

HAMOM VENTURA RODRIGUES

ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E OTIMIZAÇÃO DA PRENSAGEM DE  
CANOLA EM EXTRUSORA MECÂNICA SOB VARIAÇÕES DE  
TEMPERATURA E ROTAÇÃO

CASCABEL  
PARANÁ – BRASIL  
MARÇO – 2021

HAMOM VENTURA RODRIGUES

ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E OTIMIZAÇÃO DA PRENSAGEM DE  
CANOLA EM EXTRUSORA MECÂNICA SOB VARIAÇÕES DE  
TEMPERATURA E ROTAÇÃO

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

ORIENTADOR: Prof. Dr. Reginaldo Ferreira Santos

COORIENTADOR: Prof. Dr. Jorge Andrés Retamal Salgado

CASCADEL

PARANÁ – BRASIL

MARÇO – 2021

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Rodrigues , Hamom Ventura

ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E OTIMIZAÇÃO DA PRENSAGEM DE CANOLA EM EXTRUSORA MECÂNICA SOB VARIAÇÕES DE TEMPERATURA E ROTAÇÃO / Hamom Ventura Rodrigues ; orientador(a), Reginaldo Ferreira Santos ; coorientador(a), Jorge Andrés Retamal Salgado, 2021.

117 f.

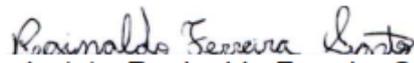
Dissertação (mestrado), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Cascavel, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura, 2021.

1. Brassica napus L. 2. Extração mecânica. 3. Otimização. 4. Qualidade. I. Santos , Reginaldo Ferreira . II. Salgado, Jorge Andrés Retamal . III. Título.

## HAMOM VENTURA RODRIGUES

Análises físico-químicas e otimização da prensagem de canola em extrusora mecânica sob variações de temperatura e rotação

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Energia na Agricultura, área de concentração Agroenergia, linha de pesquisa Biomassa e Culturas Energéticas, APROVADO(A) pela seguinte banca examinadora:



Orientador(a) - Reginaldo Ferreira Santos

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)



Reinaldo Aparecido Bariccatti

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)



Luciene Kazue Tokura

Cascavel, 2 de março de 2021

“É isso aí!! Senhor Jesus, é eu e Você mais uma vez, para mais um dia extraordinário!”  
(Poeta das Folhas, 1990-)

## AGRADECIMENTOS

Nesses momentos de emoções, agradeço a **DEUS** pela vida, por ter encontrado em meu caminho pessoas fascinantes, mestres incríveis, das quais, contribuíram para a minha formação em todos os aspectos, consolidando este trabalho e esse sonho “O Mestrado” que antes estava tão distante.

Ao meu orientador, **Prof. Dr. Reginaldo Ferreira Santos**, e por acreditar em mim, ainda quando trabalhava como estagiário, e por me mostrar o caminho da ciência e das grandes oportunidades que estava diante de mim e que eu não conseguia ver.

A meus pais **Eliane Ventura Roberto** e **André Ferreira Rodrigues** pela liberdade que tive em buscar meus sonhos “loucos” e pela experiência em aprender os grandes significados da vida.

Pelas famílias incríveis que me adotaram durante a minha estada em Rondônia e no Paraná, são muitos para enumerar.

A meu irmão **Hamilton Ventura Rodrigues** por ter atravessado o país, para começar uma nova história, me ajudando a completar a minha missão no laboratório que tinha pouco n-hexano e muita coisa para fazer.

À **Bruna de Villa** e **Wanderley Kendrick** por ter me oportunizado uma experiência viva, rica e magnífica aqui na cidade de Cascavel.

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná – **Unioeste**, e ao conjunto de professores desta instituição por serem exemplos de profissionais, pelos ensinamentos, amizade e orientação.

À assistente da coordenação **Vanderléia Schmidt**, e **Cristiano Lewandoski** pelos conselhos e pela preocupação com o meu desenvolvimento pessoal e intelectual.

À **CAPES** pelo apoio financeiro, e a **FUNDETEC\PR** pela valiosa contribuição.

Enfim, a todos amigos que direta ou indiretamente contribuíram na realização deste estudo.

Muito, muito obrigado!!

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Estimativa de área plantada hectares de algumas culturas vegetais oleaginosas safra de 2020 .....	6
Tabela 2: Estimativa de distribuição das áreas de plantio por regiões em hectares de algumas culturas vegetais oleaginosas safra de 2020 .....	7
Tabela 3: Estimativa de teor de óleo de algumas culturas vegetais oleaginosas energéticas .....	11
Tabela 4: Índices de iodo, número de cetanos, ponto de nevoa fluidez de óleos vegetais .....	13
Tabela 5: Ponto de Fumaça, ponto de fulgor de óleos vegetais .....	13
Tabela 6: Principais exemplos de biocombustíveis .....	14
Tabela 7: Composição química de óleos vegetais quanto a sua composição carboxílica .....	17
Tabela 8: Principais ácidos graxos utilizados nas rações em composição centesimal .....	18
Tabela 9: Grupos de óleos vegetais por tipo de ácido graxo .....	20
Tabela 10: Porcentagens em função da umidade da torta de canola segundo diferentes autores.....	32
Tabela 11: Valores medidos de densidade dos diferentes óleos vegetais a temperatura 20°C.....	33
Tabela 12: Viscosidade de óleos vegetais em função da temperatura.....	33
Tabela 13: Composição química do farelo de canola e do farelo de soja.....	34
Tabela 14: Porcentagens de fibra bruta segundo diferentes autores .....	35
Tabela 15: Porcentagens de proteínas segundo diferentes autores.....	36
Tabela 16: Porcentagens de cinzas segundo diferentes autores .....	37
Tabela 17: Porcentagens de lipídeos segundo diferentes autores .....	38
Tabela 18: Efeito do processamento sobre digestibilidade dos aminoácidos sobre diversos tratamentos da semente de canola com galos cecotomizados. ....	39
Tabela 19: Caracterização da matriz de planejamento da otimização da prensa para coprodutos de canola, com 4 faixas de temperatura e 5 velocidades de rotação.....	41
Tabela 20: Referencial em unidades de $\Delta E$ dos dados extraídos pelo colorímetro Konica Minolta CR400, do óleo de canola em diferentes temperaturas e rotação após 360 dias de extração.....	52
Tabela 21: Referencial de médias de $\Delta E$ dos dados extraídos pelo colorímetro para o óleo de canola em diferentes temperaturas e rotação do óleo recém extraído para 30 dias. ....	53
Tabela 22: Referencial de $\Delta E$ dos dados extraídos pelo colorímetro Konica Minolta CR400, em porcentagem da limpidez do óleo de canola entre o período das análises 30º e 360º dia .....	55
Tabela 23: Análise visual da torta de canola extraído em diferentes rotações e temperaturas.....	57
Tabela 24: Diferença de cor para torta de canola em termos de $\Delta E$ para extração em diferentes temperaturas e velocidades de rotação .....	59
Tabela 25: Análise de informações secundárias do boxplot de cor em termos de ( $\Delta E$ ) da torta de canola .....	62

Tabela 26: Análise de variância da umidade na torta de canola em função da temperatura e rotação.....	64
Tabela 27: Valores médios da umidade na torta de canola em função da temperatura e rotação na extração de óleo de canola (%) desvio padrão nos grãos de canola extraídos em diferentes temperaturas e rotações.....	66
Tabela 28: Análise de variância da porcentagem de carboidrato para a extração de torta de canola. ....	68
Tabela 29: Valores médios de carboidrato de torta de canola em porcentagem com desvio padrão com fatores de diferenciação para temperaturas e rotações.....	69
Tabela 30: Análise estatística e análise de informações secundárias extraídas do boxplot de carboidrato em torta de canola.....	72
Tabela 31: Valores médios de porcentagem de proteína de canola e desvio padrão em diferentes temperaturas e rotações.....	73
Tabela 32: Análise de informações secundárias do boxplot de proteína em torta de canola .....	75
Tabela 33: Análise de variância de resíduo mineral fixo para torta de canola .....	77
Tabela 34: Valores médios de porcentagem de cinzas de torta de canola e desvio padrão em diferentes temperaturas e rotações .....	78
Tabela 35: Análise de informações secundárias do boxplot de resíduo mineral fixo em torta de canola. ....	81
Tabela 36: Análise de variância de extrato etéreo para torta de canola .....	82
Tabela 37: Valores médios de porcentagem de extrato etéreo de torta de canola e desvio padrão em diferentes temperaturas e rotações .....	83
Tabela 38: Análise estatística e análise de informações secundárias extraídas do boxplot para extrato etéreo. ....	86
Tabela 39: Análise de variância de fibra para torta de canola .....	88
Tabela 40: Valores médios de porcentagem de fibra e torta de canola e desvio padrão em diferentes temperaturas e rotações. ....	91
Tabela 41: Análise estatística e análise de informações secundárias extraídas do boxplot para fibras. ....	93
Tabela 42: Análise de variância de rendimento da extração de óleo de canola .....	94
Tabela 43: Valores médios de porcentagem de rendimento de óleo de canola e desvio padrão em diferentes temperaturas e rotações .....	97
Tabela 44: Rendimento de óleo de canola análise estatística e informações secundárias extraídas do boxplot .....	100
Tabela 45: Análise de variância do índice de acidez para a extração de óleo dos grãos de canola .....	100
Tabela 46: Valores médios de índice de acidez (mg g-1 de KOH) e desvio padrão no farelo de canola extraídos em diferentes temperaturas e rotações .....	103
Tabela 47: Valores médios de viscosidade centipoise Cp e em óleo de canola com diversas temperaturas e velocidade de rotação rotações, para óleo com 360º dia de extraído, para viscosidade a 40ºC .....	105
Tabela 48: Valores médios de viscosidade centipoise Cp e em óleo de canola com diversas temperaturas e velocidade de rotação rotações para óleo com 30º dia de extraído, para viscosidade a 40ºC. ....	105

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Cultura do canola no florescimento..	22
Figura 2: Sementes da canola em três estágios de maturação.	22
Figura 3: Exemplo de prensa mecânica contínua	25
Figura 4: Diagrama de cálculo $\Delta E$ no diagrama CIELAB	27
Figura 5: Prensa extrusora automatizada (Zaamp).	42
Figura 6: Óleo de canola por prensagem a frio em diversas rotações e temperaturas.	50
Figura 7: Óleo de canola por prensagem a frio, processo de filtragem e separação.	51
Figura 8: Culturas oleaginosas; Linhaça, soja, cártamo, canola, amendoim e blendas	51
Figura 9: Análise de regressão em modelo polinomial para índice colorimétrico em função do ( $\Delta E$ ) em extração de óleo de canola em diferentes rotações e temperatura após 30 dias de extração.	54
Figura 10: Análise de regressão para índice colorimétrico em função do $\Delta E$ em extração de óleo de canola em diferentes rotações e temperatura após 30º dia de extração.	56
Figura 11: 20 amostras de torta de canola homogeneizadas e classificadas para análise, com a variação da temperatura e velocidade de rotação em prensa extrusora.	58
Figura 12: Demonstrativo de grãos de canolas em diversas fases de processamento e acondicionamento e torta de canola processada.	58
Figura 13: Semente a granel de canola sem resíduos da colheita, com resíduos da colheita e torta de canola.	60
Figura 14: Boxplot das médias em função de $\Delta E$ (diferença de cor) da variação da temperatura e rotação.	61
Figura 15: Comportamento variável cor do $\Delta E$ em função das temperaturas e rotação para torta de canola.	63
Figura 16: Gráfico de Dispersão de umidade da torta de canola em relação a variação da temperatura e rotação.	65
Figura 17: Gráfico de Superfície de umidade da torta de canola em relação a variação da temperatura e rotação.	66
Figura 18: Médias de umidade em relação a temperatura e rotação para torta de canola gráfico de barras letra (A) gráfico de radar letra (B).	67
Figura 19: Gráfico de Dispersão de carboidrato da torta de canola em relação a variação da temperatura e rotação.	70
Figura 20: Análise de dados de carboidrato da torta de canola em relação a variação da temperatura e rotação a partir de Boxplot.	70
Figura 21: Comportamento variável do carboidrato em função das variáveis temperaturas e rotação para torta de canola.	72
Figura 22: Comportamento variável em 3D e 2D do carboidrato em função das variáveis temperaturas e rotação para torta de canola.	73
Figura 23: Gráfico de Dispersão de proteína da torta de canola em relação a variação da temperatura e rotação.	74
Figura 24: Comportamento variável em 2D e 3D de proteína em função das variáveis temperaturas e rotação para torta de canola.	75
Figura 25: Comportamento variável em 2D e 3D de proteína em função das variáveis temperaturas e rotação para torta de canola.	76

Figura 26: Análise de dados de resíduo mineral fixo em torta de canola em relação a variação da temperatura e rotação a partir de Boxplot.....	78
Figura 27: Análise de resíduo mineral fixo em torta de canola em relação a variação da temperatura e rotação a partir de Boxplot.....	79
Figura 27: Análise de dados de resíduo mineral fixo em torta de canola em relação a variação da temperatura e rotação a partir de Boxplot.....	79
Figura 28: Comportamento variável resíduo mineral fixo em 2D e 3D do resíduo mineral fixo em função das variáveis temperaturas e rotação para torta de canola....	81
Figura 29: Comportamento de resíduo mineral fixo em função das variáveis temperaturas e rotação para torta de canola.....	81
Figura 30: Análise de dados de gráfico de dispersão de extrato etéreo da torta de canola em relação a variação da temperatura e rotação a partir de Boxplot.....	84
Figura 31: Análise de extrato etéreo em torta de canola em relação a variação da temperatura e rotação a partir de Boxplot.....	85
Figura 32: Comportamento de extrato etéreo em função das variáveis temperaturas e rotação para torta de canola.....	87
Figura 33: Comportamento variável Temperatura x rotação em 2D e 3D de extrato etéreo em função das variáveis temperaturas e rotação para torta de canola....	88
Figura 34: Gráfico de dispersão de fibra bruta em função das variáveis temperaturas e rotação para torta de canola.....	89
Figura 35: Análise de dados de fibra da torta de canola em relação a variação da temperatura e rotação a partir de Boxplot.....	90
Figura 36: Comportamento de fibra bruta em função das variáveis temperaturas e rotação para torta de canola.....	92
Figura 37: Comportamento variável em 2D e 3D de fibra em função das variáveis.....	92
Figura 38: Análise de dados de rendimento de óleo a partir da modelagem por gráfico de dispersão em relação a variação da temperatura e rotação a partir de Boxplot....	95
Figura 39: Análise de dados de rendimento de óleo de canola em relação a variação da temperatura e rotação a partir de Boxplot... ..	95
Figura 40: Análise do gráfico de superfície 2D e 3D do volume de extração de óleo...97	97
Figura 41: Análise de rendimento de óleo de canola em relação a variação da temperatura e rotação.....	97
Figura 42: Peneiras granulométricas para extração de informações do farelo e torta da torta de canola em relação a variação da temperatura e rotação.....	98
Figura 43: Análise de granulometria de diversas aberturas para torta de canola em relação a variação da temperatura e rotação a partir das modas estatísticas....	101
Figura 44: Análise do índice de acidez para 30º dia de análise e para 360º dia de análise de óleo de canola em relação a variação da temperatura e rotação.....	101
Figura 45: Análise de regressão para o índice de acidez para 30º dia análise e para 360º dia de análise de óleo de canola em relação a variação da temperatura e rotação.....	102
Figura 46: Análise do índice de turbidez (NTU) para 30º dia análise e para 360º dia de análise de óleo de canola em relação a variação da temperatura e rotação.....	104
Figura 47: Análise do índice de Turbidez para 30º dia análise e para 360º dia de análise, de óleo de canola em relação a variação da temperatura e rotação.....	104
Figura 48: Análise de regressão para a turbidez para 30º dia análise e para 360º dia de análise de óleo de canola em relação a variação da temperatura e rotação.....	105

RODRIGUES, Hamom Ventura. Me. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, março, 2021. **Análises físico-químicas e otimização da prensagem de canola em extrusora mecânica sob variações de temperatura e rotação. Orientador:** Prof. Dr. Reginaldo Ferreira Santos. **Coorientador:** Prof. Dr. Jorge Andrés Retamal Salgado.

## RESUMO

O Brasil tem sido um agente ativo na pesquisa e desenvolvimento de culturas energéticas, com viés sustentável e de escala de produção de proteína vegetal com parâmetros de qualidade internacional. Diante das demandas estruturais e das agendas sustentáveis, o óleo extraído das sementes oleaginosas, por meio de prensas, tem grande vantagem na produção de energia e de alimentos altamente nutricionais. Diante das demandas principalmente em regiões afastadas que necessitam de autossuficiência energética, ou ainda em regiões com culturas propícias, para culturas oleaginosas em período de vazio sanitário. Assim, o presente trabalho visou aperfeiçoar o processo de prensagem mecânica contínua, otimizando o processo através do efeito das variáveis independentes de temperatura de extração e velocidade de rotação aos grãos de canola no rendimento de extração de óleo bruto, além da caracterização química e física do óleo bruto e da torta. A análise estatística contou com o delineamento fatorial completo com três repetições, sendo assim, cada extração mecânica de óleo e torta foi dividida em quatro faixas de temperatura (110-120°C, 120-130°C, 130-140°C, 140-150°C) e cinco rotações (1000, 1200, 1400, 1600, 1800 rpm) para a extração de óleo e torta de canola. Foram avaliados os óleos vegetais através de índice de acidez, umidade do óleo, cor, massa específica e viscosidade, além da bromatologia com fibra bruta, cor, granulometria, extrato etéreo, proteína bruta, carboidrato, teor de cinzas e umidade da torta. Os dados coletados das amostras de torta e óleo bruto da semente de canola foram analisados segundo o teste de variância indicando se existem efeito dos tratamentos. Foi determinado o coeficiente ( $R^2$ ) como um parâmetro estatístico que relaciona a variância dos pontos experimentais. A faixa de temperatura de 110 a 120 °C e 1800 rpm o rendimento de óleo foi máximo. E o segundo maior rendimento está na faixa de temperatura de 130 a 140°C e 1800 rpm. Os valores máximos de turbidez, massa específica, viscosidade cinemática a 40 °C, índice de acidez e umidade do óleo foram de 3,7-2,7 NTU, 9188 kg m<sup>-3</sup>, 86,65 cm<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>, 2,79 mg g<sup>-1</sup> de KOH e 0,08 %. E os valores máximos em porcentagem de umidade de torta, fibra bruta, extrato etéreo, proteína, carboidratos e resíduo mineral fixo foram respectivamente 9,19, 17,19, 32,66, 35,90, 27,29 e 7,32 %. Mediante a cor da torta de canola é perceptível que a coloração mais escura da torta referem-se a alta porcentagem de proteína, e cores mais claras alta porcentagem de extrato etéreo, outros parâmetros não puderam ser correlacionados. Para maior rendimento numérico, assim sendo possível otimizar o processo de otimização de extração mecânica de canola.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Brassica napus* L., extração mecânica, otimização, qualidade.

RODRIGUES, Hamom Ventura. Me. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, march, 2021. **Physical-chemical analyzes and optimization of canola pressing in a mechanical extruder under variations in temperature and rotation.** Advisor: Prof. Dr. Reginaldo Ferreira Santos. Co-supervisor: Prof. Dr. Jorge Andrés Retamal Salgado.

## ABSTRACT

Brazil has been an active agent in the research and development of energy crops, with a sustainable bias and the scale of production of vegetable protein with parameters of international quality. Due to the structural demands and sustainable agendas, the oil produced by energy crops, and extracted through presses, it has a great advantage in the production of energy and highly nutritional foods. Faced with the demands mainly in remote regions that need energy self-sufficiency, or even in regions with propitious crops, for oilseed crops in a period of sanitary vacuum. Thus, the present work aimed to improve the process of continuous mechanical pressing, optimizing the process through the effect of the independent variables of extraction temperature and rotation speed of the canola grains on the extraction yield of crude oil, in addition to the chemical characterization and crude oil and pie. The statistical analysis included a complete factorial design with three replications, so that each mechanical extraction of oil and cake was divided into four temperature ranges (110-120°C, 120-130°C, 130-140°C, 140-150°C) and five rotations. (1000, 1200, 1400, 1600, 1800 rpm) for the extraction of oil and canola cake. Vegetable oils were evaluated using the acidity index, oil moisture, color, specific gravity and viscosity, in addition to bromatology with crude fiber, color, granulometry, ether extract, crude protein, carbohydrate, ash content and cake moisture. The data collected from the samples of cake and crude oil from the canola seed were analyzed according to the variance test indicating whether there is an effect of the treatments. The coefficient ( $R^2$ ) was determined as a statistical parameter that relates the variance of the experimental points. In the temperature range of 110 to 120 °C and 1800 rpm the oil yield will be maximum. And the second highest performance is in the temperature range of 130 to 140 °C and 1800 rpm. The maximum values of turbidity, specific mass, kinematic viscosity at 40 °C, acidity and oil moisture index for were 3.7-2.7 NTU, 9188 kg m<sup>-3</sup>, 86.65 cm<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>, 2, 79 mg g<sup>-1</sup> of KOH and 0.08%. And the maximum values in percentage of cake moisture, crude fiber, ether extract, protein, carbohydrates and fixed mineral residue were 9.19, 17.19, 32.66, 35.90, 27.29 and 7.32%, respectively Through the color of the canola cake it is noticeable that the darker color of the cake refers to a high percentage of protein, and lighter colors a high percentage of ether extract, other parameters could not be correlated. For greater numerical yield, thus being possible to optimize the optimization process of mechanical canola extraction.

**KEYWORDS:** *Brassica napus L.*, mechanical extraction, optimization, quality.

## ÍNDICE

<b>RESUMO</b> .....	<b>.x</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xi</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
1.2 Objetivo Geral .....	5
1.3 Objetivos Específicos .....	5
1.4 Hipótese .....	5
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>6</b>
2.1 Culturas Oleaginosas .....	6
2.2 Óleos vegetais com definições .....	9
2.3 Óleos vegetais histórico e estrutura .....	10
2.4 Culturas oleaginosas para uso energético .....	12
2.5 Definições de testes químico físico do óleo e diesel .....	14
2.6 Culturas oleaginosas para uso alimentício(gastronomia) .....	16
2.7 Culturas oleaginosas para uso terapêutico .....	18
2.8 Ácidos graxos na saúde humana .....	19
2.9 Histórico da Canola .....	21
2.9.1 Morfologia da Canola .....	22
2.9.2 Distribuição geográfica.....	23
2.10 Processos de Extração .....	23
2.10.1 Extração por prensa Hidráulica .....	24
2.10.2 Extração por solvente .....	25
2.11 Temperatura de extração e velocidade de rotação .....	25
2.12 Avaliação Colorimetrica .....	26
2.13 Parâmetros Físico-químicos do óleo de canola .....	27
2.13.1 Turbidez.....	28
2.13.2 Índice de Acidez.....	29
2.13.3 Umidade do óleo .....	31

2.13.4 Umidade da torta de canola .....	31
2.13.5 Massa específica .....	32
2.13.6 Viscosidade cinemática .....	33
2.14 Análises Bromatológicas da Torta de Canola .....	34
2.14.1 Fibra Bruta .....	35
2.14.2 Proteína .....	36
2.14.3 Cinzas - Resíduo mineral fixo .....	37
2.14.4 Lípidios ou extrato etéreo – extração direta em soxhlet .....	37
2.14.5 Amidos/Carboidratos.....	39
2.15 Granulometria da torta de canola .....	40
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>41</b>
3.1 Caracterização da Área Experimental .....	41
3.2 Caracterização da Matéria-Prima .....	41
3.3 Prensa extrusora automatizada .....	41
3.4 Determinação dos Parâmetros de Rotação e Temperatura.....	42
3.4.1 Preparação das sementes e umidade base úmida.....	42
3.4.2 Rotação e Temperatura .....	42
3.5 Métodos Físico-Químicos De Análise .....	43
3.5.1 Rendimento de óleo bruto (oil%).....	43
3.5.2 Massa Específica ( $\rho$ ) .....	44
3.5.3 Índice de Acidez (IA).....	44
3.5.4 Viscosidade cinemática em 40 (°C).....	45
3.5.5 Turbidez (U%).....	45
3.6 Métodos Bromatológicos de Análise.....	45
3.6.1 Fibra Bruta (FB%).....	45
3.6.2 Extrato Etéreo (EE%).....	45
3.6.3 Proteína (PB%).....	46
3.6.4 Amidos/Carboidratos (A%).....	46

3.6.5 Resíduos fixo e Cinzas (CZ%) .....	47
3.6.6 Umidade da torta (U%) .....	47
3.6.7 Umidade dos grãos (%) .....	48
3.6.8 Determinação da Cor ( $\Delta E$ ) .....	48
3.6.9 Granulometria (mm <sup>2</sup> ).....	48
3.7 Análises Estatísticas .....	49
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>50</b>
4.1 Análise visual do óleo bruto .....	50
4.1.2 Análise colorimétrica do óleo de canola bruto .....	52
4.1.3 Densidade /umidade do óleo de canola .....	56
4.2 Análise visual da torta de canola.....	56
4.2.1 Análise colorimétrica da torta .....	59
4.3 Análises bromatológica da torta de canola.....	63
4.3.1 Umidade do óleo (%) .....	63
4.3.2 Carboidrato/Amido (%).....	67
4.3.3 Proteína(%).....	73
4.3.4 Resíduo mineral fixo - Cinzas (%).....	77
4.3.5 Extrato Etéreo(%) .....	82
4.3.6 Fibra Bruta (%).....	88
4.3.7 Rendimento do óleo de canola (ml) .....	97
4.3.8 Granulometria da torta de canola.....	98
4.4 Índice de acidez de óleo de canola bruto .....	99
4.4.1 Turbidez para óleo de canola.....	103
4.4.2 Viscosidade cinemática do óleo de canola a 40°C .....	105
<b>5. CONCLUSÃO.....</b>	<b>108</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>109</b>

## 1. INTRODUÇÃO

As transformações sociais e econômicas, estão ligadas diretamente as necessidades dos consumidores e das exigências dos padrões de consumo, e, portanto, há uma demanda contínua por eficiência em todos os setores produtivos e de serviços, nos quais, se tornam interdependentes: Energia, Alimentos e Infraestrutura.

Estas transformações sociais ainda intensificada pelo crescimento populacional ao longo do tempo e valoradas pelas diretrizes de sustentabilidade (PANIZZON et. al., 2020, ULIAN et al., 2017).

A demanda crescente do setor de energia de biomassa e de alimentos, estão intrinsicamente relacionadas, direcionados pelos avanços tecnológicos e das regulamentações nacionais e internacionais, segundo a Agência Nacional de Petróleo Gás e Biocombustíveis (2018), Agência Nacional de Energia Elétrica (2020) e Associação Brasileira da Indústria de Alimentos (2020).

O uso de fontes não-renováveis, na logística de transporte são promotoras da liberação de gases nocivos a atmosfera correspondendo a cerca de 20% do total das emissões globais (CARVALHO, 2011).

A substituição das matrizes energéticas são um grande avanço para qualidade de vida da população. Entre os diversos gases o monóxido de carbono é o principal GEE que afeta o balanço radioativo da terra e se tornou um problema com sérios agravantes, compreendido pela ótica do IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change (ARAUJO; OLIVEIRA, 2020).

Diante de uma ampla gama de demandas estruturais, as culturas oleaginosas se destacam, suprimindo várias necessidades emergentes, na produção de biocombustíveis. Paralelamente a produção de alimentos e nutrição animal, a produção dos coprodutos de oleaginosas, crescem a uma taxa constante, porém, abaixo da demanda necessária (KNOTHE et al., 2006; TOMM, 2014).

Dentro de um contexto sustentável e devido a potencialidade agrícola que as pesquisas brasileiras têm seu destaque, com a implementação de combustíveis alternativos em sua frota terrestre. E o biodiesel é um adequado substituto ao diesel de petróleo, no qual, usa-se como matéria prima em grande parte o óleo de soja e de milho (VOLPATO et al., 2014).

A variabilidade dos valores da saca de soja e milho, apresenta uma insegurança quanto ao custo final da produção, por causa da competição entre biocombustíveis, alimentação humana, animal e exportação (COSTA JUNIOR et al., 2015).

Dentre as culturas oleaginosas a canola (*Brassica napus* L. var. oleífera) variedade melhorada da colza (*Brassica napus* L.) se destacam com uma diversidade de características importantes. Seja como alimento funcional ou inserida como parte dos programas governamentais de implantação de culturas energéticas, para o desenvolvimento nacional (DE MORI et al., 2014).

A consolidação do Brasil no cenário do agronegócio impõe uma diversidade de critérios de eficiência, na busca de melhores tecnologias processos, matéria-prima e inovação, na qual, os processos de produção e conservação de alimentos são requisitos fundamentais para a competitividade local e a nível internacional (AUNG; CHANG, 2014).

O uso racional da energia nos processos para a transformação da matéria-prima afeta significativamente a qualidade da mesma e posteriormente, uma conjuntura de pactos ambientais firmados como Protocolo de Kyoto (1997) e o acordo de Paris (2016) que regulam as transições energéticas e de relações comerciais entre países (COLAÇO; BERMANN, 2017).

Em decorrência dos impactos econômicos e sociais, segundo Prado e John (2010), decorre que os diversos usos dos recursos passam a ser um ponto chave para a sustentabilidade e ponto fundamental dos impactos sobre as mudanças climáticas (IPCC, 2014).

A modernização dos processos nas atividades agrícolas, desempenham fator chave para o desenvolvimento da qualidade da matéria-prima e para inúmeros processos de produção decorrentes das exigências internacionais para exportação (ARAÚJO, 2014).

Aumentar a produtividade e reduzir custos na alimentação animal e na produção de biocombustíveis, depende de fatores intrínsecos ao conhecimento sobre as características das culturas vegetais, análises bromatológicas, para que possam ser utilizados adequadamente nas formulações de rações específicas para cada grupo animal: suínos, equinos, bovinos (Santos et al., 2005).

Para Neves et al. (2016), Toghyani et al. (2015) e Spragg e Mailer (2007)

alguns fatores podem influenciar a qualidade nutricional da torta provenientes das extrações das sementes das oleaginosas. Dentre esses fatores estão: variação na qualidade nutritiva da torta devido as cultivares, condições agronômicas, ao método de extração do óleo e à temperatura e umidade, durante a extração do óleo e subsequente processamento.

As características da biomassa estão relacionadas ao processamento e a matéria prima, e, portanto, a automação de prensas mecânicas induz um controle sobre as propriedades físico-químicas, quantitativas e qualitativas do farelo e do óleo (PIGHINELLI, 2010; BUENO, 2019).

A qualidade tanto da matéria prima quanto dos subprodutos pode ser classificada de acordo com os usos, sendo utilizada como métrica de comparação a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TACO (2011), porém a mesma, ainda está em construção e, portanto, ainda falta diversas informações no catálogo, também referentes a canola.

A Produção estimada pela Associação Brasileira de Óleos Vegetais ABIOVE, teve avanço no período de 2019 para 2020 de 33,991 milhões de toneladas de farelo e 8,969 milhões de toneladas de óleo, somando a soja e com uma fração da mesma em canola (ABIOVE, 2020).

Segundo a Associação Brasileira de Alimentos – ABIA (2020) cerca de 23,1% de empregos são gerados pela indústria o que reforça a importância do setor, com performance de ser o maior exportador do mundo, de óleo de soja e carne de aves (SMALCI et al., 2020).

Portanto, para a nutrição humana e animal adequada é necessária uma combinação equilibrada das proporções, referentes a: proteína, energia, fibra, minerais e vitaminas, portanto, pesquisas são necessárias para se compreender a qualidade e diminuindo o custo para a produção com o valor agregado ao mesmo. (BRENNECKE, 2007).

A grande produção de grãos é um destaque nacional e um desafio a ser gerenciado pelo Ministério da Agricultura e Abastecimento – MAPA (BRASIL, 1991)

Há uma grande quantidade de pequenos e médios, produtores abrangendo mais de 4,5 milhões de unidades familiares (COSTABER; CAPORAL, 2005).

O potencial brasileiro é de cerca de 150 milhões de hectares plantados para a implantação de biomassa, sendo 90 milhões referentes às novas fronteiras, e os

outros 60 milhões referentes às terras de pastagens que podem ser convertidas em exploração agrícola (STACHIW et al., 2016).

A semente de canola tem 40–50% de óleo (GUERRA; FUCHS, 2010) e devido as suas características próprias para consumo humano devido à baixa concentração de ácido erúxico, e também ganhando grande espaço em outros campos, como a indústria alimentícia e de fármacos, na fabricação de biocombustíveis (ZORZENONI et al., 2019).

A compreensão quali-quantitativa do rendimento nutricional no qual envolvem temperatura e rotação divergem em vários aspectos de cultura para cultura, mediante aos ajustes dos processos mecânicos e geométricos.

A elevação da temperatura se relaciona com características da torta mais coesa e óleo com facilidade para a extração o controle do mesmo tende a um limite, no qual efeitos deletérios altere a qualidade física e química do óleo e da bromatologia da torta (PIGHINELLI, 2010).

Segundo Yacu (1990) toda a geometria e velocidade das roscas o controle dos parâmetros de extrusão define as características dos produtos, grau de cozimento, expansão, densidade, formato, tamanho, aparência, textura, sabor, aroma, cor e umidade final e, conseqüentemente, o valor final do produto e aceitabilidade.

## 1.2 Objetivo Geral

Aperfeiçoar o processo de prensagem mecânica contínua em uma prensa de extração mecânica, avaliando o efeito das variáveis independentes de temperatura e rotação de grãos de canola no rendimento de extração de óleo bruto, além de sua caracterização química e física, e dos parâmetros bromatológicos da torta.

## 1.3 Objetivos Específicos

- Avaliar o rendimento do processo de extração de canola pela prensa extrusora;

- Avaliar a caracterização físico-química, colorimétrica da torta e do óleo, extraídos em diferentes temperaturas e rotação dos grãos;
- Determinar o ponto ótimo qualitativamente e quantitativamente dos coprodutos de canola.

#### 1.4 Hipótese

As variações fixas do equipamento eletromecânico automatizado de prensagem de grãos: Rotação e Temperatura, influenciam o rendimento de óleo e outras características físico-químicas e bromatológicas, ou seja, são necessários estudos analíticos e laboratoriais, para mensurar o comportamento das variáveis dependentes e descobrir a qualidade e o ponto ótimo dos coprodutos, para automatização da máquina para a extração de canola.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Culturas oleaginosas

A implantação de culturas vegetais oleaginosas, faz parte do plano agrícola nacional, para abastecimento das cadeias produtivas de consumo interno e exportação, com incentivo à produção sustentável através da lei nº 8.171/1991 (BRASIL, 1991).

Na década de 80 a produção de soja *Glycine Max* L. passou a ter representatividade na Região Centro-Oeste. No ano 2000 já haviam se consolidado em praticamente todas as regiões agrícolas do Brasil (COSTA; SANTANA, 2014).

A abertura das fronteiras se consolidou com os anos e se tornou uma forte presença na bolsa de valores, segundo a revisão de Rodrigues e Filho (2017). Ainda sendo o quarto grão com maior produção mundial atrás de milho trigo e arroz (FAO, 2019).

O óleo e o farelo que são coprodutos das culturas oleaginosas se consolidam pelas demandas e pelas políticas internas, que favorecem o crescimento do agronegócio em vários países do mundo (IPEA, 2015).

A China apresentou a maior taxa média de crescimento da produção e consumo de óleo diversificada, porém, o consumo de soja (10,98% a.a.) na Argentina, Brasil e Estados Unidos apresentou taxas anuais de crescimento de 5,25%, 3,76% e 1,07% (RHODEN et al., 2019).

Em termos de demanda, a China se destaca, com 31% do consumo mundial em 2017, os EUA com 16% e o Brasil com 12% do consumo global de óleo de soja. Juntos, União Europeia, Paraguai, Rússia e Bolívia representam 21% do consumo global (RHODEN et al., 2019).

A necessidade da qualidade da matéria-prima, diverge para diversas finalidades, na qual a indústria do setor de alimentos, fármacos e biocombustíveis tem aprimorado suas tecnologias para desenvolver produtos com qualidade superior e valor agregado, o parâmetro nutricional é um dos critérios (IXTAINA et al., 2011).

As culturas oleaginosas têm sido estudadas e implementadas no sistema agrícola brasileiro, como viés de alimentação humana e animal e para produção de

biodiesel de Soja, Algodão, Pinhão Manso, Mamona, Palma, Amendoim, Babaçu e Canola (GUERRA; FUSCH, 2010; HORWAT et al., 2021).

Cada cultura oleaginosa contém particularidades quantos a ácidos graxos poli-insaturados presentes, e após o processo industrial ou mesmo após o processo primário sem refino. Pode ser usado como óleo de cozinha e nas indústrias, como tinta de caneta, biodiesel, tintas de pintura em geral, xampus, sabões e detergentes (MISSÃO, 2006).

A cultura de canola é a terceira maior produção mundial, ficando atrás apenas do óleo de soja e de palma (RIVAS; BAUTISTA, 2003; VIEIRA et al., 2010).

Entre as culturas de inverno no sul, centro-oeste e sudeste se encontra a canola, cevada, girassol, triticale. O valor da saca de 60 kg da canola é superior a todas as demais culturas de inverno; sendo paralelamente comparada em valores de soja (MAPA, 2018).

Na tabela número 1 observa-se as culturas oleaginosas e a área plantada em hectares (ha).

Tabela 1: Estimativa de área plantada em hectares de algumas culturas oleaginosas, safra de 2020.

<b>Cultura vegetal oleaginosa</b>	<b>Hectares (ha)</b>
<b>Amendoim</b>	178.845
<b>Girassol</b>	50.963
<b>Milho</b>	18.186,886
<b>Soja</b>	37.085,364
<b>Triticale</b>	19.900
<b>Dendê</b>	81.176,238
<b>Canola</b>	35.000
<b>Mamona</b>	47.900
<b>Trigo</b>	2.042,00
<b>Cevada</b>	120.000

**Fonte:** IBGE - Levantamento sistemático da produção agrícola SIDRA (2020); CONAB (2020).

Alguns critérios são imprescindíveis para a gestão da produção agrícola no país levando em consideração o aspecto logístico e econômico entre os quais a aclimação das culturas, para áreas de plantio, assim como a facilidade de escoamento da produção e a legislação da política agrícola dos municípios e

estados, no qual, o padrão de produção é a qualidade e a produtividade (HOFFMANN; KAGEYAMA, 1985).

Os estudos de Lobão e Staduto (2020) demonstram a influência dos critérios tais como, determinadas áreas que são mais industrializadas e próximas dos recursos utilizados na produção como: defensivos agrícolas, diversos tipos de adubos químicos a serem transportados ao local da produção interferindo diretamente no custo final.

O plantio e a forragem de canola é uma alternativa para economia de recursos hídricos ou regiões onde o déficit hídrico é expressivo, pois não é exigente quanto ao uso de água, em comparação com culturas tradicionais como aveia (*Avena sativa* L.), triticale (*Triticosecale*) (CRUZ et al., 2012).

Participação dos estados brasileiros na produção de culturas oleaginosas por hectare (ha) (Tabela 2).

Tabela 2: Estimativa de distribuição das áreas de plantio por regiões em hectares de algumas culturas vegetais oleaginosas, safra de 2020.

<b>Cultura oleaginosa</b>	<b>Região Norte</b>	<b>Região centro Oeste</b>	<b>Região Sul</b>	<b>Região Nordeste</b>	<b>Região Sudeste</b>
<b>Amendoim</b>	*	2	2	5	91
<b>Girassol</b>	*	89	5	*	6
<b>Milho</b>	5	50	21	14	11
<b>Soja</b>	5	49	30	9	6
<b>Triticale</b>	*	*	70	*	30
<b>Dendê</b>	89	*	*	11	*
<b>Canola</b>	*	3	97	*	*

\* Valores não encontrados ou não significativos

Fonte: IBGE - Levantamento sistemático da produção agrícola SIDRA (2016).

## 2.2 Óleos vegetais

### 2.2.1 Definições

Segundo definição da ANVISA (2005) para óleos vegetais:

“Óleos vegetais são produtos obtidos de espécies vegetais compostos principalmente por glicerídeos de ácidos graxos, podendo conter baixas quantidades de fosfolipídios, constituintes insaponificáveis e ácidos graxos livres. São substâncias hidrofóbicas e lipofílicas, formadas principalmente de triacilgliceróis, que se apresentam em estado líquido e viscoso nas condições normais de temperatura e pressão, devido ao baixo ponto de fusão”.

**Óleos vegetais virgens:** Óleos vegetais obtidos exclusivamente por extração mecânica e aplicação de calor, podendo ser purificado por lavagem com água, decantação, filtração e centrifugação (CXS 210-1999).

**Óleos vegetais prensados a frio:** Óleos vegetais obtidos exclusivamente por extração mecânica sem aplicação de calor (CXS 210-1999).

**Óleos refinados:** Óleos vegetais submetidos a processos físicos ou químicos para retirada de fosfolipídeos, esteróis, tocoferóis, hidrocarbonetos, pigmentos e outros componentes não glicerídeos (CXS 210-1999).

**Gorduras vegetais:** Produtos constituídos principalmente de glicerídeos de ácidos graxos, obtidos de espécies vegetais listadas no Anexo I da Instrução Normativa no prelo pelo processo nº 25351.912580/2018-68.

Matéria sólida ou pastosa à temperatura de 25°C, podendo conter pequenas quantidades de outros lipídeos como fosfolipídeos, constituintes insaponificáveis e ácidos graxos livres naturalmente presentes no óleo ou gordura (CXS 210-1999).

**Óleos e gorduras vegetais mistos:** São produtos obtidos a partir da mistura de óleos ou gorduras vegetais de duas ou mais espécies (CXS 210-1999).

**Óleos e gorduras vegetais compostos:** São produtos obtidos a partir da mistura de óleos e gorduras vegetais mistos ou de óleos e gorduras vegetais com especiarias ou outros ingredientes com finalidade de conferir sabor ou aroma, desde que não descaracterizem o produto como óleo ou gordura (CXS 210-1999).

**Óleos e gorduras vegetais modificados:** São os produtos obtidos a partir de óleos ou gorduras submetidos a fracionamento, hidrogenação, interesterificação ou outros processos físicos ou químicos alimentícios (CXS 210-1999).

### 2.3 Histórico e estrutura dos óleos vegetais

Os óleos vegetais são extraídos das sementes das plantas oleaginosas. Os óleos e as gorduras são classificados como lipídios, portanto com características de insolubilidade em água (MORETTO; FETT, 1998; KNOTHE et al., 2006).

Na busca de produtos homogêneos e padronizados o processo industrial à partir da hidrogenação dos óleos, busca reduzir as insaturações para garantir a consistência textura e tempo de prateleira, ou seja, estado de conservação durante o tempo, porém o aumento dos ácidos graxos trans, por causa, do refinamento, aumentam o nível de colesterol (RIQUÉ, 2005).

Os primeiros estudos sobre a constituição de óleos e gorduras foram realizados pelo químico e físico Michel-Eugène Chevreul, na qual a hidrólise de diversos tipos de óleos e gorduras em determinadas temperaturas originavam-se os ácidos graxos e glicerol (RAMALHO; SUAREZ, 2013).

Os ácidos graxos saturados organizam-se com facilidade em cristais e com as atrações de Van der Waals são fortes, com ponto de ebulição elevado. O ponto de ebulição, acompanha o peso molecular. Ácidos graxos insaturados possuem pontos de ebulição mais baixos (SOLOMONS, 2002).

Os ácidos graxos de ocorrência natural nos óleos, em geral, possuem uma longa cadeia, constituída de átomos de carbono e hidrogênio, com grupo terminal carboxila (COOH) bem definido com ácidos orgânicos (MANDARINO et al., 2005)

Dentre os mais comuns estão o Ácido oleico ( $C_{18}H_{34}O_2$ ) de composição insaturada. As plantas são capazes de produzir os ácidos  $\omega_3$  e  $\omega_6$  a partir do ácido

oléico e os animais podem transformá-lo em ácidos graxos  $\omega 9$  (Costa et al., 2008).

O ácido oleico, na forma de triglicérido, é incluído na dieta como parte das gorduras animais e dos óleos vegetais. O ácido oleico também se mostrou capaz de diminuir a progressão da adrenoleucodistrofia (ALD), uma doença fatal que afeta o cérebro e as glândulas adrenais (MORETTO; FETT, 1998)

Ácido linoleico ( $C_{18}H_{32}O_2$ ) se encontra como o ácido poli-insaturado mais importante, sendo o componente principal de muitos óleos vegetais, incluindo os óleos de girassol, algodão, amendoim, soja e milho. Os ácidos graxos ômega apresentam efeito hipocolesterolêmico e reduzem os níveis de lipoproteínas de baixa densidade (LDL) no sangue (DICK et al., 2015).

A culturas como a soja (*Glycine max*) e canola (*Brassica napus* L.); além de outras, são fontes importantes de aprimoramento tecnológico e genético e, portanto, as tecnologias e o mercado consumidor já estão consolidadas no Brasil, segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2020).

Na Tabela número 3 observa-se os teores de óleo em sementes das principais culturas oleaginosas com alto potencial para desenvolvimento em larga escala devido as potencialidades estudadas pela Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO). O teor de óleo nos grãos de canola é influenciado pelas características genéticas dos híbridos.

Tabela 3: Estimativa de teor de óleo de algumas culturas oleaginosas energéticas.

<b>Cultura oleaginosa</b>	<b>Teor de óleo (%)</b>	<b>Cultura oleaginosa</b>	<b>Teor de óleo (%)</b>
<b>Algodão</b>	15- 25	<b>Girassol</b>	35-52
<b>Amendoim</b>	40 - 50	<b>Linhaça</b>	30-48
<b>Babaçu</b>	55- 65	<b>Mamona</b>	40-50
<b>Canola</b>	40-50	<b>Nabo-Forageiro</b>	35-50
<b>Cártamo</b>	35	<b>Pinhão Manso</b>	38-45
<b>Dendê</b>	45-50	<b>Tungue</b>	30-35
<b>Soja</b>	18 - 22		
<b>Gergelin</b>	50-55		

Fonte: Guerra e Fuchs (2010).

## 2.4 Culturas oleaginosas para uso energético

Plantas que possuem um potencial energético e adaptação climática tem sido estimulados no Brasil para a produção e principalmente para a diversificação das monoculturas (SANTOS, 2018).

A destinação principal é a produção e fabricação de biocombustíveis visando combater os efeitos climáticos através da redução de combustíveis fósseis para combater de forma efetiva o aumento do CO<sub>2</sub> e o efeito estufa (SILVA; PAULA, 2009).

Para limitar o aumento da temperatura, recorre-se a diminuição do consumo de combustíveis fósseis, na qual uma redução média de 7 Gigatoneladas de CO<sub>2</sub>, seria o equivalente a frear a temperatura em 2 °C (IPCC, 2007).

As perspectivas para o uso direto do óleo *in natura* como combustível em motores a Diesel são estudos amplos, que segundo INOE (2009), são necessárias algumas adaptações nos motores para diminuir a viscosidade dos óleos.

A transformação de óleos e gorduras no processo de esterificação para biodiesel é um dos métodos usados para diminuir a viscosidade e as incrustações em motores de ciclo diesel, sendo a primeira patente do processo de fabricação pertencente ao pesquisador G. Chavanne em 1937 (Chavanne, 1938).

A esterificação é uma reação química reversível entre um ácido carboxílico e um álcool, produzindo éster. A reação de esterificação é lenta, sendo necessário um aumento de temperatura e a presença de um catalisador para acelerar a sua velocidade. Esse processo é denominado de Esterificação de Fischer (KNOTE, 2006)

Porém uma troca de fontes energéticas se torna uma ação relevante, para segurança e abastecimento energético, para assegurar a produção e serviços do primeiro, segundo e terceiro setor, também para qualidade de vida dos moradores de centros urbanos que sofrem com a poluição constante e a periculosidade e insalubridade dos mesmos.

Ao se introduzir os óleos vegetais como fontes de combustíveis são o número de cetanos que equivale ao número de octanos do diesel de petróleo e outros combustíveis fósseis como observado na Tabela 4.

Tabela 4: Índices de iodo, número de cetanos, ponto de nevoa e fluidez de óleos vegetais.

<b>Óleo</b>	<b>Índice de iodo</b>	<b>Número de cetanos</b>	<b>Ponto de nevoa °C</b>	<b>Ponto de Fluidez °C</b>
<b>Algodão</b>	113,2	33,7	2	-15
<b>Amendoa</b>	102,4	34,5		
<b>Amendoim</b>	119,6	34,6	13	-7
<b>Avelã</b>	98,6	52,9		
<b>Cartamo</b>	139,8	42,0	-12	-21
<b>Colza</b>	108,5	37,5	-4	-32
<b>Dendê</b>	35 - 61		31	
<b>Gergelin</b>	91,8	40,4	-4	-9
<b>Girassol</b>	132,3	36,7	7	-15
<b>Linhaça</b>	156,7	27,6	2	-15
<b>Mamona</b>	88,7	42,3	10	
<b>Milho</b>	119,41	37,5	-1	-40
<b>Oliva</b>	100,2	34,5		
<b>Soja</b>	69,8	38,1	-4	-12
<b>Trigo</b>	121,0	32,5		

Fonte: Guerra e Fuchs (2010).

O óleo vegetal de canola tem um ponto de fulgor a 320 °C, o milho compreende 324 °C, a soja 328 °C, óleo mineral 174 °C, no trabalho de Bicalho et al., (2014) traz informações importantes ao transporte uso e armazenamento, num comparativo com outras culturas oleaginosas presentes na tabela 5.

Tabela 5: Ponto de Fumaça, ponto de fulgor de óleos vegetais.

<b>Óleo</b>	<b>Ponto de fumaça °C</b>	<b>Ponto de fulgor °C</b>
<b>Soja</b>	232	328
<b>milho</b>	226	324
<b>Abacate</b>	271	*
<b>Girassol</b>	232	*
<b>Linhaça</b>	107	*
<b>Coco</b>	176	*
<b>Gergelin</b>	176	*
<b>Canola</b>	204	320
<b>Mineral</b>	*	174

Fonte: Adaptado pelo autor, Bicalho et al., (2014), Jorge, (2009).

Diante da poluição ambiental e das mudanças climáticas ocasionadas pelos processos fabris e na logística de transporte, tratados e acordos internacionais como o Acordo de Paris e os ODS (Objetivos do Desenvolvimento Sustentável) reformulam a logística comercial entre diversos países (ONU, 2016).

Os biocombustíveis ou também conhecido por combustíveis limpos, fazem, parte dos acordos e são observados na Tabela de número 6, é perceptível os principais biocombustíveis e suas formas de obtenção.

Tabela 6: Principais exemplos de biocombustíveis

<b>Biocombustível</b>	<b>Matéria-prima</b>	<b>Processo de obtenção</b>	<b>Composição química</b>
<b>Carvão vegetal</b>	Madeira	Pirólise	Carbono
<b>Álcool</b>	Açúcares (glicose, amido, celulose)	Fermentação Anaeróbica	Etanol
<b>Biogás</b>	Diversos tipos de biomassa	Fermentação anaeróbica	Hidrocarbonetos leve
<b>Biogás de síntese</b>	Biomassa em geral	gaseificação	Misturas de gases CO e H <sub>2</sub>
<b>Biodiesel</b>	Óleos e gorduras	Esterificação ou transesterificação	Mono-ésteres de ácidos graxos
<b>Bio-óleo</b>	Óleos e gorduras	Craqueamento e hidrocraqueamento	Hidrocarbonetos e O <sub>2</sub>

Fonte: Adaptado de Oliveira e Suarez (2007).

## 2.5 Definições de testes químico físico do óleo e diesel

### Definições: Índice de iodo

O índice de iodo (IV) é uma medida do número total de ligações duplas presentes em gorduras e óleos. É expresso como o "número de gramas de iodo que reagirá com as ligações duplas em 100 gramas de gorduras ou óleos" (KNOTHE et al., 2006).

### Definições: Número de cetano

Dentre os parâmetros químicos e físicos o número de cetano é um indicador

da qualidade do óleo, principalmente do óleo diesel, medindo a capacidade do combustível de entrar em autocombustão quando injetado no motor, desempenhando impacto positivo ou negativo no desempenho de partida a frio, nível de ruído e emissões da exaustão (KNOTHE et al., 2006).

**Definições:** Ponto de fumaça

Ponto de fumaça é o momento em que o óleo (ou outro tipo de gordura) atinge uma temperatura onde o glicerol ou glicerina que se quebra e forma a acroleína (AOCS, 2004).

**Definições:** Ponto de Névoa

É definido como a menor temperatura em que se observa a formação de uma Turbidez na amostra, indicando o início da cristalização de parafinas e outras substâncias na qual tendem a separar-se do óleo ou diesel, quando este é submetido a baixas temperaturas de resfriamento contínuo.

Valores do Ponto de Névoa superiores à temperatura ambiente conduzem a maiores dificuldades de partida do motor e a perdas de potência do equipamento devido à obstrução, por parafinas, das tubulações e filtros do sistema de combustível (KNOTHE et al., 2006)

**Definições:** Ponto de Entupimento

É principalmente controlado para avaliar o desempenho nas condições de uso em que o óleo é submetido a baixas temperaturas ou em climas frios.

O teste consiste no resfriamento do combustível até uma temperatura em que ele cesse de correr através do filtro dentro de 60 segundos ou pelo fato de não retornar ao frasco de teste.

Esse ponto de entupimento é devido ao aumento da quantidade de cristais de parafina que se forma em baixas temperaturas (KNOTHE et al., 2006).

**Definições: Ponto de Fulgor**

É a menor temperatura na qual o produto gera uma quantidade de vapores que se inflamam quando se dá a aplicação de uma chama, em condições controladas.

O ponto de fulgor está ligado à inflamabilidade e serve como indicativo dos cuidados a serem tomados durante o manuseio, transporte, armazenamento e uso do produto (AOCS, 2004).

**2.6 Culturas oleaginosas para uso alimentício (gastronomia)**

Culturas oleaginosas não submetidas a processamentos químicos para a extração de óleo, ou seja, prensado e imediatamente acondicionado segundo Mandarino et al. (2005). Nesse estado, não refinado é popularmente vendido, comercialmente com valor agregado também conhecidos como prensados a frio ou virgens (SIOEN et al., 2006; WEBER et al., 2008).

Os minerais e toda a conjuntura nutricional benéfica que os óleos não refinados possuem se mantêm de maneira homogênea, dependendo da maneira que é armazenada ao longo do tempo, no entanto, tendem a se decompor de forma gradual e a tornarem-se rançosos em altas temperaturas (JORGE, 2009).

A fritura é o procedimento de preparação de alimento mais comum no que confere características organolépticas aos alimentos, como sabor, textura e aparência, e palatabilidade dos alimentos (SAGUY, 1995).

Os óleos que são mais insaturados são oxidados mais rapidamente do que óleos menos insaturados. À medida que o grau de insaturação aumenta, tanto a taxa de formação como a quantidade de compostos da oxidação são maiores no final do período de indução (CHOE; MIN, 2006; SHAHIDI et al., 2005).

Um das propriedades que tornam o óleo mais ou menos resistente a degradação são as proporções de ácidos graxos saturados ou insaturados, dos quais a estrutura de lipídeos poli-insaturadas, que representam a maioria dos óleos vegetais, são mais instáveis quando submetidas ao calor.

Quanto mais ligações insaturadas, mais instabilidade e assim sofrem mais oxidação, especialmente quando submetidas a altas temperaturas, gerando altos

níveis de aldeídos. Já as gorduras saturadas, são muitos mais estáveis sendo bem menos oxidadas (FREIRE et al., 2013).

Na Tabela de número 7 observa-se as porcentagens da composição carboxílica dentre algumas culturas vegetais oleaginosas que são utilizados como complemento nas rações animal (AGUERO et al., 2015; NIKOO et al., 2013).

Tabela 7: Composição química de óleos vegetais quanto a sua composição carboxílica.

<b>Óleo</b>	<b>Monossaturados</b>	<b>Polissaturados (%)</b>	<b>Saturados</b>
<b>Arroz</b>		82,3	17,7
<b>Canola</b>	65,3	27,9	6,8
<b>Girassol</b>	18,7	68,7	12,6
<b>Milho</b>	27,6	57,9	14,5
<b>Soja</b>	23,5	61,0	15,5

Fonte: Adaptado de Christie (2003).

As características da composição das porcentagens de ácidos graxos e de sua estrutura influenciam decisivamente o ponto de fumaça (KNOTHE et al., 2006).

Óleos ou gorduras mais adequados para a alimentação tem como características o ponto de fumaça, graduados em: baixo, médio e alto. No ponto Baixo de fumaça, tem-se, o azeite de oliva, óleo de linhaça e manteiga, utilizados em refogados e saladas (SIOEN et al., 2006).

O ponto de fumaça médio, como no óleo de canola é delineado para assar ou fritar mais levemente. Os óleos com um ponto de fumaça mais elevado, como os de abacate, girassol, são ideais para dourar ou fritar alimentos com muita intensidade (HAAK et al., 2007).

O óleo ou gorduras usados em altas temperaturas, próximo de 180°C, forçam as estruturas moleculares a modificam. Essa modificação se denomina oxidação e reage com o oxigênio do ar, formando aldeídos e peróxidos de lipídios (KNOTHE et al., 2006).

As modificações das estruturas dos lipídeos estão relacionadas diretamente com ácidos graxos e suas respectivas porcentagens, na qual, a Tabela de número 8

relaciona as proporções de maior porcentagem em relação as culturas oleaginosas presentes no Brasil.

Tabela 8: Principais ácidos graxos utilizados nas rações em composição centesimal.

<b>Óleos vegetais</b>	<b>Palmítico</b>	<b>Estereático</b>	<b>Óleico</b>	<b>Linoleico</b>	<b>Linolênico</b>
	<b>C:16</b>	<b>C18</b>	<b>C18:1</b>	<b>C18:2</b>	<b>C18:3</b>
<b>Arroz</b>	15,0	2,0	45,0	35,5	1,0
<b>Canola</b>	4,8	1,6	53,8	22,1	11,1
<b>Girassol</b>	5,4	3,5	45,3	39,8	0,2
<b>Mamona</b>	1,2	4,1	4,5	4,7	*
<b>Soja</b>	10,3	3,8	22,8	51,0	6,8
<b>Milho</b>	10,9	1,8	24,2	58,0	0,7
<b>Linhaça</b>	5,3	1,8	20,2	12,7	53,3

**Fonte:** Adaptado de ANVISA (1999) e NRC (2001).

## 2.7 Culturas oleaginosas para uso terapêutico

Do ponto de vista nutricional os óleos são fonte de energia mais concentrada nos alimentos, fornecendo ácidos graxos essenciais que agem como transdutores de vitaminas A, D, E e K (RIQUÉ, 2005).

Awad e Fink (2000) mencionaram que o fitoesterol no óleo de canola disponibiliza proteção contra cólon, de mama e câncer de próstata.

Ácidos graxos essenciais não podem ser sintetizados pelo organismo humano por meio das vias metabólicas e, portanto, a ingestão dos mesmos são uma fonte rica em ácidos graxos essenciais, no caso os óleos é uma poderosa forma de reequilíbrio do corpo, hormonal, nutricional.

O azeite de dendê é rico em vitamina (A) e outros carotenóides. Os carotenoides são compostos que apresentam atividades anticancerígenas, no processo de refino de qualquer óleo grande parte dos carotenoides são destruídos. (MANDARINO, 2005).

Ainda segundo Mandarino (2005) o óleo de canola é composto por 6,4% de ácidos graxos saturados, 92,4% de ácidos graxos insaturados. O óleo de soja é composto de 15,3% de ácidos graxos saturados e 84,6% ácidos graxos insaturados.

O óleo de dendê é composto por 49,1% de ácidos graxos saturados e 50,9% de ácidos graxos insaturados. O óleo de amendoim é composto por 19,7% de ácidos graxos saturados e 80,0 % de ácidos graxos insaturados.

A variação de informações relacionadas as porcentagens de composições saturadas e insaturadas referem-se a calculadora de mendrulandia. A partir da década de 50 diversos estudos se iniciaram para verificar a relação dos ácidos graxos no organismo humano (SAUY et al., 2003).

Os estudos apontaram respostas como os efeitos deletérios dos ácidos graxos saturados relacionados ao aumento do colesterol e ao mesmo tempo os ácidos graxos insaturados ou poliinsaturados são capazes de combater esses efeitos (BADIANI et al.,1997).

## **2.8 Ácidos graxos na saúde humana**

A grande quantidade de tipos de ácidos graxos e sua determinada importância se remete a diversas interações no organismos humano, principalmente ligado as lipoproteínas, das quais, o ácido graxo monoinsaturado oléico e palmitoléico são prevalentes na natureza (FOOD, 1994).

Ácidos graxos poliinsaturados linoleico e linolênico conhecidos por sua forma  $\omega$ -6 e  $\omega$ -3 são chamados de essenciais, o organismo não consegue produzi-los (MASSON, 1981).

Os ácidos graxos essenciais  $\omega$ -6 e  $\omega$ -3 exercem importantes funções na fisiologia do organismo, crescimento e desenvolvimento infantil e protetores de doenças cardiovasculares, trombozes, hipertensão, desordens inflamatórias e auto-imunes, formação da pele e unhas síntese de hormônios (VOSS, 1994).

A necessidade diária mínima de ácido graxo linoléico (  $\omega$ -6 ) provém de uma dieta de 2,6 gramas, cuja deficiência causa diversos problemas com a derme e epiderme, onde a pele sofre diversas alterações dificultando também a regeneração dos tecidos (BENDER, 1982).

A viscosidade do sangue também é influenciada pelos ácidos graxos essenciais, pressão arterial e reações anti-inflamatórias (MANDARINO, 2005).

Ácido araquidônico fazem parte do desenvolvimento e estrutura do cérebro e

tecido nervoso e sua recomposição nos casos de esclerose múltiplas (BENDER,1982).

As Principais doenças no Brasil são relacionadas a alimentação humana, na qual as doenças cardiovasculares são as principais causas de mortalidade, também como a principal causa em diversos países do ocidente.

O aumento da concentração plasmática no organismo humano, devido a diversos fatores nutricionais e genéticos demonstram que há um desequilíbrio entre  $\omega$ -6 e  $\omega$ -3 no qual os especialistas em nutrição recomendam o aumento da ingestão de ácidos graxos  $\omega$ -3, pois o organismo humano não consegue produzi-los.

A redução de 10% dos níveis sanguíneos de colesterol pode vir a reduzir 50% de chance de um adulto acima de 40 anos sofrer doenças cardiovasculares (MANTOAN; LIEVENCE, 2000).

O excesso da ingestão de ácidos graxos essenciais poliinsaturados que eleva os riscos de doenças inflamatórias e trombose, prejudicando também a sistema imunológico, devendo por conseqüências balancear a ingestão de antioxidantes dietéticos (FERNANDES, 2005).

Na Tabela de número 9 observa-se os grupos de óleos vegetais por tipo de ácido graxo.

Tabela 9: Grupos de óleos vegetais por tipo de ácido graxo.

Ácido Graxo	Óleo vegetal
Láurico	Azeite de dendê e coco
Palmítico	Óleo de palma e algodão
Oléico/ Linoléico	Amendoim, cártamo, gergelim, girassol, algodão, canola, soja
Alto Oléico	Oliva, cártamo, girassol, canola, amendoim, soja
Linolênico	Linhaça, canola, soja
Gordura vegetal	coco

Fonte: Adaptado de Gustone (2005).

Para contornar as desvantagens do grupo de óleos do ácido linolênico, no qual influencia os processos industriais e de qualidade final dos produtos refinados tanto o óleo de soja como o de canola, são submetidos à hidrogenação para reduzir

o teor de ácido linolênico (BELLAVÉR et al., 2004).

O processo de refino químico, tem como etapas principais: filtração, degomagem, neutralização alcalina, seguida de lavagem com água, secagem, branqueamento, winterização e desodorização (SINANOGLOU et al., 2014).

A remoção de ácidos graxos ocorre no processo de desodorização no qual também se compreende a alta taxa de refinamento do óleo especialmente adequado para óleos de alto teor de acidez (BACCAN et al., 1998).

## 2.9 Histórico da Canola

A Canola (*Brassica napus* L. variedade *oleifera*) é uma espécie vegetal pertencente à família das Brassicaceae desenvolvida por pesquisadores canadenses no início da década de 1970, através de programas de melhoramento genético da colza (*Brassica napus* L. ou *Brassica campestris* L.) (CANOLA COUNCIL OF CANADA, 2011).

O nome canola é derivado da sigla Canadian Oil Low Acid, as sementes foram experimentos de modificação genética. São diferentes em física, química e propriedades nutricionais em relação ao óleo de colza (PRZYBYLSKI et al., 2005).

Os grãos de canola produzidos no Brasil possuem em torno de 34 a 38% de proteína e de 40 a 50% de óleo, sendo, portanto, um excelente suplemento proteico (GUERRA; FUCHS, 2010).

Canola é por definição uma espécie vegetal no qual a extração de óleo deve conter menos de 2% de ácido erúico e cada grama de componente sólido da semente seco ao ar deve apresentar o máximo de 30 micromoles de glucosinolatos (Canola Council of Canada, 1999).

A canola tem uma ampla adaptação climática devido ao desenvolvimento genético, sua temperatura ótima é de 20°C e responde aos climas temperados frios, possuindo estado vegetativo até -4,5 °C (GUTIÉRREZ, 2020).

As necessidades de água para o ciclo completo são de 450 mm, mas em torno de 50% é essencial durante o período de floração e enchimento do grão (Ruiz et al., 2013).

### 2.9.1 Morfologia da Canola

A canola é considerada uma herbácea anual de clima frio, da família das Crucíferas do gênero *Brassica*, com raiz pivotante e vasto número de raízes secundárias fasciculadas. A floração acontece de forma ascendente, e o fruto é uma síliqua, um fruto seco a uma de vagem, que apresenta deiscência (COOPERBIO, 2008).

A planta de canola possui haste ereta, ascendente e ramificada, na espécie *Brassica napus* L. Sua altura pode alcançar alturas superiores a 1,5 m, sendo que na espécie *Brassica campestris* L. somente até 1,0 m (Figuras 1A e 1B).

Quanto aos órgãos reprodutores, são formados por quatro estames longos e dois curtos, sendo estes estéreis, e um pistilo (SANTOS, 2018).



Figura 1: Cultura do canola no florescimento. *Brassica napus* (A) e *Brassica campestris* (B)

Fonte: Abrascanola (2020); Embrapa – Soja (2008)



Figura 2: Sementes da canola em três estágios de maturação.

Fonte: TOMM (2014); Embrapa – Soja (2014)

Os derivados da extrusão da semente de canola são o óleo e a torta. A semente de canola possui de 40 - 50% de óleo, sendo um óleo com alto poder antioxidante com ácidos graxos oleico e linoleico.

A torta por sua vez pode ser utilizada como suplemento proteico na nutrição animal em porcentagem (WEICK et al., 2015; PITOL et al., 2010).

Para suplementos alimentares humanos já são padronizados por normas indicados para lactentes (0 a 12 meses) ou crianças de primeira infância (1 a 3 anos) o uso de canola em proteína isolada pelo ministério da saúde e Anvisa instrução Nº 76, de 5 de novembro de 2020.

### **2.9.2 Distribuição geográfica**

Segundo a USDA (2020) a União Europeia tem uma produção em torno de 35%, seguida pelo Canadá com uma produção de 24% de todo óleo de canola produzido no mundo e, portanto, seguindo pela República Popular da China e república da Índia, segundo a INTERNACIONAL ENERGY AGENCY (IEA, 2019).

Segundo a Associação Brasileira de Produtores de Canola (ABRASCANOLA, 2020) a área de canola tem se mantido em torno de 50 mil hectares, com cultivos concentrados nos estados do Rio grande do Sul e Paraná.

O cultivo de colza no Brasil iniciou-se na década de 70 no Estado do Rio Grande do Sul, com a instalação de lavouras de observação pela Cooperativa Regional Triticola Serrana LTDA., com aporte da Universidade de Göttingen, da Alemanha, segundo Martin e Nogueira Junior (1993).

O avanço das tecnologias na tropicalização da cultura vegetal canola teve influência no avanço para outros estados do Brasil com climas atípicos para a cultura, exemplificando o Estado de Goiás, no ano de 2004 (TOMM, 2005).

## **2.10 PROCESSOS DE EXTRAÇÃO**

O processo de extração por pressão é de datas antigas tendo como referências o óleo de oliva no antigo testamento bíblico (RAMALHO; SUAREZ, 2012).

De acordo com Custódio (2003), até meados do século XX, a extração do óleo se dava através de prensas hidráulicas, porém estas deixavam grande quantidade de resíduo de óleo no farelo. Em geral, a extração mecânica de óleos vegetais inclui dois métodos: expulsão hidráulica e helicóide pressionado.

A prensagem mecânica geralmente é utilizada para materiais com teor de óleo superior a 20% (CARR, 1997).

Ainda segundo Carr (1977) a descrição do funcionamento da prensa na qual as sementes de culturas oleaginosas tais qual a canola é então, pressionada em uma série contínua de prensas esmagadoras ou expedidores no caso as roscas helicoidais.

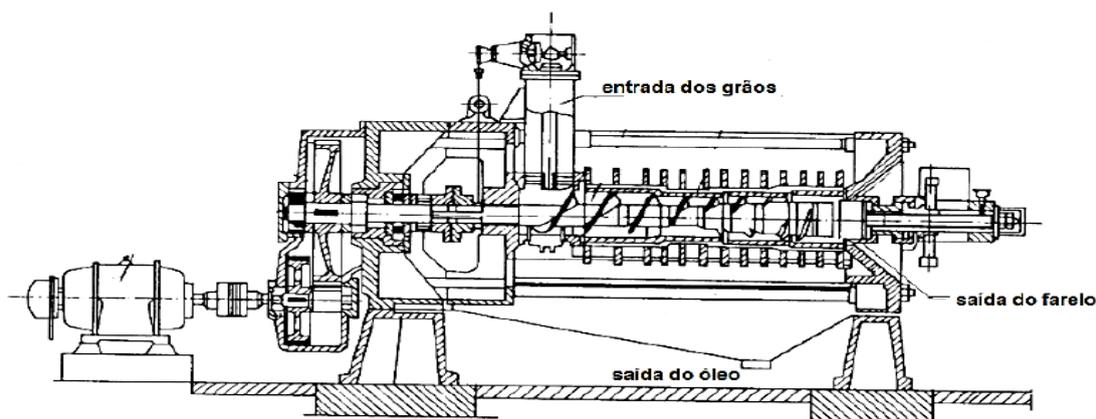
Estas unidades consistem de um eixo esmagador rotacionando em uma barra cilíndrica a qual consiste de uma barra de aço configurada com bordas na periferia e espaçada para permitir o escoamento do óleo entre a barra enquanto a torta é recuperada através de um espaço definido na máquina, por gravidade.

O eixo rotacional pressiona as sementes configurando uma torta contra um obstruidor ajustável ou não que parcialmente comprime a descarga da torta no final da estrutura metálica, removendo, portanto, o máximo de óleo possível do conteúdo de óleo na semente com a pressão exercida o que diferindo, portanto, das tecnologias envolvidas de prensa a prensa.

Há sempre uma porcentagem significativa de óleo que fica na torta e não ocorre a extração completa. Qualquer porcentagem acima de 0,6% de óleo no material prensando nas sementes é dado o nome de torta e o menor conteúdo de óleo na torta se descreve como farelo, após a extração que gira em torno de 0,5 a 0,6% (DORSA, 2000).

### **2.10.1 Extração por prensa hidráulica**

Extração por prensa hidráulica é a maneira mais simples de extração de óleo de culturas oleaginosas. É o processamento mecânico usando a força centrífuga, para pressionar as células que armazenam óleo contra a própria fibra dos grãos (Figura 3) (SOUTHWELL et al., 1990).



Figu

ra 3: Exemplo de prensa mecânica contínua

Fonte: Adaptado de Brasil (2015).

### 2.10.2 Extração por solvente

O hexano tornou-se o solvente de escolha para extração por solvente devido à elevada estabilidade, a baixa perda por evaporação, a baixa corrosividade, pouco resíduo gorduroso e melhor odor e sabor dos produtos extraídos (JOHNSON, 1997).

A extração por solvente tem vários inconvenientes, incluindo o custo de capital e equipamentos de altas despesas operacionais, o perigo permanente de incêndio e/ou explosão, bem como os solventes residuais associados ao óleo e à farinha (OWUSU-ANSAH, 1997; PETROVIC et al., 2004).

O requisito primário para a extração com solvente para óleos ocorre à ruptura do material para tornar a parede celular mais poroso (MELO, 2010).

### 2.11 Temperatura de extração e velocidade de rotação

O beneficiamento dos grãos de culturas oleaginosas nos processos industriais ou artesanais de extração, são dependentes de processos que estão ligados a temperatura (BAUDET, 2003) no qual os principais benefício do aquecimento é ampliar a capacidade do rendimento de óleo por volume de massa (WIESENBORN et al., 2002).

A interação dos fatores temperatura e rotação nas propriedades físico-químicos do óleo e torta de canola são relatados em outros estudos como de Swick

et al. (2015) no qual trata-se da digestibilidade da ração por animais de corte e o poder proteico da torta por alteração no torque do helicóide.

Jing e Chi (2013) observaram que a temperatura de extrusão e a velocidade do parafuso (RPM) usada tiveram impacto positivo no conteúdo de fibra dietética de farelo de soja.

O trabalho de Swick et al., (2015) demonstram essa relação entre temperatura e rotação na qual a torta de canola processadas sob temperatura de condicionamento média (95 °C) com torque de rosca baixo ou alto tiveram a maior digestibilidade.

## 2.12 Avaliação colorimétrica

A cor da superfície dos alimentos é um dos parâmetros importantes de qualidade, avaliada pela indústria e pelos consumidores, na qual a aceitação do produto (PATHARE et al., 2013).

Segundo Yagiz et al. (2009) a medição adequada da cor é uma importante ferramenta na investigação dos alimentos, portanto o colorímetro que incorpora um sistema de visão computacional se tornam instrumentos mais utilizados para medir a cor dos alimentos

Na medição da cor dos alimentos, o espaço da cor  $L^* a^* b^*$  é um dos mais utilizados devido à distribuição uniforme das cores, e por que é percentualmente uniforme, isto é, a distância euclidiana entre duas cores diferentes correspondem aproximadamente à diferença da cor percebida pelo olho humano (LEON et al., 2006).

Os colorímetros: Minolta; HunterLab e Dr. Lange, são utilizados para medir a cor das fontes primárias de radiação, que emitem luz, e das fontes secundárias e que refletem ou transmitem luz externa (MELENDEZ-MARTINEZ et al., 2005).

A calibração dos colorímetros se realiza usando azulejos padrão ao início da operação (OLIVEIRA, BALABAN, 2006).

A diferença de cor entre dois estímulos, podem ser quantificadas no diagrama  $L^*a^*b$  proposto por Berns (2000).

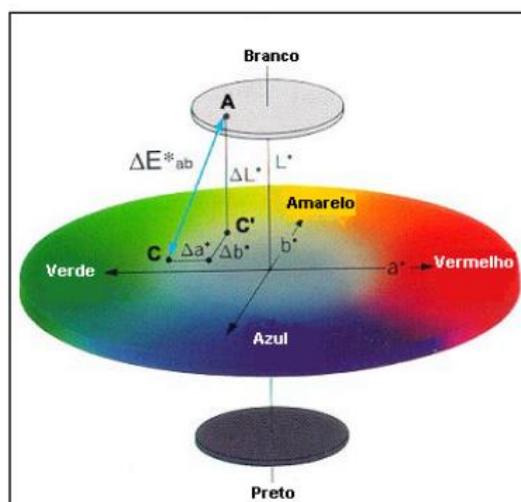


Figura 4: Diagrama de cálculo  $\Delta E$  no diagrama CIELAB  
 Fonte: Minouta (1993)

### 2.13 Parâmetros Físico-químico do óleo de canola

As análises físico-químicas são impreterivelmente um conjunto de técnicas e parâmetros para descrever, identificar e relacionar as estruturas e os efeitos correlacionando com os fenômenos organolépticos e moleculares.

As diversas metodologias que foram aprimoradas para essa avaliação e comparação pelo Instituto Adolfo Lutz, ASTM, nos quais, os procedimentos são descritos e verificados constantemente (FILHO, 2010).

As condições da amostra são avaliadas em seus diversos estados físicos, provindos de um estudo amostral adequado, observando as características comportamentais das propriedades internas da amostra no qual depende final de um óleo depende de todas as etapas envolvidas na produção do mesmo (SCARANTO, 2010).

A inspeção de uma pequena porção dos produtos leva a uma análise de sua qualidade para verificar o nível do mesmo. O controle de qualidade pode ser realizado por meio de ensaios em replicata, análises utilizando-se material de referência, comparações intralaboratoriais, repetições do ensaio (Instituto Adolfo Lutz, 2008).

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária, aprovado pelo Decreto nº 3.029, de 16 de abril de 1999, c/c o art. 111, inciso I, alínea "e" do Regimento Interno

aprovado pela Portaria nº 593, de 25 de agosto de 2000, estabelece parâmetros físico-químicos, como formas de avaliação da qualidade de óleos vegetais comestíveis (Brasil, 1999).

O Instituto Adolfo Lutz, lista no capítulo XVI – Óleos e Gorduras, os métodos para a realização de parâmetros que são considerados de qualidade no que se refere à esses parâmetros físico-químicos de última geração para a verificação da qualidade de um produto.

Para a classificação por meio das características dos óleos, parâmetros como viscosidade, densidade entre outros são de fundamental importância para classificação dos mesmos e também para a análise de qualidade (ANTONIASSI; CONCEIÇÃO; POLETTI, 2010).

As características do óleo permitem compreender o perfil filogenético e, portanto, compreender grupos moleculares orgânicos que potencializam ou neutralizam o desenvolvimento de determinadas enzimas, lipídeos, bactérias e células no organismo humano, vegetal ou de animais (BRENNECKE, 2007).

Pela resolução nº 20/77 do CNNPA (Conselho Nacional de Normas e Padrões para alimentos), a diferença dos óleos e gorduras é a mudança de estado da temperatura de 20 °C como limite, quando o ponto de fusão se situa abaixo deste limite, a substância é classificada como óleo (líquido a temperatura ambiente) quando acima, classificada como gordura.

Portanto, a forma de obtenção ou emprego dos óleos vegetais, necessita de um conhecimento específico das propriedades termofísicas, tais como densidade, viscosidade, condutividade e difusividade térmica para o desenvolvimento de tecnologias eficientes produtos que tenham maior rendimento qualidade (BROCK et al., 2008).

### **2.13.1 Turbidez**

A determinação da turbidez permite evidenciar alterações de uma amostra líquida ou semissólidas. A turbidez é a quantificação da propriedade óptica referente ao espalhamento e a absorção da luz quando esta passa através de uma amostra que tem determinados níveis de presença de sólidos em suspensão, tais como areia,

poeira, matéria orgânica e inorgânica entre outros (Instituto Adolfo Lutz, 2008).

Em 1970 que se desenvolveu um turbidímetro nefelométrico, ou nefelômetro que determina a turbidez através da luz dispersa a um ângulo de 90° do feixe incidente (SADAR, 1996; OFFICE OF WATER, 1999).

A maneira de medir turbidez numa ampla variedade de amostras, é utilizando um nefelômetro, também conhecido como medidor de turbidez. Medidores de turbidez utilizam uma luz e um fotodetector para medir a refração de luz, e realizar a leitura em unidades de turbidez (MORAIS; RANGEL, 2006).

As diversas metodologias e equipamentos para fins de medir a turbidez tem como princípio prescrever a presença de sólidos suspensos, finamente divididos e geralmente em estado coloidal, que criam resistência a passagem da luz através da amostra e por um padrão de referência (MORAIS; RANGEL, 2006).

Os colóides são apresentados por partículas que têm uma faixa de tamanho de 1nm a 0,1nm e causam cor e turbidez e, portanto, a turbidez é um parâmetro de qualidade, dentre os modelos existem uma diversificação de modelos e marcas porem a classificação dos mesmos recai em dois tipos modelo de bancada e modelos portátil (CLESCERI et al., 1995).

A turbidez pode ser determinada para qualquer amostra livre de detritos e sedimentos, usando-se uma escala arbitrária em Unidades Nefelométricas de Turbidez – UNT. O método compara a intensidade de luz espalhada pela amostra com a de uma amostra-padrão de referência, sob condições definidas (GARCÍA et al., 2007).

### **2.13.2 Índice de acidez**

As determinações feitas na análise de óleos e gorduras são geralmente as dos chamados índices, que são expressões de suas propriedades físicas ou químicas das quais a acidez é uma das formas de mensurar a qualidade e degradação de diversos tipos de lipídeos como os óleos (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

A acidez dos óleos é uma consequência da hidrólise enzimática que ocorre na semente, fruto ou no processo de extração pós-produção em condições diversas. No

processo de refino, a acidez é reduzida implicando numa medida de controle de qualidade (COSTA et al., 2006).

A deterioração de óleos vegetais acontece por diversos fatores de forma gradual ou acelerada, portanto os ciclos de mudança de temperatura, exposição a luz e o calor, se manifesta alterações químicas nas moléculas (HAMMOND et al., 2005).

A deterioração dos óleos se é perceptível pela alteração da concentração dos íons hidrogênio, assim como outras análises podem ser feitas a partir dos mesmos como os índices de iodo, saponificação, peróxidos (BARRERA-ARELLANO et al., 1998)

Segundo as normas do Instituto Adolfo Lutz os métodos que avaliam a acidez titulável resumem-se em titular, com soluções de álcali-padrão, a acidez do produto ou soluções aquosas/alcoólicas da amostra, assim como os ácidos graxos. Desta forma, o teor de acidez pode fornecer um dado importante na avaliação do estado de conservação do óleo (NAWAR et al., 2000).

O índice de acidez do óleo é um fator qualitativo a ser considerado nos óleos vegetais grãos tais como canola por influenciar no custo da industrialização. O índice de acidez é definido como o número de mg de hidróxido de potássio necessário para neutralizar um grama da amostra.

Segundo Angelucci et al. (1987) o alto teor de acidez de uma gordura ou de determinados óleos vegetais aumenta a perda da neutralização, sendo também indicador de sementes de baixas qualidades, de manuseio e armazenamento impróprios, de processo ineficiente das variáveis temperatura e rotação na extrusoras.

Óleos com elevado índice de acidez podem conferir sabor e odor desagradáveis aos alimentos, assim como apresentar características químicas comprovadamente nocivas à saúde (FILHO et al., 2013).

Costa et al. (2006) afirmam que dentre as culturas oleaginosas, o girassol possui o maior índice de acidez, com valores de até  $9 \text{ mg g}^{-1}$  de KOH, o menor índice de acidez, sendo o óleo de Babaçu, com valor de  $0,002 \text{ mg g}^{-1}$  de KOH.

A decomposição pela oxidação tem grande importância tanto do ponto de vista da aceitabilidade como da qualidade nutritiva dos produtos alimentícios, e a verificação de produtos falsificados e contaminados (SCRIMGEOUR, 2005).

No trabalho Fuentes (2011) o índice de Acidez (KOH/g) do óleo de canola perceptível em 0,11 mg g<sup>-1</sup>. No trabalho de Rios et al. (2013) para óleos prensados a frio 0,14 mg g<sup>-1</sup>.

Esses valores obtidos no início do armazenamento estão de acordo com os parâmetros estipulados pela Resolução RDC nº 270, de 22 de setembro de 2005, da AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA, 2005), que indica que o limite máximo estipulado para o índice de acidez para óleos prensados a frio e não refinados é de 4,0 mg g<sup>-1</sup> de KOH (CARDOSO, 2005)

### **2.13.3 Umidade do óleo de canola**

A determinação da umidade é um dos parâmetros importantes para a caracterização dos óleos a matéria volátil permite-se avaliar a qualidade de óleos e gorduras, sendo realizada por aquecimento direto a 105°C (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

A água se faz presente molecularmente em todos os processos da extração de óleo, tanto em forma de água livre, quanto componente molecular, podendo-se classificada em três fases como: umidade superficial e adsorvida (PINHEIRO; PORTO; MENEZES, 2005).

A umidade representada pela perda de massa quando aquecido é considerada, na qual outras substâncias também volatizam em condições de aquecimento, porém, a principal molécula é H<sub>2</sub>O.

### **2.13.4 Umidade da torta de canola**

A comercialização de grãos de canola é baseada em especificações que norteiam a transação dos commodities que são regulamentados para outras culturas oleaginosas, como o caso da soja o que influencia o preço do produto.

Tais especificações estão vinculadas ao padrão de qualidade do produto. Como exemplificação, a Canadian Oilseed Processors Association (2009) estabelece para comercialização dentro do Canadá com os seguintes padrões para exportação expresso na Tabela de número 10, como valores de referência.

Tabela 10: Porcentagens em função da umidade da torta de canola segundo Canadian Oilseed Processors Association.

<b>Proteína</b>	<b>Fibra</b>	<b>Óleo no farelo</b>	<b>Glucosinolatos por grama</b>	<b>Gordura</b>	<b>umidade</b>
<b>&gt;36%</b>	<12%	2%-12%	<30	37%	>12%

No Brasil Instrução Normativa MAPA 45/2013 estabelecer os padrões de identidade e qualidade para a produção e a comercialização de sementes de diversas culturas vegetais incluindo a canola, que abordam um conjunto de análises em laudos de vistorias.

### **2.13.5 Massa específica**

A massa específica é uma grandeza física muito utilizada que relaciona massa de uma substância pelo seu volume. O Sistema Internacional de Unidades deriva-se o padrão para massa é quilograma (kg) e para volume é o metro cúbico ( $m^3$ ).

A relação entre substância e corpo se difere em termos, que a massa específica caracteriza a substância fluída e a densidade, caracteriza o corpo, sendo ambas expressas em ( $kg\ m^{-3}$ ) ou qualquer outra unidade que expressa massa por volume (EISBERG; RESNIK, 1988).

Essa grandeza, que relaciona massa e volume, expressa matematicamente quanto de massa ocupa certo volume, ou seja, corpos com mesma massa terão densidades diferentes caso ocupem volumes diferenciados (DANKOWSKA et al., 2013).

O trabalho de Schmatz et al., (2014) verificaram o valor mínimo da massa específica do óleo de canola a  $20^{\circ}$  é de  $850\ kg\ m^{-3}$ , máximo de  $905\ kg\ m^{-3}$  e médio de  $873\ kg\ m^{-3}$ .

Os valores de massa específica são comparáveis aos da literatura. Segundo Brock et al. (2008), de  $878\ kg\ m^{-3}$ , Esteban et al., (2012) de  $914,5\ kg.m^{-3}$  para massa específica, a  $20\ ^{\circ}C$ .

O trabalho de Brock et al. (2008) trouxe uma comparação de diversos óleos refinados em suas respectivas densidades absoluta, na Tabela de número 11

demonstrando que óleos vegetais refinados não apresenta diferença considerável entre as amostras.

Tabela 11: Valores medidos de densidade dos diferentes óleos vegetais a temperatura 20°C (em kg/l).

<b>Culturas oleaginosas</b>							
	Soja	Milho	Arroz	Girassol	Algodão	Oliva	Canola
<b>P(g/cm<sup>3</sup>)</b>	0,883	0,875	0,877	0,877	0,875	0,879	0,878

Fonte: Adaptado de Brock et al. (2008).

### 2.13.6 Viscosidade

A alta viscosidade dos óleos, superior à da água, se deve às atrações intermoleculares das grandes cadeias dos ácidos graxos, que constituem os triglicerídeos.

Em geral, a viscosidade dos óleos decresce ligeiramente com o aumento do seu grau de insaturação, pois a hidrogenação provoca um pequeno aumento da viscosidade (ALVARADO, 2001).

Nos trabalhos de Machado (2003) e Brock et al., (2008) com relação ao comportamento fluidodinâmico, os óleos vegetais podem ser classificados como newtonianos. A Tabela 12 demonstram que as viscosidades de canola modificada da colza, tem comportamentos diferentes quanto a viscosidade.

Tabela 12: Viscosidade de óleos vegetais em função da temperatura.

<b>Temperatura</b>	<b>Viscosidade (cSt)</b>					
<b>°C</b>	Algodão	Amendoim	Colza	Girassol	Soja	Canola
<b>20</b>	64,9	81,0	71,8	71,0	61,5	73,1
<b>30</b>	44,0	58,7	47,6	55,0	44,6	50,5
<b>40</b>	38,5	42,0	35,0	39,5	34,0	35,6
<b>50</b>	28,8	31,3	27,5	31,0	24,6	25,2

<b>60</b>	22,5	23,0	22,3	23,5	19,0	19,1
<b>100</b>	8,4	8,2	10,4	9,0	6,0	*

Fonte: adaptado de Machado (2003); Brock et al. (2008).

## 2.14 Análises Bromatológicas da Torta de Canola

Bromatologia é a ciência que estuda os alimentos. Esta ciência tem como função analisar os alimentos de forma detalhada com metodologias estabelecidas e padronizadas compreendendo sua composição química, seu valor nutricional, seu valor energético, suas propriedades físicas e químicas (BRESSANI, 1990; SEVENHUYSEN, 1995).

Dados de composição de alimentos, utilizados para determinar a ingestão de nutrientes, devem representar alimentos consumidos na atualidade, a fim de que, seja possível relacionar a ingestão alimentar e a função metabólica. Os estudos em bromatologia divide-se em análises quantitativas e qualitativas (BRÁS, 2011).

As dietas tradicionais na alimentação de frangos de corte são constituídas principalmente por milho e farelo de soja e oleaginosas sendo a principal fonte energética (FERREIRA et al., 2014; CONAB, 2010).

Entretanto, em alguns países, o uso de outros cereais e coprodutos tem sido realizado para contribuir com o conteúdo de energia das dietas (KNUDSEN, 2014; YEGANI; KORVER, 2013).

Portanto a canola se desenvolve dentro das necessidades locais como um dos coprodutos interessante do ponto de vista nutricional e dos custos de produção. Segundo Brás (2011) as extrações de óleo dependem da umidade e temperatura, variando assim, a porcentagem de matéria seca.

Na Tabela de número 13 demonstra a composição química de canola e soja na qual há uma proximidade entre os referentes parâmetros.

Tabela 13: Composição química do farelo de canola e de soja

<b>Analises</b>	<b>Farelo de canola</b>	<b>Farelo de soja</b>
<b>Matéria seca</b>	89,29	88,75
<b>Proteína</b>	37,97	45,22
<b>Energia bruta</b>	4203	4090
<b>Lipídeos</b>	1,21	1,69
<b>Fibra</b>	11,20	5,30
<b>Cinzas</b>	5,83	5,83

Fonte: Adaptado de Rostagno et al. (2011).

### 2.14.1 Fibra bruta

Ao resíduo orgânico obtido em certas condições de extração, dá-se o nome de fibra geralmente utilizadas para qualificação de ração alimentar, também como polissacarídeos (exceto amido) e lignina que não são digeridos pelo intestino delgado humano (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

Ainda Heller et al. (1939) define fibras como as fitas ou feixes orgânicos de substâncias animais ou vegetais com elevada resistência física e insolubilidade em meio aquoso (HELLER; EOBEE, 1939).

Sendo uma das características importantes para a comparação de resultados de alimentos.

O termo fibra alimentar foi proposto por Hipsely e definido por Trowell como sendo os componentes das paredes celulares vegetais que podem ser consumidas na dieta humana que resistem à ação das secreções do trato gastrointestinal (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

Fibra bruta caracteriza o resíduo orgânico obtido em condições de extração compressão e outros processos como a de óleos vegetais, e pode ser denominada torta (JASPER et al., 2010).

A Tabela 14 traz informações relevantes quanto a porcentagens de fibra bruta segundo diferentes autores.

Tabela 14: Porcentagens de fibra bruta segundo diferentes autores

<b>Fibra bruta</b>	Embrapa (1991)	Bertol e Zanotto 1971	Bell et al. (1981)	Bell et al., (1987)	Novus (1994) (INRA)
<b>Torta de canola</b>	13,40	14,49	10,50	11,07	11,70

### 2.14.2 Proteína

Farelo de canola com 34 a 38% de proteínas pode ser utilizado na formulação de rações para bovinos, suínos, ovinos e aves (BORSOI, 2012; ROSTAGNO et al., 2011).

Wati et al. (2021) em seus estudos, determinaram o efeito da ração proveniente do óleo vegetal sobre a qualidade química da carne de pato. O efeito também foi positivo na nutrição de frangos (GOPINGER et al., 2015).

A Tabela 15 traz informações a respeito da Porcentagens de proteína segundo diferentes autores.

Tabela 15: Porcentagens de proteínas segundo diferentes autores.

<b>Proteína bruta (%)</b>	Embrapa (1991)	Bertol e Zanotto (1971)	Bell et al. (1981)	Bell et al. (1987)	Novus (1994) (INRA)
<b>Torta de canola</b>	37,22	37,42	38,10	41,08	35,20

No trabalho de Anderson-Hafermann et al. (1993) demonstraram que sob diferentes processos, os efeitos sobre a proteína podem ser otimizados, no qual, a extração por solvente tem a menor solubilidade de proteína e após apenas a prensagem pelo sistema *expeller* tem a maior solubilidade.

Um maior valor nutricional do farelo de canola através da maior digestibilidade da proteína e da energia pode ser obtido através da redução do teor de fibra. Isto é possível através da remoção da casca, considerando a alta proporção de casca (14 a 16%) com relação ao tamanho da semente, conforme Scapinello et al. (1996).

O farelo de canola é a fração sólida resultante do processo de extração de óleo e apresenta de 36 a 39% de proteína, um nível intermediário quando

comparado com o farelo de girassol, que contém 30,2%, e o de soja, que contém entre 45 a 48% (CANOLA COUNCIL OF CANADA, 2013; SLOMINSKI, 2015).

### 2.14.3 Cinzas – Resíduo mineral fixo

Resíduo por incineração ou cinzas é o nome dado ao resíduo obtido por aquecimento de um produto em temperatura próxima a 550-570°C.

Nem sempre este resíduo representa toda a substância inorgânica presente na amostra, pois alguns sais podem sofrer redução ou volatilização nesse aquecimento.

Geralmente, as cinzas são obtidas por ignição de quantidade conhecida da amostra. Algumas amostras contendo sais de metais alcalinos retêm proporções variáveis de dióxido de carbono nas condições da incineração (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

A Tabela 16 traz informações referentes a cinzas ou resíduo mineral fixo, segundo diferentes autores.

Tabela 16: Porcentagens de cinzas segundo diferentes autores

Cinzas (%)	Embrapa (1991)	Bertol e Zanutto (1997)	IMCC (1982)	Bell et al. (1988)	Novus (1994) (INRA)
<b>Torta de canola</b>	6,74	5,14	7,20	6,20	6,80

### 2.14.4 Lipídios ou extrato etéreo – Extração direta em Soxhlet

Os lipídios são compostos orgânicos altamente energéticos, contêm ácidos graxos essenciais ao organismo e atuam como transportadores das vitaminas lipossolúveis. Estes são classificados em: simples (óleos e gorduras), compostos fosfolipídios, ceras e derivados, ácidos graxos, esteróis (SANTANA et al., 2014).

Os óleos e gorduras diferem entre si apenas na sua aparência física, sendo que à temperatura ambiente, os óleos apresentam aspecto líquido e as gorduras, pastoso ou sólido (AKOH; MOUSSATA, 1998).

E diversas metodologias de determinação de lipídios em alimentos dentre as quais, a extração com solventes é a mais utilizada, pela simplicidade e

maneabilidade no processo de extração contínua, em aparelho do tipo Soxhlet, seguida da remoção por evaporação ou destilação do solvente empregado (Instituto Adolfo Lutz, 2008).

O resíduo obtido não é constituído unicamente por lipídios, mas por todos os compostos que, nas condições da determinação, possam ser extraídos pelo solvente, os conjuntos incluem, os ácidos graxos livres, ésteres de ácidos graxos, as lecitinas, as ceras, os carotenóides, e outros pigmentos, além dos esteróis, fosfatídios, vitaminas A e D, óleos essenciais (BOTHAM; MAYES, 2012).

Nos produtos em que estas concentrações se tornam maiores, a determinação terá a denominação mais adequada de extrato etéreo. Uma extração completa se torna difícil em produtos contendo alta proporção de açúcares, de proteínas e umidade (MOTTA, 2011).

Em certos casos, podem ser aplicados outros métodos na determinação dos lipídios, tais como: a extração com solvente a frio (método de Bligh-Dyer ou Folch), hidrólise ácida (método de Gerber ou Stoldt- Weibull) ou alcalina (método Rose-Gotllieb-Mojonnier) (MOTTA, 2009).

Na Tabela de número 17 alguns autores desenvolveram atividades com lipídeos.

Tabela 17: Porcentagens de lipídeos em torta de canola segundo diferentes autores.

Lipídeos	Embrapa (1991)	Bertol e Zanotto (1977)	Bell et al. (1981)	Bell et al. (1987)	Novus (1994) (INRA)
Torta de canola	2,51	0,48	3,80	3,51	1,80

### 2.14.5 Amidos/Carboidratos

Dentro dos grandes grupos das moléculas orgânicas estão os carboidratos como maiores fontes de energia, sendo também denominados como hidratos de carbono, amidos ou açúcares.

Os carboidratos fazem parte da síntese proteica, fonte energética, preservação de massa magra (proteínas), proteção contra cetônicos (PINHEIRO; PORTO; MENEZES, 2005).

Carrera et al. (2012), avaliando o perfil químico dos carboidratos em soja, girassol, amendoim e crambe encontraram os valores respectivos de 14,50; 2,78; 0,85 e 9,76 %, relatando que os menores valores da torta de crambe comparado com a soja são devido à composição química da semente que comparada às outras culturas, têm menos porcentagem de amidos.

Diante de diversas pesquisas as ações que compreendem a qualidade da torta sobre o efeito da nutrição estão diretamente relacionadas ao processo microbiológicos em constante transformação e, portanto, a análise desses parâmetros é de importância fundamental para o desenvolvimento nutricional de aves e suínos.

Mediante a Tabela número 18 observam-se as estas diferenças dos processos físicos e químicos para digestibilidade dos aminoácidos em uso animal.

Tabela 18: Efeito do processamento sobre digestibilidade dos aminoácidos sobre diversos tratamentos da semente de canola em aves secotomizados

<b>Aminoácido</b>	<b>Semente (%)</b>	<b>Após cozimento(%)</b>	<b>Após expeller(%)</b>	<b>Após extração solvente (%)</b>
<b>Treonina</b>	79	83	81	78
<b>Cistina</b>	74	77	79	72
<b>Leucina</b>	84	88	89	83
<b>Lisina</b>	82	84	85	80
<b>Arginina</b>	91	93	92	89

**Fonte:** Anderson-Hafermann et al. (1993) valores médios de aminoácidos.

Considerando que 1/3 do peso da canola é composto por carboidratos complexos, o que contribui com a menor disponibilidade da energia do farelo (Bell, 1993).

## 2.15 Granulometria da torta de canola

Diversos estudos mostram que a granulometria da ração tem influência direta na digestibilidade dos nutrientes, na motilidade e trânsito intestinal, e na secreção de enzimas digestivas (WALSER; PFIRTER, 2001; MIRANDA, 2011).

O estudo de Andrade (2014) discorreu sobre a diferenciação granulométrica, para ração para frangos de corte, mostrando as diferenças acentuadas no desenvolvimento de cada fase de crescimento de aves e suínos.

A granulometria também é um dos fatores que modificam as propriedades organolépticas pelas interações orgânicas das aves como efeito, o tamanho das partículas maiores ou menores influenciam o tempo de digestibilidades e a ativação de as enzimas digestivas se tornam mais ativas (VAN KRIMPEN, 2005; FAVERO, 2009).

Segundo Amerah et al. (2007) o desenvolvimento do trato gastrointestinal em frangos de corte, especialmente da moela, é influenciado pelo tamanho das partículas dos alimentos.

Segundo Vieira Filho (2013), apresentam receptores mecânicos no palato superior e são influenciadas pela granulometria das rações e, portanto, os estímulos do alimento nesses receptores desencadeiam o processo de motilidade e de secreções enzimáticas.

As recomendações sobre tamanho das partículas têm sido diversas na literatura científica. Isto porque fatores como: forma física da ração, complexidade da dieta, tipo de grão, dureza da semente, método de moagem, podem influenciar a utilização dos nutrientes pelos animais, pelo aumento do desempenho, e da eficiência de produção (AMERAH et al., 2007). Dentre as metodologias e ferramentas usadas para classificação granulométrica, existe a série Tayler, na qual uma sequência de peneiras de 0,053 mm sobrepostos com aberturas diferenciadas, evidencia a proporção granulométrica em cada uma das peneiras em ordem descendente da maior abertura para menor.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi realizado no ano de 2019, em Cascavel, Paraná, no laboratório do Centro de Desenvolvimento e Difusão Tecnológico em Energias Renováveis (CDTER-PR) em parceria com a Fundação para o Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Fundetec), Universidade Federal da Integração Latino-Americana (Unila) e com a Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste). A área de estudo estava localizada no município de Cascavel, na região Oeste do estado do Paraná, entre as coordenadas geográficas de 24° 57' 21" S e 53° 27' 19" W e altitude média de 781 metros.

O clima da região do município de Cascavel é classificado como Clima subtropical (Cfa), onde a temperatura média no mês mais frio é inferior a 18°C (mesotérmico) e temperatura média no mês mais quente acima de 22 °C, com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida (SIMEPAR, 2020).

#### 3.2 Caracterização da Matéria-Prima

As sementes de canola (*Brassica napus* L.) híbrido Hyola 401, utilizadas no experimento foram gentilmente cedidas pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), campus de Cascavel em parceria com o Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) de Santa Tereza do Oeste.

#### 3.3 Prensa Extrusora mecânica Automatizada

Foi utilizado uma prensa Z-1500 de fabricação da empresa Galvão Insumos, com alimentação geral em 220 Vac trifásico, com um motor de 0,5 CV para alimentação dos grãos SEW e o motor principal de 7,5 CV SEW, com rotação máxima de 1800 rpm. Com tecnologia de automação 4.0 (Figura 5).



Figura 5: Prensa extrusora automatizada (Zaamp)  
Fonte: Autor (2020).

### 3.4 Determinação dos Parâmetros de Rotação e Temperatura

#### 3.4.1 Preparação das sementes e umidade base úmida

As sementes de canola utilizadas para extração primeiramente foram submetidas a um peneiramento para a retirada do excesso de matéria seca e palha que envolvia as sementes, pois a mesma não se caracterizava para uso comercial. Logo após foi realizada a verificação da umidade base úmida a qual foi condicionada ao tipo e ao tempo de armazenamento da semente.

Foi constatado um valor de 13,22 % de umidade base úmidas com desvio padrão de 0,18 para a amostragem geral, considerando um ambiente laboratorial de 43 % de umidade relativa do ar. A partir do qual foram separadas as amostras.

#### 3.4.2 Rotação e Temperatura

Os tratamentos foram gerados a partir de um esquema com três repetições, sendo o delineamento experimental fatorial completo em quatro faixas de temperatura (110-120, 120-130, 130-140. 140-150 °C) para a extração de óleo e

torta da semente de canola (Tabela 12).

As faixas de temperatura tiveram seu valor descrito pela temperatura de início da faixa, sendo 110°C com uma faixa de 10 graus Celsius para cada fator independente, até o valor final da amostragem 150°C. Esses intervalos foram ajustados de acordo com o melhor padrão de variação da prensa de modo que pudesse controlar a variável temperatura.

A Rotação refere-se à torque do helicóide, no qual, determina a velocidade do esmagamento dos grãos e de saída da torta pela prensa extrusora, no qual determinada 5 faixas de rotações fixas (1000, 1200, 1400, 1600 e 1800 rpm).

A Tabela 19 traz informações referentes aos processos de amostras que foram submetidos por tratamentos de variação de temperatura e rotação.

Tabela 19: Caracterização da matriz de planejamento da otimização da prensa para coprodutos de canola, com 4 faixas de temperatura e 5 velocidades de rotação.

	Temperatura (°C)			
<b>Rotação (rpm)</b>	<b>110-120</b>	<b>120-130</b>	<b>130-140</b>	<b>140-150</b>
<b>1000</b>	3 Repetições	3 Repetições	3 Repetições	3 Repetições
<b>1200</b>	3 Repetições	3 Repetições	3 Repetições	3 Repetições
<b>1400</b>	3 Repetições	3 Repetições	3 Repetições	3 Repetições
<b>1600</b>	3 Repetições	3 Repetições	3 Repetições	3 Repetições
<b>1800</b>	3 Repetições	3 Repetições	3 Repetições	3 Repetições

Portanto o fatorial 4 × 5 experimental foi empregado para determinar os efeitos desses parâmetros em canola torta e óleo (60 amostras).

### 3.5 Métodos Físicos e Químicos de análises

#### 3.5.1 *Rendimento do óleo bruto (oil%)*

Após a prensagem, o óleo foi deixado em repouso por cinco dias para decantar o resíduo e, em seguida, filtrá-lo em papel. O rendimento do processo de extração foi obtido pela razão entre a massa de sementes que de 5 kg que foi extrusada no processo e a massa de óleo obtida após o processo de filtração (Equação 1), conforme recomendação do Instituto Adolfo Lutz (2008).

$$Oil\% = \frac{m_1 \cdot 100}{m_2} \quad \text{Equação (1)}$$

Onde:

- Óleo(%): rendimento da extração mecânica;
- $m_1$ : massa de óleo obtida após filtração;
- $m_2$ : massa total de sementes da alimentação do processo.

### 3.5.2 Massa Específica ( $\rho$ )

Um volume de 25 ml da amostra de óleo foi depositada no picnômetro e pesada numa balança de precisão com 4 casas decimais feito em triplicata de cada amostra. Após essa operação, foi lido o volume ocupado e determinada a relação entre massa e volume ocupado ( $\text{kg m}^{-3}$ ), conforme a Equação 2.

$$\rho = \frac{m}{v} \quad \text{Equação (2)}$$

Onde:

- $\rho$ : a massa específica em  $\text{g cm}^{-3}$ ;
- $m$ : a massa da amostra em gramas;
- $V$ : o volume em  $\text{cm}^3$ .

### 3.5.3 Índice de Acidez (IA)

O índice de acidez foi determinado pelo método que utiliza como solução titulante, o hidróxido de sódio 0,1 mol e fenolftaleína como indicador, segundo metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008), conforme Equação 3.

$$IA = \frac{v \cdot f \cdot 100}{P} \quad \text{Equação (3)}$$

### 3.5.4 Viscosidade em 40 (°C)

Um viscosímetro capilar (200) foi usado Cannon-Fenske. O viscosímetro foi acoplado a um banho termostático, permitindo a medição da viscosidade dos óleos na faixa de 40 °C, com precisão na temperatura de 0.5°C, em triplicata de cada amostra.

### 3.5.5 Turbidez (NTU)

Medição direta por Unidades Nefelométricas de Turbiditi Unit (NTU)

## 3.6 Métodos bromatológicos de análise

### 3.6.1 Fibra bruta (FB%)

Depois de homogeneizada foi pesada em balança de precisão 2,00 gramas da amostra e procedeu-se extração contínua num dispositivo Soxhlet, utilizando éter como solvente. Em seguida, foi filtrado e aquecido em estufa, seguido de pesagem e repetição das operações de aquecimento e resfriamento até peso constante, conforme a Equação 5.

$$CF\% = \frac{100 \cdot N}{P} \quad \text{Equação (5)}$$

Onde:

- N: número de gramas na fibra;
- P: número de gramas na amostra.

### 3.6.2 Extrato Etéreo (EE%)

De acordo com o Peso da massa de 5,00 g da amostra em papel de filtro e fixou-se utilizando fio de lã pré-desengordurado. O aquecimento por soxhlet foi mantido e a extração foi continuada durante 8:00 h. Foi então colocado em um extrator por aquecimento para a retirada do hexano do óleo representado pela Equação 6.

$$L\% = \frac{100 \cdot N}{P} \quad \text{Equação (6)}$$

Onde:

- N: número de gramas nos lipídios;
- P: o número de gramas na amostra.

### 3.6.3 Proteína (P%)

A matéria orgânica foi decomposta e o nitrogênio existente foi transformado em amônia. Como o teor de nitrogênio das diferentes proteínas foi de aproximadamente 16%, o fator empírico 6,25 foi introduzido para transformar o número de gramas do nitrogênio encontrado no número de gramas das proteínas, como representado pela Equação 7.

$$P\% = \frac{V \cdot 0.14 \cdot f}{P} \quad \text{Equação (7)}$$

Onde:

- V: diferença entre o mL 0,05 M ácido sulfúrico e o número de ml do 0,1 M hidróxido de sódio gasto na titulação;
- P: número de gramas na amostra;
- f: fator de conversão (6,25).

### 3.6.4 Amido/Carboidratos (A%)

Foi utilizado a verificação da porcentagem de carboidrato por diferença, na qual as somas das porcentagens das massas de Fibra, Umidade, Lipídios, Cinzas e Proteína subtraindo de 100%, conforme demonstrado pela Equação 8.

$$\text{Carboidrato}\% = P\% + F\% + U\% + L\% + C\% - 100\% \quad \text{Equação (8)}$$

Onde:

- F: porcentagem de fibras na amostra;
- U: porcentagem de Umidade na amostra;

- L: porcentagem de Lipídios na amostra;
- P: porcentagem de Proteína na amostra;
- C: porcentagem de Cinzas na amostra;

### 3.6.5 Cinza - Resíduo Mineral Fixo (CZ%)

O procedimento descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (2008) consistiu em pesar 5,00-10,00 g da amostra em uma cápsula pré-aquecida, depois secar em estufa onde as cinzas eram brancas ou levemente acinzentadas, conforme a Equação 9.

$$CZ = \frac{N \cdot 100}{P} \quad \text{Equação (9)}$$

Onde:

- N: número de gramas nas cinzas;
- P: número de gramas na amostra.

### 3.6.6 Umidade da Torta (M%)

Primeiro, a placa de pesagem e a tampa foram pesadas em balança analítica. Aproximadamente 5 gramas da amostra de sementes de canola foram colocados para análise na placa de pesagem. A placa foi fechada com a tampa e pesada em uma escala de precisão de até um miligrama. A placa e a tampa (com a tampa removida) foram colocadas em um forno com circulação e renovação de ar (modelo MA 035-MARCONI) previamente mantido a  $105 \pm 2$  °C por 3 horas. Este conjunto foi colocado em dessecador até a temperatura ambiente, conforme a Equação 10.

$$M(\%) = \frac{100 \cdot N}{P} \quad \text{Equação (10)}$$

Onde:

- M (%): Umidade;
- N: número de gramas na umidade (perda de massa em g);
- P: número de gramas na amostra.

### 3.6.7 Umidade dos grãos (%)

Medidor de umidade de grãos com MF 999 FR e Massey Ferguson em porcentagem direta.

### 3.6.8 Determinação da cor ( $\Delta E$ )

Método colorimétrico na qual a cor foi determinada por leitura direta nas amostras, em colorímetro portátil KONICA MINOUTA CR400 CR-400/410. O aparelho foi calibrado em placa cerâmica branca de acordo com padrões pré-estabelecidos pelo fabricante ( $Y=84,5$ ;  $x=0,3195$ ;  $y=0,3341$ ). As análises em cada amostra foram realizadas com triplicata, obtendo-se valores médios e desvio padrão dos parâmetros da Luminosidade ( $L^*$ ).

Seguindo a Equação 11.

$\Delta L$  = Média de  $L^*$  da triplicata

Equação (11)

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$$

Onde:

$L^*$  = Luminosidade,

$a^*$  = coordenada vermelho/verde (+ $a$  indica vermelho e  $-a$  indica verde),

$b^*$  = coordenada amarelo / azul (+ $b$  indica amarelo e  $-b$  indica azul)

### 3.6.9 Granulometria

Peneiras granulométricas Bertal com abertura de 900  $\mu\text{m}$ , 1200  $\mu\text{m}$ , e 1800  $\mu\text{m}$ .

### 3.7 Análises Estatísticas

Após a coleta dos dados das amostras de torta e óleo bruto da semente de canola foi realizada a análise de variância fator único (ANOVA) pelo *software* Excel do pacote Office 2016® versão estudante, logo após a tabulação das informações pode ser trabalhar fatores estatísticos significativos.

O *software* estatístico SISVAR 5.6 foi utilizado para fazer o teste Tukey e de regressão, e *software* estatístico chemoface, por fatorial completo se obteve a metodologia da superfície de resposta (RSM), com os resultados obtidos da análise de variância, calcularam-se os efeitos principais e a relação entre rotação e temperatura determinando quais os efeitos mais significativos para o processo em estudo e comparando-os com o valor do efeito e o erro experimental estimado utilizando o valor - p de significância com 95 % de confiabilidade.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Análise visual do óleo bruto

As amostras de óleo prensado a frio não diferiram a cor por análise visual, tornando-as pouco perceptível por diferença sensorial, no que tange a mudança das variáveis independentes: temperatura e rotação, sobre o mesmo, apresentaram a coloração escura (Figura 6).

Devido a temperatura e a rotação influenciar pouco no processo da mudança da coloração, o mesmo se deve ao fato de que, a quantidade de particulados suspensos no óleo são partículas coloidais em grande quantidade, deverá ser verificado um processo mais eficiente posterior de centrifugação e filtragem a vácuo para que as amostras tenham diferenças a partir destas variáveis independentes.

Sendo uma característica natural do próprio óleo bruto de canola ser de coloração escura.



Figura 6: Óleo de canola por prensagem a frio em diversas rotações e temperaturas.

Fonte: Autor (2019)

As técnicas de separação utilizadas, teve como processos primário a extrusão, separação óleo da torta, em seguida como demonstra na Figura 7, a separação dos sólidos sementes e resíduos dos óleos (A), seguida com filtro de diâmetro poroso  $10^{-6}$   $\mu\text{m}$  (B), e logo após deixar em repouso, ou seja, a decantação dos particulados e sólidos em suspensão (C).



Figura 7: Óleo de canola por prensagem a frio, processo de filtragem e separação.  
**Fonte:** Autor (2019)

Diferentemente de outras culturas oleaginosas, o óleo de canola não é perceptível visualmente a mudança da coloração mediante a variação da rotação, umidade e temperatura, no que difere de outras culturas.

Na Figura 8 no qual a extração com mudanças de rotação e temperatura ou umidade alteram visualmente a cor das amostras, como também demonstrado com crambe no trabalho de Bressan (2019), e com linhaça dourada com o trabalho de Lewandosky (2019).



Figura 8: Culturas oleaginosas; Linhaça, soja, cártamo, canola, amendoim e blends.

Mello et al. (2008) afirmaram que a presença de cinzas, particulados sólidos em suspensão em óleo foi devido ao tipo de extração ao qual a amostra foi submetida, ou seja, as interações nos processos de extração aos fatores temperatura e rotação.

Portanto, é necessário outro meio de análise para que se possa avaliar as cores dos óleos de maneira específica.

#### 4.1.2 Análise colorimétrica do óleo de canola bruto

Não houve diferença significativa pelo método da comparação direta e visual demonstrando que o óleo preserva sua qualidade intrínseca e que a rotação e a temperatura não têm influência decisiva nos tons de cores do óleo extraído pela prensa do modelo *expeller*, 360 dias após a extração.

As amostras de torta de canola tiveram uma tendência a terem uma tonalidade escura. Na Tabela 20 há uma referencial de  $\Delta E$  dos dados extraídos pelo colorímetro, no qual o maior valor de  $\Delta E$  corresponde 2,58 no qual, demonstra matematicamente, uma cor mais clara, ou seja, a amostra que tem a maior temperatura e a menor rotação 1000 rpm e a temperatura de 140-150 °C.

Ainda na mesma Tabela enquanto referencial de  $\Delta E$  dos dados extraídos pelo colorímetro demonstra que o menor valor de  $\Delta E$  corresponde 1,85 no qual demonstrou matematicamente, uma cor mais escura do conjunto de amostras, ou seja, a amostra que tem a menor temperatura de 110-120 °C e a menor rotação 1000 rpm.

Tabela 20: Referencial em unidades de  $\Delta E$  com seus respectivos desvios padrão dos dados extraídos pelo colorímetro Konica Minouta CR400, do óleo de canola em diferentes temperaturas e rotação após 360<sup>o</sup> dias de extração.

	110-120 °C	120-130 °C	130-140 °C	140-150°C
1000 rpm	1,85	2,28	2,25	2,58
1200 rpm	2,54	2,57	2,21	2,20
1400 rpm	2,09	2,20	2,35	2,21
1600 rpm	2,21	2,22	2,22	2,09
1800 rpm	2,20	2,20	2,20	2,19
Desvio Padrão	0,24	0,15	0,06	0,18

Observa-se que o aumento da rotação, influenciou a uma tendência de homogeneidade, mesmo com o aumento progressivo da temperatura, na faixa inicial de 110-120 °C e faixa final de 140-150 °C, observando este comportamento a partir

da mesma tabela, é perceptível pelo grau de dispersão do conjunto de dados que é inferior igual a 0,24 para todos os conjuntos.

Para o óleo recém extraído também não houve diferença significativa demonstrando que o óleo, preserva sua qualidade intrínseca e que a rotação e a temperatura não têm influência decisiva nos tons de cores do óleo extraído pela prensa do modelo *expeller*.

As amostras do óleo de canola para análise em 30º dia de extração, tiveram uma tendência a terem uma tonalidade escura. Na Tabela 21 houve um referencial de  $\Delta E$  dos dados extraídos pelo colorímetro, no qual, o maior valor de  $\Delta E$  corresponde 1,89 e demonstrou matematicamente, uma cor mais clara, ou seja, a amostra que teve a menor rotação 1000 rpm e a menor temperatura na faixa de 110-120 °C no processo de extração.

Ainda na mesma tabela enquanto referencial de  $\Delta E$  dos dados extraídos pelo colorímetro demonstrou que o menor valor de  $\Delta E$  correspondeu a 1,34, significando a cor mais escura do conjunto de amostras, ou seja, para a amostra de temperatura na faixa de 120-130 °C e rotação 1400 rpm.

Tabela 21: Referencial de médias de  $\Delta E$ , com seus respectivos desvios padrão dos dados extraídos pelo colorímetro, para o óleo de canola em diferentes temperaturas e rotação do óleo recém extraído para 30 dias.

	110-120	120-130	130-140	140-150
1000	1,89	1,44	1,52	1,53
1200	1,57	1,65	1,56	1,74
1400	1,43	1,34	1,75	1,60
1600	1,67	1,40	1,86	1,48
1800	1,54	1,51	1,50	1,47
Desvio Padrão	0,17	0,11	0,15	0,11

Observou-se que na rotação de 1200 e 1800 rpm houve uma influência significativa de homogeneidade mesmo com o aumento progressivo da temperatura inicial, na faixa de 110-120 °C e faixa final de 140-150 °C.

Também observando este comportamento a partir da mesma tabela, é perceptível pelo grau de dispersão do conjunto de dados que é inferior igual a 0,24 para todos os conjuntos.

O comportamento da cor e sua variabilidade por causa dos processos e das reações internas e moleculares do óleo recém extraído teve uma variabilidade muito grande na temperatura mais baixa levando em consideração todas as rotações como demonstra na Figura 11.

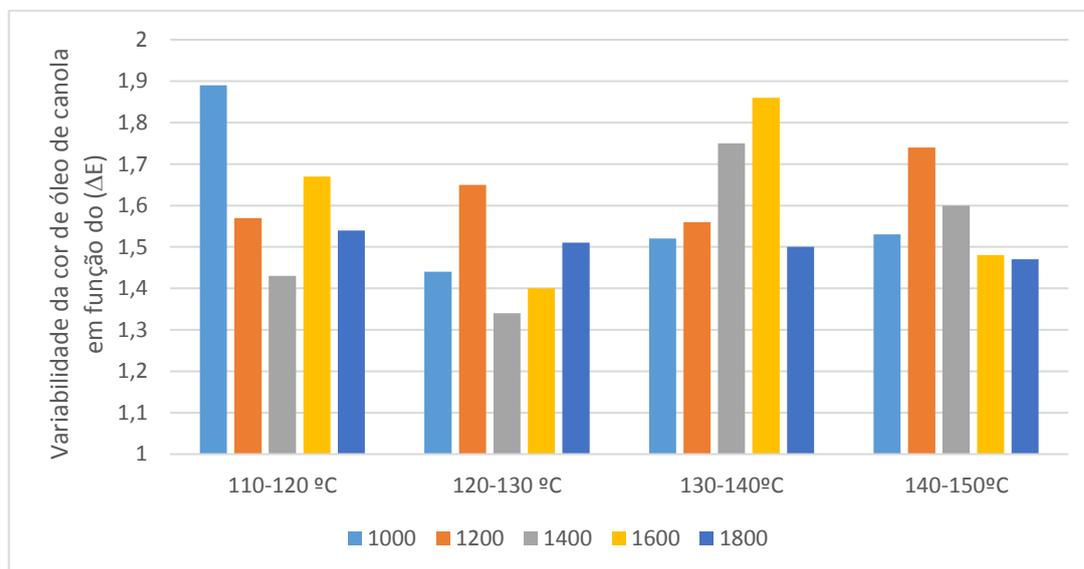


Figura 9: Variabilidade da cor em função do teste colorimétrico  $\Delta E$  em extração de óleo de canola em diferentes rotações e temperatura após 30 dias de extração.

Diante da Figura de número 9 comparado com a os dados da variabilidade de cor da Tabela de número 21 percebeu-se também a grande quantidade de material em suspensão para o óleo no 30º dia de análise, uma variação a partir da análise da cor  $\Delta E$  na qual menores rotações (1000 rpm) tiveram maior quantidade de material suspenso e nas maiores rotações (1800 rpm).

Com as informações de calorimetria foi possível perceber na Tabela de número 22 durante o período de 360 dias houve uma decantação natural dos materiais coloidais e resíduos suspensos no óleo de canola, que demonstrou que o processo de filtração necessitava de processos secundários para retirada de resíduos com partículas menores.

O óleo foi submetido a filtragem com os diâmetros de 1  $\mu$ , e, portanto, em porcentagem foi possível verificar um decaimento do material suspenso e, portanto, uma cor mais clara quando comparado a mesma amostra para o 30º dia de análise e o 360º dia de análise no processo natural de decantação.

Portanto a tabela de número 22 demonstra a porcentagem em relação a cor

da comparação entre o óleo submetido a análise no 30º dia e no 360º dia, do material suspenso como influência direta na clarificação da cor do óleo.

Tabela 22: Referencial de  $\Delta E$  dos dados extraídos pelo colorímetro Konica Minolta CR400, em porcentagem da limpidez do óleo de canola entre o período das análises de 30º e 360º dia.

	110-120 (Cº)	120-130 (Cº)	130-140 (Cº)	140-150 (Cº)
1000 (rpm)	60,16 %	63,16%	67,56%	59,30%
1200 (rpm)	61,81 %	64,20%	70,59%	79,09%
1400 (rpm)	68,42%	60,91%	74,47%	72,40%
1600 (rpm)	75,57%	63,06%	83,78%	70,81%
1800 (rpm)	70,00%	68,64%	68,18%	67,12%

Dentre as amostras de óleo de canola foi possível observar na Tabela 22 que matematicamente tiveram uma tendência a terem uma tonalidade mais clara o que explica a decantação natural do material suspenso e coloides, em referência ao tempo de extração das análises, na qual, a primeira análise foi no 30º dia e a segunda análise no 360º dia entre o ano de 2019 e 2020.

Seguindo a mesma tabela, houve uma referencial desse decaimento de material suspenso, no qual, a maior redução em porcentagem corresponde 83,78% demonstrando a decantação de material suspenso e a clarificação do óleo, no qual, corresponde a amostra de temperatura na faixa de 130-140 Cº e de rotação de 1600 rpm no processo de extração.

Na mesma tabela o menor decaimento de material suspenso, tem os valores em porcentagem corresponde a 59,30%, no qual demonstra matematicamente, uma cor mais clara, ou seja, a amostra que detinha os materiais suspensos e coloidais menos densos ou mais finos difícil de se separar dos lipídeos, mesmo o menor valor, ainda assim, tem como demonstrativo uma porcentagem de limpeza do óleo expressiva, no qual corresponde na amostra de temperatura na faixa de menor rotação 1000 rpm e maior temperatura 130-140 Cº no processo de extração.

Ainda na mesma tabela foi possível perceber uma tendência de limpeza do óleo pelo processo de decantação, numa faixa de 60 - 80 %.

### 4.1.3 Densidade e umidade do óleo de canola

Para a faixa de densidade óleo bruto de canola as mínimas densidades se encontram nas rotações de 1000 rpm e temperatura de 130-140 °C com 0,8499 kg/m<sup>3</sup> e também de 1800 rpm e temperatura de 110-120 °C com 0,8467 kg/m<sup>3</sup> analisando todo o processo, obteve-se o valor máximo na amostra de 1400 rpm e temperatura de 120-130 °C, respectivamente 0,9377 (Figura 12A).

Para a faixa de umidade óleo bruto de canola os valores mínimos se encontram nas rotações de 1000 e 1400 rpm e temperatura respectivamente de (140-150 °C) com valores de 0,030 e 0,033 % de umidade no óleo de canola Além da rotação de 1200 rpm e temperatura de 130-140 °C com umidade de 0,022 (Figura de número13) (A) para densidade e (B) para umidade.

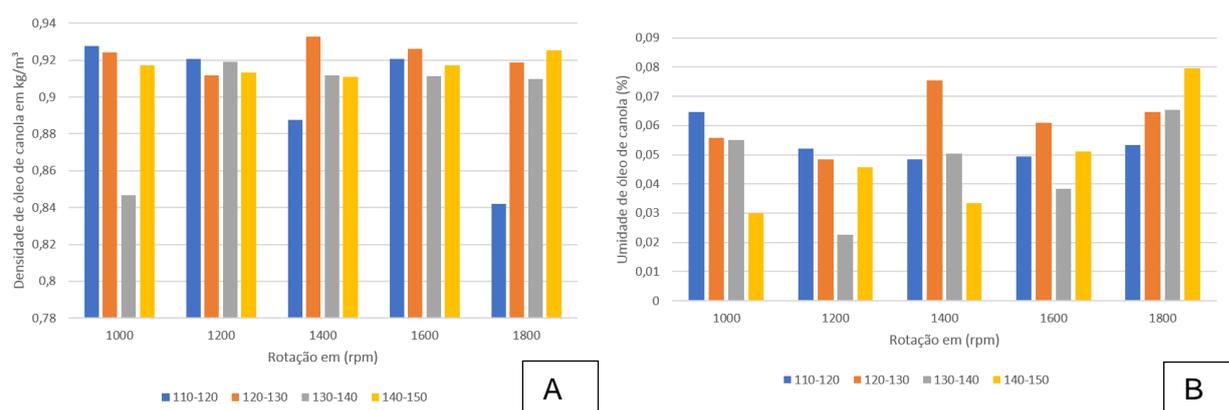


Figura 10: Análise de densidade e umidade de óleo de canola em relação a variação da temperatura.

Para ANVISA e o MAPA o óleo de canola refinado tem a densidade de 0,914 a 0,920 g/cm<sup>3</sup> e, portanto, os óleos não refinados sofrem diversas influências nas quais não há um parâmetro específico, pois depende do processo e quantidade de coloides e material particulado que está presente do processo de filtração.

### 4.2 Análise visual da torta de canola

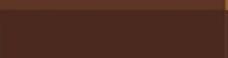
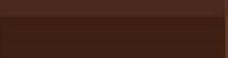
As amostras com temperaturas intermediárias de 120-130 °C e 130-140 °C tiveram tonalidades mais avermelhada, conforme o aumento da rotação onde foi perceptível uma tonalidade mais escura da paleta de cores da torta.

Através da análise colorimétrica, conforme o aumento da temperatura e a

rotação, os processos metabólicos de degradação são acelerados tais como: pigmentos, estrutura do suprimento nutricional, revestimento protetor e o tecido nutritivo.

É possível observar na Tabela 23, que a menor rotação teve uma coloração mais clara do que as diversas outras rotações levando em consideração a temperatura, devido a diversidade de interações as colorações não tiveram um padrão específico visual tendendo do escuro preto ao marro claro.

Tabela 23: Análise visual da torta de canola extraído em diferentes rotações e temperaturas.

TEMPERATURA °C	110 - 120	120 - 130	130 - 140	140 - 150
ROTAÇÃO (RPM)				
1000				
1200				
1400				
1600				
1800				

Devido interações como quantidade de óleo na torta e ineficiência do sistema em retirar uma porcentagem maior de óleo da torta foi necessário mais teste com um volume maior e constante da matéria-prima, sementes de canola.

Entre as variáveis que afetaram significativamente o sistema estava o processo de parada do sistema alimentador e entrada de ar, ou seja, o sistema deveria ser contínuo e no mesmo período de tempo, ou seja, no mesmo dia, o que pode ter originado variáveis que influenciaram a cor entre outros fatores.

E, portanto, fora necessária uma medida de classificação precisa para a análise da cor da torta de canola. Na figura de número 11 observam-se as amostras para análise onde foi possível verificar as várias tonalidades de vermelho e cinza, de acordo com a figura.



Figura 11: 20 amostras de torta de canola homogeneizadas e classificadas para análise, com a variação da temperatura e velocidade de rotação em prensa extrusora.

**Fonte:** Autor (2020)

O acondicionamento das amostras foi um fator importante para a qualidade dos produtos, no qual, as condições ambientais foram os fatores que ampliam a velocidade das mudanças bioquímicas e dos parâmetros de análise, acelerando a degradação das mesmas.

A qualidade dos grãos no armazenamento é mais influenciada pelo teor de água dos grãos que por qualquer outro fator fisiológico (VILLELA, 1998).

Na Figura 12 pode ser observado o acondicionamento e armazenamento das amostras de canola processada.



Figura 12: Demonstrativo de grãos de canolas em diversas fases de processamento e acondicionamento e torta de canola processada. Pós processamento da prensa extrusora de torta de canola nas diversas temperaturas (A); armazenamento de grãos no local da extração período e 3 anos (B); grãos de canola após retirada de resíduos de palhagem seca (C).

**Fonte:** autor (2020)

Assim, a exposição acentuada ainda em formas de grãos, a variação climática pode ter influências posteriores no produto final, pós processamento e, portanto, no armazenamento em condições inadequadas, tanto do produto quanto da matéria prima, gerando reflexos negativos na qualidade da torta.

#### 4.2.1 Análise colorimétrica da torta

As amostras de torta de canola tiveram uma tendência a terem uma tonalidade vermelho claro, através da análise colorimétrica, conforme o aumento da temperatura e a rotação, pois, acelera os processos metabólicos de degradação dos pigmentos, estrutura do suprimento nutricional, revestimento protetor e o tecido nutritivo.

Os valores de  $\Delta E$  (diferença de cor) foram calculados levando em consideração a semente *in-natura*, conforme a tabela de número 24.

Tabela 24: Diferença de cor para torta de canola em termos de  $\Delta E$  e desvio padrão para extração em diferentes temperaturas e velocidades de rotação.

	110-120 °C	120-130 °C	130-140 °C	140-150°C
<b>1000 rpm</b>	12,44	16,37	18,39	13,39
<b>1200 rpm</b>	12,09	15,38	15,69	16,77
<b>1400 rpm</b>	15,31	17,40	14,92	15,06
<b>1600 rpm</b>	16,06	12,98	16,07	12,39
<b>1800 rpm</b>	16,00	17,54	17,98	15,13
<b>Desvio Padrão</b>	1,95	1,86	1,50	1,69

A torta de Canola os valores de  $\Delta E$ , permearam a faixa de 12-18, conforme a Tabela 24 o que leva a uma tendência da torta à coloração avermelhada, sendo que a coloração não tem ainda uma especificação de exigência do consumidor, porém ao consumidor lhes são apresentadas rações para animais de pequeno e grande porte, com variações de cores marrom, laranja e avelhada.

O desvio padrão apresentado para as faixas de temperatura não tiveram uma dispersão grande e, portanto, o agrupamento dos valores em termos de  $\Delta E$  não há uma grande variação dos mesmos.

Quanto maior a progressão da temperatura e a rotação maior a divergência e a discrepância entre as cores levando em conta o modelo matemático do colorímetro Konica Minolta CR400 em função do  $\Delta E$ , e, portanto, analisando apenas em termos da progressão da temperatura ou rotação, verificou-se uma tendência de uma cor mais escura para uma mais clara.

Na Tabela 23 houve um referencial do  $\Delta E$ , no qual, o maior valor correspondeu a 17,98 no qual, demonstra matematicamente, uma cor mais clara, para o vermelho, ou seja, correspondente na amostra de temperatura na faixa de 130-140 C° e de rotação de 1800 rpm no processo de extração.

Continuando na mesma tabela, há uma referencial do  $\Delta E$ , no qual, o menor valor corresponde 12,09, no qual demonstra matematicamente, uma cor mais escura, para o preto, ou seja, correspondente na amostra de temperatura na faixa de 110-120 C° e de rotação de 1200 rpm no processo de extração.

Observou-se que o aumento da rotação influencia a uma tendência de homogeneidade mesmo com o aumento progressivo da temperatura inicial, na faixa de 110-120 °C e faixa final de 140-150 °C, observando este comportamento a partir da Figura 18. Para o índice de comparação verificou-se como amostra padrão as sementes in natura padrão conforme a Figura 13.

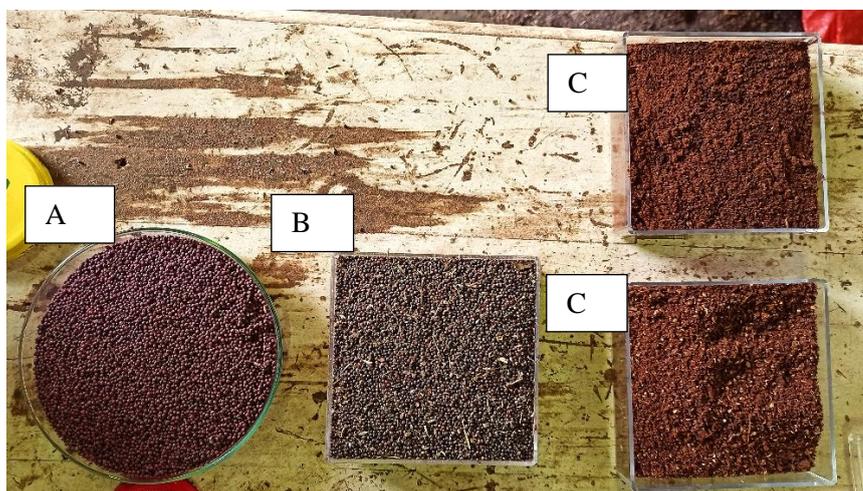


Figura 13: Semente a granel de canola sem resíduos da colheita, com resíduos da colheita e torta de canola. Semente de canola limpa sem resíduos da colheita (A). Semente de canola com resíduos da colheita (B). Torta com diferentes graus de granulometria devido a variáveis de temperatura e rotação (C).

O Boxplot da Figura de número 14 demonstra o comportamento colorimétrico levando em consideração a média da diferença de cor  $\Delta E$ .

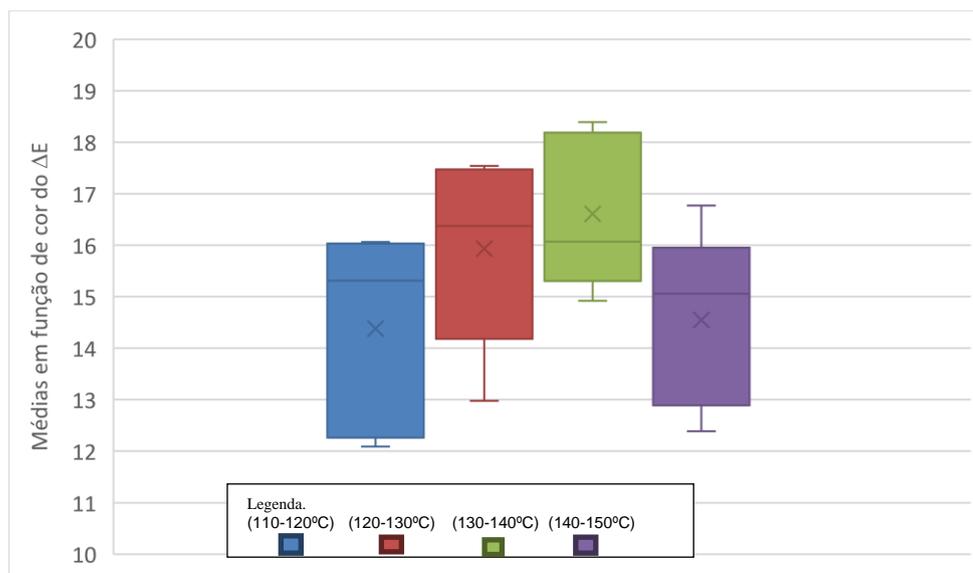


Figura 14: Boxplot das médias em função de  $\Delta E$  (diferença de cor) da variação da temperatura e rotação

Portanto o comportamento colorimétrico levando em consideração a média da diferença de cor  $\Delta E$  demonstra a maior variabilidade dos valores pelas amostras nas 4 faixas de temperaturas por 5 faixas de rotações, portanto, é possível verificar um comportamento variável da cor em função das variáveis independentes: Temperatura e rotação.

Ainda na presente figura é possível perceber a ausência de *outliers*, para todos os *boxes*, ou seja, eventos extremos fora do quadro da distribuição, também é possível observar no qual o valor mediano esteve entre a faixa de 15 - 16,3 para todos os boxes; observou-se que a mediana estava deslocada em ambas as representações amostrais, a qual, altíssima variabilidade que representou as tonalidades de cores do conjunto.

O box número 3 representado pela temperatura 130-140°C *box* verde representam as cores mais claras em termos de diferença de cor ( $\Delta E$ ), é possível perceber conjunto médio de valor 16,30 ( $\Delta E$ ) na qual 75 % dos dados de ( $\Delta E$ ) na faixa de 16,07 – 18,18 ( $\Delta E$ ) se encontram no 3º quartil, o que se refere a cores mais claras do conjunto e dados estáveis do mesmo.

O box número 1 *box* Azul representado pela temperatura 110-120°C representam as cores mais escuras em termos de diferença de cor ( $\Delta E$ ), é possível perceber conjunto médio de valor 14,33 ( $\Delta E$ ) na qual uma ampla faixa de valores se encontram sobre 25 % dos dados de ( $\Delta E$ ) na faixa de 12,26 – 15,31 se encontram

no 2º quartil, o que se refere a cores mais escuras do conjunto.

O box número 2 de cor vermelho, que representa a faixa de temperatura 120-130 °C 50% dos dados tem uma alta faixa de valores em termos de ( $\Delta E$ ) e representam o primeiro e segundo quartil 50% dos dados de ( $\Delta E$ ) na faixa de 14,18-16,37 como as cores mais escuras do conjunto amostral, é possível perceber conjunto médio de valor 16,37( $\Delta E$ ).

A Tabela de número 25 de análise estatística e análise de informações secundárias extraídas do boxplot para análise da cor.

Tabela 25: Análise de informações secundárias do boxplot de cor em termos de ( $\Delta E$ ) da torta de canola.

Boxplot	Variância	Variabilidade Interquartil	Amplitude	Desvio padrão	Coef. de variação
Box 1, Azul 110-120°C	4,14	3,76	3,97	2,03	14,20%
Box 2, Laranja 120-130°C	3,50	3,29	4,57	1,87	11,73%
Box 3 cinza 130-140°C	4,08	2,88	5,04	2,02	12,39%
Box 4, Amarelo 140-150°C	2,88	3,06	4,38	1,70	11,67%

O gráfico de barras da Figura 15 demonstra o comportamento colorimétrica da torta de canola levando em consideração a média da diferença de cor  $\Delta E$ , na qual a maior variabilidade em 1000 e 1600 rotações e, portanto, a Figura 19 do gráfico de barras é possível verificar um comportamento variável da cor em função das variáveis independentes: Temperatura e rotação.

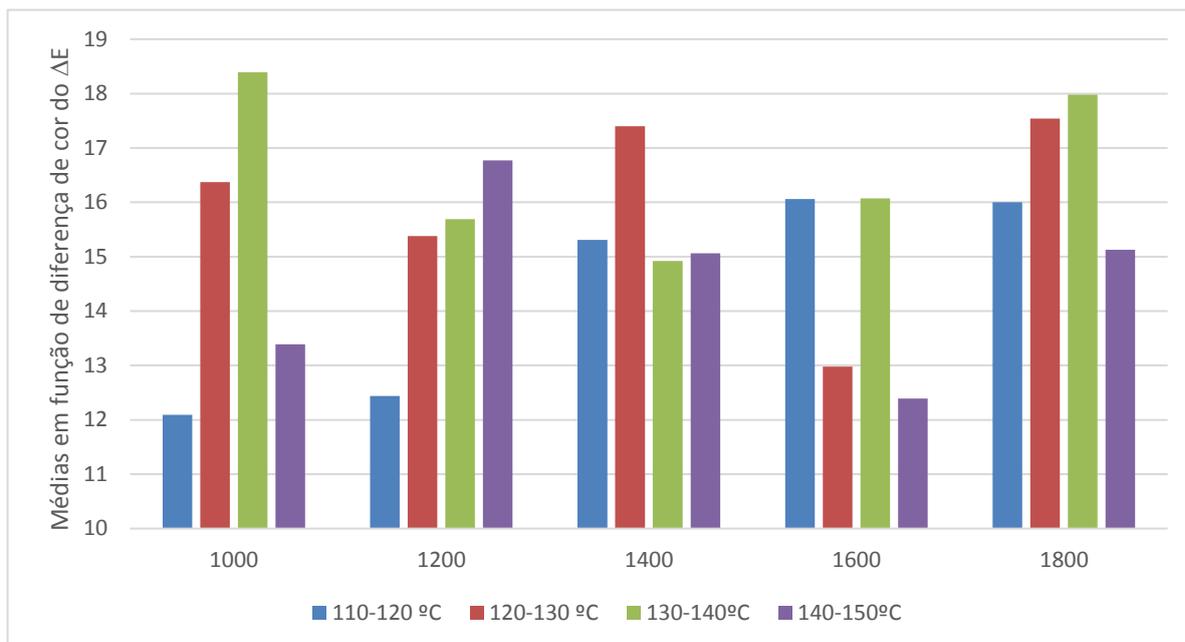


Figura 15: Comportamento variável cor do  $\Delta E$  em função das temperaturas e rotação para torta de canola.

### 4.3 Análises Bromatológicas da torta de canola

#### 4.3.1 Umidade da torta (U%)

O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) é um parâmetro estatístico que relaciona a variância dos pontos experimentais em relação ao modelo proposto com a variância da própria amostra de pontos experimentais. Levando em consideração a porcentagem de umidade nos grãos de 11% pelo medidor de Umidade Massey Ferguson.

Como o valor F calculado foi menor que o F tabelado pode-se dizer que a análise não apresentou um modelo de regressão significativo, com seus respectivos graus de liberdade (Tabela de número 26).

O Coeficiente de variação 17,30%, com média geral de 5,68 para 60 observações, portanto esteve abaixo de 20% o que tornou os dados estáveis com confiabilidade.

Tabela 26: Análise de variância da umidade na torta de canola em função da temperatura e rotação

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>GL</i>	<i>QM</i>	<i>F</i>	<i>Valor-P</i>	<i>F crítico</i>
<b>Temperatura (°C)</b>	64,85	3	21,616	12,50	0,000	22,362
<b>Rotação (rpm)</b>	10,56	4	2,641	6,222	0,042	2,733
<b>Rotação * Temperatura</b>	74,90	12	6,241	13,167	0,0000	6,457
<b>Erro</b>	38,66	40	0,966			
<b>Total</b>	188,98	59				

Foi observado um Valor-P significativo, ou seja, a variação das faixas de temperatura em relação a umidade da torta de canola foi significativa, está umidade correspondida pela porcentagem de umidade natural da torta sem a presença de umidade externa adicionada, compreendida por uma porcentagem de 13% de umidade antes da extrusão, portanto apresenta um valor – P menor que 0,05, assim as amostras não diferiram nesse tratamento.

Portanto o valor de corte para rejeitar a hipótese nula foi encontrado pois os valores de referência -P esteve baixo de 0,05 no qual significa que, quando não há nenhuma diferença, um valor tão extremo para a estatística de teste é esperado em menos de 5% das vezes, demonstrando a estabilidade e confiança dos dados encontrados.

E, portanto, quando maior a temperatura menor foi a umidade da torta os valores de umidade da torta de canola apresentam valores mínimo de 2,69 % para a rotação de 1600 e temperatura de 130-140 °C, e máximo de 9,35 %, para a rotação de 1400 e temperatura de 110-120 °C e portanto, todas as amostras estiveram dentro da faixa de segurança para qualidade de torta e ração animal de 11 % diante da umidade também se refere a quantidade de óleo não extraído pela prensagem mecânica e portanto tem influência direta nesse parâmetro.

Quanto menor umidade na torta significa também uma maior extração de óleo da torta e conseqüentemente um maior contato com o aquecimento e um tempo dentro do “canhão” com o helicóide, ou seja, baixa rotação, conseqüentemente afeta a qualidade final do produto e a cor final da torta de canola, dados estatísticos e médias na Tabela de número 26.

Pela análise de regressão múltipla dos dados experimentais de umidade relativa em torta obtiveram-se os modelos polinomiais de quarta ordem descritas e

representada na (Figura16).

Não houve necessidade de expansão do modelo, ou adição de pontos axiais, já que a análise se manteve com o coeficiente  $R^2$  com valor correspondente a um, ou seja, 100 % do modelo de umidade foi explicado pelas equações polinomiais apresentadas.

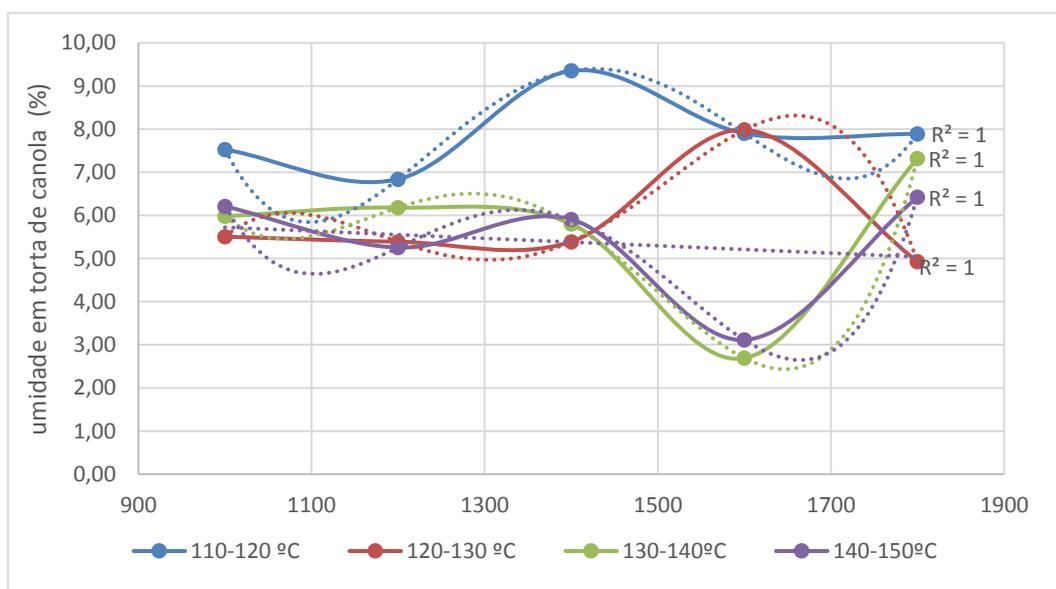


Figura 16: Gráfico de Dispersão de umidade da torta de canola em relação a variação da temperatura e rotação.

O desvio padrão geral de 1,60 denota uma baixa dispersão dos dados e uma alta confiabilidade dos valores e testes estatísticos, no qual os resultados individuais estão na faixa de 0,86 para a faixa de temperatura 110-120C°, 0,73 para a faixa de temperatura 120-130C°; 0,24 para a faixa de temperatura 130-140C° e 2,91 para a faixa de temperatura 140-150C°.

A umidade para a Canadian Oilseed Processors Association (2009) é comercializada de 2-12% de umidade na torta e, portanto, todos os valores encontrados na pesquisa estavam abaixo dessa faixa de umidade.

Mediante o fatorial completo a superfície de resposta e ponto para otimização da umidade na torta de canola pela Figura 17, na qual se representa o modelo 3D e 2D representando visualmente os pontos máximos e mínimos da umidade em relação a temperatura e rotação. É possível observar que as menores temperaturas e rotações temos a menor porcentagem de umidade enquanto que, a maior rotação e maior temperatura se torna inversamente proporcional.

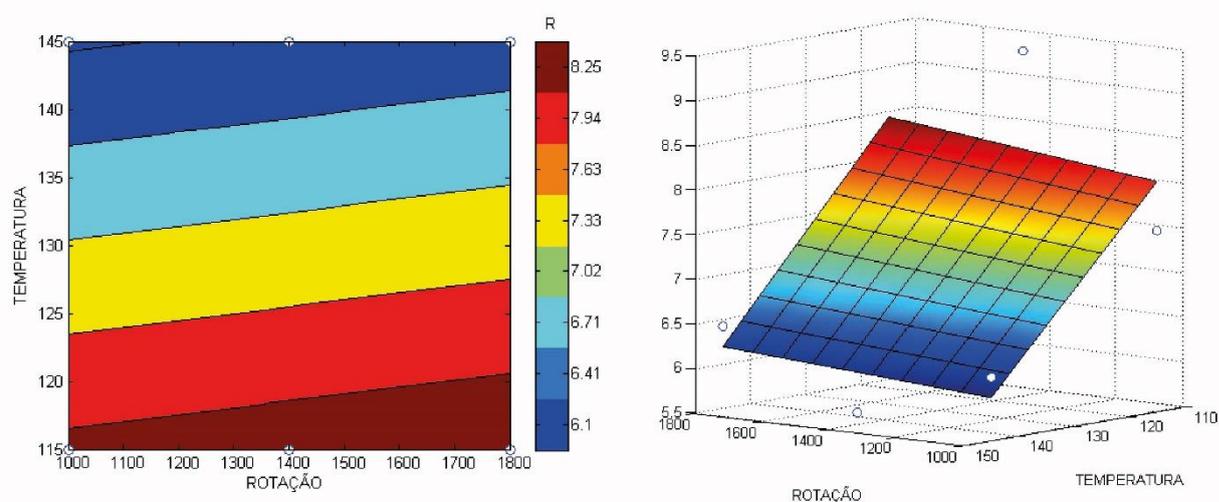


Figura 17: Gráfico de Superfície de umidade da torta de canola em relação a variação da temperatura e rotação.

Apesar da não validação paramétrica é perceptível a tendência do mesmo a seguirem tais parâmetros de superfície, pois há uma necessidade de uma quantidade maior de dados para a comprovação estatística mesmo com a comprovação direta.

Para a Tabela de número 27 o demonstrativo de umidade máximo e mínimo para cada rotação e temperatura.

Tabela 27: Valores médios da umidade na torta de canola em função da temperatura e rotação na extração de óleo de canola (%) desvio padrão nos grãos de canola extraídos em diferentes temperaturas e rotações

Temperatura (°C)	110-120	120-130	130-140	140-150
Rotação (rpm)	(% de umidade de torta de canola)			
<b>1000</b>	7,53 (0,478)	5,51 (0,305)	5,98 (0,537)	6,21 (0,503)
<b>1200</b>	6,84 (0,729)	5,39 (0,674)	6,18 (0,536)	5,25 (0,565)
<b>1400</b>	9,35 (0,176)	5,39 (0,581)	5,80 (1,381)	5,91 (0,850)
<b>1600</b>	7,90	7,98	2,68	3,11

	(1,094)	(1,230)	(0,528)	(0,358)
<b>1800</b>	7,89	4,93	7,32	6,42
	(1,485)	(1,929)	(0,467)	(2,142)

\*Valores entre parênteses representam os valores de desvio padrão de umidade

Portanto está claro que há um aumento da temperatura há uma diminuição da umidade.

Na Figura 18 do Gráfico de Barras letra (A) e gráfico de radar letra (B) é possível perceber a diferença das médias de umidade em relação a temperatura e rotação para torta de canola

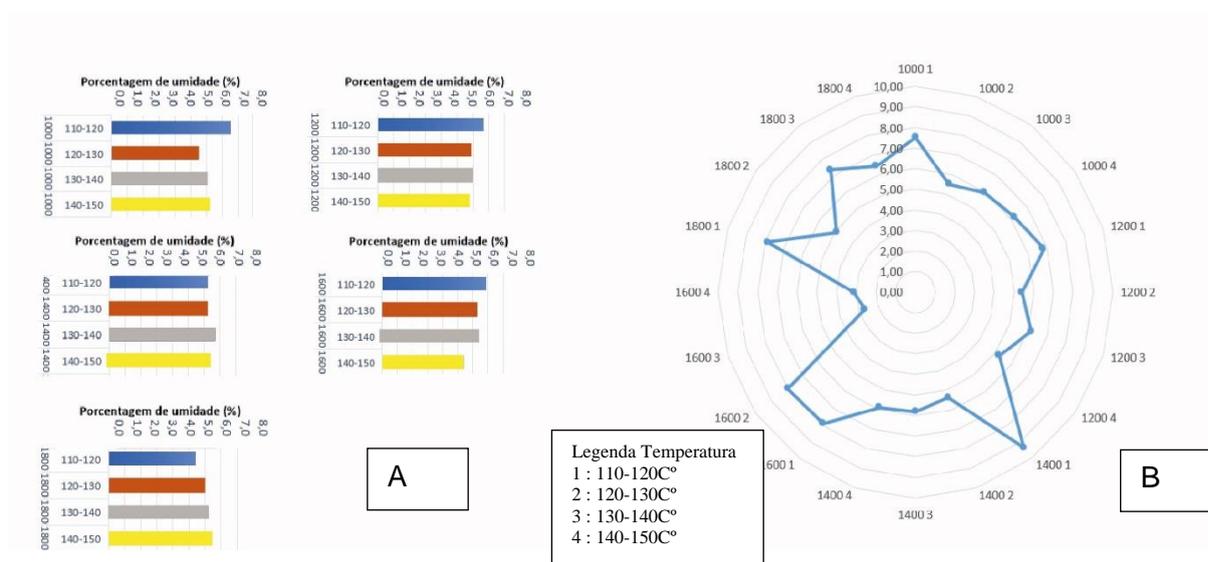


Figura 18: Médias de umidade em relação a temperatura e rotação para torta de canola gráfico de barras letra (A) gráfico de radar letra (B).

Percebe-se que as rotações de 1600 e 1400 rpm tiveram as mais altas porcentagens de umidade quando estiveram sobre baixas temperaturas.

#### 4.3.2 Carboidrato/Amido (%)

O Coeficiente de variação 18,18%, com média geral de 20,50 para 60 observações, portanto estava abaixo de 20% o que torna os dados estáveis com confiabilidade.

Tabela 28: Análise de variância da porcentagem de carboidrato para a extração de torta de canola.

<b>Fonte da variação</b>	<b>SQ</b>	<b>GL</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>	<b>Valor-P</b>	<b>F crítico</b>
<b>Temperatura (°C)</b>	380,46	4	126,82	3,10	0,0001	9,135
<b>Rotação (rpm)</b>	486,66	3	121,66	2,94	0,000	8,764
<b>Rotação * Temperatura</b>	186,53	12	15,54	1,167	0,3720	0,3720
<b>Erro</b>	555,33	40	13,88			
	1609,0					
<b>Total</b>	0	59				

Foi observado um Valor – P significativo, ou seja, a variação das faixas de temperatura em relação ao carboidrato na torta de canola é significativa, este carboidrato correspondido pela porcentagem acessível depois que feito a extrusão da torta, portanto apresenta um valor – P menor que 0,05, assim as amostras não diferem nesse tratamento, demonstrando a estabilidade e confiança dos dados encontrados.

Foi observado um Valor – P significativo, ou seja, a variação das faixas de temperatura e rotação em relação ao carboidrato da torta de canola é significativa, portanto, apresenta um valor – P menor que 0,05, assim as amostras não diferem nesse tratamento.

Portanto o valor de corte para rejeitar a hipótese nula é encontrado pois os valores de referência -P está baixo de 0,05 no qual significa que, quando não há nenhuma diferença, um valor tão extremo para a estatística de teste é esperado em menos de 5% das vezes, demonstrando a estabilidade e confiança dos dados encontrados.

E, portanto, os valores em porcentagem de carboidrato da torta de canola apresentam valores mínimo de 16,26% para a rotação de 1600 e na faixa de temperatura de 140-150 °C e máximo de 28,58 %, para a rotação de 1000 rpm, e na faixa de temperatura de 120-130 °C e, portanto, todas as amostras estão abaixo da faixa de torta de canola conhecidos pois, celulose é o carboidrato dominante (32%) (Embrapa, 1998); seguindo a Tabela 29.

É comum observar carboidratos em grãos de canola podem alterar dependendo da variedade de sementes, das condições climáticas e agrônômicas e da forma de processamento (BARTHET; DAUN, 2011; NEWKIRK, 2011).

Tabela 29: Valores médios de carboidrato de torta de canola em porcentagem com desvio padrão com fatores de diferenciação para temperaturas e rotações.

<b>Temperatura (°C)</b>	<b>110-120</b>	<b>120-130</b>	<b>130-140</b>	<b>140-150</b>
<b>Rotação (rpm)</b>	<b>(% de Carboidrato)</b>			
<b>1000</b>	28,56 (2,62)	28,58 (7,50)	27,87 (2,39)	19,91 (0,38)
<b>1200</b>	19,81 (4,29)	21,70 (5,89)	15,15 (0,81)	14,06 (0,86)
<b>1400</b>	25,29 (1,98)	25,29 (2,40)	22,08 (1,94)	19,38 (2,91)
<b>1600</b>	16,54 (4,18)	24,57 (2,46)	22,88 (9,18)	16,26 (4,61)
<b>1800</b>	19,61 (0,70)	20,80 (3,77)	20,30 (2,79)	19,95 (2,45)

\*Valores entre parênteses representam os valores de desvio padrão de carboidrato

Como o valor F calculado foi menor que o F tabelado, pode-se dizer que a análise não apresentou um modelo de regressão significativo, com seus respectivos graus de liberdade (Tabela 29).

Pela análise de regressão múltipla dos dados experimentais de carboidrato em torta de canola obtiveram-se os modelos polinomiais de terceira (110- 130 °C) e quarta ordem (130-140 °C), (Figura 18).

Não houve necessidade de expansão do modelo, ou adição de pontos axiais, já que a análise se manteve com o coeficiente  $R^2$  com valor correspondente a eficiência explicativa do modelo.

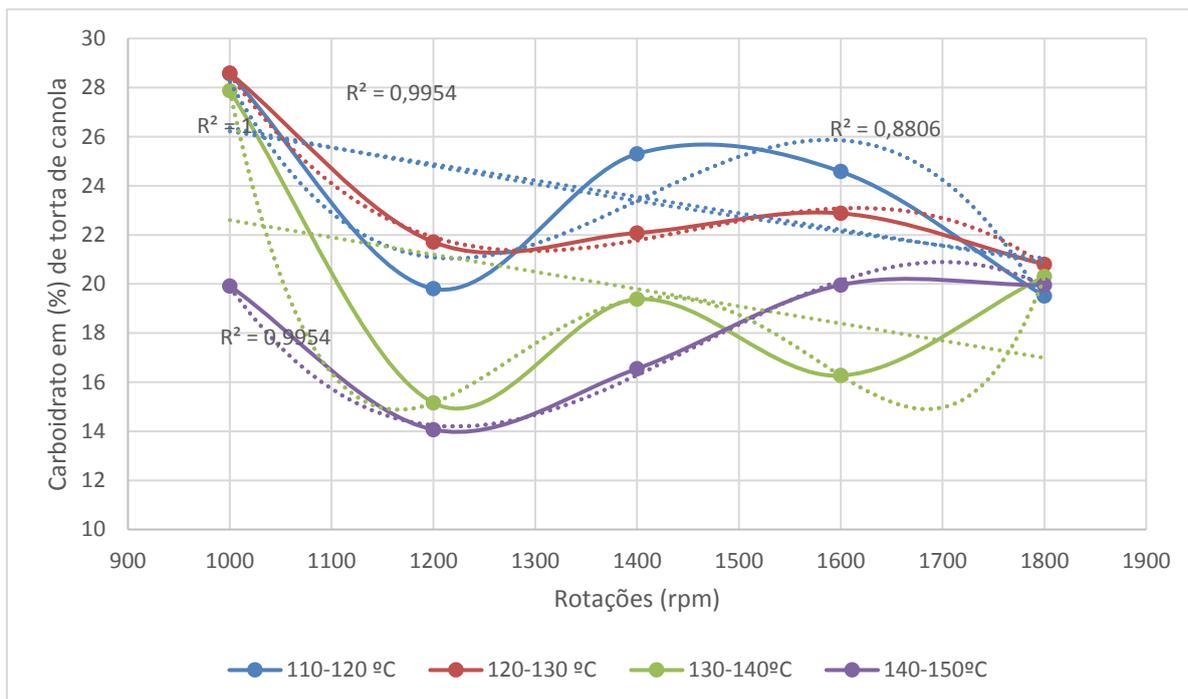


Figura 18: Gráfico de Dispersão de carboidrato da torta de canola em relação a variação da temperatura e rotação.

O Boxplot Figura 19 demonstra o comportamento do carboidrato levando em consideração a porcentagem da mesma, na torta de canola, na qual, representa as amostras nas 4 faixas de temperaturas por 5 faixas de rotações, portanto, foi possível verificar um comportamento variável carboidrato em função das variáveis independentes: Temperatura e rotação.

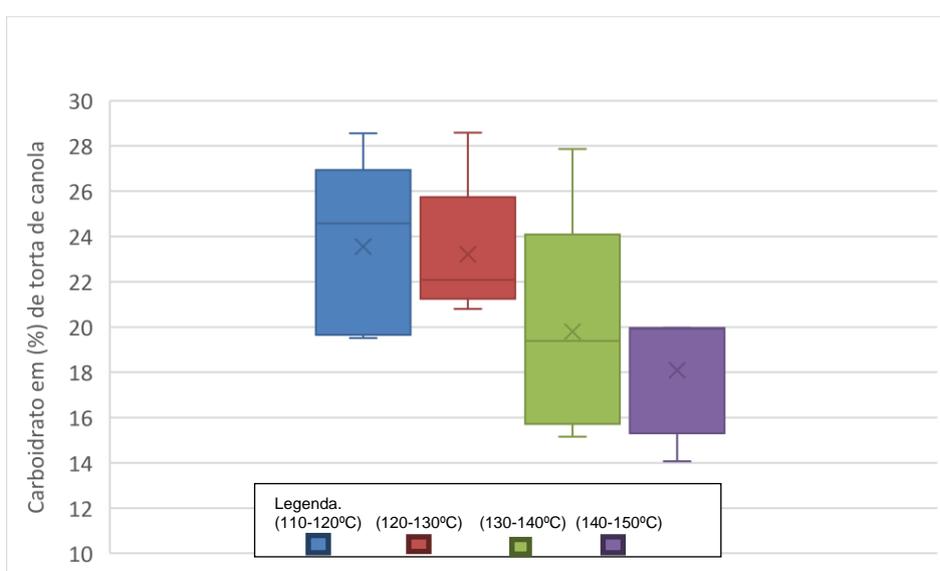


Figura 19: Análise de dados de carboidrato da torta de canola em relação a variação da temperatura e rotação a partir de Boxplot.

Na mesma figura foi possível perceber a ausência de *outliers*, para todos os *boxes*, ou seja, eventos extremos fora do quadro da distribuição, também foi possível observar o valor mediano entre a faixa de 15,31 e 24,58 para todos os *boxes*; observou-se que a mediana estava deslocada em ambas as representações amostrais, a qual, altíssima variabilidade que representa as tonalidades de cores do conjunto.

O *box* número 1 representa também altos valores em porcentagem de carboidrato, foi possível perceber conjunto médio de valor 24,58 % na qual 75 % das porcentagens de carboidrato estavam acima desse valor na faixa de 24,58 – 28,56 % se encontram no 3º e 4º quartil, o que se refere ao conjunto e dados estáveis do mesmo.

O *box* número 2 representam também altos valores em porcentagem de carboidrato, é possível perceber conjunto médio de valor 22,08 % na qual 75 % das porcentagens de carboidrato está acima desse valor na faixa de 22,08 – 28,59 % se encontram no 3º e 4º quartil, o que se refere ao conjunto e dados estáveis do mesmo.

O *box* número 3 representam também altos valores em porcentagem de carboidrato, é possível perceber conjunto médio de valor 19,36 % na qual uma ampla faixa de valores se encontra sobre das porcentagens de carboidrato está acima desse valor na faixa de 19,36 – 27,87 % se encontram no 3º e 4º quartil, o que se refere ao conjunto e dados estáveis do mesmo.

O *box* número 4 representam baixos valores em porcentagem de carboidrato, é possível perceber conjunto médio de valor 19,92 % na qual uma ampla faixa de valores 50% se encontra sobre das porcentagens de carboidrato está abaixo desse valor demonstrando alta variabilidade na faixa de 14,07 – 19,92 % se encontram no 1º e 2º quartil, o que se refere ao conjunto e dados estáveis do mesmo.

A Tabela de número 30, de análise estatística e análise de informações secundárias extraídas do *boxplot* de carboidrato em torta de canola.

Tabela 30: Análise estatística e análise de informações secundárias extraídas do boxplot de carboidrato em torta de canola.

Boxplot	Variância	Variabilidade Interquartil	Amplitude	Desvio padrão	Coef. de variação
Box 1, Azul 110-120°C	14,88	7,26	9,05	3,86	16,38%
Box 2, Laranja 120-130°C	6,60	4,48	7,79	3,10	13,35%
Box 3 Cinza 130-140°C	24,89	8,37	12,71	4,99	25,20%
Box 4, Roxo 140-150°C	7,21	4,61	5,89	2,69	14,84%

O gráfico de barras da Figura de número 21, demonstra o comportamento de carboidrato levando em consideração as médias das amostras, na qual a porcentagem de carboidrato é maior rotação de 1000 (rpm) e as menores temperaturas.

A menor porcentagem de carboidrato se encontra na rotação de 1200 (rpm) e, portanto, a Figura do gráfico 20 é possível verificar um comportamento dos parâmetros em função das variáveis independentes: Temperatura e Rotação.

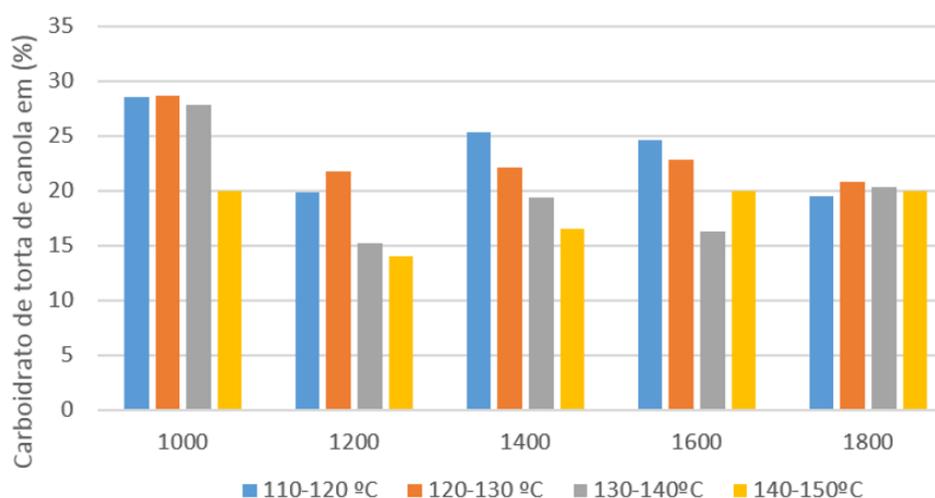


Figura 20: Comportamento variável do carboidrato em função das variáveis temperaturas e rotação para torta de canola.

A Figura de número 21, demonstra o comportamento de carboidrato em porcentagem no em superfícies em gráfico 2D e 3D na qual demonstra que o gráfico tem uma tendência inversamente proporcional no qual ao aumento da temperatura e rotação diminuem expressivamente a de forma qualitativa a porcentagem de carboidrato na torta de canola.

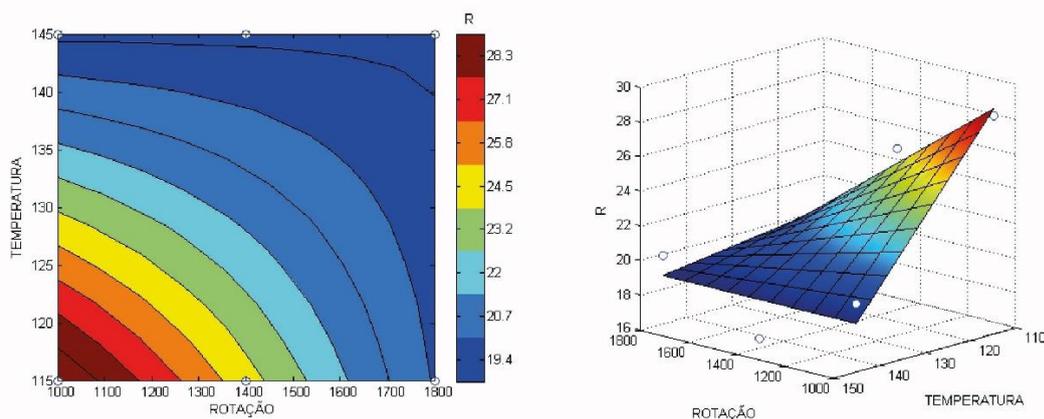


Figura 21: Comportamento variável em 3D e 2D do carboidrato em função das variáveis temperaturas e rotação para torta de canola.

#### 4.3.3 Proteína (%)

O Coeficiente de variação 5,12%, com média geral de 32,50 para 60 observações e, portanto, os valores em porcentagem de proteína da torta de canola apresentam valores mínimo de 29,04% para a rotação de 1600 e na faixa de temperatura de 110-120 °C e máximo de 37,08 %, para a rotação de 1000 rpm, e na faixa de temperatura de 110-120 °C seguindo a Tabela de número 31.

Tabela 31: Valores médios de porcentagem de proteína de canola e desvio padrão em diferentes temperaturas e rotações.

Temperatura (°C)	110-120	120-130	130-140	140-150
<b>Rotação (rpm)</b>	<b>(% de proteína de canola)</b>			
<b>1000</b>	37,08	34,48	34,43	31,86
	(0,38)	(3,47)	(0,86)	(0,59)

<b>1200</b>	36,69	31,45	34,15	30,49
	(0,37)	(1,69)	(1,45)	(0,33)
<b>1400</b>	35,19	30,52	34,44	32,77
	(0,61)	(1,23)	(0,58)	(0,95)
<b>1600</b>	29,04	34,86	32,99	31,59
	(0,54)	(1,19)	(1,55)	(1,71)
<b>1800</b>	32,95	32,17	30,87	32,72
	(2,40)	(2,85)	(0,79)	(3,15)

\*Valores entre parênteses representam os valores de desvio padrão de proteína da torta de canola.

Apenas a temperatura de 110 -120°C tem certa tendência da rotação, e, portanto tem efeitos de interação o que dificulta a análise univariada.

Grandes partes das amostras estavam na faixa de proteína para torta e canola, 34 a 38% de proteína (BAIER; ROMAN, 1992), conforme figura 22, porém é comum observar proteína em grãos de canola podem alterar dependendo da variedade de sementes, das condições climáticas e agrônômicas e da forma de processamento (NEWKIRK, 2011).

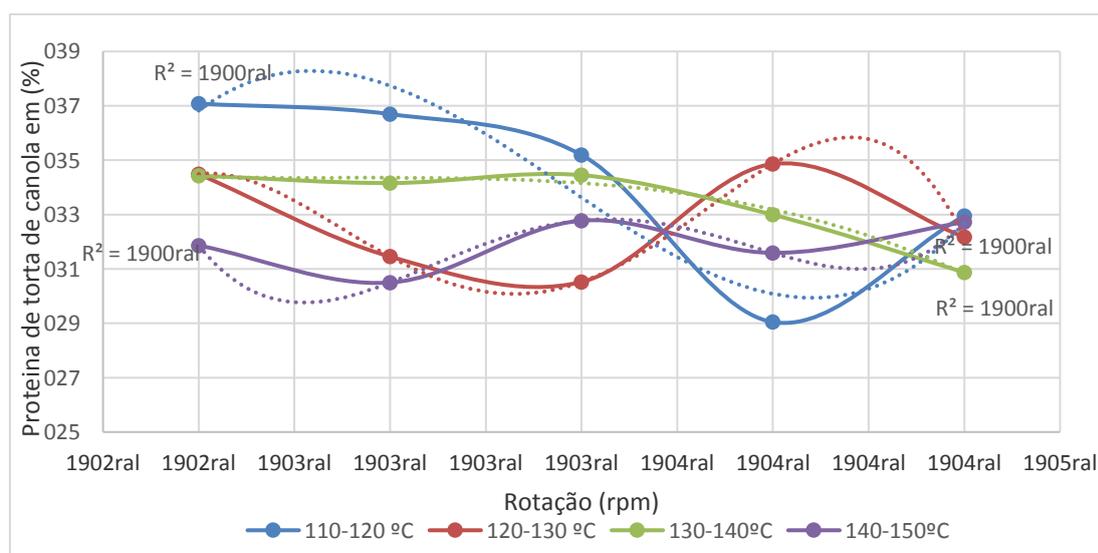


Figura 22: Gráfico de Dispersão de proteína da torta de canola em relação a variação da temperatura e rotação.

Pela análise de regressão múltipla dos dados experimentais de proteína em

torta obtiveram-se os modelos polinomiais de quarta ordem (120- 130°C) e modelo polinomial cúbico (110- 120°C) e (130- 150°C).

Não houve necessidade de expansão do modelo, ou adição de pontos axiais, já que a análise se manteve com o coeficiente  $R^2$  com valor correspondente máximo.

Na tabela número 32, diversas informações estatísticas vêm a confiabilizar os dados usados.

Tabela 32: Análise de informações secundárias do boxplot de proteína em torta de canola

<b>Boxplot</b>	<b>Variância</b>	<b>Variabilidade Interquartil</b>	<b>Amplitude</b>	<b>Desvio padrão</b>	<b>Coef. de variação</b>
<b>110-120°C</b>	10,91	5,89	8,04	3,30	9,66%
<b>120-130°C</b>	3,61	3,87	4,34	1,90	5,81%
<b>130-140°C</b>	2,33	2,51	3,58	1,53	4,57%
<b>140-150°C</b>	0,88	1,71	2,28	0,94	2,94%

As diferenças estatísticas são relevantes no contexto da validação dos processos e melhoramento do desempenho da máquina prensa de extrusão, portanto a variância demonstra que os dados são confiáveis dentro deste intervalo, representado com fidedignidade a média de um desempenho geral.

A proteína de qualidade vem a ser um importante marco nutricional para o desenvolvimento de animais e, portanto, as rações de alto desempenho, é um mercado que se renova a partir da pesquisa de ponta com financiamento do setor público e privado além dos grandes investimentos internacionais, mobilizando instituições de ensino pesquisa e desenvolvimento.

A Figura de número 23 demonstra o comportamento de proteína em porcentagem no em superfícies em gráfico 2D e 3D na qual demonstra que o gráfico tem uma tendência inversamente proporcional no qual ao aumento da temperatura e rotação diminuem expressivamente a de forma qualitativa a porcentagem de proteína na torta de canola.

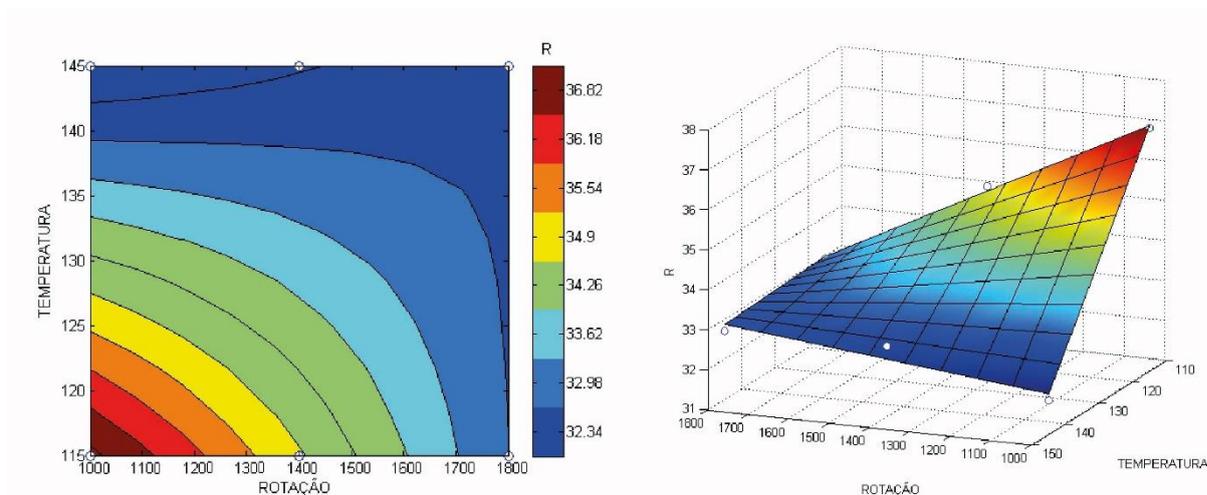


Figura 23: Comportamento variável em 2D e 3D de proteína em função das variáveis temperaturas e rotação para torta de canola.

O gráfico de barras da Figura 24 demonstra o comportamento de proteína levando em consideração as médias das amostras, na qual a porcentagem de proteína é maior para rotação de 1000 (rpm) e as menores temperaturas observa-se no gráfico um comportamento dos parâmetros em função das variáveis independentes: Temperatura e rotação que tem um comportamento similar em diferentes rotações.

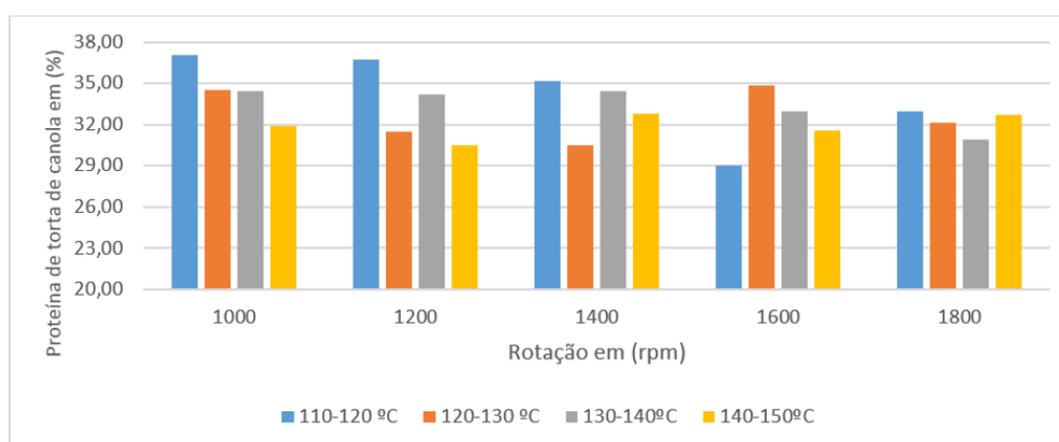


Figura 24: Comportamento variável proteína em função das variáveis temperaturas e rotação para torta de canola em gráfico de barras

## 4.3.4 Resíduo Mineral Fixo de Torta de Canola (%)

Tabela 33: Análise de variância de resíduo mineral fixo para torta de canola.

<b>Fonte da variação</b>	<b>SQ</b>	<b>GL</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>	<b>Valor-P</b>	<b>F crítico</b>
<b>Temperatura (°C)</b>	20,60	4	6,86	2,94	0,000	16,48
<b>Rotação (rpm)</b>	14,16	3	3,54	3,10	0,000	8,50
<b>Rotação * Temperatura</b>	16,90	12	1,408	3,16	0,0018	3,38
<b>Erro</b>	16,66	40	0,416			
<b>Total</b>	363,00	59				

Como o valor F calculado foi menor que o F tabelado pode-se dizer que a análise não apresenta um modelo de regressão significativo, com seus respectivos graus de liberdade.

O Coeficiente de variação 13,36%, com média geral de 4,83 para 60 observações.

Foi observado um Valor – P significativo, ou seja, a variação das faixas de temperatura em relação a cinzas da torta de canola é significativa, portanto, apresenta um valor – P menor que 0,05, assim as amostras não diferem nesse tratamento, demonstrando a estabilidade e confiança dos dados encontrados.

Foi observado um Valor – P significativo, ou seja, a variação das faixas de temperatura e rotação em relação resíduo mineral fixo da torta de canola é significativa, portanto, apresenta um valor – P menor que 0,05, assim as amostras não diferem nesse tratamento.

Portanto o valor de corte para rejeitar a hipótese nula é encontrado pois os valores de referência -P está baixo de 0,05 no qual significa que, quando não há nenhuma diferença, um valor tão extremo para a estatística de teste é esperado em menos de 5% das vezes, demonstrando a estabilidade e confiança dos dados encontrados.

E, portanto, os valores em porcentagem de resíduo mineral fixo da torta de canola apresentam valores mínimo de 3,48% para a rotação de 1000 rpm e na faixa de temperatura de 140-150 °C e máximo de 7,32 %, para a rotação de 1800 rpm, e na faixa de temperatura de 130-140 °C (Figura 34).

Tabela 34: Valores médios de porcentagem de cinzas de torta de canola e desvio padrão em diferentes temperaturas e rotações

<b>Temperatura (°C)</b>	<b>110-120</b>	<b>120-130</b>	<b>130-140</b>	<b>140-150</b>
<b>Rotação (rpm)</b>	<b>(% de cinzas)</b>			
<b>1000</b>	4,70 (0,25)	5,30 (0,25)	5,09 (0,45)	3,48 (1,21)
<b>1200</b>	6,06 (0,52)	5,73 (0,33)	6,06 (0,69)	4,73 (0,09)
<b>1400</b>	5,80 (0,15)	5,07 (0,14)	5,11 (0,13)	4,74 (0,20)
<b>1600</b>	4,26 (0,63)	6,54 (1,07)	6,01 (0,57)	5,10 (0,22)
<b>1800</b>	5,16 (1,15)	5,78 (0,93)	7,32 (0,77)	5,56 (0,32)

\*Valores entre parênteses representam os valores de desvio padrão de resíduo mineral fixo em torta de canola.

Pela análise de regressão múltipla dos dados experimentais de resíduo mineral fixo de torta de canola obtiveram-se os modelos polinomiais de quarta ordem (Figura 25).

Não houve necessidade de expansão do modelo, ou adição de pontos axiais, já que a análise se manteve com o coeficiente  $R^2$  com valor correspondente a um, ou seja, 100% do modelo de resíduo mineral fixo é explicado pelas equações polinomiais apresentadas.

A quantidade de resíduo mineral fixo, encontrada na torta a partir da variação de temperatura e rotação também correspondeu a faixa de valores encontradas nos trabalhos de Bertol e Zanotto (1997) (5,14%), Bell et al. (1988) (6,20%) e Novus (1994) (6,80%).

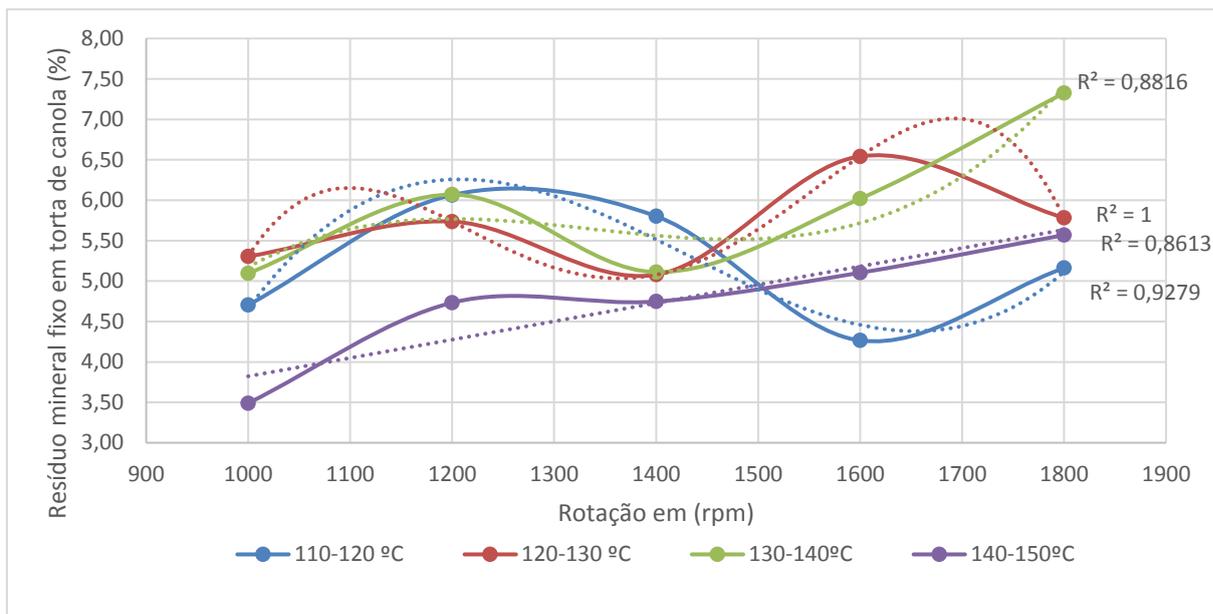


Figura 25: Análise de dados de resíduo mineral fixo em torta de canola em relação a variação da temperatura e rotação a partir de Boxplot.

O Boxplot Figura 26 demonstra o comportamento de resíduo mineral fixo levando em consideração a porcentagem da mesma, na torta de canola, na qual, representa as amostras nas 4 faixas de temperaturas por 5 faixas de rotações, portanto, na figura é possível verificar um comportamento variável resíduo mineral fixo em função das variáveis independentes: Temperatura e Rotação.

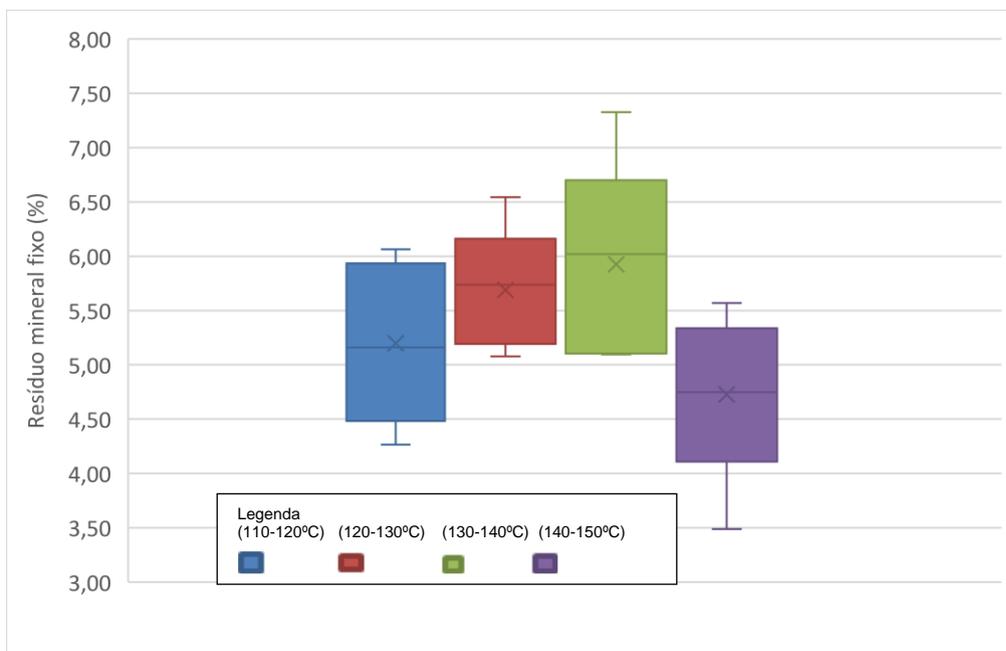


Figura 26: Análise de resíduo mineral fixo em torta de canola em relação a variação da temperatura e rotação a partir de Boxplot.

Na mesma figura foi possível perceber a ausência de *outliers*, para todos os *boxes*, ou seja, eventos extremos fora do quadro da distribuição, também é possível observar no qual o valor mediano está entre a faixa de 6,02 e 4,75 % para todos os *boxes*; observa-se que a mediana está deslocada em ambas as representações amostrais, a qual, altíssima variabilidade que representa.

O *box* número 1 representado pela temperatura 110-120°C representam também altos valores em porcentagem de resíduo mineral fixo, é possível perceber conjunto médio de valor 5,20 % na qual 50 % das porcentagens de resíduo mineral fixo está entre 2º e 3º quartil na faixa de 4,48 – 5,93 % se encontram alta variabilidade do conjunto amostral.

O *box* número 2 representado pela temperatura 120-130°C representam também altos valores em porcentagem de carboidrato, é possível perceber conjunto médio de valor 5,74 % na qual 50% das porcentagens de resíduo mineral fixo está entre 2º e 3º quartil dentro da faixa de 5,19 – 6,16 % se encontram alta variabilidade do conjunto amostral.

O *box* número 3 representado pela temperatura 130-140°C representam também altos valores em porcentagem de resíduo mineral fixo, é possível perceber conjunto médio de valor 6,02% na qual uma ampla faixa de valores na qual 75% das porcentagens de resíduo mineral fixo altamente variáveis está entre 2º e 4º quartil dentro da faixa de 5,10 – 7,33% se encontram alta variabilidade do conjunto amostral.

O *box* número 4 que representa a faixa de temperatura 140-150 representam baixos valores em porcentagem de resíduo mineral fixo, é possível perceber conjunto médio de valor 4,75 % a 50% dos valores está abaixo desse valor uma ampla faixa de variabilidade entre 3,49 – 5,34 % o que corresponde 75% dos valores entre 1º e 3º quartil.

Mediante a tabela número 35 revela informações de análise estatística e análise de informações secundárias extraídas do *boxplot* é possível perceber informações relevantes, mediante o qual a variância e o desvio padrão se tornaram elementos favoráveis as análises

Tabela 35: Análise de informações secundárias do boxplot de resíduo mineral fixo em torta de canola.

Boxplot	Variância	Variabilidade Interquartil	Amplitude	Desvio padrão	Coef. de variação
Box 110-120°C	0,56	1,58	1,80	0,75	14,36%
Box 120-130°C	0,31	0,97	1,46	0,56	9,86%
Box 130-140°C	0,83	1,6	2,23	0,91	15,42%
Box 140-150°C	0,60	1,23	2,08	0,77	16,32%

A Figura 27 demonstra o comportamento de resíduo mineral fixo em porcentagem no em superfícies em gráfico 2D e 3D na qual demonstra que o gráfico tem uma tendência inversamente proporcional a rotação e diretamente proporcional a temperatura no qual ao aumento da temperatura diminuem expressivamente a porcentagem de resíduo mineral fixo enquanto o aumento da rotação aumenta a quantidade expressivamente de resíduo mineral fixo na torta de canola.

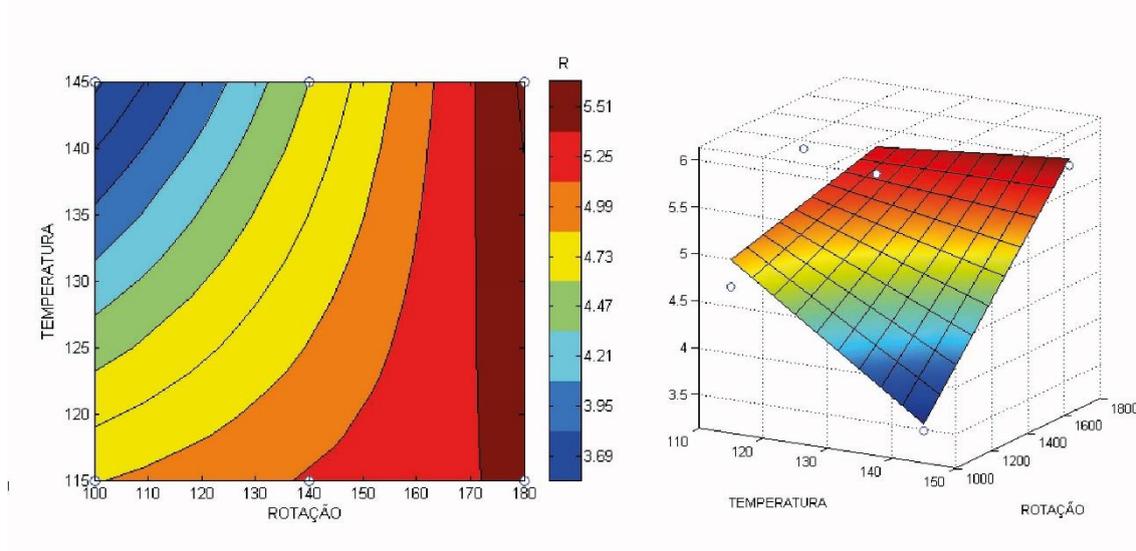


Figura 27: Comportamento variável resíduo mineral fixo em 2D e 3D do resíduo mineral fixo em função das variáveis temperaturas e rotação para torta de canola.

O gráfico de barras da Figura 28 demonstra o comportamento de resíduos mineral fixo levando em consideração as médias das amostras, na qual a maior porcentagem se encontra na rotação de 1800 (rpm) e as menores são se encontra na rotação de 1000 (rpm) e, portanto, a figura do gráfico é possível verificar um comportamento dos parâmetros em função das variáveis independentes: Temperatura e rotação. É possível verificar nenhum valor acima de 8%.

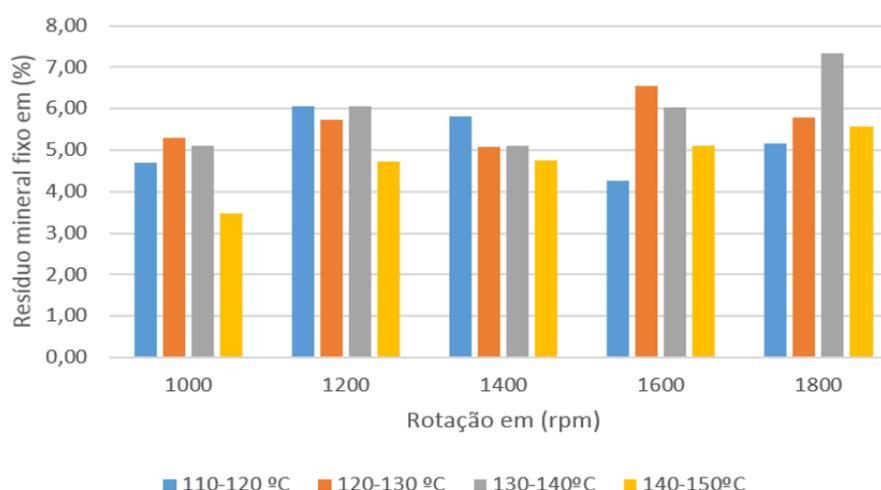


Figura 28: Comportamento de resíduo mineral fixo em função das variáveis temperaturas e rotação para torta de canola.

#### 4.4.5 Extrato Etéreo (%)

O Coeficiente de variação 15,70%, com média geral de 24,86 para 60 observações

Tabela 36: Análise de variância de extrato etéreo para torta de canola.

<b>Fonte da variação</b>	<b>SQ</b>	<b>GL</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>	<b>Valor-P</b>	<b>F crítico</b>
<b>Temperatura (°C)</b>	387,60	4	129,20	8,56	0,0002	8,481
<b>Rotação (rpm)</b>	450,76	3	112,69	15,43	0,0001	7,398
<b>Rotação * Temperatura</b>	843,23	12	70,26	5,03	0,0001	4,613
<b>Erro</b>	16,66	40	15,23			
<b>Total</b>	609,33	59				

Como o valor F calculado foi maior que o F tabelado pode-se dizer que a análise apresenta um modelo de regressão significativo, com seus respectivos graus de liberdade.

Foi observado um Valor – P significativo, ou seja, a variação das faixas de temperatura em relação a cinza da torta de canola é significativa, portanto, apresenta um valor – P menor que 0,05, assim as amostras não diferem nesse tratamento, demonstrando a estabilidade e confiança dos dados encontrados.

Foi observado um Valor – P significativo, ou seja, a variação das faixas de temperatura e rotação em relação extrato etéreo da torta de canola é significativa, portanto, apresenta um valor – P menor que 0,05, assim as amostras não diferem nesse tratamento.

Portanto o valor de corte para rejeitar a hipótese nula é encontrado pois os valores de referência -P está baixo de 0,05 no qual significa que, quando não há nenhuma diferença, um valor tão extremo para a estatística de teste é esperado em menos de 5% das vezes, demonstrando a estabilidade e confiança dos dados

Os dados encontrados ver tabela 38, os valores em porcentagem de extrato etéreo na torta de canola apresentam valores mínimo de 14,83% para a rotação de 1400 rpm e na faixa de temperatura de 110-120 °C e máximo de 33,76 %, para a rotação de 1000 rpm, e na faixa de temperatura de 140-150 °C (Tabela 37).

Tabela 37: Valores médios de porcentagem de extrato etéreo de torta de canola e desvio padrão em diferentes temperaturas e rotações

<b>Temperatura (°C)</b>	<b>110-120</b>	<b>120-130</b>	<b>130-140</b>	<b>140-150</b>
<b>Rotação (rpm)</b>	<b>(% de Extrato Etéreo)</b>			
<b>1000</b>	20,66 (1,61)	29,45 (9,08)	21,86 (3,59)	33,76 (1,08)
<b>1200</b>	18,65 (2,80)	26,89 (3,48)	30,94 (2,28)	32,52 (5,61)
<b>1400</b>	14,83 (1,90)	24,46 (2,51)	21,94 (1,68)	21,61 (0,69)
<b>1600</b>	31,82 (3,88)	20,18 (4,11)	32,64 (5,55)	28,89 (3,83)

<b>1800</b>	20,30	27,04	25,73	23,69
	(0,51)	(2,03)	(7,22)	(2,90)

\*Valores entre parênteses representam os valores de desvio padrão de extrato étereo na torta de canola.

Pela análise de regressão múltipla dos dados experimentais de resíduo mineral fixo em torta obtiveram-se os modelos polinomiais de terceira (120-130°C) quarta ordem todas as outras faixas de temperatura (Figura 29).

Não houve necessidade de expansão do modelo, ou adição de pontos axiais, já que a análise se manteve com o coeficiente  $R^2$  com valor correspondente a um, ou seja, 100% do modelo de extrato étereo é explicado pelas equações polinomiais apresentadas.

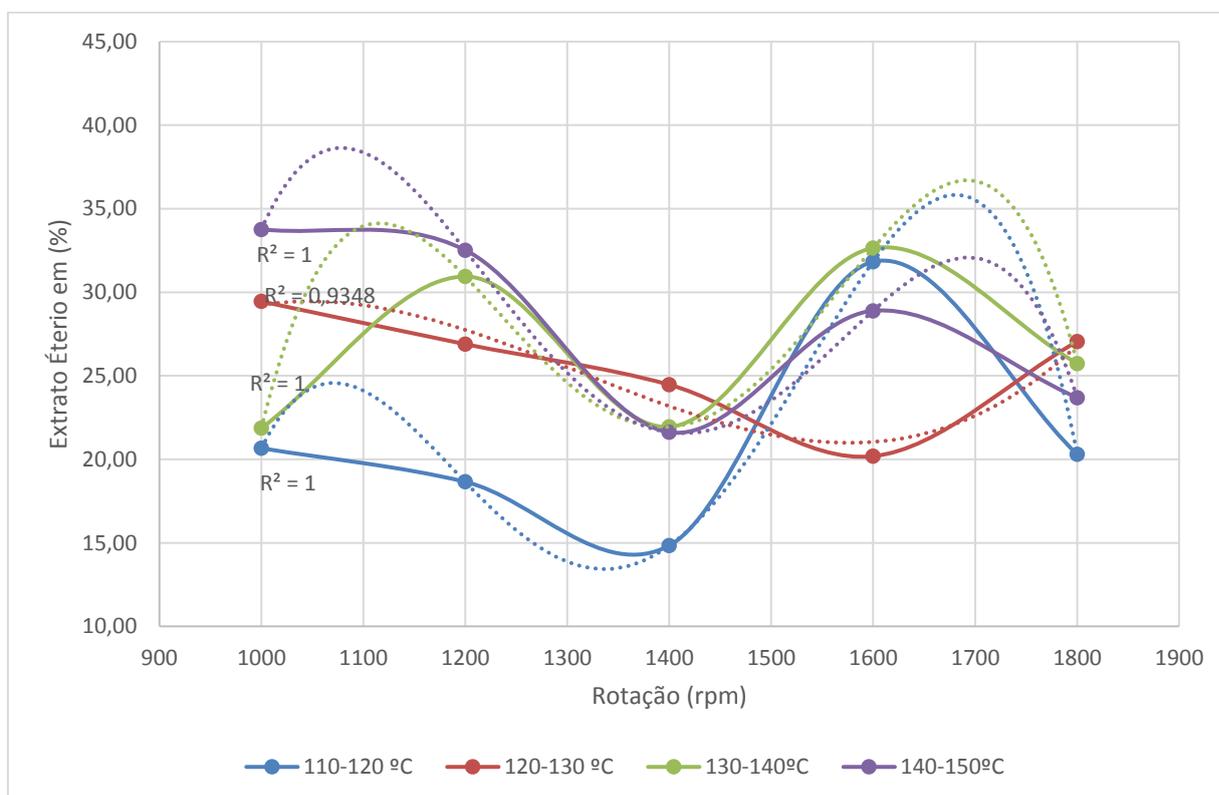


Figura 29: Análise de dados de gráfico de dispersão de extrato étereo da torta de canola em relação a variação da temperatura e rotação a partir de Boxplot.

Pela análise de regressão múltipla dos dados experimentais de extrato étereo em torta obtiveram-se os modelos polinomiais de quarta ordem (120-130°C) e modelo polinomial cúbico (110- 120°C) e (130- 150°C).

Não houve necessidade de expansão do modelo, ou adição de pontos axiais,

já que a análise se manteve com o coeficiente  $R^2$  com valor correspondente máximo.

O Boxplot da Figura 30 demonstra o comportamento de extrato etéreo levando em consideração a porcentagem da mesma, na torta de canola, na qual, representa as amostras nas 4 faixas de temperaturas por 5 faixas de rotações, portanto, a figura é possível verificar um comportamento variável extrato etéreo em função das variáveis independentes: Temperatura e Rotação.

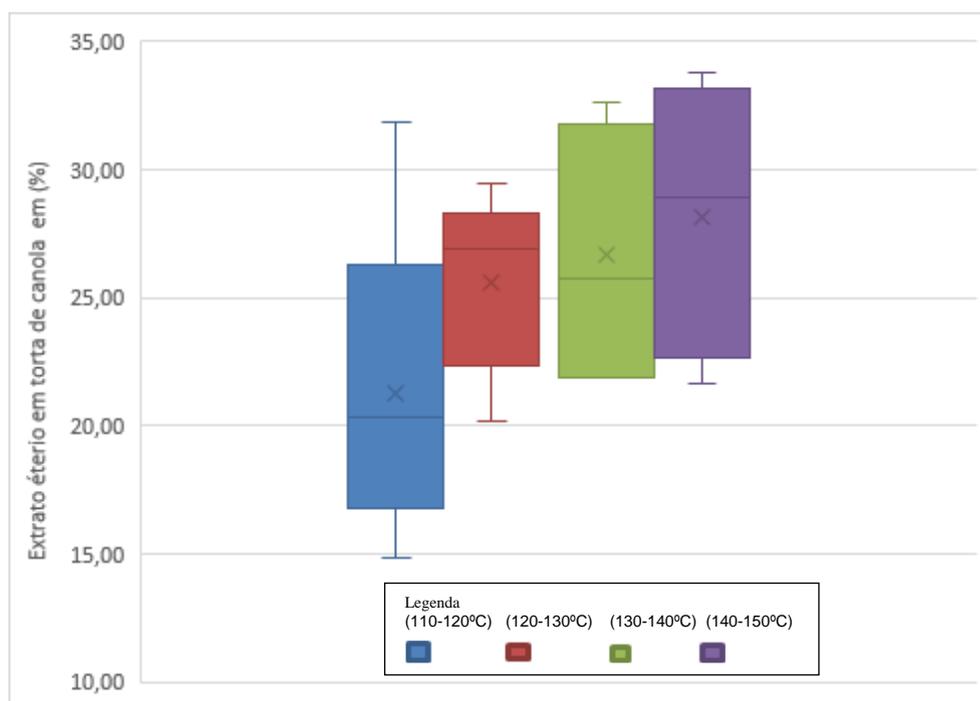


Figura 30: Análise de extrato etéreo em torta de canola em relação a variação da temperatura e rotação a partir de Boxplot.

Na mesma figura é possível perceber a ausência de *outliers*, para todos os *box*, ou seja, eventos extremos fora do quadro da distribuição, também é possível observar no qual o valor mediano está entre a faixa de 20,30 e 28,89 para todos os *box*; observa-se que a mediana está deslocada em ambas as representações amostrais, a qual, altíssima variabilidade que representa as tonalidades de cores do conjunto.

O *box* número 1 representado pela temperatura 110-120°C representam também altos valores em porcentagem de extrato etéreo, é possível perceber conjunto médio de valor 20,30 % na qual 50 % das porcentagens de extrato etéreo

está acima dentro de uma faixa de valor de 20,30 – 31,83 % se encontram no 2º e 3º quartil, o que se refere a maior variabilidade do conjunto.

O box número 2 representado pela temperatura 120-130°C representam também altos valores em porcentagem de extrato etéreo, é possível perceber conjunto médio de valor 26,89 % na qual 50 % das porcentagens de extrato etéreo está dentro da faixa de valor 20,19 – 20,19 % se encontram no 1º e 2º quartil, o que se refere a maior variabilidade do conjunto.

O box número 3 *box* representado pela temperatura 130-140°C representam também altos valores em porcentagem de extrato etéreo, é possível perceber conjunto médio de valor 25,74 % na qual uma ampla faixa de valores se encontram sobre das porcentagens de extrato etéreo está acima desse valor na faixa de 27,74 – 31,79 % se encontram no 2º quartil, o que se refere a maior variabilidade do conjunto.

O box número 4 que representa a faixa de temperatura 140-150 representam baixos valores em porcentagem de extrato etéreo, é possível perceber conjunto médio de valor 28,89 % na qual uma ampla faixa de valores 50% se encontra sobre das porcentagens de extrato etéreo está acima desse valor demonstrando alta variabilidade na faixa de 22,66 – 33,14 % se encontram no 2º e 3º quartil, o que se refere a maior variabilidade do conjunto.

A Tabela de número 38 de análise estatística e análise de informações secundárias extraídas do boxplot, extrato etéreo de torta de canola.

Tabela 38: Análise estatística e análise de informações secundárias extraídas do boxplot para extrato etéreo.

<b>Boxplot</b>	<b>Variância</b>	<b>Variabilidade Interquartil</b>	<b>Amplitude</b>	<b>Desvio padrão</b>	<b>Coef. de variação</b>
<b>Box 110-120°C</b>	40,26	9,51	16,99	6,35	29,85%
<b>Box 120-130°C</b>	12,30	5,92	9,27	3,51	13,69%
<b>Box 130-140°C</b>	25,05	9,89	10,78	5,01	18,80%
<b>Box 140-150°C</b>	28,42	10,48	12,15	5,33	18,97%

A variância teve como maior valor na faixa de temperatura mais baixa, sendo assim diversos fatores contribuíram para o mesmo, desde o aquecimento da máquina para a melhoria do desempenho, assim como o coeficiente de variação que teve um valor acima de 20% demonstrando instabilidade nos dados devido as amostras utilizadas.

O gráfico de barras da Figura 31, demonstra o comportamento de extrato etéreo levando em consideração as médias das amostras, na qual a menor porcentagem se encontra na rotação de 1400 (rpm) e as maiores porcentagens de extrato etéreo se encontra na rotação de 1600 (rpm) e, portanto, a figura do gráfico é possível verificar um comportamento dos parâmetros em função das variáveis independentes: Temperatura e rotação.

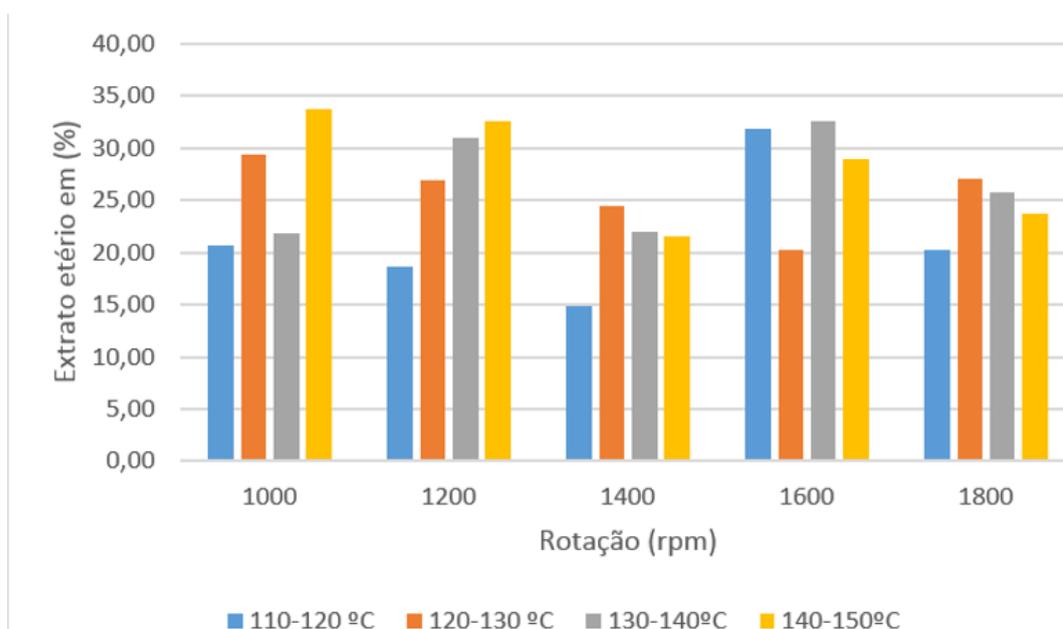


Figura 31: Comportamento de extrato etéreo em função das variáveis temperaturas e rotação para torta de canola.

A quantidade de extrato etéreo encontrado é superior aos trabalhos desenvolvidos por Embrapa (1991) (2,51%), Bertol e Zanotto (1977) (3,80%) o que corresponde uma extração de óleo da torta de canola, mais eficiente do que a prensa extrusora utilizada neste trabalho.

A Figura de número 32 demonstra o comportamento de resíduo mineral fixo

em porcentagem no em superfícies em gráfico 2D e 3D na qual demonstra que o gráfico tem uma tendência a ser diretamente proporcional a temperatura, no qual ao aumento da temperatura aumenta expressivamente a porcentagem de extrato etéreo na torta, enquanto que a rotação é inversamente proporcional, o aumento da rotação diminui expressivamente a porcentagem de extrato etéreo na torta de canola.

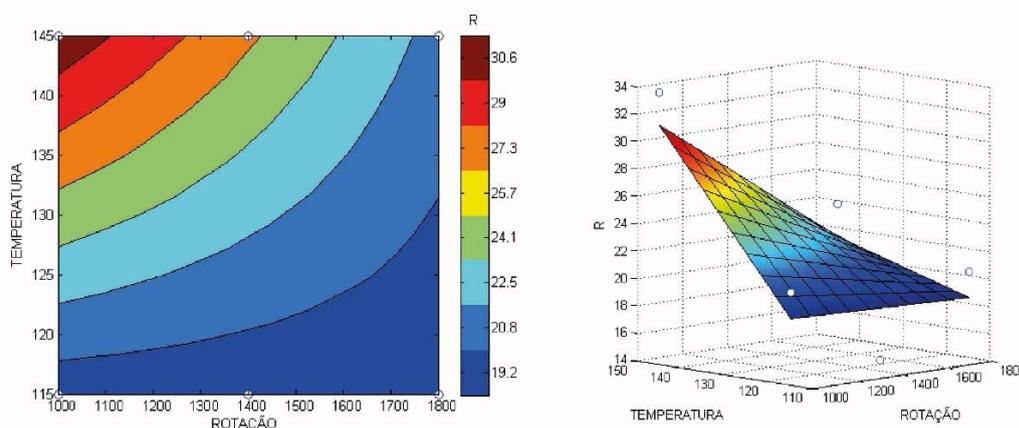


Figura 32: Comportamento variável Temperatura x rotação em 2D e 3D de extrato etéreo em função das variáveis temperaturas e rotação para torta de canola.

#### 4.3.6 Fibra bruta (%)

O Coeficiente de variação das amostras são de 16,57%, com média geral de 9,91 para 60 observações

Os valores em porcentagem de fibra para torta de canola no qual, apresentam valores mínimo de 4,44% para a rotação de 1200 rpm e na faixa de temperatura de 130-140 °C e máximo de 15,91 %, para a rotação de 1800 rpm, e na faixa de temperatura de 120-130 °C.

Tabela 39: Valores médios de porcentagem de fibra e torta de canola e desvio padrão em diferentes temperaturas e rotações

Temperatura (°C)	110-120	120-130	130-140	140-150
<b>Rotação (rpm)</b>	<b>(% de fibra bruta)</b>			
<b>1000</b>	6,75	5,16	4,70	5,53
	(0,17)	(1,54)	(0,86)	(2,43)

<b>1200</b>	13,89	11,07	4,44	6,27
	(1,61)	(0,84)	(0,98)	(1,00)
<b>1400</b>	13,33	12,51	17,19	15,98
	(1,64)	(1,76)	(1,11)	(0,90)
<b>1600</b>	6,22	9,20	9,19	13,50
	(0,97)	(1,34)	(4,31)	(2,04)
<b>1800</b>	10,63	15,91	13,33	12,69
	(1,37)	(0,75)	(0,25)	(1,94)

\*Valores entre parênteses representam os valores de desvio padrão do extrato etéreo de torta de canola.

Pela análise de regressão múltipla dos dados experimentais de fibra em torta, obtiveram-se os modelos polinomiais de terceira ordem (110-120°C e 140-150°C) e para quarta ordem (120-130°C e 130-140°C) (Figura 41).

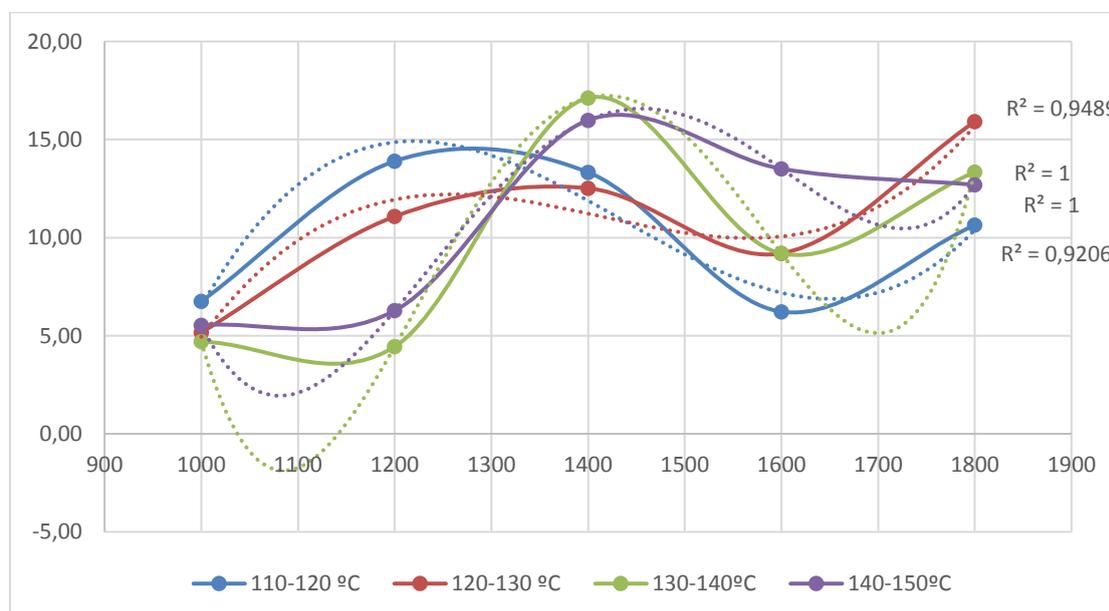


Figura 33: Gráfico de dispersão de fibra bruta em função das variáveis temperaturas e rotação para torta de canola.

Não houve necessidade de expansão do modelo, ou adição de pontos axiais, já que a análise se manteve com o coeficiente  $R^2$  com valor correspondente a um, ou seja, 100% do modelo de carboidrato é explicado pelas equações polinomiais

apresentadas.

O conjunto de amostras de fibra bruta analisado, estava dentro da faixa de valores encontrados nos trabalhos de Embrapa (1991) (13,40%), Bertol; Zanotto (1971) (14,49%), Bell et al. (1981) (10,50%).

O Boxplot Figura de número 34 demonstra o comportamento de fibra levando em consideração a porcentagem da mesma, na torta de canola, na qual, representa as amostras nas 4 faixas de temperaturas por 5 faixas de rotações, portanto, é possível verificar um comportamento variável extrato etéreo em função das variáveis independentes: Temperatura e Rotação.

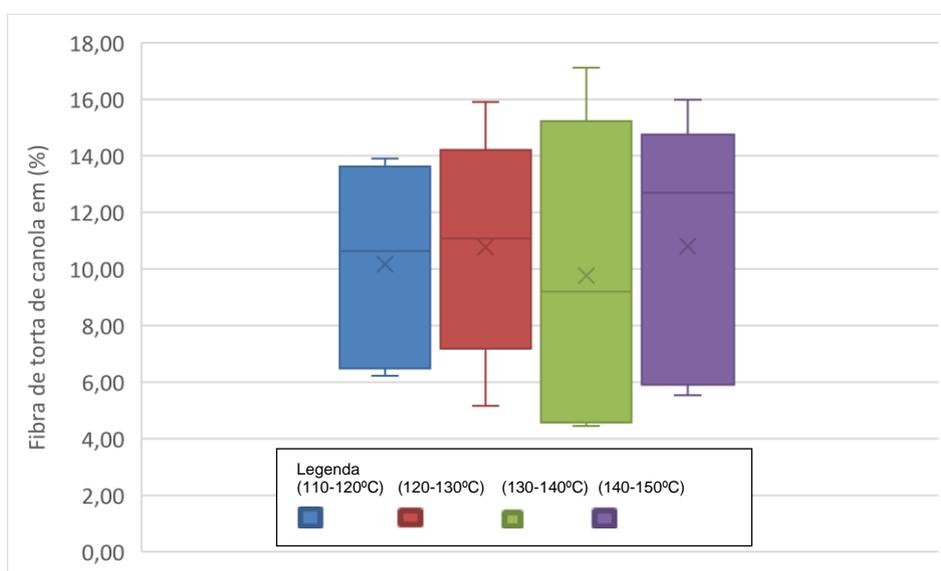


Figura 34: Análise de dados de fibra da torta de canola em relação a variação da temperatura e rotação a partir de Boxplot.

Na mesma figura é possível perceber a ausência de *outliers*, para todos os *box*, ou seja, eventos extremos fora do quadro da distribuição, também é possível observar no qual o valor mediano está entre a faixa de 9,20 e 12,69 para todos os *box*; observa-se que a mediana está deslocada em ambas as representações amostrais, a qual, altíssima variabilidade que representa as tonalidades de cores do conjunto.

O *box* número 1 representado pela temperatura 110-120°C representam também altos valores em porcentagem de carboidrato, é possível perceber conjunto médio de valor 10,17 % na qual 50 % das porcentagens de fibra está dentro da faixa de valor 6,49 – 13,62 % que se encontra no 2º e 3º quartil, o que se refere a maior

variabilidade do conjunto.

O box número 2 representado pela temperatura 120-130°C representam também, altos valores em porcentagem de fibra, é possível perceber conjunto médio de valor 10,77 % na qual 50 % das porcentagens de fibra está entre a faixa de valores de 7,18 – 14,21 % se encontram no 2º e 3º quartil, o que se refere a maior variabilidade do conjunto.

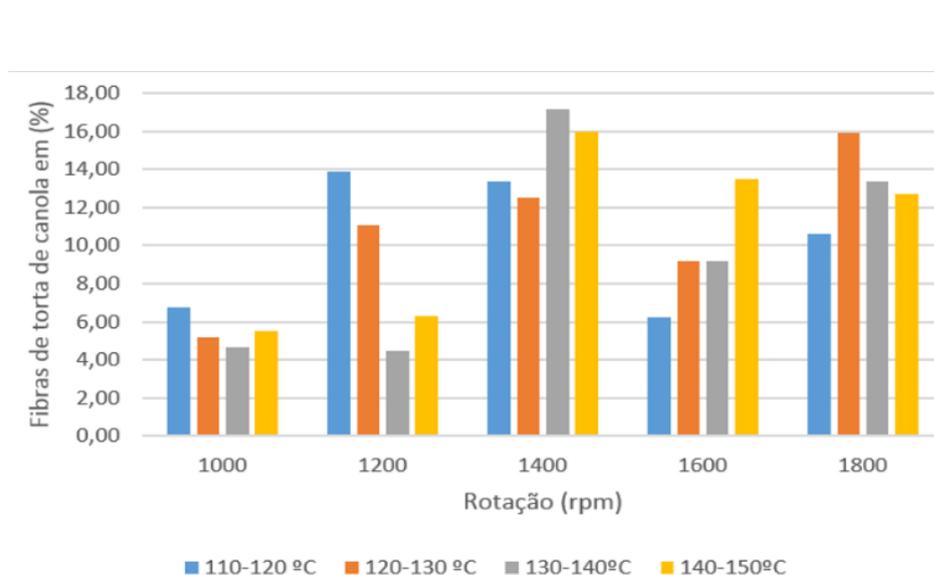
O box número 3 representado pela temperatura 130-140°C representam também altos valores em porcentagem de fibras, é possível perceber conjunto médio de valor 9,20 % na qual 50 % das porcentagens de fibra está entre a faixa de valores de 4,57-15,23 % se encontram no 2º e 3º quartil, o que se refere ao conjunto de maior variabilidade do conjunto.

O box número 4 que representa a faixa de temperatura 140-150 representam baixos valores em porcentagem de fibra, é possível perceber conjunto médio de valor 12,69 % na qual uma ampla faixa de valores 25% se encontra sobre das porcentagens de fibra está abaixo desse valor demonstrando alta variabilidade na faixa de 5,50 – 12,69 % se encontram no 2º quartil, o que se refere ao conjunto e dados estáveis do mesmo. Os dados estatísticos podem ser analisados a partir da Tabela 40.

Tabela 40: Análise estatística e análise de informações secundárias extraídas do boxplot para fibras.

<b>Boxplot</b>	<b>Variância</b>	<b>Variabilidade Interquartil</b>	<b>Amplitude</b>	<b>Desvio padrão</b>	<b>Coef. de variação</b>
<b>Box 110-120°C</b>	4,14	3,76	3,97	2,03	14,20%
<b>Box 120-130°C</b>	3,50	3,29	4,57	1,87	11,73%
<b>Box 130-140°C</b>	4,08	2,88	5,04	2,02	12,39%
<b>Box 140-150°C</b>	2,88	3,06	4,38	1,70	11,67%

O gráfico de barras da Figura 35 demonstra o comportamento de fibras levando



em consideração as médias das amostras

Figura 35: Comportamento de fibra bruta em função das variáveis temperaturas e rotação para torta de canola.

Portanto o gráfico demonstra que a menor porcentagem de fibra se encontra na rotação de 1000 (rpm) e as maiores porcentagens de fibras, se encontra na rotação de 1400 (rpm) e, portanto, é possível verificar um comportamento dos parâmetros em função das variáveis independentes: Temperatura e rotação, devido o tempo de processamento dentro da extrusora.

A Figura 36, demonstra o comportamento de carboidrato em porcentagem no em superfícies em gráfico 2D e 3D na qual demonstra que o gráfico tem uma tendência inversamente proporcional no qual ao aumento da temperatura e rotação diminuem expressivamente a de forma qualitativa a porcentagem de carboidrato na torta de canola.

Os maiores valores de fibras são encontrados nas mais altas rotações e maiores temperaturas (140-150 °C e 1800 rpm), e proporcionalmente os menores valores de fibra se encontram nas mais baixas rotações e mais baixas temperaturas (110-120 °C e 1000 rpm).

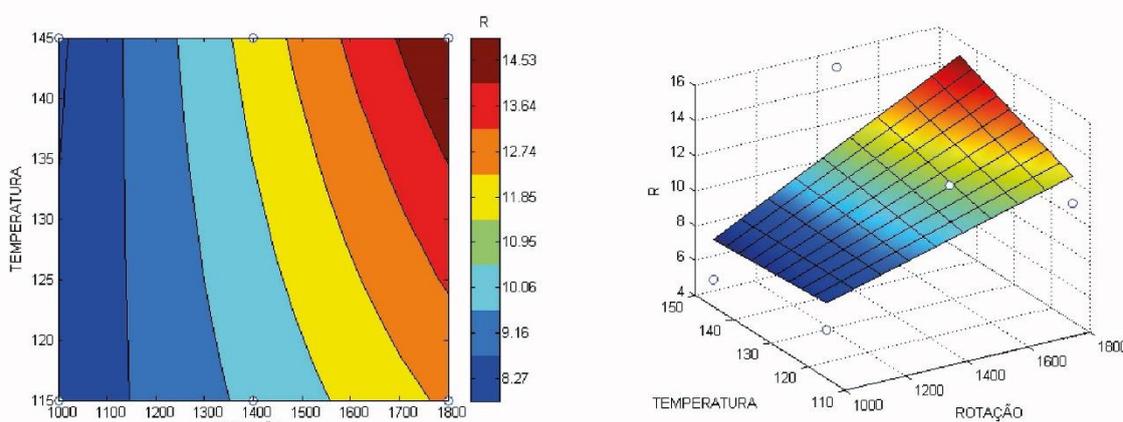


Figura 36: Comportamento variável em 2D e 3D de fibra em função das variáveis temperaturas e rotação para torta de canola.

#### 4.3.7 Rendimento de óleo de canola

Como o valor  $F$  calculado foi maior que o  $F$  tabelado pode-se dizer que a análise apresenta um modelo de regressão significativo, com seus respectivos graus de liberdade (Tabela 43).

O Coeficiente de variação 20,64%, com média geral de 144,01 para 60 observações.

Tabela 41: Análise de variância de rendimento da extração de óleo de canola

<b>Fonte da variação</b>	<b>SQ</b>	<b>GL</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>	<b>Valor-P</b>	<b>F crítico</b>
<b>Temperatura (°C)</b>	15423,78	3	5141,26	5,819	0,0021	1,241
<b>Rotação (rpm)</b>	12019,90	4	3004,97	3,401	0,0174	58,596
<b>Rotação * Temperatura</b>	9315,96	12	776,33	0,879	0,5743	10,052
<b>Erro</b>	35339,33	40	883,48			
<b>Total</b>	72098,98	59				

Foi observado um Valor – P significativo, ou seja, a variação das faixas de temperatura em relação a cinza da torta de canola é significativa, portanto, apresenta um valor – P menor que 0,05, assim as amostras não diferem nesse tratamento, demonstrando a estabilidade e confiança dos dados encontrados.

Foi observado um Valor – P significativo, ou seja, a variação das faixas de temperatura e rotação em relação extração de óleo de canola é significativa, portanto, apresenta um valor – P menor que 0,05, assim as amostras não diferem nesse tratamento.

Portanto o valor de corte para rejeitar a hipótese nula é encontrado pois os

valores de referência -P está baixo de 0,05 no qual significa que, quando não há nenhuma diferença, um valor tão extremo para a estatística de teste é esperado em menos de 5% das vezes, demonstrando a estabilidade e confiança dos dados.

Os valores em porcentagem de volume extraído de óleo de canola no qual, apresentam valores mínimo de 85,75 ml para a rotação de 1200 rpm e na faixa de temperatura de 120-130 °C e máximo de 190,07 ml, para a rotação de 1800 rpm, e na faixa de temperatura de 110-120 °C (Tabela 42).

Tabela 42: Valores médios de porcentagem de rendimento de óleo de canola e desvio padrão em diferentes temperaturas e rotações.

<b>Temperatura (°C)</b>	<b>110-120</b>	<b>120-130</b>	<b>130-140</b>	<b>140-150</b>
<b>Rotação (rpm)</b>	<b>(volume ml)</b>			
<b>1000</b>	160,08 (27,64)	152,05 (30,39)	167,44 (29,37)	161,75 (37,54)
<b>1200</b>	166,76 (17,38)	85,75 (1,10)	119,27 (3,07)	116,93 (13,84)
<b>1400</b>	167,77 (39,80)	123,29 (47,43)	131,65 (1,00)	120,61 (15,15)
<b>1600</b>	169,33 (11,43)	142,69 (64,32)	137,00 (8,42)	140,23 (38,76)
<b>1800</b>	190,07 (7,51)	152,05 (34,48)	169,99 (43,79)	118,93 (15,69)

\*Valores entre parênteses representam os valores de desvio padrão do óleo.

Para a Canola o maior rendimento se apresentou na temperatura entre 110-120°C (2562,13 ml) 30% maior que a maior temperatura e a menor rotação 1000 rpm (1924,03 ml) 31,2% do que a maior rotação, na qual a regressão cúbica (para temperatura) e quadrática (para rotação) modela o comportamento matemático para o processo de extração.

Portanto é perceptível a tendendencia de baixas temperaturas e autas rotações terem o maior porcentagem de extração do óleo de canola.

Pela análise de regressão múltipla dos dados experimentais de volume de

extração de óleo de canola obtiveram-se os modelos polinomiais cúbicos para todas as faixas de temperatura (Figura 37).

Não houve necessidade de expansão do modelo, ou adição de pontos axiais, já que a análise se manteve com o coeficiente  $R^2$  com valor correspondente próximo a um, a melhor explicação dos fenômenos explicado pelas equações polinomiais apresentadas.

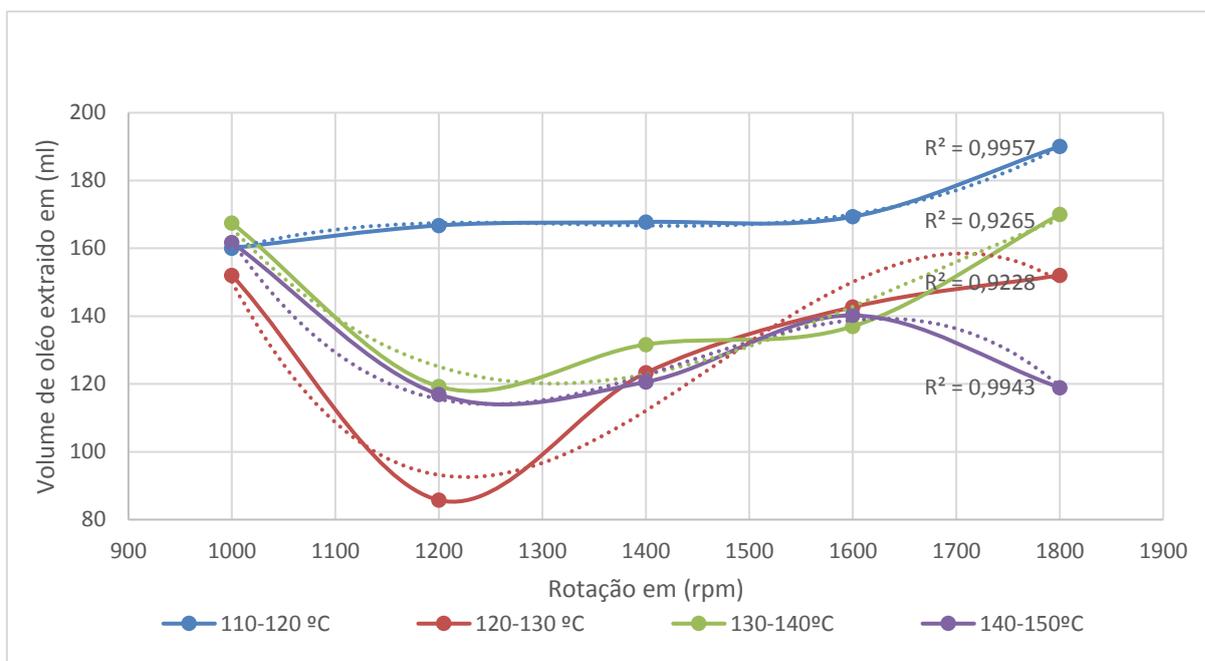


Figura 37: Análise de dados de rendimento de óleo a partir da modelagem por gráfico de dispersão em relação a variação da temperatura e rotação a partir de Boxplot.

O Boxplot Figura 38, demonstra o comportamento de rendimento de extração de óleo de canola levando em consideração a porcentagem da mesma, na torta de canola, na qual, representa as amostras nas 4 faixas de temperaturas por 5 faixas de rotações, portanto, é possível verificar um comportamento variável extrato etéreo em função das variáveis independentes: Temperatura e Rotação.

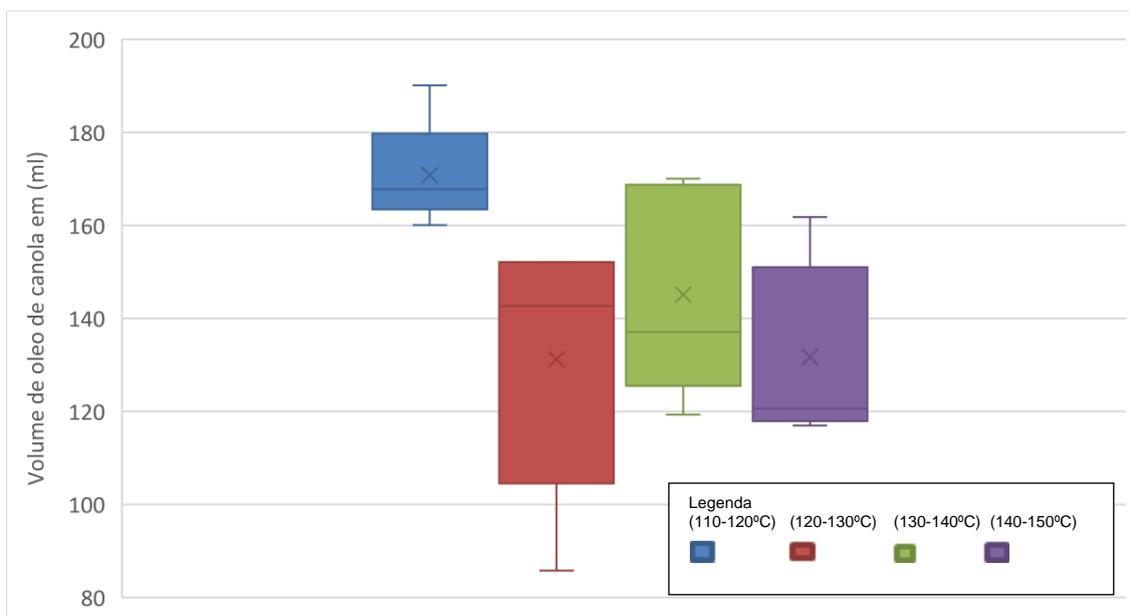


Figura 38: Análise de dados de rendimento de óleo de canola de canola em relação a variação da temperatura e rotação a partir de Boxplot.

Na mesma figura é possível perceber a ausência de *outliers*, para todos os *box*, ou seja, eventos extremos fora do quadro da distribuição, também é possível observar no qual o valor mediano está entre a faixa de 120,60 e 167,77 para todos os *box*; observa-se que a mediana está deslocada em ambas as representações amostrais, a qual, altíssima variabilidade que representa as tonalidades de cores do conjunto.

O *box* número 1 representado pela temperatura 110-120°C representam valores de extração de óleo de canola, é possível perceber conjunto médio de valor 167,77 ml na qual 50 % dos valores está entre o 3º e 4º quartil na faixa de 170,8 – 190,06 ml, o que se refere ao conjunto e dados com maior variabilidade.

O *box* número 2 representado pela temperatura 120-130°C representam valores de extração de óleo de canola, é possível perceber conjunto médio de valor 142,68 ml na qual 50 % dos valores está entre o 1º e 2º quartil na faixa de 85,74 – 142,68 ml, o que se refere ao conjunto e dados com maior variabilidade.

O *box* número 3 representado pela temperatura 130-140°C representam valores de extração de óleo de canola, é possível perceber conjunto médio de valor 168,71 ml na qual 25 % dos valores está no 3º quartil na faixa de 137 – 168,71 ml, o que se refere ao conjunto e dados com maior variabilidade.

O *box* número 4 que representa a faixa de temperatura 140-150 °C representam valores de extração de óleo de canola, é possível perceber conjunto

médio de valor 150,99 ml na qual 25 % dos valores está no 3º quartil na faixa de 120,60 – 150,99 ml, o que se refere ao conjunto e dados com maior variabilidade.

A Tabela de número 43 de análise estatística e informações secundárias extraídas do boxplot de rendimento de óleo de canola.

Tabela 43: Rendimento de óleo de canola análise estatística e informações secundárias extraídas do boxplot.

Boxplot	Variância	Variabilidade Interquartil	Amplitude	Desvio padrão	Coef. de variação
Box 110-120°C	128,45	16,28	29,99	11,33	6,64%
Box 120-130°C	782,54	47,50	66,31	27,97	21,33%
Box 130-140°C	508,14	43,26	50,73	55,54	15,54%
Box 140-150°C	370,03	33,06	44,82	19,24	14,61%

A Figura 39 demonstra o comportamento do rendimento de óleo de canola em superfícies em gráfico 2D e 3D na qual demonstra que o gráfico tem uma tendência ser inversamente proporcional sendo o ponto ótimo de extração está na menor temperatura 110-120 °C e menor rotação 1000 rpm, no qual ao aumento da temperatura e rotação variam expressivamente o volume de óleo extraído de canola.

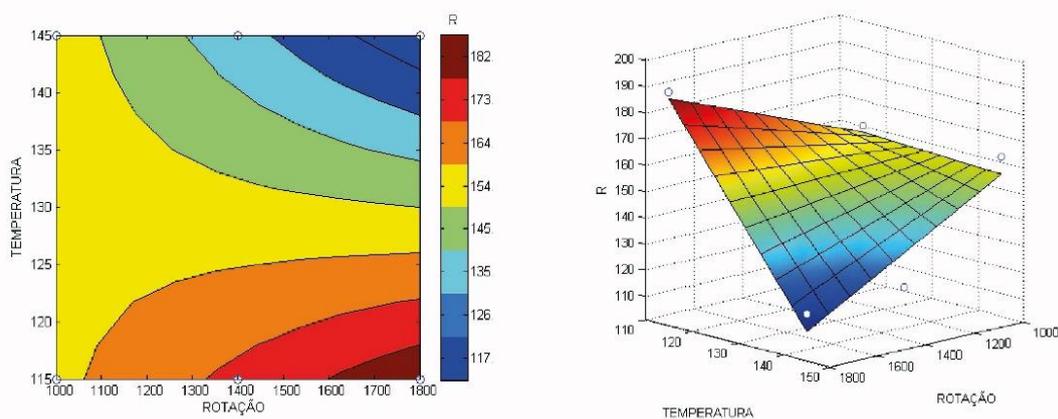


Figura 39: Análise do gráfico de superfície 2D e 3D do volume de extração de óleo.

O rendimento do óleo pode ser observado pelos gráficos de barras e radar Figuras de número 40, apontando um ponto ótimo de extração em 1800 rotações e na temperatura de 110-120°C, e o ponto mínimo de extração se observa na Figura de número 46 em 1200 rotações e temperatura de 120-130 °C.

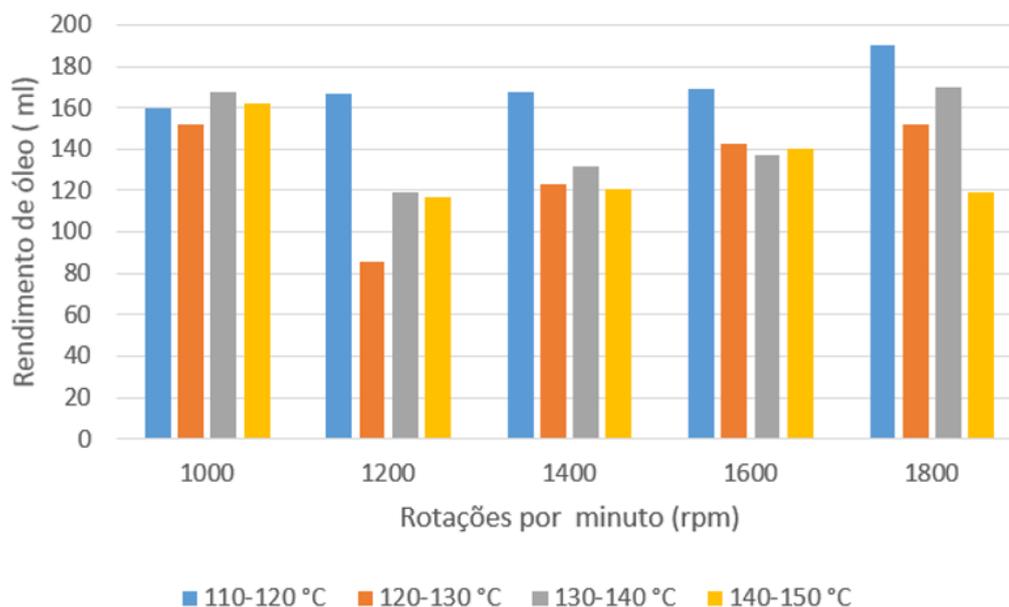


Figura 40: Análise de rendimento de óleo de canola em relação a variação da temperatura e rotação.

#### 4.3.8 Granulometria da torta de canola

O conjunto de operações necessárias para obter o máximo potencial nutricional de um alimento deve-se verificar também a granulometria e, portanto, o tamanho do grão/ farelo na sua fase final também é aspecto importante ao dimensionamento de processos para e a eficiência da máquina extrusora.

Pode ser notar na Figura 41 o uso de diversas peneiras com o agitador eletromagnético Bertel, no qual, utilizadas na figura como peneira número (1) com abertura de 900  $\mu\text{m}$ , peneira número (2) 1200  $\mu\text{m}$ , peneira número (3) 1800  $\mu\text{m}$ .

Notou-se que a prensa extrusora teve uma “embuchamento” ou dificuldade de manter coeso e contínuo o processo sem paradas para desentupir a máquina para granulometria das peneiras (3), ou seja, a dificuldade em se produzir a torta, porém a granulometria das peneiras (1 e 2), foi inverso, ou seja, houve facilidade em se produzir a torta sem paradas ou embuchamento da máquina.



Figura 41: Peneiras granulométricas para extração de informações do farelo e torta da torta de canola em relação a variação da temperatura e rotação.

Fonte: Autor (2020).

Foi possível analisar a partir da Figura 42, diversas granulometrias em relação a classificação, no qual, as rotações 1200 e 1400 rpm com a temperatura de 110-120°C tiveram paradas por causa do embuchamento também a amostra com 1800 rpm e com temperatura de 130-140°C.

Também foi possível perceber que as menores granulometrias pertencem as rotações de 1200 e 1400 rpm com as temperaturas mais elevadas entre (120-150°C).

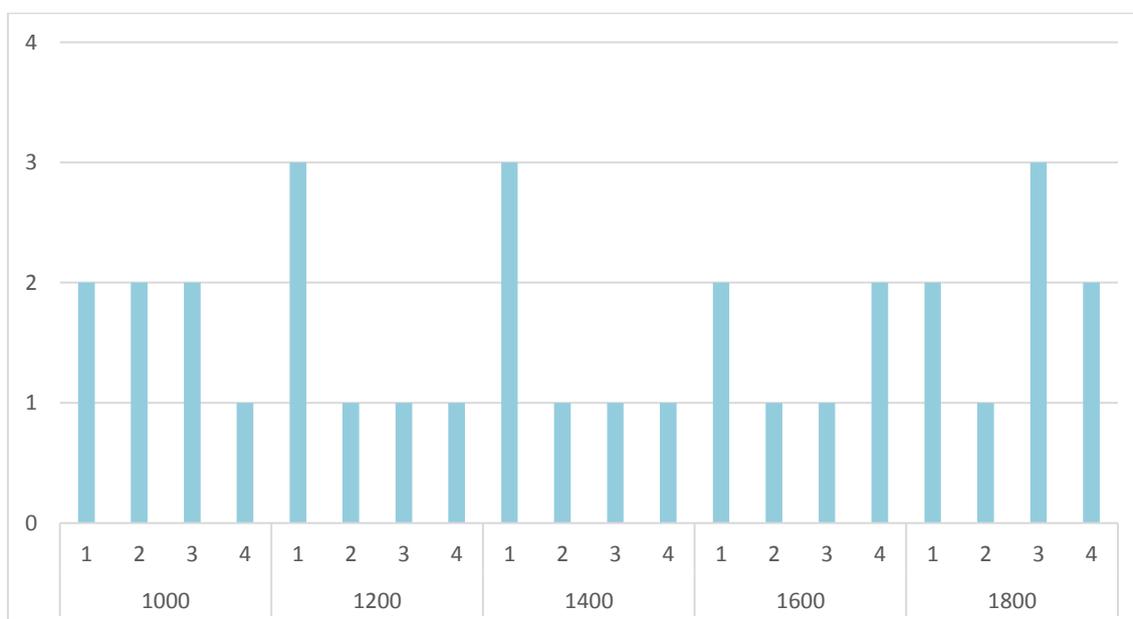


Figura 42: Análise de granulometria de diversas aberturas para torta de canola em relação a variação da temperatura e rotação a partir das modas estatísticas.

#### 4.4 Índices de Acidez do óleo de canola

Para o índice de acidez, foram utilizadas duas análises do óleo extraído, no qual a primeira análise feita no óleo de canola com no primeiro mês (30 dias) de extração em Agosto de 2019 e segunda análise de acidez no período de agosto de 2020, 12 meses (360 dias) o intervalo entre as análises do índice de acidez.

Também verificado pela anova o valor F calculado apresentou menor que o F tabelado para o óleo novo (recém extraído), assim, a análise apresenta um modelo de regressão não significativo, pois aceita-se a hipótese H0 de igualdade entre as amostras (Tabela 44).

Observou ainda que o fator de variação de temperatura, representada por linhas apresentou um valor – p significativo, ou seja, a variação das faixas de temperatura na extrusão por (condução) e a velocidade de rotação para os coprodutos da canola, influenciou outros parâmetros como a extração de óleo, apresenta um valor – p menor que 0,05, assim as amostras não diferiram nesse tratamento.

Para o índice de acidez do óleo de canola (velho), o valor F calculado apresentou menor que o F tabelado, assim, a análise apresenta um modelo de regressão não significativo, pois aceita-se a hipótese H0 de igualdade entre as amostras, não havendo necessidade de egressão que apresente a curva características dos resultados.

Observou ainda que o fator de variação de temperatura, representada por linhas não apresentou um valor – p significativo, ou seja, a variação das faixas de temperatura na extrusão do canola pela rotação houve influência estatísticas correspondida pela diferença no índice de acidez apresentando um valor – p menor que 0,05.

O Coeficiente de variação 13,42%, com média geral de 1,66 para 60 observações Tabela 44.

Tabela 44: Análise de variância do índice de acidez para a extração de óleo dos grãos de canola.

<b>Fonte da variação</b>	<b>SQ</b>	<b>GL</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>	<b>Valor-P</b>	<b>F crítico</b>
<b>Temperatura (°C)</b>	0,933	3	0,6250	12,50	0,0000	4,066
<b>Rotação (rpm)</b>	2,50	4	0,3111	6,222	0,0014	2,066

<b>Rotação * Temperatura</b>	7,90	12	0,65	13,167	0,0000
<b>Erro</b>	2,00	40	0,50		
<b>Total</b>	13,33	59			

As presenças dos particulados podem ter afetado significativamente o resultado do teste. No gráfico de Barras, representado na Figura 51 e o gráfico de Radar, representando na Figura 43, os índices de acidez com os fatores Rotação e Temperatura, dentre os quais os maiores índice de acidez para o óleo novo (recém extraído) se encontra nas mais altas rotações 1600 e 1800, sendo a temperatura de extração não tendo efeito significativa no mesmo, o menor índice de acidez se encontra nas menores rotação 1000,1200,1400 rpm respectivamente 1,10; 1,13; 1,23 mg g<sup>-1</sup> de KOH.

Enquanto para o óleo velho (analisado depois de 12 meses) se percebe a diferença nas temperaturas intermediárias de 130-140 °C no qual, para rotações de 1800 rpm e temperatura de 130-140 °C o maior valor encontrado para o índice de acidez 2,79 mg g<sup>-1</sup> de KOH, se encontra a mais alta acidez e para o menor índice de acidez se encontra 1000 rotações para a temperatura de 130-140 °C.

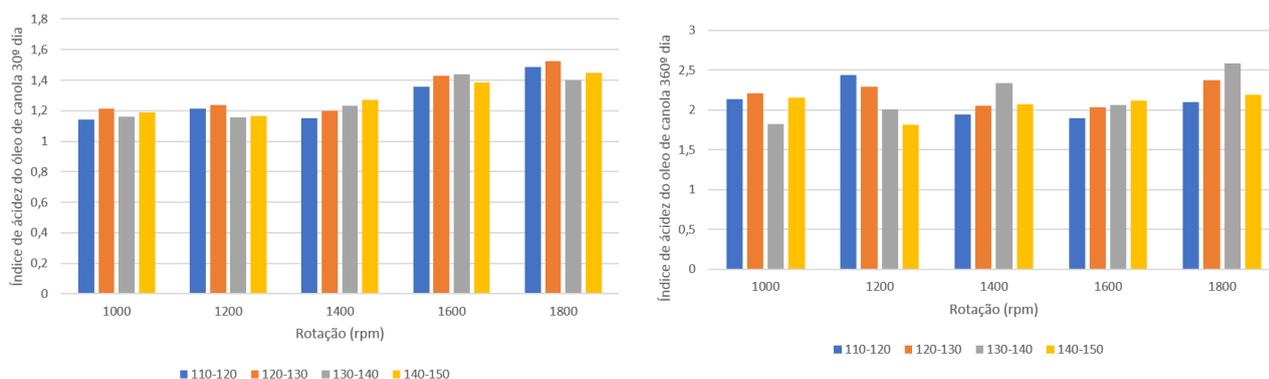


Figura 43: Análise do índice de acidez para 30<sup>o</sup> dia análise e para 360<sup>o</sup> dia de análise de óleo de canola em relação a variação da temperatura e rotação.

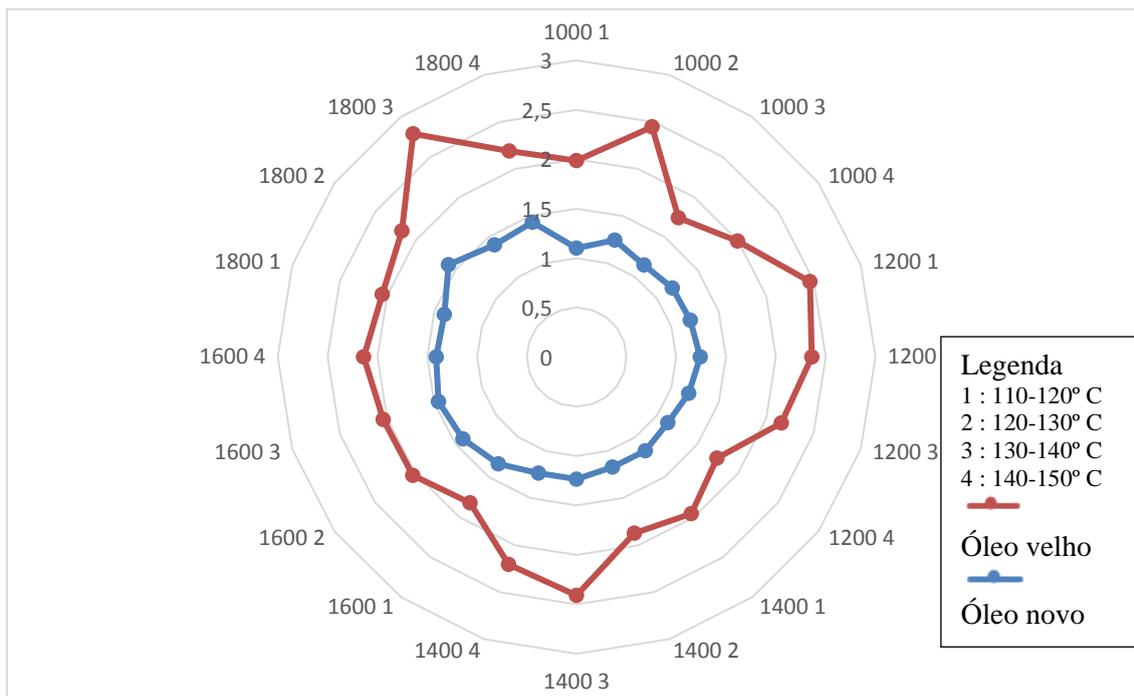
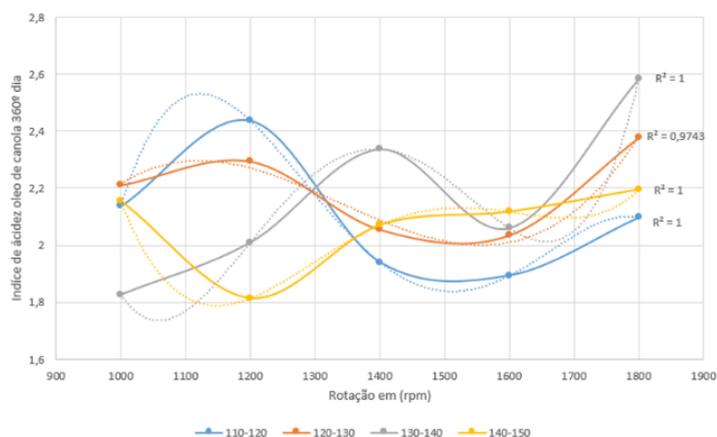
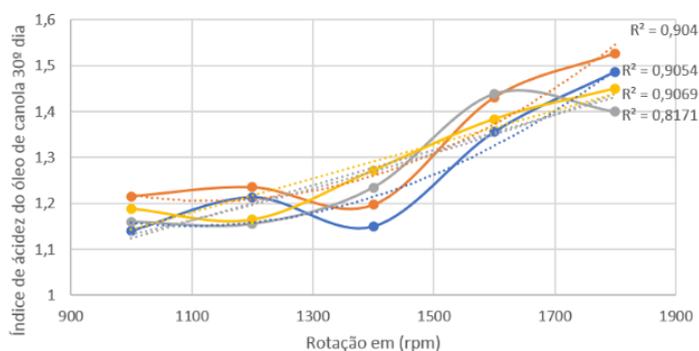


Figura 44: Análise do índice de acidez para 30º dia de análise e para 360º dia de análise de óleo de canola em relação a variação da temperatura e rotação.

Pela análise de regressão múltipla dos dados experimentais de índice de acidez do óleo de canola para 30º dia de análise obtiveram-se os modelos lineares para faixa de temperatura (130-140°C e 140-150°C) e para os modelos polinomiais de segunda ordem para faixa de temperatura (110-120°C e 130-140 °C), (Figura 45).

Pela análise de regressão múltipla dos dados experimentais de índice de acidez do óleo de canola para 360º dia de análise, obtiveram-se os modelos polinomiais de terceira ordem para faixa de temperatura (120-130°C) e para os modelos polinomiais de quarta para faixa de temperatura (110-120°C, 130-140 °C e 140-150).

Não houve necessidade de expansão do modelo, ou adição de pontos axiais, já que a análise se manteve com o coeficiente  $R^2$  com valor correspondente a um, a melhor explicação dos fenômenos explicado pelas equações polinomiais



apresentadas.

Figura 45: Análise de regressão para o índice de acidez para 30º dia análise e para 360º dia de análise de óleo de canola em relação a variação da temperatura e rotação.

De acordo com os dados obtidos para o índice de acidez do óleo de canola refinado pode vir a ser uma referência na medida com os óleos não refinados nos quais todos os valores dos óleos sem refinar, extraídos a frio estão acima do padrão para comercialização um índice menor ou igual a 0,20 mg g<sup>-1</sup> de KOH, padrão de referência para óleos refinados MAPA (2006).

É possível perceber a degradação dos óleos e a formação de outras estruturas lipídicas com o tempo com a perceptível com o aumento do índice de acidez para o óleo velho. Um elevado índice de acidez indica, portanto, que o óleo ou gordura está sofrendo quebras em sua cadeia, liberando seus constituintes principais: os ácidos graxos (SANTOS, 2016).

Os trabalhos de Carvalho et al. (2008) para óleo vegetal refinado, houve um aumento significativo do índice de acidez em óleo de soja após um período de 6 meses de armazenamento corroborado pelos estudos de Anwar et al. (2007) reportam valores no qual o aumento significativo do índice de acidez para devido a fatores como expostas a luz e umidade.

A qualidade nutricional e sensorial dos óleos pode ser afetada pelo armazenamento dos grãos e sua qualidade nutricional, além do processamento armazenamento dos óleos, (MELO, 2010).

Tabela 45: Valores médios de índice de acidez (mg g<sup>-1</sup> de KOH) e desvio padrão no farelo de canola extraídos em diferentes temperaturas e rotações.

Temperatura (°C)	Rotação (rpm)			
	110-120	120-130	130-140	140-150
1000	V 1,98	V 2,44	V 1,74	V 1,99
	N 1,10	N 1,24	N 1,15	N 1,18
	(0,030)	(0,040)	(0,018)	(0,040)
1200	V 2,46	V 2,36	V 2,16	V 1,74
	N 1,20	N 1,24	N 1,18	N 1,13
	(0,025)	(0,034)	(0,017)	(0,017)
1400	V 1,95	V 1,87	V 2,41	V 2,20
	N 1,17	N 1,16	N 1,23	N 1,23

	(0,005)	(0,025)	(0,030)	(0,021)
<b>1600</b>	V 1,82	V 2,03	V 2,04	V 2,13
	N 1,33	N 1,41	N 1,45	N 1,41
	(0,030)	(0,040)	(0,050)	(0,030)
<b>1800</b>	V 2,05	V 2,17	V 2,17	V 2,79
	N 1,39	N 1,59	N 1,59	N 1,40
	(0,040)	(0,017)	(0,017)	(0,017)

\*Valores entre parênteses representam os valores de desvio padrão do óleo com (360 dias).

Silva et al. (2013) afirma ainda que para produzir biodiesel com óleos vegetais deve-se ter uma porcentagem menor que 3,0 % de ácidos graxos livres, para que não ocorra a saponificação, assim para o óleo de canola prensado a frio tem como valores de índice de acidez maiores de 3,0 % ficam acima do limite comerciável.

#### 4.4.1 índice de Turbidez para óleo de canola

Devido a diferença dos óleos refinados para óleos brutos, pode-se ter em comparação as normatizações, porem os resultados não conferem com as normas pois cada sistema, processo e máquina extrusora tem padrões diferentes de extração o que influencia na quantidade de resíduos coloidais no óleo e em sua qualidade final nas Figuras 46 foi possível observar os gráficos de barra e de radar com diferenças entre a extração, mesmo após o efeito da filtração a quantidade de coloidais e resíduos no óleo influenciaram decisivamente sobre o efeito da turbidez .

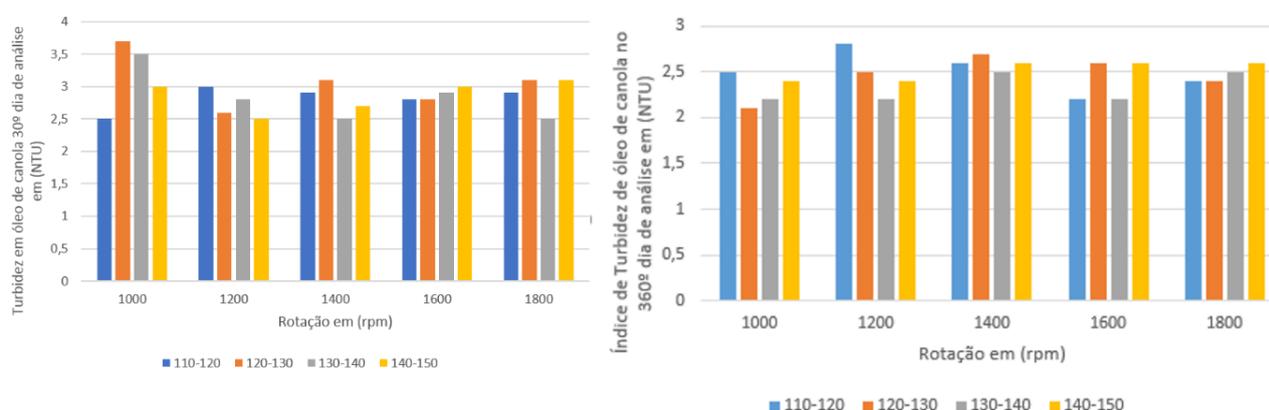


Figura 46: Análise do índice de turbidez (NTU) para 30º dia análise e para 360º dia de análise de óleo de canola em relação a variação da temperatura e rotação.

Foi possível verificar uma maior unidade de turbidez no óleo recém extraído o que significa uma quantidade maior de material particulado interferindo na análise.

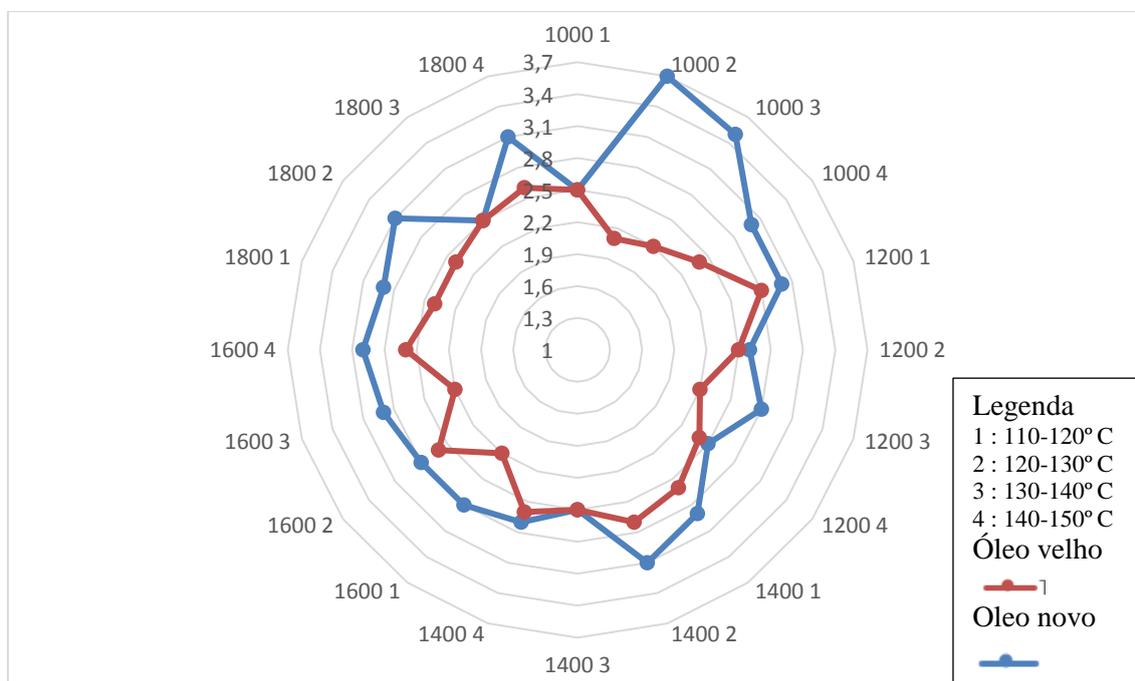


Figura 47: Análise do índice de Turbidez para 30º dia análise (em azul) e para 360º dia de análise (em laranja) de óleo de canola em relação a variação da temperatura e rotação.

Pela análise de regressão múltipla dos dados experimentais de Turbidez do óleo de canola para 360º dia de análise obtiveram-se os modelos polinomial de segunda ordem para faixa de temperatura (140-150°C, 120-130°C) e para os modelos polinomiais de terceira ordem (110-120°C) e para o modelo polinomial de quarta ordem para faixa de temperatura (130-140°C) (Figura 56).

Pela análise de regressão múltipla dos dados experimentais de turbidez do óleo de canola para 30º dia de análise, obtiveram-se os modelos polinomiais de terceira ordem para faixa de temperatura (110-120°C, 130-140 °C e 140-150) e para os modelos polinomiais de quarta para faixa de temperatura (120-130°C) (Figura 48 A).

Não houve necessidade de expansão do modelo, ou adição de pontos axiais, já que a análise se manteve com o coeficiente  $R^2$  com valor correspondente a um, a melhor explicação dos fenômenos explicado pelas equações polinomiais apresentadas.

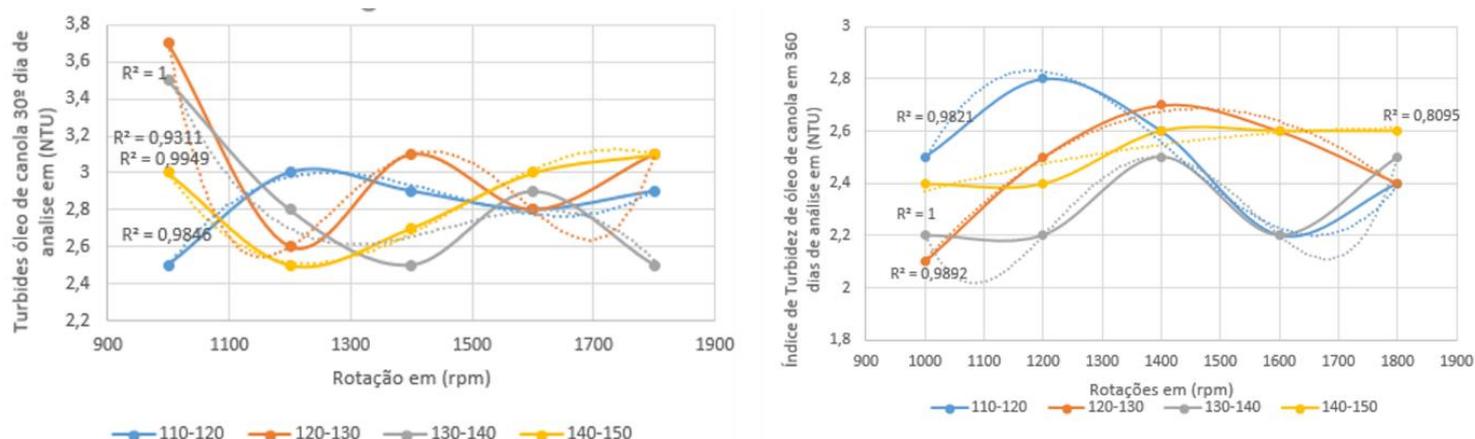


Figura 48: Análise de regressão para a turbidez para 30º dia análise e para 360º dia de análise de óleo de canola em relação a variação da temperatura e rotação.

#### 4.4.2 Viscosidade do óleo de canola a 40°C

Devido a quantidade de material particulado e coloidal no óleo de canola e a ineficiência do processo de filtração grande parte dos valores excederam os valores médios para canola, nas quais, os valores oficiais para comparação são de óleos refinados.

A tabela de número 48 decorre os valores de viscosidade de óleo de canola a 40°C em duas situações distintas, no qual a análise feita com o óleo recém extraído e logo após um ano de extração.

Tabela 46: Valores médios de viscosidade centipoise Cp e em óleo de canola com diversas temperaturas e velocidade de rotação rotações, para óleo com 360º dia de extraído, para viscosidade a 40°C

	110-120 °C	120-130 °C	130-140 °C	140-150°C
1000 rpm	55,12	39,22	43,32	47,42
1200 rpm	40,41	78,22	53,03	47,84
1400 rpm	73,41	70,22	67,83	83,81
1600 rpm	39,41	39,00	77,59	56,82
1800 rpm	53,41	88,65	53,89	79,13

Para óleo de canola extraído a 360º dia verificou-se os maiores valores de viscosidade  $83,81 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$  no qual significa a dificuldade do fluído se movimentar e valores mínimos  $39,22 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$ , o que torna o fluido mais fácil de escoar.

A tabela de número 49 decorre os valores de viscosidade de óleo de canola a  $40^\circ\text{C}$  na qual a análise feita com o óleo, logo após um ano de extração.

Tabela 47: Valores médios de viscosidade centipoise Cp e em óleo de canola com diversas temperaturas e velocidade de rotação rotações para óleo com 30º dia de extraído, para viscosidade a  $40^\circ\text{C}$ .

	110-120 °C	120-130 °C	130-140 °C	140-150°C
1000 rpm	55,12	49,22	43,32	37,42
1200 rpm	48,41	48,22	43,03	47,84
1400 rpm	73,78	39,99	67,03	63,84
1600 rpm	66,34	75,00	77,59	85,82
1800 rpm	56,32	88,65	63,89	59,13

Para óleo de canola extraído a 30º dia verifica-se os maiores valores de viscosidade  $85,82 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$  no qual significa a dificuldade do fluído se movimentar e valores mínimos  $39,99 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$  o que significa uma facilidade em escoamento do óleo.

Machado (2003) verificou o valor de viscosidade para óleo de canola a  $40^\circ\text{C}$  encontrando o valor de  $35,6 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$  o que se refere ao óleo refinado, dentro dos valores encontrados na pesquisa variando a rotação e temperatura, todos são superiores a este valor.

## 5. CONCLUSÃO

Para as características de interesse percebe-se uma tendência para a faixa de temperatura de 110 a 130 °C e rotação abaixo de 1600 rpm houve maior porcentagem de proteína (32,86-35,90%) e umidade (7,29-9,19%) da torta de canola.

Extrato etéreo (E.E.), carboidrato (CARB) e densidade (DEN.) do óleo seguem o mesmo comportamento, na qual, verificou-se alta porcentagem das mesmas, com baixas rotações 1400 rpm independente das faixas de temperatura estabelecidas, respectivamente as faixas E.E. (24,59 - 32,66%), CARB. (21,48 - 27,29%) DEN. (0,9116 - 0,9188 g/cm<sup>3</sup>).

Para umidade relativa do óleo de canola alta rotação tem o efeito de conservar maior umidade no óleo, independente das faixas de temperatura, ainda assim, não houveram valores superiores a 9%. Para fibra as faixas de temperatura de 130-150 °C e alta rotação acima de 1600 rpm percebe-se uma maior quantidade de fibras na torta de canola.

Os valores de teor de resíduo mineral fixo das amostras de torta de canola diminuem quanto menor for a rotação, o mesmo comportamento segue o rendimento do volume de extração do óleo, porém, o mesmo tem seu ponto ótimo nas temperaturas intermediários (120-130°C e 130-140°C).

Quando é adicionada água para a extração a umidade de torta cresce significativamente, e conseqüentemente a extração ganha eficiência criando menos teor de cinzas.

Em maiores faixas de temperatura e baixas rotações parte envoltória da semente é degradada devido ao excesso de calor e pelo tempo de extrusão, portanto, a cor da torta se torna mais escura diferentemente quando a rotação é superior a 1600 rpm.

Uma menor quantidade de proteína, carboidrato e rendimento do volume de extração do óleo segue um comportamento de rotações e faixas de temperatura elevadas. As cores mais escuras da torta referem-se a alta porcentagem de proteína na torta de canola e cores mais claras alta porcentagem de extrato etéreo, outros parâmetros não puderam ser correlacionados.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL) **Retrospectiva 2019 Perspectivas da termelétricidade no Brasil: relatório técnico**. Brasília, 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (ANP) **Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis**, Ministério de minas e energia, Rio de Janeiro, 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (ANP) Resolução n. 482, de 23 de setembro de 1999, Regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de óleos e gorduras vegetais, **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, sv, p. 82 - 87, 1999.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA) **Resolução RDC n. 270, de 22 de setembro de 2005**. Regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de óleos e gorduras vegetais. Brasília: Diário Oficial da União 2005. Disponível em <http://portal.anvisa.gov.br/> > Acesso em: 25 janeiro de 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ÓLEOS VEGETAIS (ABIOVE) **Soja e biodiesel no Brasil. São Paulo, 05 de novembro de 2019**  
Disponível em: < <https://abiove.org.br/estatísticas/>> Acesso em: 16 de junho de 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ALIMENTOS (ABIA) **relatório anual 2019. São Paulo, 2020**.  
Disponível em: <<https://www.abia.org.br/vsn/temp/z2020515RelatoorioAnual 2020 websimples.pdf>> acesso em :15 de junho de 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE SEMENTE (ABRASEM) **Informativo abrasem n. 009-2019 treinamento custo produção de sementes Aprosesc** Disponível em: <<http://www.abrasem.com.br>> Acesso:15 de junho de 2020

AKOH, C.C.; MOUSSATA C.O. Lipase-catalysed modification of borage oil: incorporation of capric and eicosapentanoic acids to form a structured lipid. **Jounal American Oil Chemistri Society** v.75, n. 6, p.697-701, 1998.

AMERAH, A. M.; RAVINDRAN, V.; LENTLE, R. G.; THOMAS, D. G. Feed particle size: Implications on the digestion and performance of poultry. **World's Poultry Science Journal**, v.63, n 3, p.439-455, 2007.

AMERICAN OIL CHEMIST' SOCIETY (AOCS). **Oficial Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemist`s Society**. Method Cc 17-95. 2008.

ASPER, S. P. Comparação do custo de produção do de culturas oleaginosas em sistema de plantio direto. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 25, n. 4, p. 141-153, 2010.

ARAÚJO, K. The emerging field of energy transitions: Progress, challenges, and opportunities. **Energy Research & Social Science**, v.1, 2014.

ARAÚJO A. R. M.; OLIVEIRA E.C. Análise do consumo de combustíveis do setor de transporte rodoviário no Brasil **Revista estudo & Debate** v 27 n. 3, 2020.

AUNG, M. M.; CHANG, Y. S. Traceability in a food supply chain: safety and quality perspectives. **Food Control**, v. 39, n. 1, p. 172-184, 2014.

BARTHET, V. J.; DAUN, J. K. Seed morphology, composition, and quality. In: DAUN, K. et al. *Canola: Chemistry, Production, Processing, and Utilization*. **AOCS Press**, p. 125-145, 2011.

BERNARDI N. D. C.; UHDE T. L.; SCHIAVO J.; CONCEIÇÃO G. M.; ROSA I. N.; SILVA T.; Sucessões de culturas e seus efeitos sobre produtividade de grãos da soja e qualidade dos atributos químicos do solo. Anais do XI Congresso Brasileiro de Agroecologia, **Cadernos de Agroecologia** v. 15 n. 2. São Cristóvão, Sergipe 2020

BINDGALVÃO. **Prensa Extrusora**. Disponível em: <http://www.bindgalvao.com.br/> Acesso em: 15 de abril de 2017.

BOTHAM, K. M.; MAYES, PETER A. M. Lípidios de Importância Fisiológica. Em **Harper Bioquímica Ilustrada**. 29 ed. McGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES, S.A., 2012.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M.E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Food Science and Technology**, v.28, p.25-30, 1995.

BRASIL. Constituição. Constituição da República Federativa do Brasil. **Lei nº 8.171, de 17 de janeiro de 1991**, Brasília, DF, 1988.

BELL, J. M.; ANDERSON, D.M; SHIRES, A. Evaluation of Candle rapeseed meal as a protein supplement for swine. **Canadian Journal Animal Science**, v.61, n.2, p.453-461,1981.

BELL, J. M. Nutrients and toxicants in rapeseed meal: A review. **Journal of Animal Science**, 58: 996, 1984

BELL, J. M. Factor affecting the nutritional value of canola meal: a review. **Canadian Journal of Animal Science**, 73(3): 679-697, 1993.

BERTOL, T. M.; MAZZUCO, H. Farelo de canola: uma alternativa protéica para alimentação de suínos e aves. Concórdia: **EMBRAPA-CNPQA**, Documentos, n. 55. 1998.

BERTOL, T. M.; ZANOTTO, D. L. Determinação do balanço de energia e nitrogênio de alguns alimentos para suínos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, Foz do Iguaçu, **Anais...** Foz do Iguaçu: ABRAVES n. 8 p.345-346, 1997.

BOURDON, D.; AUMAITRE, A. Lowglucosinolate rapeseeds and rapeseed meals: effect of technological treatments on chemical composition, digestible energy content and feeding value for growing pigs. **Animal Feed Science Technology**. v.30 p.175-191, 1990.

BUENO L. P.; LEWANDOSKI, C. F.; SANTOS R. F.; REIS L. S.; RODRIGUES, H. V.; BATISTA, J. A. . Automação 4.0 de prensa extrusora e aplicação energética de óleo de linhaça. **Revista Técnico Científica do Crea-PR**, v. 17, p. 1-11-11, 2019.

BRENNECKE, K. **Fracionamento de carboidratos e proteínas a predição da proteína bruta e suas frações e das fibras em detergentes neutro e ácido de Brachiaria brizantha cv. Marandu por uma rede neural artificial**. 2007. 138 f. Dissertação. Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2007.

BRESSANI R. **Report on LATINFOODS**. The United Nations University Press. Food and Nutrition Bulletin, vol.12, n.2. Tóquio, 1990

BROCK J.; NOGUEIRA M. R.; ZAKRZEWSKI C.; CORAZZA F. C.; CORAZZA M. L.; OLIVEIRA J. V. Determinação experimental da viscosidade e condutividade térmica de óleos vegetais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v.28 n.3 Campinas, 2008.

CAI, Y., ZIMMERMAN, D. R., EWAN, R. C. Diurnal variation in concentrations of plasma urea nitrogen and amino acids in pigs given free access to feed or fed twice daily. *Journal Nutrition*, 124: 1088- 1093, 1994. **CANOLA COUNCIL OF CANADA**. Annual Report. Winnipeg. Canada, p.20, 2015.

CANOLA COUNCIL OF CANADA. **Canola. Winnipeg: Canola Council of Canada**,2011. Disponível em: <[http://www.uscanola.com/site/filis/956/102394/365922/501107/Canola\\_LCA\\_data.pdf](http://www.uscanola.com/site/filis/956/102394/365922/501107/Canola_LCA_data.pdf)> Acesso em :10 de janeiro de 2020.

CASTELO-BRANCO V. N.; TORRES A. G. Capacidade antioxidante total de óleos vegetais comestíveis: determinantes químicos e sua relação com a qualidade dos óleos. **Revista Nutrição**, p. 173-187. Campinas, 2011.

CARVALHO C. H. R. **Emissões relativas de poluentes do transporte motorizado de passageiros nos grandes centros urbanos brasileiros** Texto para Discussão 1606 Ipea - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Brasília, 2011.

COLLAÇO F. M. A.; BERMANN C. Perspectivas da Gestão de Energia em âmbito municipal no Brasil. **Estudos Avançados**. vol.31 n°.89. São Paulo. 2017

COSTABER J. A.; CAPORAL F. R. Possibilidades e alternativas do desenvolvimento rural sustentável. **Agptea agroecologia** artigos n. 5

Disponível em: < [www.pronaf.gov.br](http://www.pronaf.gov.br) > acesso em: 22 maio de 2020

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB): **Canola. 2010/2013.**

Disponível em: <[www.conab.gov.br](http://www.conab.gov.br). > Acesso em: Abril de 2020.

COOPERATIVA MISTA DE PRODUÇÃO, INDUSTRIALIZAÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS DO BRASIL LTDA. (COOPERBIO)

**Cultura da Canola.** Disponível em:

<<http://www.cooperbio.com.br/materias/Canola.pdf>> Acesso em: 11 de abril de 2020.

COSTA-JÚNIOR, M. B. Torta da polpa da macaúba para suínos em terminação.

**Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.16, n.2, p.325-336, 2015.

CHAMONE, J. M. A. Resíduo de bolacha em rações para suínos na fase de terminação. 2011, 85 p. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) Universidade Estadual de Montes Claros, Montes Claros, 2011

CHOE, E.; MIN, D. B. Mechanisms and factors for edible oil oxidation. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 5, p.169-186, 2006.

CLESCERI, L. S.; GREENBERG, A. E.; EATON, A. D. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.** American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, 19th ed., 1995.

DE MORI, C.; TOMM, G. O.; FERREIRA, P. E. P. Aspectos econômicos e conjunturais da cultura da canola no mundo e no Brasil **Documentos on-line** 149, Embrapa Trigo, 2014.

DECKER, E. A. Strategies for manipulating the prooxidative/antioxidative balance of food to maximize oxidative stability. **Food Science & Technology**, v.9, p.241-248, 1998.

DOMICIANO, N. L; SANTOS, B. Pragas da Canola: Bases preliminares para manejo no Paraná. **IAPAR INFORME Pesquisa n. 120, Boletim técnico n. 35**, Londrina: IAPAR, 1996. p.16

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves (Concórdia, SC). Tabela de composição química e valores energéticos de alimentos para suínos e aves. **EMBRAPA-CNPASA.** Documentos, 19. 3.ed. Concórdia, 1991.

EREMIA, M.; TOMA, L.; SANDULEAC, M. The smart city concept in the 21st Century. **Procedia Engineering**, v. 181, p. 12-19, 2017.

FAVERO, A. Aspectos físicos da ração e suas implicações no desempenho, digestibilidade e desenvolvimento do trato gastrointestinal de perus. Universidade Federal do Paraná. **Dissertação**, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

FERREIRA, A. H. C.; LOPES, J. B.; ABREU, M. L. T. D. Whole scrapings of cassava root in diets for broilers from 1 to 21 days of age. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**. v.36, p.357-362, 2014.

FERREIRA, D. F., 2011. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência Agrotecnologia**. n. 35, p.1039– 1042, 2011.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED - FAO Production Indices 2008. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>>. Acesso em: 10 de abril de 2020.

FREIRE P. C. M.; MANCINI-FILHO J.; FERREIRA T. A. P. C. Principais alterações físico-químicas em óleos e gorduras submetidos ao processo de fritura por imersão: regulamentação e efeitos na saúde. **Revista de Nutrição** v.26 n.3, Campinas, 2013.

GOPINGER E.; G. XAVIER E. G.; SILVA S. N.; DIAS R. C.; ROLL V. F. B. Farelo de Canola e seu uso na nutrição de frangos de corte: Universidade Federal de Pelotas. (Dissertação) Capão do Leão, Brasil, 2015.

GUERRA, E. P.; FUCHS, W. Produção de óleo vegetal: comestível e biocombustível. viçosa; **CPT**, 2010

GARCÍA, A.; PÉREZ, M. A.; ORTEGA, G. J. G. e DIZY, J. T. **A New Design of Low-cost Four-beam Turbidimeter by Using Optical Fibers**. TRANSACTIONS ON INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT (IEEE), v. 56, n. 3, p. 907–912, 2007.

HARA, M. NAGAO T.; HANNOE S.; NAKAMURA J. new key performance indicators for a smart sustainable city. **Sustainability**, v. 8, p. 1-19, 2016.

HELLER, J. Physical nut (*Jatropha curcas* L.): promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. **International Plant Genetic Resources Institute**, v. 1, n.1 spe, 1996.

HINRICHS, R. A.; KLEINBACH, M.; REIS, L. B. **Energia e Meio Ambiente**, Editora Cengage Learning, São Paulo (2010), p. 1

HORWAT D. E. G.; POLTRONIERI P.T.; NACK D. C. R. D., BRUM J. S. Uso de alimentos alternativos na dieta de suínos artigo 531. **Revista Nutritime** v.18 n. 1, 2021.

HOFFMANN, R.; KAGEYAMA, A. A. Modernização da agricultura e distribuição de renda no Brasil. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, 1985.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (IAL). **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz. sl.:sn, 2008.

IPCC. Climate change 2014: mitigation of climate change. **Cambridge University**

**Press**, 2014.

IPCC. Climate change **Global warming of 1.5° C.**, 2018.

Disponível em: <https://www.ipcc.ch/sr15/download/> > acesso em: 15 de janeiro de 2021

INTERNATIONAL MINERALS AND CHEMICAL CORPORATION (Mundelein, IL)  
Feed ingredient analysis table and recommendations. Mundelein, IL, 1982

**INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION.** ISO 37120: sustainable cities and communities: indicators for city services and quality of life. Geneve, 2018b.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA).

<<https://www.iea.org/>> Acesso em: 16 de junho de 2020.

JING, Y., CHI, Y. J. Effects of twin-screw extrusion on soluble dietary fibre and physicochemical properties of soybean residue. **Food Chemistry**, 138(2-3), 884-889. 2013

KARTIKA, I. A., PONTALIER, P. Y., RIGAL, L. Twin-screw extruder for oil processing of sunflower seeds: Thermo-mechanical pressing and solvent extraction in a single step. **Industrial crops and products**, n. 32, p. 297-304, 2010.

KNOTHE G.; GERPEN J. V.; KRAHL J.; RAMOS L.P. **Manual de biodiesel** Editora Edgard Blucher, São Paulo 2006

KNUDSEN, K.E.B. Fiber and nonstarch polysaccharide content and variation in common crops used in broiler diets. *British Poultry Science*. v.93, p.2380-2393, 2014.

KUMARAN, A.; KARUNAKARAN, R. J. Atividade antioxidante e necrófaga de um extrato aquoso de *Coleus aromaticus* . **Food Chemistry**, v.97, p.109-114, 2006.

LOBÃO M. S. P.; STADUTO J. A. R. Modernização agrícola na Amazônia brasileira **Revista de Economia e Sociologia Rural** v.58 n.2. Brasília, 2020.

MARTIN, N. B.; NOGUEIRA JUNIOR, S. Canola: uma nova alternativa agrícola de inverno para o centro-sul brasileiro. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 23, n. 04, p. 9-25, 1993.

MASSON, L. Comportamento de óleos poliinsaturados na preparação de batatas fritas de batata doce para consumo imediato: a formação de novos compostos e comparação de métodos analíticos. **Grasas y Aceites** v.48, n.5, p.273-281, Sevilla, Espanha, 1997.

MATEOS, G. G.; LÁZARO, R.; GONZÁLEZ-ALVARADO, E. Efectos de la Fibra Dietética en Piensos de Iniciación para Pollitos y Lechones. In: XXII CURSO DE ESPECIALIZACIÓN FEDNA, 22., 2006. **Proceedings...**; p.39-66, Barcelona, 2006.

MIRANDA, D. J. A. Efeito da granulometria do milho e do valor de energia metabolizável em rações peletizadas para frangos de corte. **Dissertação** UFMG Belo Horizonte, 2011.

Motta, V. T. **Bioquímica Clínica para laboratório: Princípios e Interpretações**. 5ªed. Editora Médica Missau, Porto Alegre, São Paulo, 2011.

MORAIS, I. P. A. e RANGEL, A. O. S. S. Turbidimetric and Nephelometric Flow Analysis: Concepts and Applications. **Spectroscopy Letters**, v. 39, n. 1, 547–579, 2006.

NEVES, C. I. CENCI. M. M.; RODRIGUES M. T. Cassava processing wastewater as a platform for third generation biodiesel production. **Revista Piracicaba**. Piracicaba, v. 73, n. 5, p. 412-416, 2016.

NEWKIRK, R. Meal nutrient composition. In: DAUN, K. RAN T.T.M. Canola: Chemistry, Production, Processing, and Utilization. **AOCS Press**, p. 229-244, 2011.

NOVUS INTERNATIONAL, Brussels. Oil Meals/rapeseed-safflower. In: NOVUS INTERNATIONAL, Brussels. **Raw material compendium**, n.2 p.336-337. Brussels, 1994.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). Office of Water. **Guidance Manual for Compliance With the Interim Enhanced Surface Water Treatment Rule: Turbidity Provisions**. U.S.A Environmental Protection Agency, 1999.

OETTERER, M.; REGITANO-D'ARCE, M.; SPOTO, M. **Fundamentos de ciência e tecnologia de alimentos**. p.196-351, Barueri, 2006.

OWSKA-CZERNIAK, S. A.; KARLOVITS, G.; DIANOCZKI, C.; RECSEG, K.; SZB, K. E. Comparison of two analytical methods for assessing antioxidant capacity of rapeseed and olive oils. **Journal of the American Oil Chemists' Society**. n. 85 p.141-49, 2008.

Organização das Cooperativas do Brasil  
< [www.ocb.org.br](http://www.ocb.org.br) > Acesso:10 de Maio de 2020

ONU-HABITAT. 2016. Urbanization and development: emerging Futures. World Cities report 2016. **United Nations Human Settlements Programme** (UN-Habitat), 2016, p.247.

PANIZZON J.,CENCI. M. M., Grabowski G., Jahno D. V. Perdas e desperdícios de alimentos: Reflexões sobre o atual cenário brasileiro **Brazilian Journal of Food Technology** v.23, Campinas - S.P., 2020

PIVA, J. H. Gerenciamento da produção em um novo cenário mundial de custo de alimento. In: Fórum Internacional de Suinocultura, 4, 2008, Curitiba. **Anais...** Animal

World. p. 526-531. Curitiba, 2008.

PIGHINELLI, A. L. M. T. Estudo da extração mecânica e da transesterificação etílica de óleos vegetais. **Tese**. Campinas, SP, 2010.

PIGHINELLI, A. L. M. T. Otimização da prensagem de grãos de girassol e sua caracterização. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, p. 63-67, 2009.

PRADO R. T. A; JOHN M. V. Boas práticas para habitação mais sustentável. São Paulo: **Páginas & Letras** - Editora e Gráfica, 2010.

RAMADAN M.,F.; MOERSEL J.,T. Screening of the antiradical action of vegetable oils. **Journal Food Compost Anal.** n.19 p.838-842, 2006.

RAMALHO, H. F.; SUAREZ, P. A. Z. A Química dos Óleos e Gorduras e seus Processos de Extração e Refino. **Revista Virtual de Química**. Niterói, R.J., v.5, n.1, 2012

ROSTAGNO H. S.; ALBINO L. F.T.; DONZELE J.L.; GOMES P.C.; OLIVEIRA R.F.; LOPES D.C.; FERREIRA A.S.; BARRETO S.L.,T.; EUCLIDES R.F. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias** 3. ed. Viçosa, 2011.

SANTOS R. F. Culturas Energéticas Editora da Universidade Estadual do Oeste do Paraná Edunioeste, 2018.

SANTOS R. F.; WERNER O. V.; TOKURA L. K.; SECCO D.; SOUZA S. N. M.; LEWANDOSKI. C. F.; BUENO P. L.; JUNIOR H. A. Economic viability of the canola crop with nitrogen applied in coverage in no-tillage system in Corbélia PR, Brazil. **African Journal of Agricultural Research**, v. 12, p. 716-722, 2017.

SANCHEZ C. S.; GONZÁLEZ A. M. T.; GARCÍA-PARRILLA M. C.; GRANADOS J. J. Q.; LA -SERRANA H. L. G.; MARTINEZ M. C. L. Different radical scavenging tests in virgin olive oil and their relation to the total phenol content. **Anal Chim Acta**. n.7 p. 593:103, 2007.

SANTANA A.; CRISTINA M.; HUBACK F. R.; CAVALI J.; BULCÃO J. F. A. Lipídeos: classificação e principais funções fisiológicas REDVET. **Revista Electrónica de Veterinária**, vol. 18, n. 8, p. 1-14, 2017.

SANTOS V. J.; BIONDO P.B.F.; VISENTAINER J. V. Avaliação dos componentes lipídicos e antioxidantes do óleo de canola extraído à frio sob diferentes condições. **Brazilian Applied Science Review**. v. 4 n. 3. Curitiba, 2020.

SANTOS Z. A.; FREITAS R. T.; FIALHO E. T.; RODRIGUES P. B., LIMA J. A. F.; CARELLOS D. C.; BRANCO P. A. C.; CANTARELLI V. S. Valor nutricional de

alimentos para suínos determinado na Universidade Federal de Lavras **Ciência e Agrotecnologia** v. 29 n. 1. Lavras, 2005.

SADAR, M. J. Turbidity Science. Hach Company, United States of America, 1996.

SÁNCHEZ-MORENO, C. Review: methods used to evaluate the free radical scavenging activity in foods and biological systems. **Food Science and Technology International**, v.8, p.121-137, 2002.

SEVENHUYSEN G. P. FAO's food composition activities. En: **FAO celebrates 50 years**, 1995.

SMIT, M. N.; SENEVIRATNE, R. W.; YOUNG, M.G.; LANZ, G.; ZIJLSTRA, R. T, BELTRANENA, E. Feeding increasing inclusions of canola meal with distillers dried grains and solubles to growing-finishing barrows and gilts. **Animal Feed Science and Technology**, 189:107- 116, 2014.

STACHIW, R. Potencial de produção de biodiesel com espécies oleaginosas nativas de Rondônia, Brasil. **Acta Amazônia**, Manaus, v. 46, n. 1, p. 81-90, 2016.

SMALCI, A.; SILVA, O. R.; FERNANDES, C. A.; QUE, L. F. Fatores determinantes e condicionantes para inovação e competitividade no setor do agronegócio brasileiro **Revista Metropolitana de Sustentabilidade** v. 10, n.1, 2020.

SRITI, J., MSAADA, K., TALOU, T., FAYE, M., KARTIKA, I. A., Marzouk, B. Extraction of coriander oil by twin-screw extruder: Screw configuration and operating conditions effect. **Industrial crops and products** n. 40, 355–360. 2012.

SRITI, J., TALOU, T., FAYE, M., VILAREM, G., MARZOUK, B. Oil extraction from coriander fruits by extrusion and comparison with solvent extraction processes. **Industrial crops and products** n. 33, 659–664, 2011.

SZYDLOWSKA-CZERNIAK, A., KARLOVITS, G., HELLNER, G., DIANOCZKI, C., SZLYK, E. Effect of enzymatic and hydrothermal treatments of rapeseeds on quality of the pressed rapeseed oils. Part I: Antioxidant capacity and antioxidant content. **Process Biochemistry** v. 45, p. 7–17, 2010.

SCAPINELLO, C.; FURLAN, A. C.; MOREIRA, I.; MURAKAMI, A. E. Valor nutritivo do farelo e da semente de canola para coelhos em crescimento. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.25, n.6, p.1115-1123, 1996.

SLOMINSKI, B. Canola science cluster research report. In: **Canola Council of Canada**. Winnipeg. Canada, 2015.

SPRAGG J. C. MAILER R. J. Canola Meal Value Chain Quality Improvement. A Final Report Prepared for AOF and Pork **CRC Project Code: 1B-103-0506**, 2007

TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS/NEPA –

**UNICAMP**. 4. ed. revisada e ampliada. Campinas, NEPAUNICAMP, 2011.

TOGHYANI, M.; RODGERS, N.; IJI, P. A.; SWICK, R. A. Standardized ileal amino acid digestibility of expeller-extracted canola meal subjected to different processing conditions for starter and grower broiler chickens **Poultry Science** v. 94, n. 5, p. 992-1002, 2015.

TOMM, G. O; WIETHOLTHNER, S.; DALMAGO, G. A.; SANTOS, H. P. tecnologia de canola no rio grande do sul **Documentos on-line** 92, Embrapa Trigo, 2009

TOMM, G. O. Situação em 2005 e perspectivas da cultura de canola no Brasil e em países vizinhos. Passo Fundo: **Embrapa Trigo**, 2005. 21 p. html (Embrapa Trigo. Boletim de pesquisa e desenvolvimento online, 26). Disponível em: <[http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/bp/p\\_bp26.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/bp/p_bp26.htm)>. Acesso em: 10 de junho de 2020

ULIAN, G.; LIMA I. C.; LEMOS M. M. C. Water management assessment methodology for urban planning. **Revista Ambiental Água**, Taubaté, v.12, n.1, p.33-46, feb. 2017.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). Economic Reserch Service. Canola. Disponível em: <<http://www.ers.usda.gov/topics/crops/soybeans-oil-crops/canola.aspx>>. Acesso em: 25 janeiro de 2020.

VAN-KRIMPEN M. M.; KWAKKEL R. P.; REUVEKAMP B. F. J. Impact of feeding management on feather pecking in laying hens. World's **Poultry Science Journal**, v.61, p 663 – 686, 2005

VESH R., GHIMIRE T. R.; ACOSTA-MARTÍNEZ, V.; MARSALIS, M.A.; SCHIPANSKIE, M. E. Cover crop biomass and species composition affect soil microbial community structure and enzyme activities in semiarid cropping systems **Applied Soil Ecology** v.157, 2021.

VIEIRA FILHO, J.A. Granulometria e textura do milho em dietas para poedeiras comerciais: consumo de energia elétrica, desempenho e qualidade de ovos. **Dissertação** – Unesp campus de Botucatu, 2013.

VIEIRA H. B.; BUSCHINELLI C.; RAMOS N. P.; TOMM G.O.; FONTES L. P.; RODRIGUES I. A. Gestão ambiental em propriedade rural dedicado a Produção de canola para geração de biodiesel na região de passo fundo (RS). **Anais...** 5º Congresso Internacional de Bioenergia. Curitiba, 2010.

VILLELA J. F. A. Relações hídricas na biologia de sementes. **Scientia Agricola** v.55 edição especial Piracicaba, 1998.

VOLPATO, R. M. Coprodutos da agroindústria na alimentação de leitões. **Ciência Rural**, v.45, n.1, p.86-91, 2014.

ZORZENONI, T. O.; ANDRADE, P. A; HIGASHIBARA, L. R.; OKUMURA, R. S.;

PRETE, C. C. Data da semeadura e aplicação de fungicida no desempenho agrônômico de brassica oleaginosa na produção de biodiesel, **Revista Ceres** v.66 n.4 Viçosa, 2019.

WALSER, P.; PFIRTER, H. P. **Feed structure influences behaviour of laying hens. Proceedings**, 6 ed. European symposium on poultry welfare, 2001.

WEISS, E. A. Oilseed processing and products **Oilseed crops**. 1 a ed. London: Longman, cap. 11 –, p. 528 – 596. 1983

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO) Disponível em <<http://www.who.int>> Acesso:15 de Janeiro de 2020

YACU, W. Process Instrumentation and control in food extruders. *Cereal Foods World*, v. 35, n. 9, p. 919-926, 1990.

YEGANI, M.; KORVER, D. R. Effects of corn source and exogenous enzymes on growth performance and nutrient digestibility in broiler chickens. **British Poultry Science**, v.92, p.1208-1220, 2013.