTOS, R. F.; BASSEGIO, D; SECCO, D, SOUZA, S. N. M. de; CHAVES, L. I. FORNASARI, C. **Efeito da secagem na extração de óleos em plantas com potencial energético**. Acta Iguazu, Cascavel, v.1, n.1, p. 69-77, 2012.

SABZALIAN, M. R.; SAEIDI, G.; MIRLOHI, A. Oil Content and Fatty Acid Composition in Seeds of Three Safflower Species. Rev. **J Am. Oil Chem Soc**, v. 85, n. 8, p. 717–721, Isfahan - Iran, 2008.

SAGARPA. **Almacenamiento y conservación de granos y semillas**. México.

Disponível em: <

<http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Almacenamiento%20de%20semillas.pdf> >. Acesso em: 18 Abr. 2014.

SANICK. **Contador Eletrônico de Sementes e Grãos**, ESC 2011 Compacto.

Disponível em: <

http://www.sanick.com.br/produtos/Contador_Eletr%C3%B4nico_de_Sementes_e_Gr%C3%A3os_ESC_2011_Compacto> Acesso em: 09 Mai. 2014.

SCHULTE, L.R.; BALLARDB, T.; SAMARAKOONC, T.; YAOC, L.; VADLANID, P.; STAGGENBORGE, S.; REZACF, M. Increased growing temperature reduces content of polyunsaturated fatty acids in four oilseed crops. Rev. **Industrial Crops and Products**, v. 51, p. 212– 219, 2013.

SHAH, S. N.; ILHA, O. K.; ALVES, F. C. S. C.; SHARMA, B. K.; ERHAN, S. Z.; SUAREZ, P. A. Z. Potential application of Turnip Oil (*raphanus sativus* L.) for Biodiesel production: physical–chemical properties of neat oil, biofuels and their blends with ultra-low Sulphur diesel (ULSD). Rev. **BioEnergy Research**, v. 6, n. 2, p. 841–850, New York, EUA, 2013.

SILVA, J. G. da. **Árvore do conhecimento feijão: Beneficiamento**. Embrapa, Ageitec. Brasília. Disponível em: <

http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/feijao/arvore/CONTAG01_2_262003151355.html> Acesso em: 08 Mai. 2014.

SILVA, J. de S.; CORRÊA, P. C. Capítulo 2: Estrutura, composição e propriedades dos grãos. In: **Secagem e Armazenagem de produtos agrícolas**. 2. Ed. Viçosa – MG. 2008. p. 21-37.

SILVA, J de S.; PARIZZI, F. C; SOBRINHO, J. C. Capítulo 13: Beneficiamento de grãos. In: **Secagem e Armazenagem de produtos agrícolas**. 2. Ed. p. 307-323, Viçosa – MG, 2008.

SIMEPAR, Sistema Meteorológico do Paraná, Meteorologia, 2012.

SIMOPOULOS, A. P. The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. Rev. **Biomed Pharmacother**, v. 56, n. 8, p. 365–379. Washington - USA, 2002.

SINGH, S.P.; SINGH, D. Biodiesel production through the use of different sources and characterization of oils and their esters as the substitute of diesel: A review. Rev. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 14, n. 1, p. 200–216, 2010.

Disponível em:

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032109001695#>>.

SLUSZZ, T.; MACHADO, J. A. D. **Características das potenciais culturas matérias-primas do Biodiesel e sua adoção pela agricultura familiar**. XLIV CONGRESSO DA SOBER “Questões Agrárias, Educação no Campo e Desenvolvimento”. Fortaleza, 2006.

SUAREZ, P. A. Z; MENEGHETTI, S. M. P. 70º Aniversário do Biodiesel em 2007: evolução histórica e situação atual no brasil. Rev. **Quim. Nova**, v. 30, n. 8, p. 2068-2071, 2007.

TOMASSONI, F.; SANTOS, R. F.; BASSEGIO, D.; SECCO, D.; SANTOS, S. F; CREMONEZ, P. A. **Diferentes densidades de plantio na cultura da linhaça dourada**. Acta Iguazu, Cascavel, v.2, n.3, p. 8-14, 2013.

TOMM, G. O; SOARES, A. L.S.; MELLO, M. A. B. de; DEPINÉ, D.; FIGER, E. **Desempenho de genótipos de canola em Goiás**, em 2004. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2004. Publicação Online. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E) Disponível em: < http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/co/p_co118.pdf> Acesso em: 25 Abr. 2014.

TOMM, G. O. **Situação em 2005 e perspectivas da cultura de canola no Brasil e em países vizinhos**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2005. Publicação Online. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E) Disponível em: < http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/bp/p_bp26.pdf> Acesso em: 25 Abr. 2014.

TOMM, G. O.; FERREIRA, P. E. P.; AGUIAR, J. L. P.; CASTRO, A. M. G.; LIMA, S. M. V. ; MORI, C. **Panorama atual e indicações para aumento de eficiência da produção de canola no Brasil**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009. Publicação Online. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E) Disponível em: < <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/852581/1/pdo118.pdf>> Acesso em: 25 Abr. 2014.

TOWNSHEND, J. M.; BOLEYN, J. M. Evaluation of two new linseed cultivars for oilseed production in Canterbury. In: **Seeds for Futures**. Special Publication, n. 13, p. 105-112. Palmerston North, New Zealand, 2010.

UCCE (University of California Cooperative Extension). Sample costs to produce safflower, 2011.

USDA. **Economic Research Service (ERS)**, Oil Crops Yearbook. Canola, 2012.
USDA. Global agricultural information network. **EU Biofuels Annual**, 2014.

USDA. **Oilseed: World Markets and Trade**. Foreign agricultural service, February, 2015.

VALLE, P. W. de P. A do. **Produção de Biodiesel via transesterificação do óleo de nabo forrageiro**. 2009. 183 fls. Tese (Doutor em Ciências - Química) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte – Brasil, 2009.

VIANNA, J. F.; PIRES, D. X.; VIANA, L. H. Processo químico industrial de extração de óleo vegetal: um experimento de química geral. Rev. **Quím. Nova**, v.22, n. 5, São Paulo, Set./Out, 1999.

VISENTAINER, J. V.; FRANCO, M. R. B. Ácidos Graxos em Óleos e Gorduras: Identificação e Quantificação, Varela: São Paulo, Brasil, 2006.

VOLLMANN, J.; MORITZ, T.; KARGL, C.; BAUMGARTNER, S.; WAGENTRISTL, H. Agronomic evaluation of camelina genotypes selected for seed quality characteristics. Rev. **Industrial Crops and Products**, v. 26, n. 3, p. 270–277, Austria, 2007.

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

WARAICH, E. A.; AHMED, Z.; AHMAD, R.; ASHRAF, M. Y.; SAIFULLAH. ; NAEEM, M. S.; RENGEL, Z. Camelina sativa, a climate proof crop, has high nutritive value and multiple-uses: a review. Rev. **AJCS**, v. 7, n. 10, p. 1551-1559, 2013.

YAMAKOA, R. S. **Situação atual e condicionantes agrônômicos da produção de oleaginosas e de biodiesel**. Secretaria do estado da C&t e ensino superior. Palestra, IAPAR. Loderina, 2013.

YAO, S. **ARS Researching Camelina as a New Biofuel Crop**. Abr, 2010.
Disponível em: < <http://www.ars.usda.gov/is/pr/2010/100413.htm>>. Acesso em: 25 Ago. 2014.

ZAMBIAZI, R. C.; PRZYBYLSKI, R.; ZAMBIAZI, M. W.; MENDONÇA, C. B. Fatty acid composition of vegetable oils and fats. Rev. **B.CEPPA**, Curitiba, v. 25, n. 1, p. 111-120, 2007.

ZENEBON, O.; PASCUET N.; TIGLEA, P. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos físicos-químicos para análise de alimentos**. Instituto Adolfo Lutz, 4 edição. São Paulo, 2008, p. 116-117.

ZUBR, J.; MATTHÄUS, B. Effects of growth conditions on fatty acids and tocopherols in *Camelina sativa* oil. Rev. **Industrial Crops and Products**, v. 15, n. 2, p. 155–162, março 2002.

ZUBR, J. Carbohydrates, vitamins and minerals of *Camelina sativa* seed. Rev. **Nutrition & Food Science**, v. 40, n. 5 p. 523 – 531, 2010.

ANEXOS

ANEXO A

Regulamento Técnico nº 14/2012

1. Objetivo

Este Regulamento Técnico aplica-se ao biodiesel nacional ou importado e estabelece a sua especificação.

2. Normas Aplicáveis

A determinação das características do biodiesel deverá ser feita mediante o emprego das normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), das normas internacionais da "American Society for Testing and Materials" (ASTM), da "International Organization for Standardization" (ISO) e do "Comité Européen de Normalisation" (CEN).

Os dados de repetitividade e de reprodutibilidade fornecidos nos métodos relacionados neste Regulamento devem ser usados somente como guia para aceitação das determinações em duplicata do ensaio e não devem ser considerados como tolerância aplicada aos limites especificados neste Regulamento.

A análise do produto deverá ser realizada em amostra representativa obtida segundo os métodos ABNT NBR 14883 - Petróleo e produtos de petróleo - Amostragem manual, ASTM D 4057 - Practice for Manual Sampling of Petroleum and Petroleum Products ou ISO 5555 - Animal and vegetable fats and oils - Sampling.

As características constantes da Tabela I de Especificação do Biodiesel deverão ser determinadas de acordo com a publicação mais recente dos seguintes métodos de ensaio:

2.1. Métodos ABNT

MÉTODO	TÍTULO
NBR 6294	Óleos lubrificantes e aditivos - Determinação de cinza sulfatada
NBR 7148	Petróleo e produtos de petróleo - Determinação da massa específica, densidade relativa e $^{\circ}$ API - Método do densímetro
NBR 10441	Produtos de petróleo - Líquidos transparentes e opacos - Determinação da viscosidade cinemática e cálculo da viscosidade dinâmica
NBR 14065	Destilados de petróleo e óleos viscosos - Determinação da massa específica e da densidade relativa pelo densímetro digital.
NBR 14359	Produtos de petróleo - Determinação da corrosividade - Método da lâmina de cobre
NBR 14448	Produtos de petróleo - Determinação do índice de acidez pelo método de titulação potenciométrica
NBR 14598	Produtos de petróleo - Determinação do ponto de fulgor pelo aparelho de vaso fechado Pensky-Martens
NBR 14747	Óleo Diesel - Determinação do ponto de entupimento de filtro a frio
NBR 15341	Biodiesel - Determinação de glicerina livre em biodiesel de mamona por cromatografia em fase gasosa
NBR 15342	Biodiesel - Determinação de monoglicerídeos e diglicerídeos em biodiesel de mamona por cromatografia gasosa
NBR 15343	Biodiesel - Determinação da concentração de metanol e/ou etanol por cromatografia gasosa
NBR 15344	Biodiesel - Determinação de glicerina total e do teor de triglicerídeos em biodiesel
NBR 15553	Produtos derivados de óleos e gorduras - Ésteres metílicos/etílicos de ácidos graxos - Determinação dos teores de cálcio, magnésio, sódio, fósforo e potássio por espectrometria de emissão ótica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES)
NBR 15554	Produtos derivados de óleos e gorduras - Ésteres metílicos/etílicos de ácidos graxos - Determinação do teor de sódio por espectrometria de absorção atômica
NBR 15555	Produtos derivados de óleos e gorduras - Ésteres metílicos/etílicos de ácidos graxos - Determinação do teor de potássio por espectrometria de absorção atômica
NBR 15556	Produtos derivados de óleos e gorduras - Ésteres metílicos/etílicos de ácidos graxos - Determinação do teor de sódio, potássio, magnésio e cálcio por espectrometria de absorção atômica
NBR 15586	Produtos de petróleo - Determinação de microrresíduo de carbono
NBR 15764	Biodiesel - Determinação do teor total de ésteres por cromatografia gasosa
NBR 15771	Biodiesel - Determinação de glicerina livre - Método Volumétrico
NBR 15867	Biodiesel - Determinação do teor de enxofre por espectrometria de emissão ótica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES)

NBR 15908	Biodiesel - Determinação da glicerina livre, monoglicerídeos, diglicerídeos, triglicerídeos e glicerina total por cromatografia gasosa
NBR 15995	Biodiesel - Determinação da contaminação total

2.2. Métodos ASTM

MÉTODO	TÍTULO
ASTM D93	Flash point by Pensky-Martens closed cup tester
ASTM D130	Corrosiveness to copper from petroleum products by copper strip test
ASTM D445	Kinematic viscosity of transparent and opaque liquids (and calculation of dynamic viscosity)
ASTM D613	Cetane number of Diesel fuel oil
ASTM D664	Acid number of petroleum products by potentiometric titration
ASTM D874	Sulfated ash from lubricating oils and additives
ASTM D1298	Density, relative density (specific gravity) or API gravity of crude petroleum and liquid petroleum products by hydrometer
ASTM D4052	Density and relative density of liquids by digital density meter
ASTM D4530	Determination of carbon residue (micro method)
ASTM D4951	Determination of additive elements in lubricating oils by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry
ASTM D5453	Determination of total sulfur in light hydrocarbons, spark ignition engine fuel, diesel engine fuel, and engine oil by ultraviolet fluorescence
ASTM D6304	Determination of water in petroleum products, lubricating oils, and additives by coulometric Karl Fisher titration
ASTM D6371	Cold filter plugging point of Diesel and heating fuels
ASTM D6584	Determination of total monoglyceride, total diglyceride, total triglyceride, and free and total glycerin in b-100 biodiesel methyl esters by gas chromatography
ASTM D6890	Determination of ignition delay and derived cetane number (DCN) of Diesel fuel oils by combustion in a constant volume chamber

2.3. Métodos EN/ISO

MÉTODO	TÍTULO
EN 116	Determination of cold filter plugging point
EN ISO 2160	Petroleum products - Corrosiveness to copper - Copper strip test
EN ISO 3104	Petroleum products - Transparent and opaque liquids - Determination of kinematic viscosity and calculation of dynamic viscosity
EN ISO 3675	Crude petroleum and liquid petroleum products - Laboratory determination of density - Hydrometer method
EN ISO 3679	Determination of flash point - Rapid equilibrium closed cup method
EN ISO 3987	Petroleum products - Lubricating oils and additives - Determination of sulfated ash
EN ISO 5165	Diesel fuels - Determination of the ignition quality of diesel fuels - Cetane

	engine method
EN 10370	Petroleum Products - Determination of carbon residue - Micro Method
EN ISO 12185	Crude petroleum and liquid petroleum products. Oscillating U-tube method
EN ISO 12662	Liquid Petroleum Products - Determination of contamination in middle distillates
EN ISO 12937	Petroleum Products - Determination of water - Coulometric Karl Fischer titration method
EN 14103	Fat and oil derivatives - Fatty acid methyl esters (FAME) - Determination of ester and linolenic acid methyl ester contents
EN 14104	Fat and oil derivatives - Fatty acid methyl esters (FAME) - Determination of acid value
EN 14105	Fat and oil derivatives - Fatty acid methyl esters (FAME) - Determination of free and total glycerol and mono-, di- and triglyceride content - (Reference Method)
EN 14106	Fat and oil derivatives - Fatty acid methyl esters (FAME) - Determination of free glycerol content
EN 14107	Fat and oil derivatives - Fatty acid methyl esters (FAME) - Determination of phosphorous content by inductively coupled plasma (ICP) emission spectrometry
EN 14108	Fat and oil derivatives - Fatty acid methyl esters (FAME) - Determination of sodium content by atomic absorption spectrometry
EN 14109	Fat and oil derivatives - Fatty acid methyl esters (FAME) - Determination of potassium content by atomic absorption spectrometry
EN 14110	Fat and oil derivatives - Fatty acid methyl esters (FAME) - Determination of methanol content
EN 14111	Fat and oil derivatives - Fatty acid methyl esters (FAME) - Determination of iodine value
EN 14112	Fat and oil derivatives - Fatty acid methyl esters (FAME) - Determination of oxidation stability (accelerated oxidation test)
EN 14538	Fat and oil derivatives - Fatty acid methyl esters (FAME) - Determination of Ca, K, Mg and Na content by optical emission spectral analysis with inductively coupled plasma (ICP-OES)
EN 15751	Fat and oil derivatives - Fatty acid methyl esters (FAME) and blends with diesel fuel. Determination of oxidation stability by accelerated oxidation method
EN ISO 20846	Petroleum Products - Determination of sulfur content of automotive fuels - Ultraviolet fluorescence method
EN ISO 20884	Petroleum Products - Determination of sulfur content of automotive fuels - Wavelength-dispersive X-ray fluorescence spectrometry

Tabela I: Especificação do Biodiesel

CARACTERÍSTICA	UNIDADE	LIMITE	MÉTODO		
			ABNT NBR	ASTM D	EN/ISO
Aspecto	-	LII (1)	-	-	-
Massa específica a	kg/m ³	850 a 900	7148	1298	EN ISO

20° C			14065	4052	3675 - EN ISO 12185
Viscosidade Cinemática a 40°C	mm²/s	3,0 a 6,0	10441	445	EN ISO 3104
Teor de água, máx.	mg/kg	(2)	-	6304	EN ISO 12937
Contaminação Total, máx.	mg/kg	24	-	-	EN ISO 12662 NBR 15995
Ponto de fulgor, mín. (3)	°C	100,0	14598	93	EN ISO 3679
Teor de éster, mín	% massa	96,5	15764	-	EN 14103
Resíduo de carbono, máx. (4)	% massa	0,050	15586	4530	-
Cinzas sulfatadas, máx.	% massa	0,020	6294	874	EN ISO 3987
Enxofre total, máx.	mg/kg	10	15867	5453	EN ISO 20846 EN ISO 20884
Sódio + Potássio, máx.	mg/kg	5	15554 15555 15553 15556	-	EN 14108 EN 14109 EN 14538
Cálcio + Magnésio, máx.	mg/kg	5	15553 15556	-	EN 14538
Fósforo, máx.	mg/kg	10	15553	4951	EN 14107
Corrosividade ao cobre, 3h a 50 °C, máx.	-	1	14359	130	EN ISO 2160
Número Cetano (5)	-	Anotar	-	613 6890 (6)	EN ISO 5165
Ponto de entupimento de filtro a frio, máx.	°C	(7)	14747	6371	EN 116
Índice de acidez, máx.	mg KOH/g	0,50	14448 -	664 -	EN 14104 (8)
Glicerol livre, máx.	% massa	0,02	15341 (8) 15771 -	6584 (8) -	EN 14105 (8) EN

			-		14106 (8)
Glicerol total, máx. (9)	% massa	0,25	15344 15908	6584 (8) -	EN 14105 (8)
Monoacilglicerol, máx.	% massa	0,80	15342 (8) 15344 15908	6584 (8)	EN 14105 (8)
Diacilglicerol, máx.	% massa	0,20	15342 (8) 15344 15908	6584 (8)	EN 14105 (8)
Triacilglicerol, máx.	% massa	0,20	15342 (8) 15344 15908	6584 (8)	EN 14105 (8)
Metanol e/ou Etanol, máx.	% massa	0,20	15343	-	EN 14110 (8)
Índice de Iodo	g/100g	Anotar	-	-	EN 14111 (8)
Estabilidade à oxidação a 110°C, mín. (10)	h	6	-	-	EN 14112 EN 15751 (8)

Nota:

- (1) Limpido e isento de impurezas, com anotação da temperatura de ensaio.
- (2) Será admitido o limite de 380 mg/kg 60 dias após a publicação da Resolução. A partir de 1º de janeiro de 2013 até 31 de dezembro de 2013 será admitido o limite máximo de 350 mg/kg e a partir de 1º de janeiro de 2014, o limite máximo será de 200 mg/kg.
- (3) Quando a análise de ponto de fulgor resultar em valor superior a 130º C, fica dispensada a análise de teor de metanol ou etanol.
- (4) O resíduo deve ser avaliado em 100% da amostra.
- (5) Estas características devem ser analisadas em conjunto com as demais constantes da tabela de especificação a cada trimestre civil. Os resultados devem ser enviados à ANP pelo Produtor de biodiesel, tomando uma amostra do biodiesel comercializado no trimestre e, em caso de neste período haver mudança de tipo de material graxo, o Produtor deverá analisar número de amostras correspondente ao número de tipos de materiais graxos utilizados.
- (6) O método ASTM D6890 poderá ser utilizado como método alternativo para determinação do número de cetano.
- (7) Limites conforme Tabela II. Para os estados não contemplados na tabela o ponto de entupimento a frio permanecerá 19°C.
- (8) Os métodos referenciados demandam validação para os materiais graxos não previstos no método e rota de produção etílica.
- (9) Poderá ser determinado pelos métodos ABNT NBR 15908, ABNT NBR 15344, ASTM D6584 ou EN14105, sendo aplicável o limite de 0,25% em massa. Para biodiesel oriundo de material graxo predominantemente láurico, deve ser utilizado método ABNT NBR 15908 ou ABNT NBR 15344, sendo aplicável o limite de 0,30% em massa.

(10) O limite estabelecido deverá ser atendido em toda a cadeia de abastecimento do combustível.

Tabela II - Ponto de Entupimento de Filtro a Frio

UNIDADES DA FEDERAÇÃO	LIMITE MÁXIMO, °C											
	JAN	FEB	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
SP - MG - MS	14	14	14	12	8	8	8	8	8	12	14	14
GO/DF - MT - ES - RJ	14	14	14	14	10	10	10	10	10	14	14	14
PR - SC - RS	14	14	14	10	5	5	5	5	5	10	14	14

ANEXO B

Extração óleo – Metodo Soxhlet

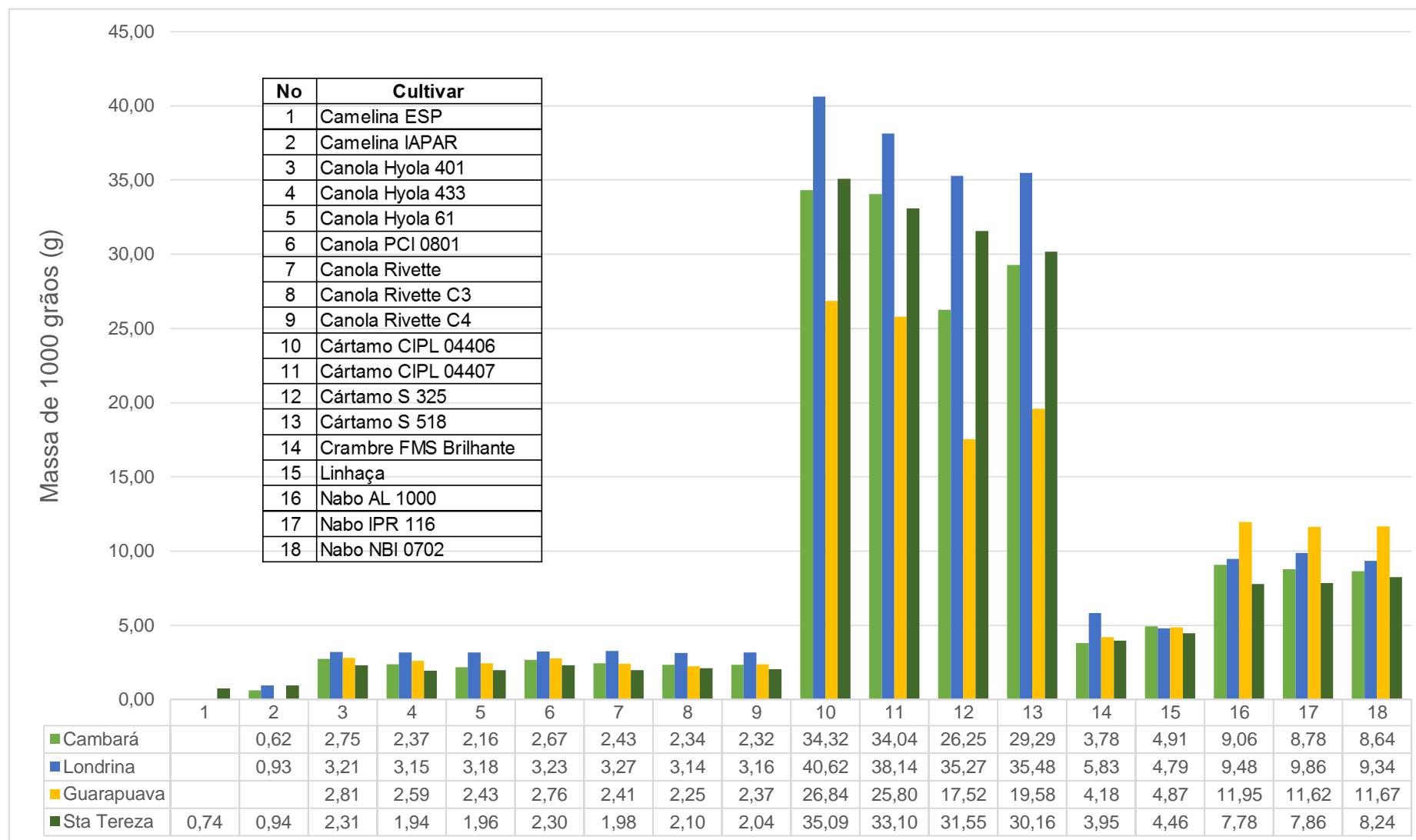
A seguir, outros trabalhos que utilizaram o metodo Soxhlet para a extração de oleo das oleaginosas estudadas.

Oleaginosa	Pais	Ano	Teor de Oleo (%)	Método Extração	Fonte
Camelina	EUA	1995	29,90 -38,30	Soxhlet (Éter de Petróleo)	Budin et al., 1995
	EUA	2010	30,5	Soxhlet (Hexano - 24 h)	Moser e Vaughn, 2010
	Espanha	2013	38,29 - 43,90	Pressão mecânica - Soxhlet (Hexano)	Ciubota-Rosei et al., 2013
Canola	Alemanha	2000	49,23	Soxhlet (Éter de Petróleo - 18h)	Goffman e Möllers, 2000
	Alemanha	2007	-	Soxhlet (Éter de Petróleo - 4h)	Guderjan et al., 2007
	Romênia	2013	42,8	Soxhlet (Éter de Petróleo)	Patroscoiu et al., 2013
Cártamo	Iran	2008	31,46	Soxhlet (Éter de Petróleo - 6 h)	Sabzalian et al., 2008
	Brasil	2011	-	Soxhlet (Hexano)	Mendeiros, 2011
	Romênia	2013	19,6	Soxhlet (Éter de Petróleo)	Patroscoiu et al., 2013
Crambe	Italia	1998	30,6	Soxhlet (Hexano - 5 h)	Bondioli et at.,1998
	Grecia	2012	30	Soxhlet (Hexano)	Lalas et al.,2012
	Brasil	2012	27,93	Soxhlet (Hexano - 5 h)	Onorevoli, 2012
	Brasil	2013	35	Soxhlet (Éter de Petróleo)	Rogério et al., 2013
Linhaça	Turquia	2002	38	Soxhlet (Éter de Petróleo - 5h)	Bozan e Temelli, 2002
	Canada	2010	38,8	Soxhlet (Hexano - 10 h)	Pradhan et al., 2010
	Romênia	2012	-	Soxhlet (Éter de Petróleo)	Popa et al., 2012
Nabo Forrageiro	Brasil	2010	24	Soxhlet (Hexano - 7h)	Iha, 2010
	EUA	2013	26	Soxhlet (Hexano)	Shah et al., 2013

Fonte: Autor

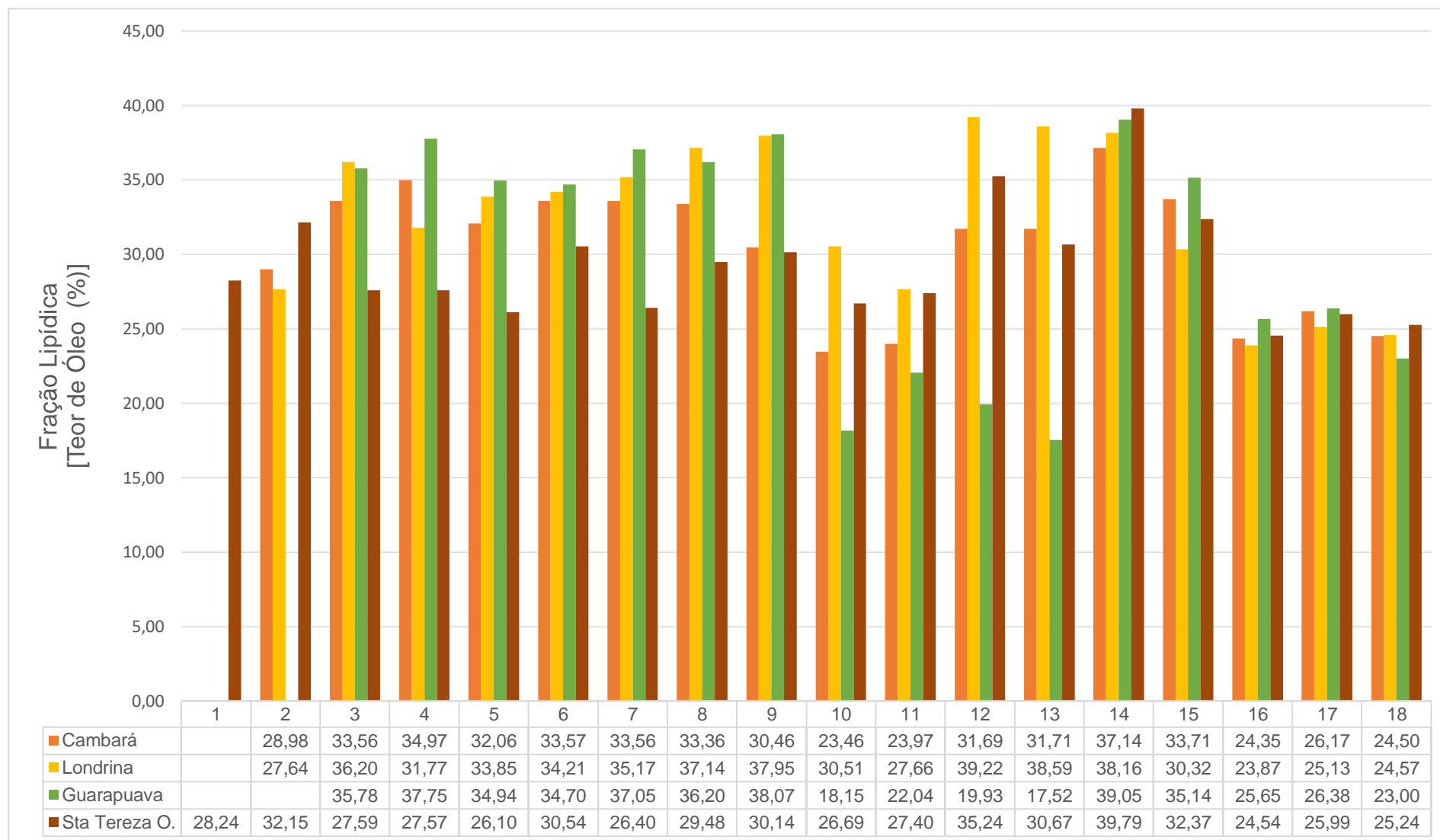
ANEXO C

Massa de 1000 grãos das oleaginosas estudadas



ANEXO D

Fração Lipídica das oleaginosas estudadas

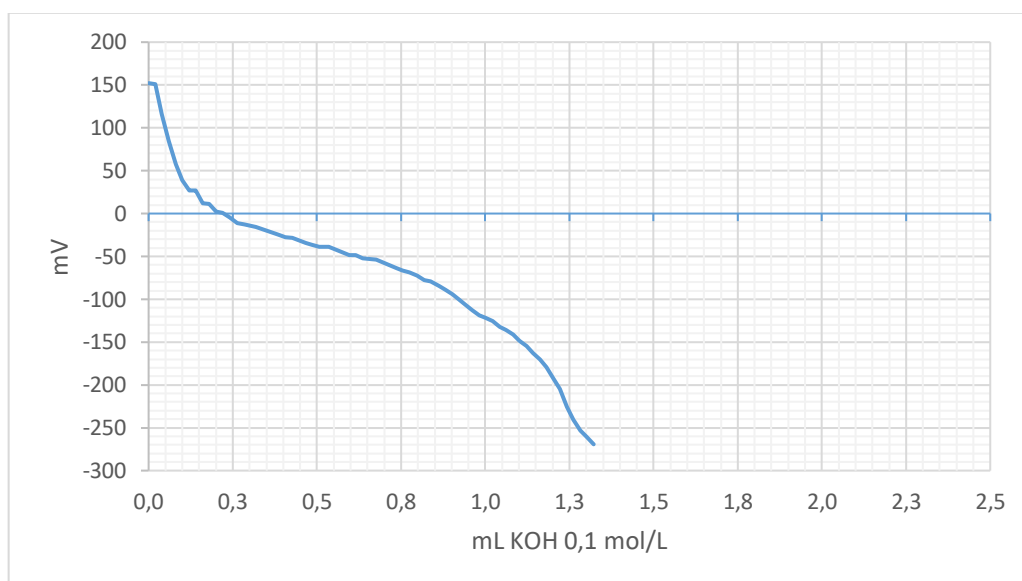


ANEXO E

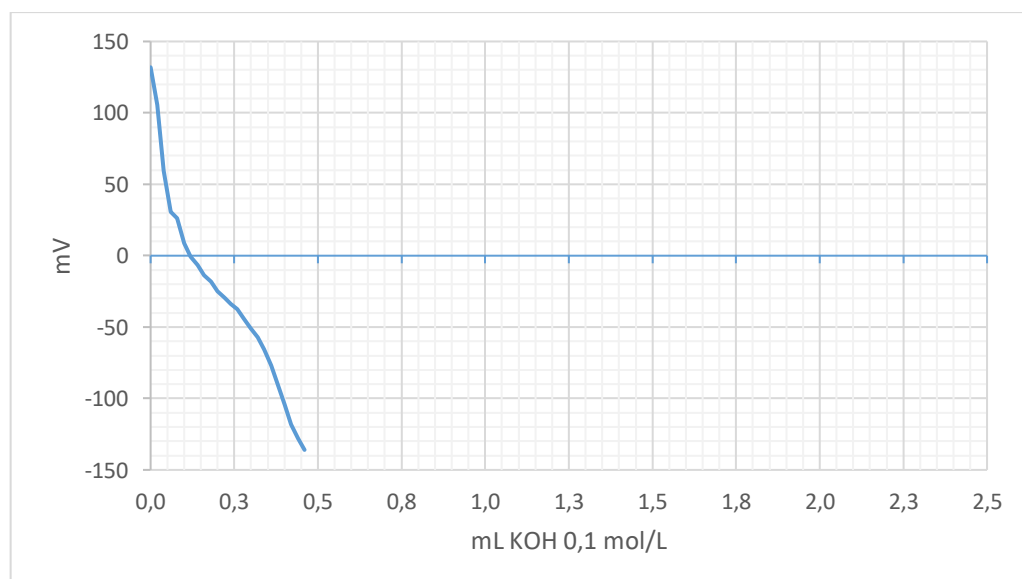
Gráficos da Titulação potenciométrica dos óleos

1. Camelina IAPAR - Cambará

Óleo Bruto

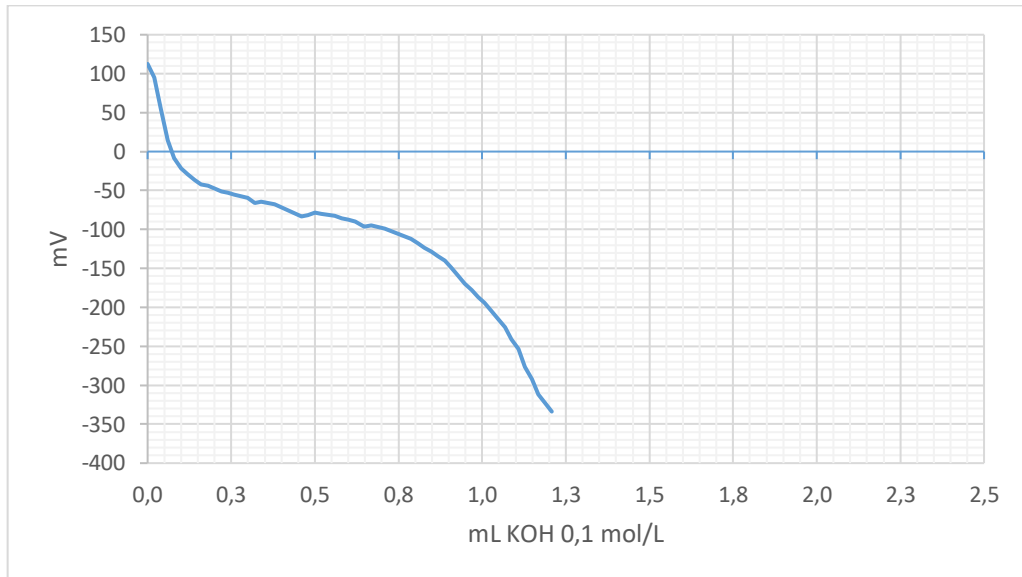


Óleo Degomado

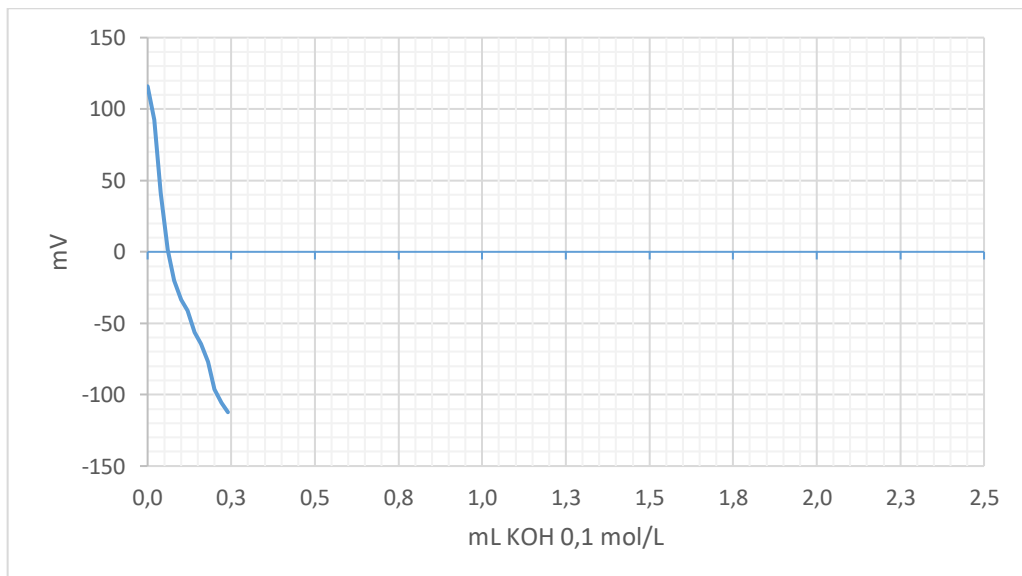


2. Canola Hyola 433 – Cambará

Óleo Bruto

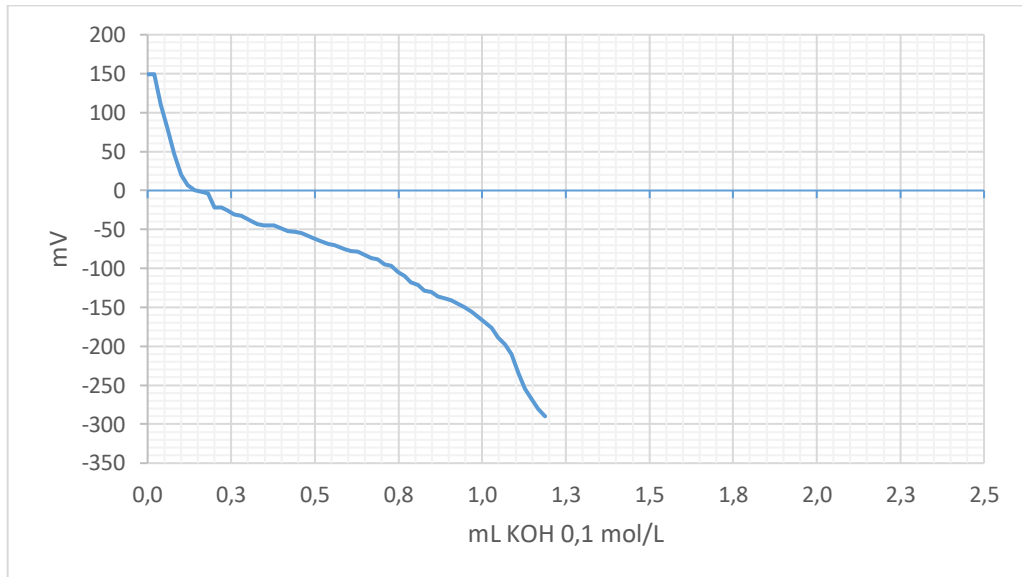


Óleo Degomado

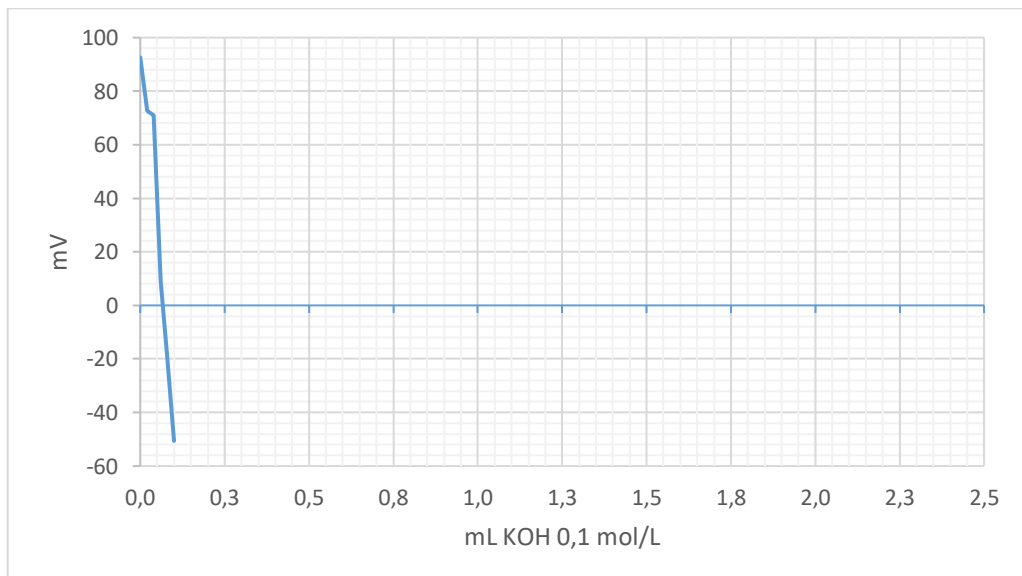


3. Canola Hyola 433 - Guarapuava

Óleo Bruto

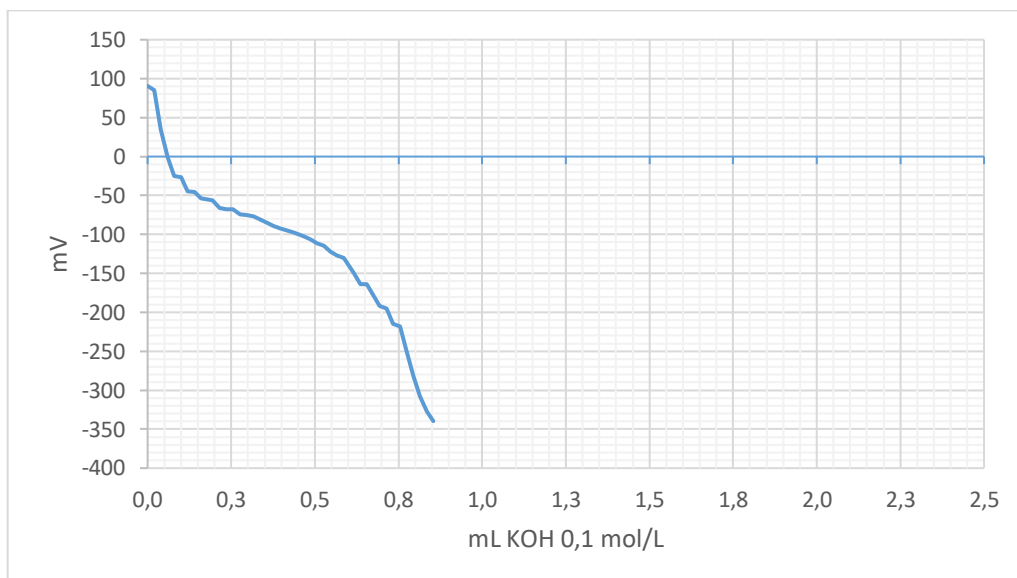


Óleo Degomado

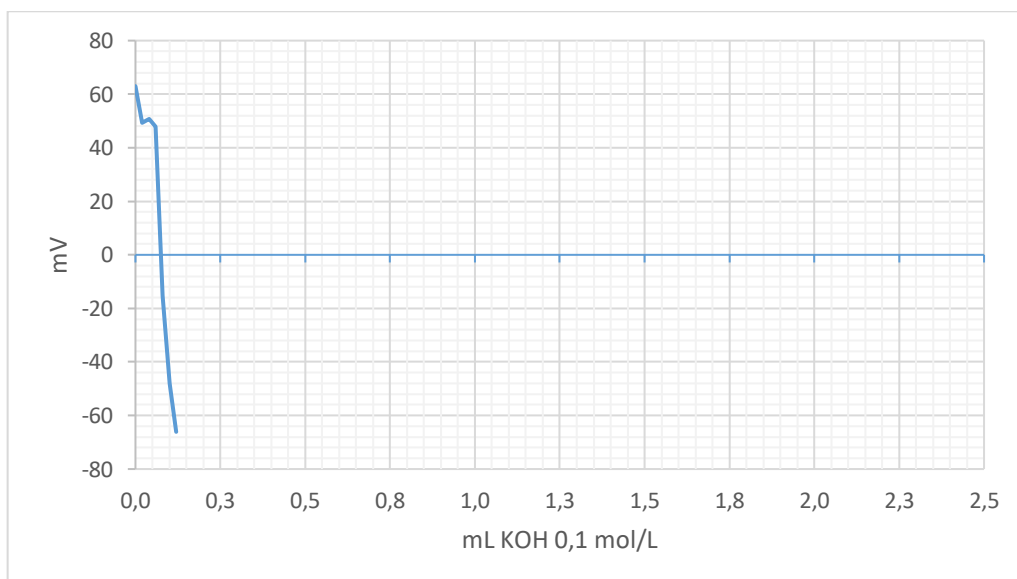


4. Canola Rivette C4 - Londrina

Óleo Bruto

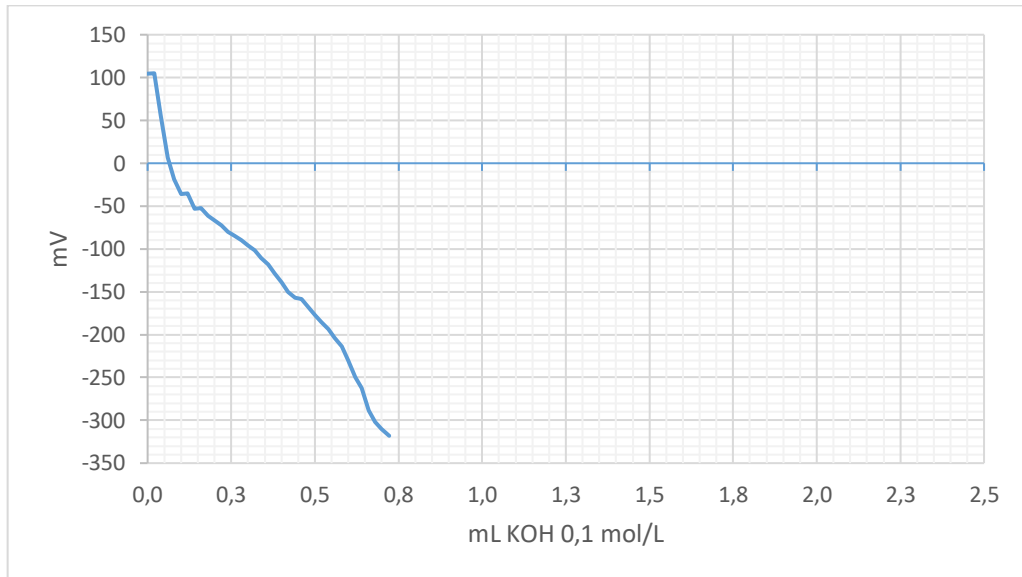


Óleo Degomado

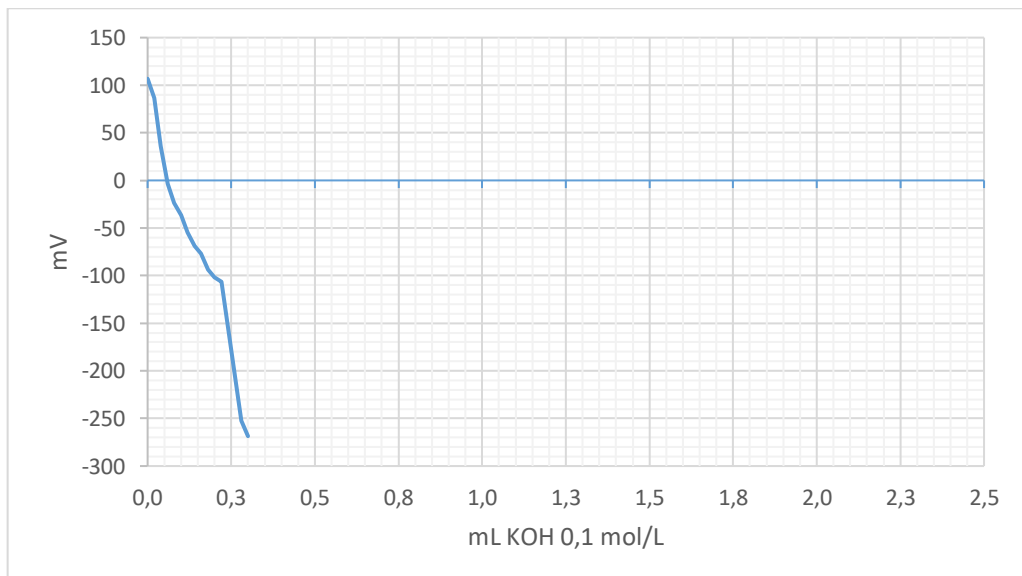


5. Canola Rivette C4 - Guarapuava

Óleo Bruto

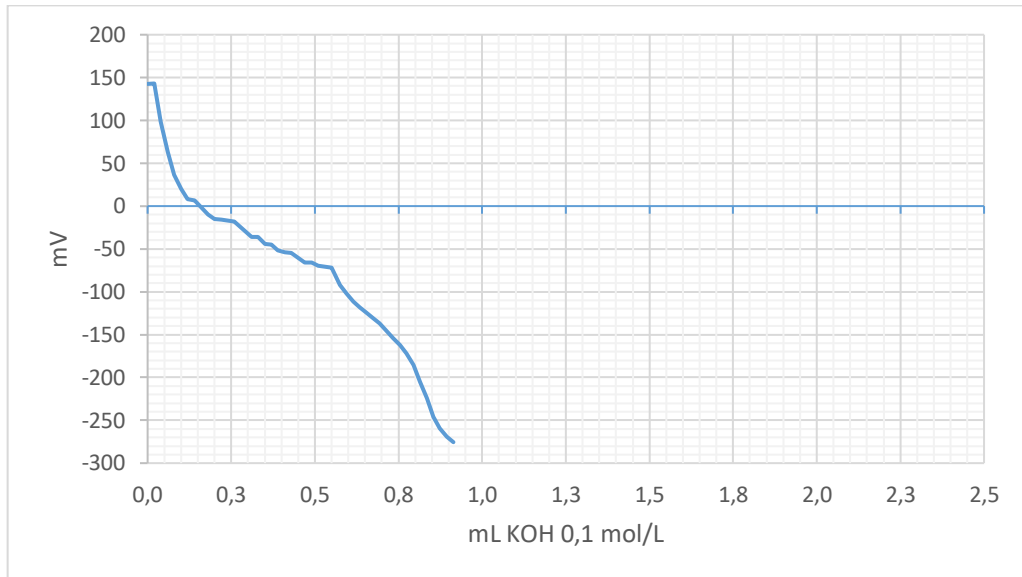


Óleo Degomado

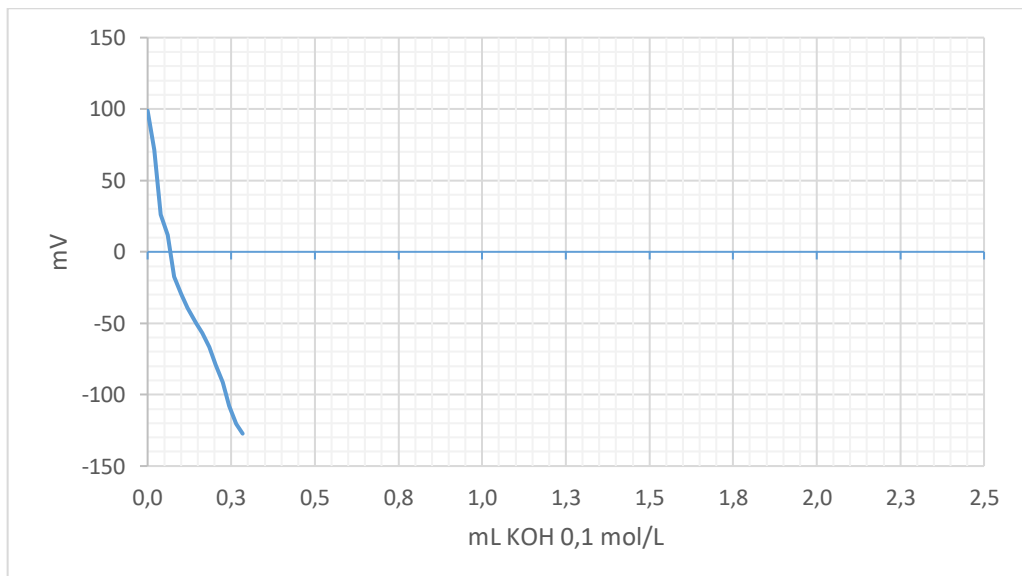


6. Cártamo S 325 - Londrina

Óleo Bruto

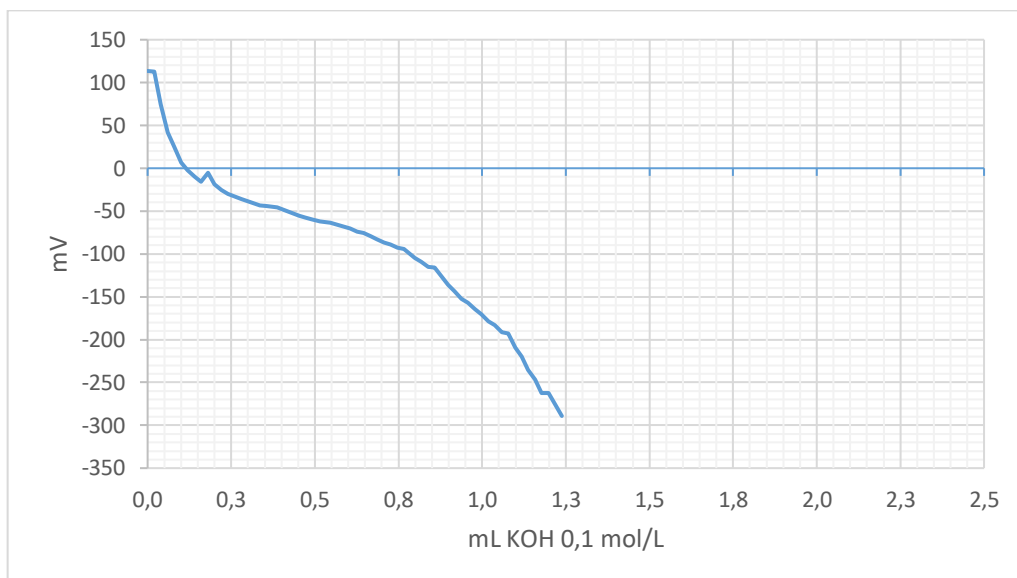


Óleo Degomado

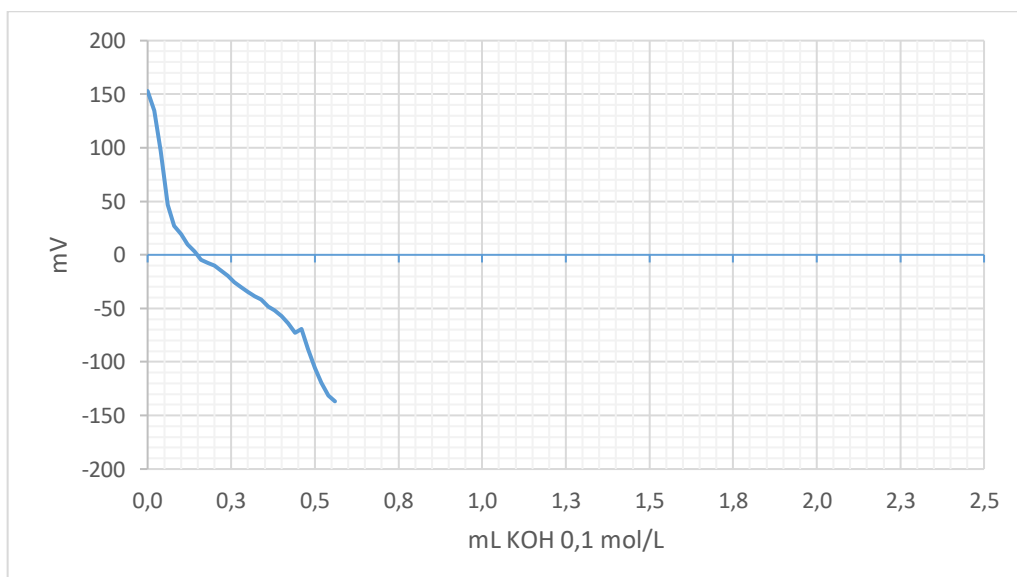


7. Cártamo S 325 - Sta. Tereza do O.

Óleo Bruto

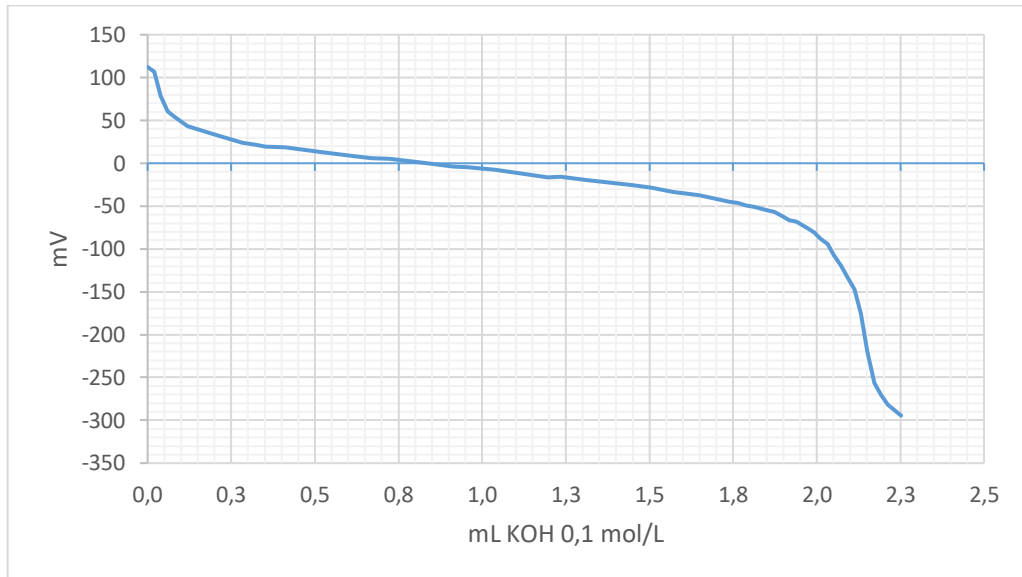


Óleo Degomado

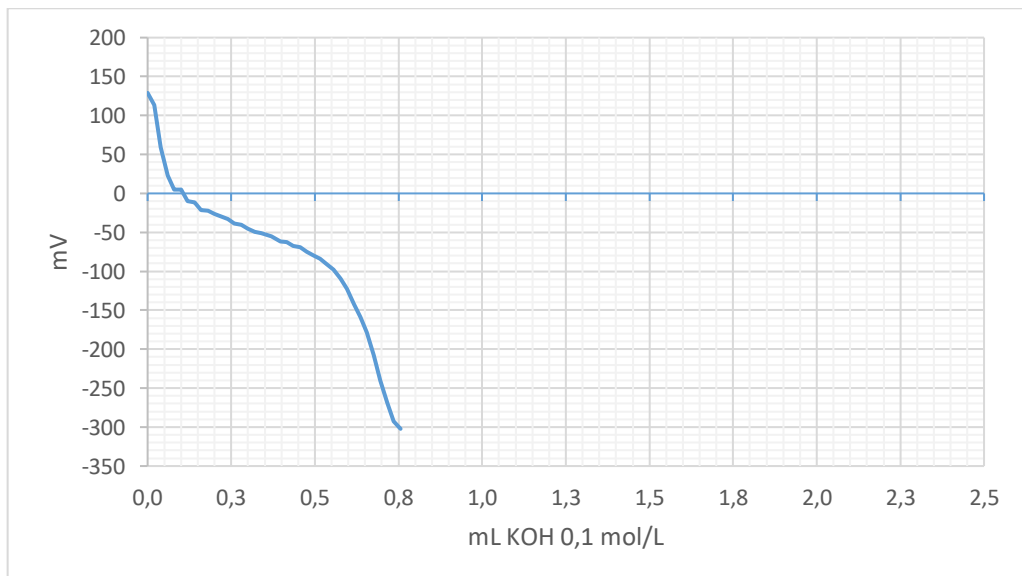


8. Crambre FMS Brilhante - Cambará

Óleo Bruto

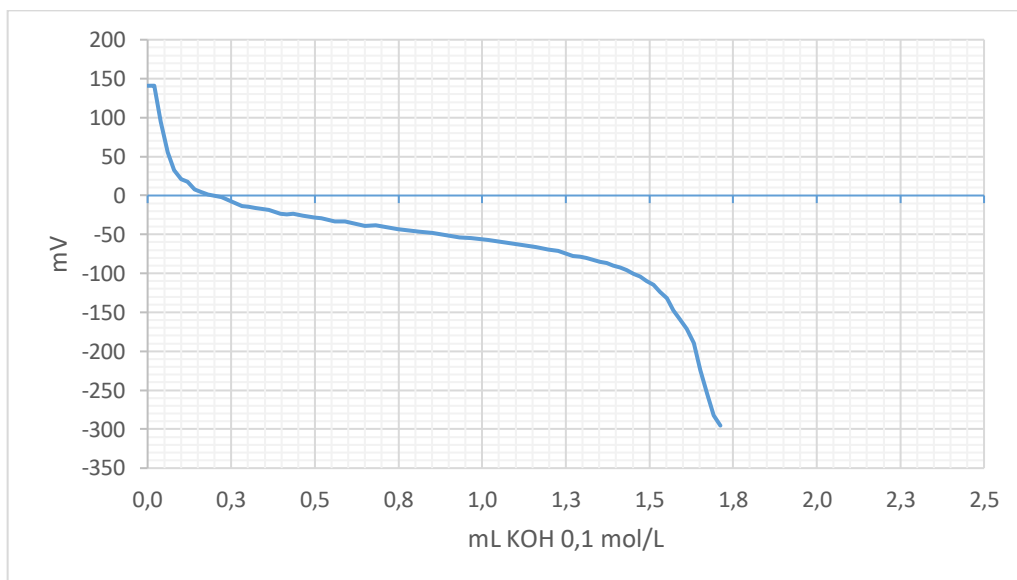


Óleo Degomado

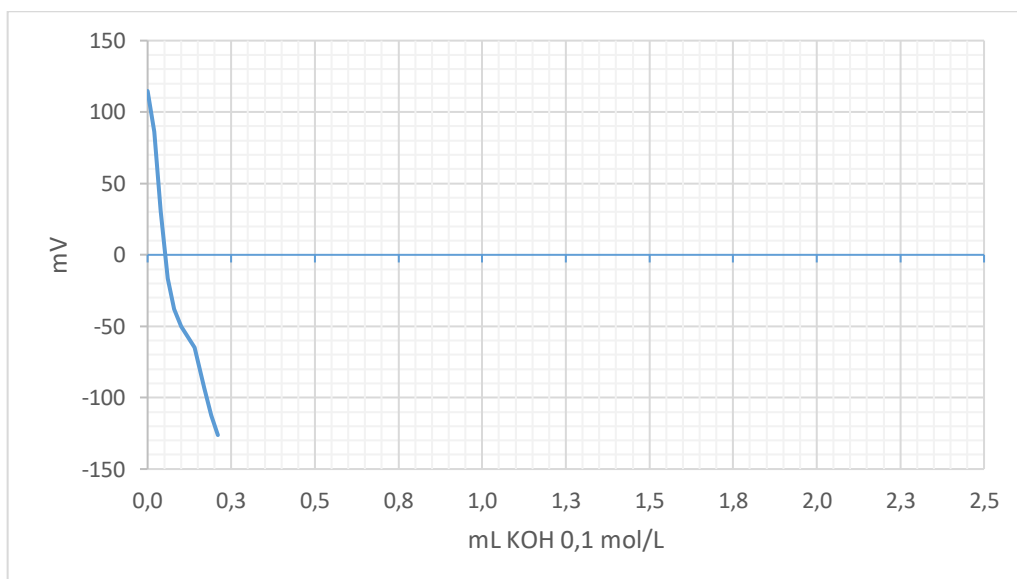


9. Crambre FMS Brilhante - Londrina

Óleo Bruto

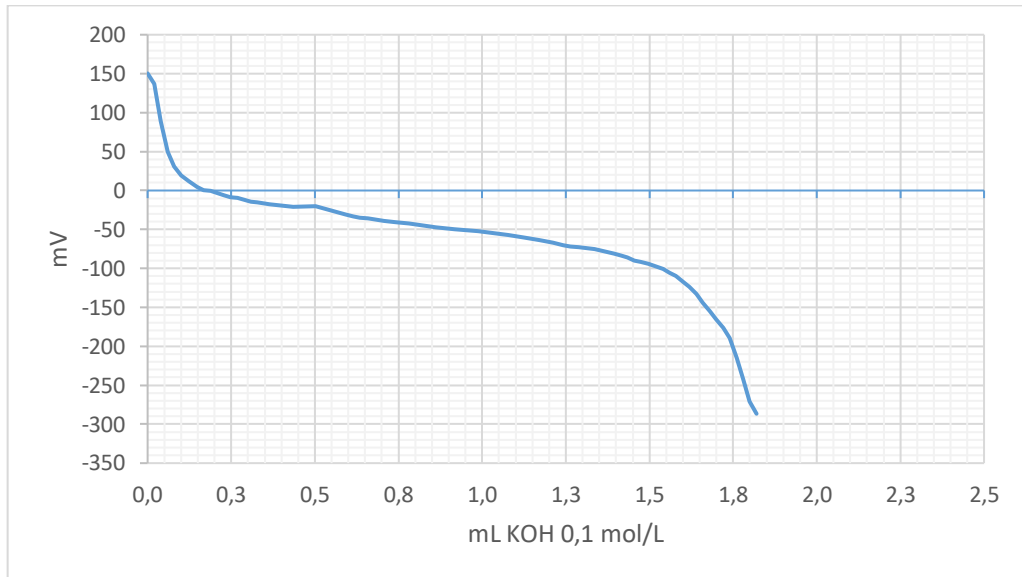


Óleo Degomado

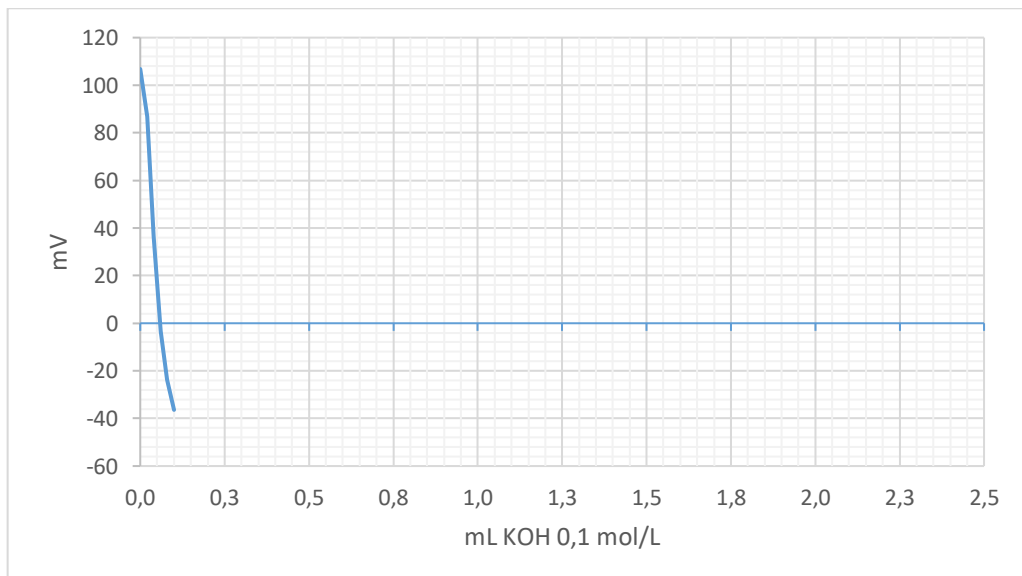


10. Crambre FMS Brilhante - Guarapuava

Óleo Bruto

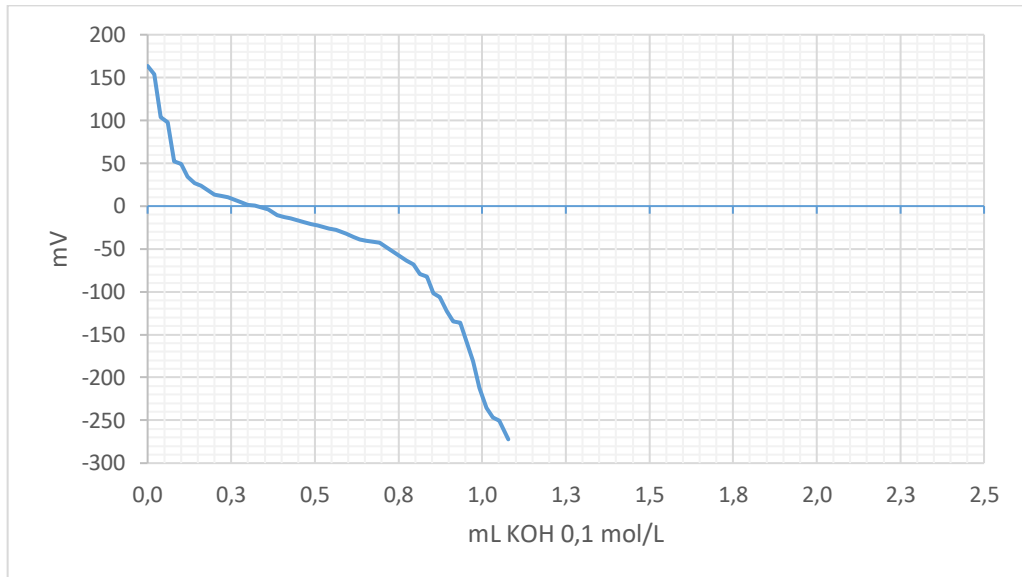


Óleo Degomado

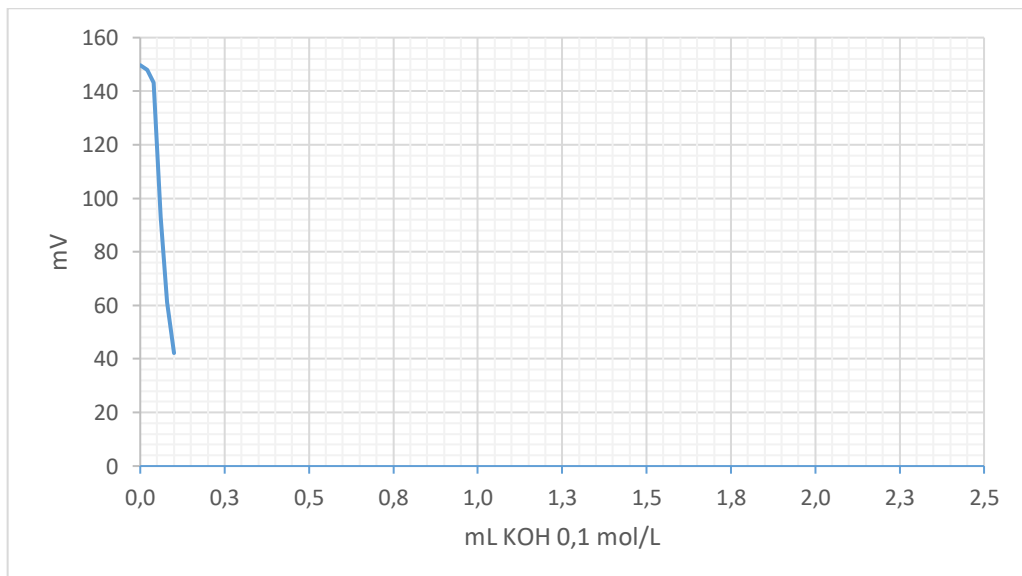


11. Crambre FMS Brilhante - Sta. Tereza do O

Óleo Bruto

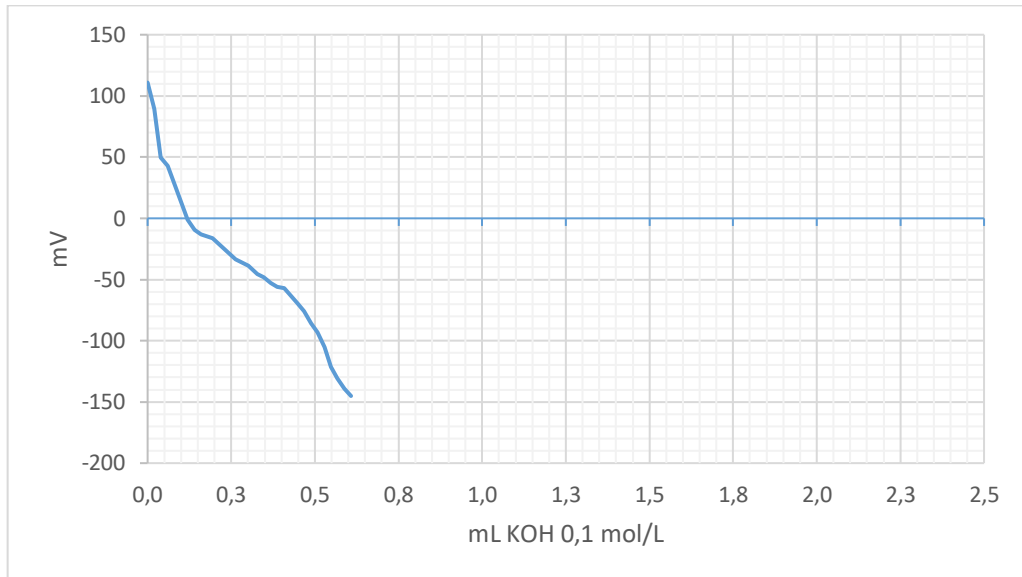


Óleo Degomado

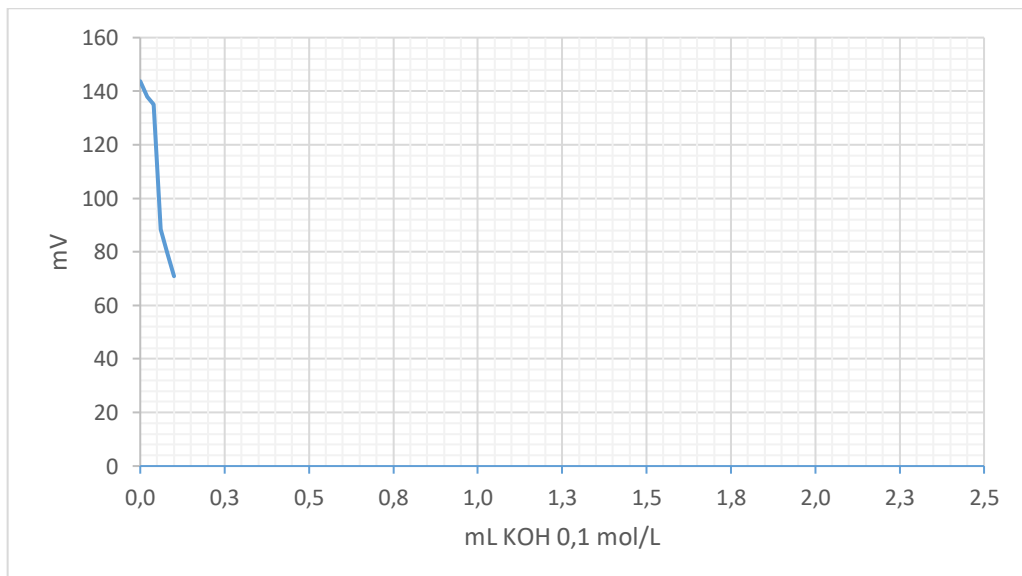


12. Linhaça - Cambará

Óleo Bruto

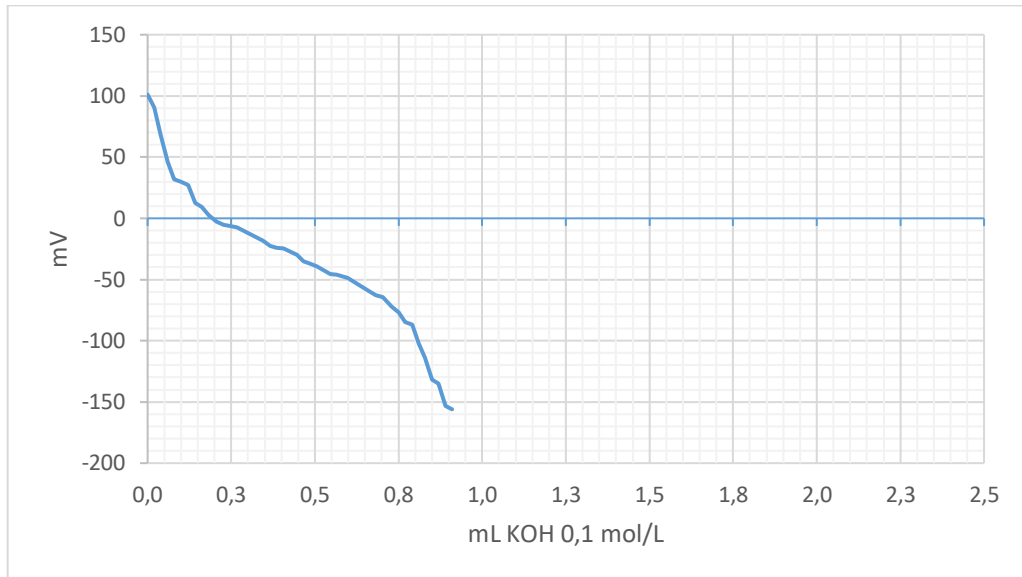


Óleo Degomado

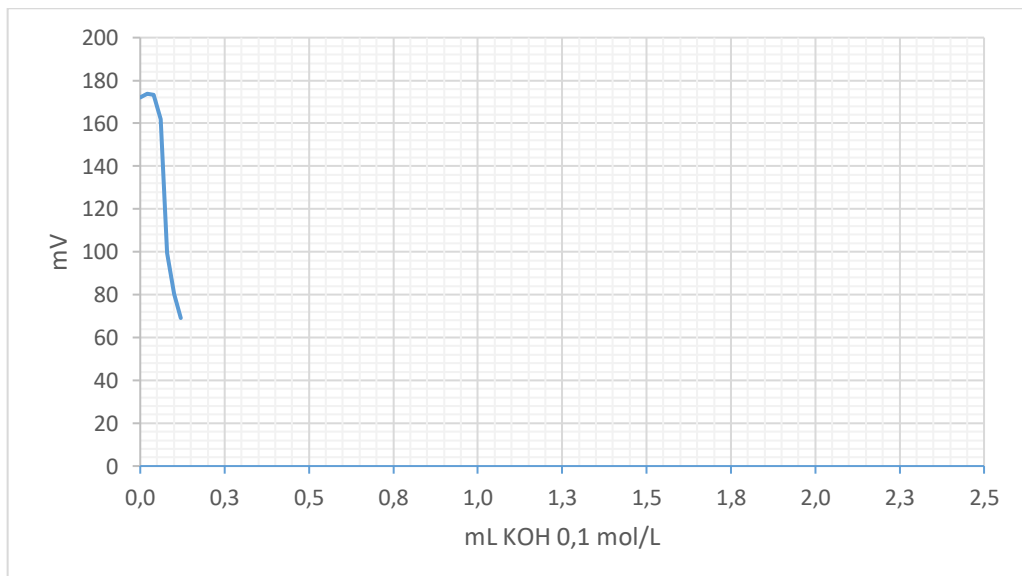


13. Linhaça - Sta. Tereza do O.

Óleo Bruto

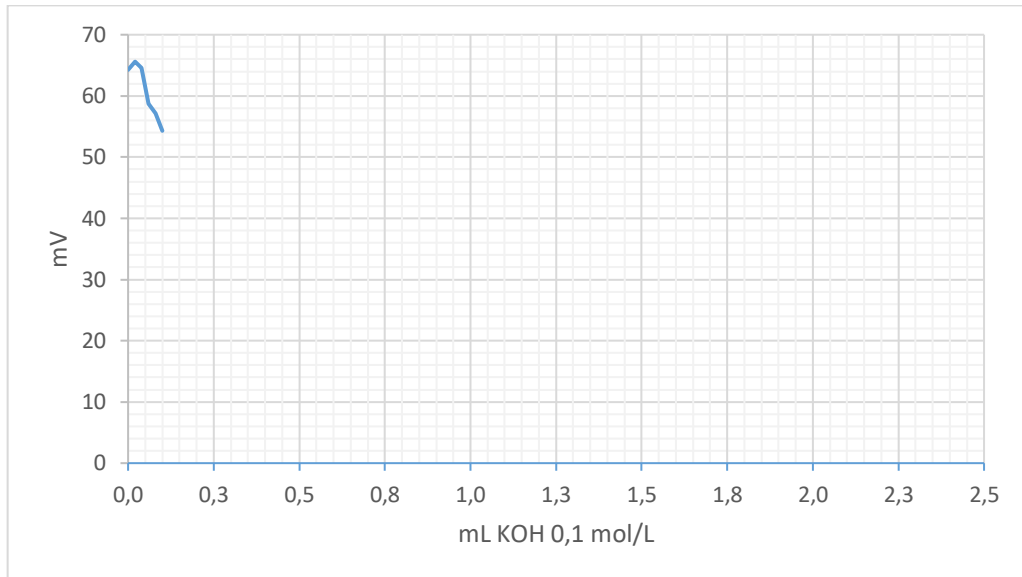


Óleo Degomado

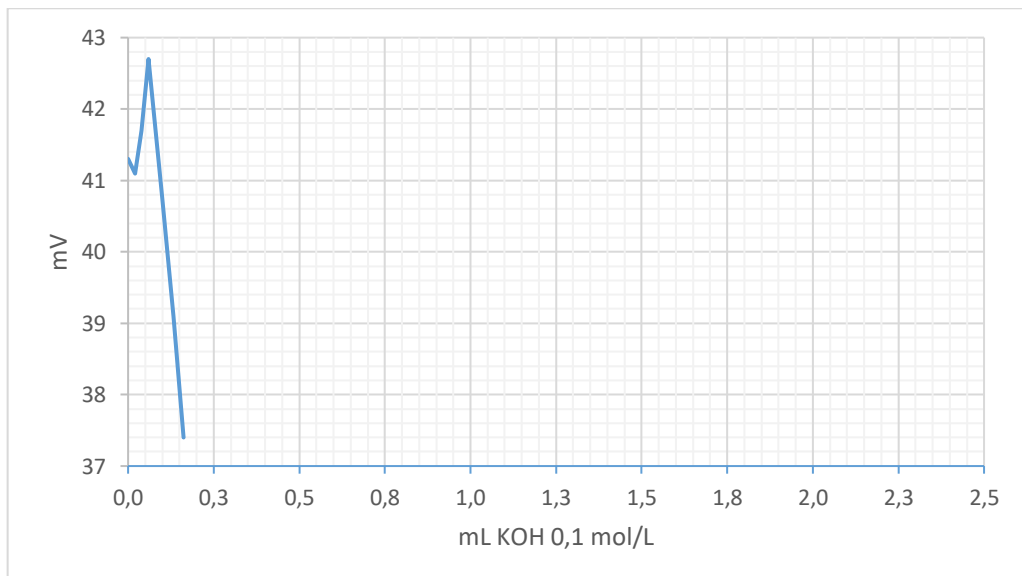


14. Nabo AL 1000 - Guarapuava

Óleo Bruto

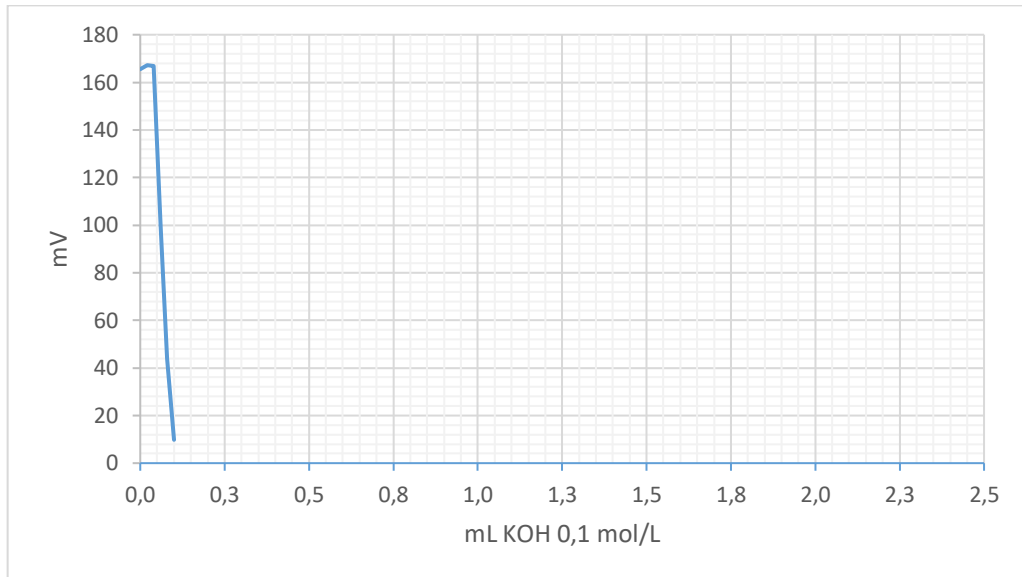


Óleo Degomado

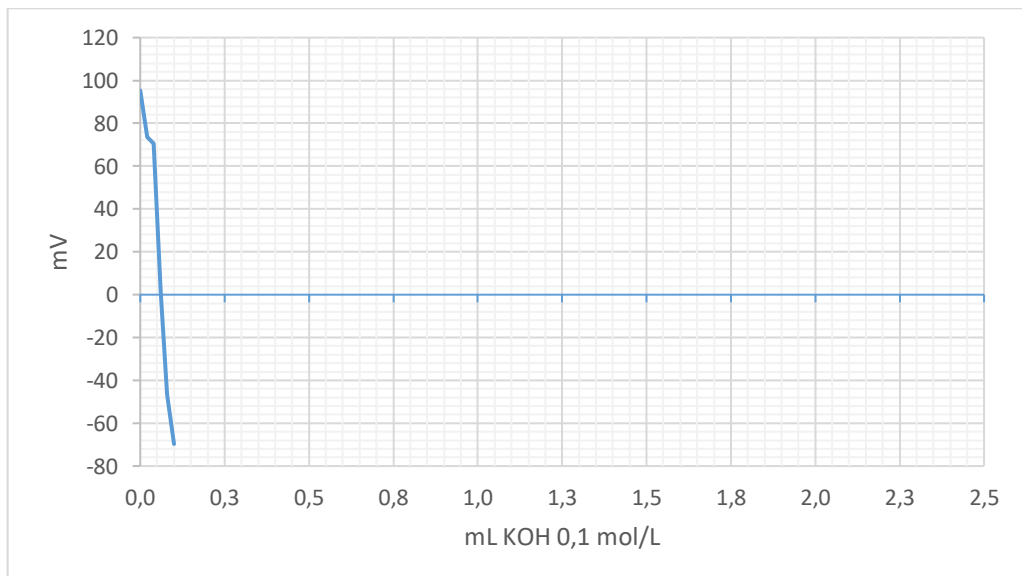


15. Nabo IPR 116 - Londrina

Óleo Bruto

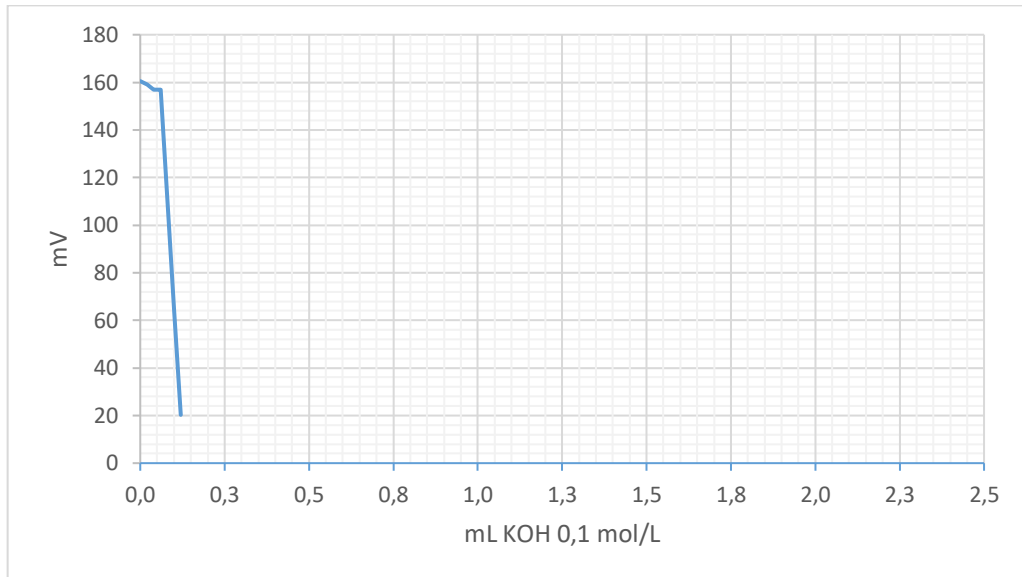


Óleo Degomado

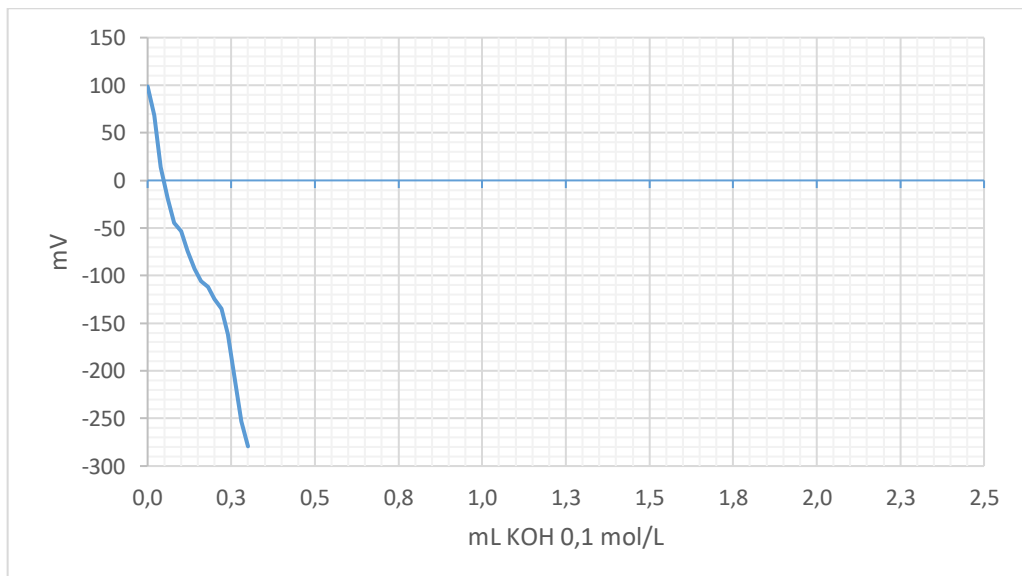


16. Nabo NBI 0702 - Sta. Tereza do O.

Óleo Bruto



Óleo Degomado



ANEXO F

Padrões de ésteres metílicos de ácidos graxos (FAME)

Supelco™ 37 Component FAME Mix, 100mg Neat

Catalog No. 18919-1AMP

fatty acid methyl ester (FAME) mixture is carefully prepared weight. The weight percentage of each component is indicated.

Column: SP™-2560, 100m x 0.25mm ID, 0.20µm film
 Cat. No.: 24056
 Oven: 140°C (5 min) to 240°C at 4°C/min
 Carrier: helium, 20cm/sec
 Det.: FID, 260°C
 Inj.: 1µL, 260°C, split 100:1
 Sample: Dilute to 10mg/mL in methylene chloride

Component	Weight %
1. Butyric Acid Methyl Ester (C4:0)	4%
2. Caproic Acid Methyl Ester (C6:0)	4%
3. Caprylic Acid Methyl Ester (C8:0)	4%
4. Capric Acid Methyl Ester (C10:0)	4%
5. Undecanoic Acid Methyl Ester (C11:0)	2%
6. Lauric Acid Methyl Ester (C12:0)	4%
7. Tridecanoic Acid Methyl Ester (C13:0)	2%
8. Myristic Acid Methyl Ester (C14:0)	4%
9. Myristoleic Acid Methyl Ester (C14:1)	2%
10. Pentadecanoic Acid Methyl Ester (C15:0)	2%
11. cis-10-Pentadecenoic Acid Methyl Ester (C15:1)	2%
12. Palmitic Acid Methyl Ester (C16:0)	6%
13. Palmitoleic Acid Methyl Ester (C16:1)	2%
14. Heptadecanoic Acid Methyl Ester (C17:0)	2%
15. cis-10-Heptadecenoic Acid Methyl Ester (C17:1)	2%
16. Stearic Acid Methyl Ester (C18:0)	4%
17. Elaidic Acid Methyl Ester (C18:1n6)	2%
18. Oleic Acid Methyl Ester (C18:1n7)	4%
19. Linoleic Acid Methyl Ester (C18:2n6)	2%
20. Linoleic Acid Methyl Ester (C18:2n6c)	2%
21. Arachidic Acid Methyl Ester (C20:0)	4%
22. γ-Linolenic Acid Methyl Ester (C18:3n3)	2%
23. cis-11-Eicosenoic Acid Methyl Ester (C20:1)	2%
24. Linolenic Acid Methyl Ester (C18:3n3)	2%
25. Heneicosanoic Acid Methyl Ester (C21:0)	2%
26. cis-11,14-Eicosadienoic Acid Methyl Ester (C20:2)	2%
27. Behenic Acid Methyl Ester (C22:0)	4%
28. cis-8,11,14-Tricosatrienoic Acid Methyl Ester (C20:3n3)	2%
29. Erucic Acid Methyl Ester (C22:1n9)	2%
30. cis-11,14,17-Eicosatrienoic Acid Methyl Ester (C20:3n3)	2%
31. Arachidonic Acid Methyl Ester (C20:4n6)	2%
32. Tricosanoic Acid Methyl Ester (C23:0)	2%
33. cis-13,16-Docosadienoic Acid Methyl Ester (C22:2)	2%
34. Lignoceric Acid Methyl Ester (C24:0)	4%
35. cis-5,8,11,14,17-Eicosapentaenoic Acid Methyl Ester (C20:5n3)	2%
36. Nervonic Acid Methyl Ester (C24:1)	2%
37. cis-4,7,10,13,16,19-Docosahexaenoic Acid Methyl Ester (C22:6n3)	2%

