

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ALIMENTOS
CURSO ENGENHARIA DE ALIMENTOS

LUCAS BRUNING CHECOSSI

**ESTUDO DA DEGRADAÇÃO DO ÓLEO DE PALMA (*Elaeis guineenses*) NO
PROCESSO DE FRITURA DE MASSAS INSTANTÂNEAS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MEDIANEIRA

2016

LUCAS BRUNING CHECOSSI

**ESTUDO DA DEGRADAÇÃO DO ÓLEO DE PALMA (*Elaeis guineenses*) NO
PROCESSO DE FRITURA DE MASSAS INSTANTÂNEAS**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso Superior de Engenharia de Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Medianeira, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Orientador: Prof. Msc. Fábio Avelino Bublitz Ferreira

Co - orientador: Prof. Dr. Ilton José Baraldi

MEDIANEIRA
2016



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Medianeira
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Coordenação Engenharia de Alimentos

LUCAS BRUNING CHECOSSI

**ESTUDO DA DEGRADAÇÃO DO ÓLEO DE PALMA (*Elaeis guineenses*) NO
PROCESSO DE FRITURA DE MASSAS INSTANTÂNEAS**

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado como requisito parcial para obtenção de grau de Engenheiro de Alimentos, na Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Câmpus Medianeira.

Prof. Msc. Fábio Avelino Bublitz Ferreira
Orientador

Prof. Dr. Ilton José Baraldi
Co-orientador

Prof^a. Dr^a. Gláucia Cristina Moreira
Membro da Banca

Prof^a. Dr^a. Elciane Regina Zanatta
Membro da Banca

Lucas Bruning Checossi
Aluno

Medianeira, 18 de novembro de 2016.

*O termo de aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me guiado, dando-me força e me iluminando para concluir de maneira satisfatória, todas as etapas encontradas ao longo desses anos de aprendizado.

Ao orientador Prof. Msc. Fábio Avelino Bublitz Ferreira e co-orientador Prof. Dr. Ilton José Baraldi, pela confiança depositada no meu trabalho, pela dedicação necessária à sua realização e pelos ensinamentos teóricos e práticos transmitidos não apenas no desenvolvimento deste trabalho, mas também ao longo de todo o curso.

A todos os professores que compõem o corpo docente do Departamento Acadêmico de Alimentos, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, câmpus Medianeira, os quais contribuíram para a minha formação.

Aos meus pais, Hélio e Célia e à minha namorada Ana Paula Giaretta, por ter me incentivado e por compreender os vários momentos de ausência e pela confiança em meus propósitos.

À empresa e seus colaboradores, pela envoltura e comprometimento para a realização deste trabalho.

E a todos os meus amigos, que de alguma forma colaboraram para a realização deste trabalho, o meu muito obrigado.

RESUMO

CHECOSSI, Lucas Bruning. **Estudo da degradação do óleo de palma (*Elaeis guineenses*) no processo de fritura de massas instantâneas**. 2016. 76f. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2016.

Em processos de fritura, a qualidade do óleo utilizado deve ser adequada, uma vez que este se faz presente no alimento consumido e depende de vários fatores, dentre eles, a temperatura do óleo de fritura, no qual poderá comprometer as características do óleo, provocando possíveis variações físico químicas no produto. Diante disso, o objetivo do trabalho foi o desenvolvimento do estudo sobre o processo de fritura na produção de massas instantâneas, com o intuito de caracterizar o perfil oxidativo do óleo de palma utilizado, além de definir o comportamento da variável temperatura do processo e seus efeitos sobre a umidade e a concentração de lipídeos no produto final. As amostras de óleo de palma foram submetidas às análises de índice de acidez, índice de peróxidos, índice de saponificação e análise de teste rápido. Com o monitoramento da temperatura foi possível o estudo referente à análise do perfil de temperatura na fritadeira e o estudo sobre o Controle Estatístico de Processo. As amostras de massa instantânea foram coletadas em diferentes temperaturas de processo (138, 142 e 145 °C) e submetidas às análises de umidade e lipídios. O estudo verificou que após 30 horas de aquecimento o óleo de palma não apresentou resultados acima daqueles preconizados pela legislação em nenhum dos testes realizados. O baixo índice de degradação detectado em todas as amostras foi atribuído ao fato de que o processo opera com reposições de óleo novo, acarretando em diluição dos compostos de degradação formados. A umidade da massa instantânea apresentou-se abaixo do valor máximo estabelecido pelo padrão de identidade e qualidade (10%) para todas as amostras testadas. Foi verificado que o aumento da temperatura do processo de fritura, provoca a redução da umidade presente na massa instantânea. As concentrações de lipídios não demonstraram diferenças significativas conforme a variação da temperatura, porém, foi verificado que com a redução da umidade há uma tendência de aumento na concentração de lipídeos da massa. Com relação ao Controle Estatístico de Processo, o monitoramento da temperatura apresentou distribuição normal ($p > 0,05$) indicando a ausência de causas especiais atuando sobre o processo. Considerando-se que o limite de especificação para a temperatura dos processos de fritura, segundo a ANVISA, é de 180 °C, o processo foi caracterizado como totalmente capaz ($Cpk > 1,33$). A partir das cartas de controle para observação individual e amplitude móvel, notou-se que o processo se apresentou estável e sob controle. Foi detectada leve variação da temperatura na fritadeira, no qual o ponto de saída do produto apresentou maior temperatura ($142,14 \pm 0,28$ °C) em relação aos demais que permaneceram próximas a 140 °C, no entanto esta pequena variação não compromete a qualidade do produto final.

Palavras-chave: Frituras. Controle Estatístico de Processo. Qualidade

ABSTRACT

CHECOSSI, Lucas Bruning. **Study of palma oil degradation (*Elaeis guineenses*) in fry process of instant noodle**. 2016. 76f. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2016.

In frying processes, the quality of the oil used must be appropriate, once it is present in the food consumed and depends on several factors, including the temperature of the frying oil, which could compromise the oil characteristics possibly resulting chemical physical changes in output. Thus, the objective was the development of the study with frying process in the instant mass production, in order to characterize the oxidative profile of the palm oil used in addition to define the behavior of the process variable temperature and their effects on the humidity and the concentration of lipids in the final product. The palm oil samples were subjected to acid index analysis, the peroxide value, saponification index, and rapid test analysis. By monitoring the temperature it was possible to study regarding the temperature profile in the fryer analysis and the study of Statistical Process Control. Samples of instantant noodles were collected at different process temperatures (138, 142 and 145 °C) and subjected to moisture and lipids analysis. The study found that after 30 hours of heating palm oil did not present results above those recommended by the legislation in any of the tests. The low degradation index detected in all samples was attributed to the fact that the process operates with new oil replacements, leading to dilution of degradation compounds formed. The moisture of the instantant noodles presented value lower than the maximum value determined by the identity and quality standard (10%) for all tested samples. It was verified that increasing the temperature of the frying process, decreases the moisture present in the instantant noodles. The lipid concentrations showed no significant differences according to the temperature variation, however it was found that with decreasing moisture there is an increase tendency in the concentration of the mass lipid. Regarding the Statistical Process Control the monitoring of temperature showed normal distribution ($p > 0.05$) indicating the absence of special causes acting on the process. Considering that the specification limit for the temperature of the frying process, according to ANVISA is 180 °C, the process was characterized as fully capable ($Cpk > 1.33$). From the control charts for individual observation and mobile range, was noted that the process had stabilized and under control. It was detected slight variation of the temperature in fryer, this variation was observed in the exit point, that has had higher temperature (142.14 ± 0.28 °C) compared to the others, who remained close to 140 °C, but this minor variation doesn't compromise the quality of the final product.

Keywords: Fried foods. Statistical Process Control. Quality.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Monitor de óleos e gorduras	24
FIGURA 2 – Fluxograma do processo de fritura da massa instantânea	40
FIGURA 3 – Fluxograma do processo produtivo da massa instantânea.....	41

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – Modelo de regressão linear para a análise do índice de acidez.....	46
GRÁFICO 2 – Representação das médias das análises de peróxidos e seus respectivos intervalos de confiança a 95%.....	50
GRÁFICO 3 – Representação das médias das análises de saponificação e seus respectivos intervalos de confiança a 95%.....	52
GRÁFICO 4 – Modelo de regressão linear para determinação de umidade em função da temperatura de processo.....	56
GRÁFICO 5 – Relação entre a umidade e o teor lipídios presentes nas massas instantâneas.....	59
GRÁFICO 6 – Teste de normalidade para variável temperatura.....	62
GRÁFICO 7 – Capacidade do processo para variável temperatura.....	63
GRÁFICO 8 – Observações individuais e amplitude móvel para a variável temperatura.....	64

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Produção Mundial do óleo de palma	14
TABELA 2 – Composição dos ácidos graxos de diferentes oleaginosas	16
TABELA 3 – Classificação do sistema de medição	27
TABELA 4 – Propriedades do processo de fritura	31
TABELA 5 – Parâmetros para a utilização do monitor de óleos e gorduras	36
TABELA 6 – Resultados da determinação do índice de acidez nas amostras do óleo de palma utilizado no processo de fritura das massas instantâneas	43
TABELA 7 – Referências para o valor de R	46
TABELA 8 – Resultados da determinação do índice de peróxidos nas amostras do óleo de palma utilizado no processo de fritura das massas instantâneas	48
TABELA 9 – Resultados da determinação do índice de saponificação nas amostras do óleo de palma utilizado no processo de fritura das massas instantâneas	51
TABELA 10 – Resultado da determinação do percentual de umidade nas amostras de massas instantâneas em diferentes temperaturas de processo	55
TABELA 11 – Resultados da determinação do percentual de lipídios nas amostras de massas instantâneas em diferentes temperaturas de processo	58
TABELA 12 – Resultados do monitoramento da temperatura no decorrer da fritadeira industrial	67

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS	12
2.1 OBJETIVO GERAL	12
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
3.1 PALMA	13
3.2 CARACTERÍSTICAS DOS ÓLEOS.....	15
3.3 FRITURAS	17
3.4 MASSAS INSTANTÂNEAS	19
3.5 ANÁLISES DO ÓLEO.....	20
3.6 ANÁLISES DA MASSA INSTANTÂNEA	24
3.7 CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO (CEP)	25
3.7.1 Análise do Sistema de Medição (MSA)	26
3.7.2 Teste de normalidade.....	27
3.7.3 Teste de correlação amostral	28
3.7.4 Teste de capacidade	28
4 MATERIAL E MÉTODOS	30
4.1 MATERIAL UTILIZADO.....	30
4.2 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DO ÓLEO DE PALMA.....	30
4.2.1 Coleta de amostras	30
4.2.2 Análises laboratoriais	33
4.2.3 Tratamento Estatístico.....	33
4.3 MONITORAMENTO DA TEMPERATURA DO PROCESSO DE FRITURA	34
4.3.1 Análise do Sistema de Medição (MSA)	34
4.3.2 Perfil da temperatura na fritadeira	34
4.3.3 Controle estatístico de processo (CEP).....	35
4.3.4 Método rápido de análise	35
4.4 AVALIAÇÕES DAS CARACTERÍSTICAS DAS MASSAS INSTANTÂNEAS	37
4.4.1 Coleta de amostras	37
4.4.2 Análise da massa instantânea.....	37
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
5.1 ESTUDO DO PROCESSO PRODUTIVO DE MASSAS INSTANTÂNEAS	39
5.2 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DO ÓLEO DE PALMA.....	42
5.2.1 Índice de acidez	42
5.2.2 Índice de peróxidos	47
5.2.3 Índice de saponificação.....	51
5.3 MÉTODO RÁPIDO DE ANÁLISE	53
5.4 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DA MASSA INSTANTÂNEA.....	54
5.4.1 Determinação de Umidade.....	54
5.4.2 Determinação de Lipídios.....	57
5.5 MONITORAMENTO DA TEMPERATURA	60
5.5.1 Análise do Sistema de Medição (MSA)	60
5.5.2 Controle Estatístico de Processo (CEP).....	62
5.5.3 Monitoramento da temperatura na fritadeira	67
6 CONCLUSÃO.....	69
REFERÊNCIAS.....	71

1 INTRODUÇÃO

A produção e consumo de óleos vegetais aumentou no Brasil, substituindo parte do consumo de gorduras animais. Com isso, novas espécies vegetais para a obtenção de óleos foram comercializadas, como por exemplo, a palmeira *Elaeis guineenses*, no qual produz frutos onde destes, é possível por meio de processos tecnológicos, realizar a extração do óleo de palma (NUNES, 2007).

Em 2013 o óleo de palma no Brasil, apresentou uma produção de 335 mil toneladas, valor este superior quando comparado, por exemplo, com o período de 2012 onde este apresentou uma produção de 310,2 mil toneladas. Já em relação ao consumo de óleo de palma, demonstrou também crescimento, sendo 512,7 mil toneladas consumidas em 2013 e em 2012 este valor foi de 472,5 mil toneladas (MAPA, 2015).

O consumo de dendê ou também conhecido como óleo de palma no Brasil, em se tratando de mercado interno, é realizado por vendas diretas às indústrias de alimentos, sabões, lubrificantes e rações (MÜLLER; JÚNIOR, 2001).

Em relação ao meio de consumo de óleos vegetais no Brasil, é verificado que mais de 84% são destinados para fins alimentícios e aproximadamente 16% são utilizados para fins industriais. O óleo de palma apresenta alta produtividade e excelente matéria prima, onde pode ser empregado para a produção de alimentos, como por exemplo, frituras ou então como energia, o qual é utilizado para a produção de biocombustíveis (NUNES, 2007; CORLEY, 2009).

Segundo Moretto e Fett (1998), o óleo de palma possui características de ser resistente a altas temperaturas não sofrendo oxidação. Por conta disso, o óleo é muito utilizado em processos de fritura onde é necessário operar a altas temperaturas, a fim de conferir ao produto processado, características sensoriais desejáveis.

Em um processo de fritura, além de se trabalhar com um óleo resistente a altas temperaturas, é necessário ter o controle de alguns fatores, como por exemplo, a temperatura em que o óleo é submetido. De acordo com Sanibal e Filho (2002), as temperaturas do processo de fritura ficam em torno de 162 a 196 °C, sendo que,

quando muito abaixo acaba acarretando em tempo excessivo de fritura e alta absorção de óleo, enquanto que, altas temperaturas provocam o aceleração da degradação do óleo.

Devido a esse e demais fatores, é de suma importância avaliar as características físico químicas do óleo de fritura e monitorar a temperatura do mesmo. Atualmente, existem métodos que envolvem testes rápidos e laboratoriais a fim de determinar a caracterização dos óleos. Em relação à temperatura, uma ferramenta muito utilizada pelas indústrias, é o Controle Estatístico de Processo (CEP), onde é possível obter o perfil sobre o processo de maneira eficaz, e a partir disto, se necessário, elaborar planos de ação para prevenir possíveis situações fora de controle que comprometam a qualidade do óleo e conseqüentemente do produto final.

Diante disto, o objetivo deste trabalho, consiste em realizar a caracterização da degradação do óleo de palma refinado, utilizado para fritura das massas instantâneas no decorrer do processo de sua utilização e ainda, realizar um estudo referente ao controle estatístico do processo de fritura para a variável temperatura.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Estudar o processo de fritura na produção das massas instantâneas, com o intuito de caracterizar o perfil oxidativo do óleo de palma utilizado, além de definir o comportamento da variável temperatura do processo e seus efeitos sobre a umidade e a concentração de lipídeos no produto final.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar as características físico-químicas (índice de acidez, índice de peróxidos e índice de saponificação) do óleo de palma novo e no decorrer do processo de fritura de massas instantâneas;
- Avaliar as características físico-químicas (umidade e teor de lipídios) do produto final (massa instantânea);
- Determinar a concentração de ácidos graxos livres presentes no óleo, através da aplicação da análise do teste rápido (monitor de óleos e gorduras 3M);
- Comparar os resultados obtidos com as legislações e a outros estudos;
- Realizar a Análise do Sistema de Medição (MSA) para as variáveis operadores e termômetros;
- Monitorar a temperatura do óleo no processo de fritura para realização do controle estatístico de processo e correlacionar os dados obtidos com as análises físico-químicas das massas instantâneas;
- Realizar o estudo referente ao perfil da temperatura na fritadeira industrial.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 PALMA

O óleo de palma ou também conhecido principalmente no Brasil como óleo de dendê, pertence à família das Palmáceas, e se obtém da palmeira *Elaeis guineenses*, sua origem precedeu-se da África Ocidental. No Brasil, a palmeira foi introduzida pelos escravos oriundos da África no século XVI (JORGE, 2009).

Após a introdução da oleaginosa no Brasil, ano a ano novas pesquisas tanto para o melhoramento da planta, produção, adaptação em novos climas, quanto para novas aplicações, estão sendo desenvolvidas. Esses melhoramentos juntamente com programas de incentivo criados pelo governo contribuem para uma maior produção de óleos no Brasil, em que nos dias de hoje já apresentam uma produção satisfatória. Em relação à produção do óleo de palma, esta fica em torno de 6 toneladas anualmente por hectare, um número de 5 a 10 vezes maior quando comparado, por exemplo, com o óleo de soja (MANDARINO; ROESSING; BENASSI, 2005).

Mundialmente, a planta está presente em 8% das terras alocadas para a produção da oleaginosa. De acordo com os dados do USDA – *Foreign Agriculture Service*, a Malásia e a Indonésia são os maiores produtores de óleo de palma, sendo que juntas representam 55 milhões de toneladas. O Brasil ainda encontra-se com pequena produção, quando comparado com esses países, conforme pode ser observado na Tabela 1 (USDA, 2016).

Tabela 1-Produção mundial de óleo de palma

	País	Toneladas
1°	Indonésia	35.000.000
2°	Malásia	20.000.000
3°	Tailândia	2.300.000
4°	Colômbia	1.280.000
5°	Nigéria	970.000
6°	Equador	560.000
7°	Honduras	545.000
8°	Papua N. Guiné	522.000
9°	Gana	520.000
10°	Guatemala	515.000
11°	Costa do Marfim	415.000
12°	Brasil	340.000

Fonte: USDA- *Foreing Agriculture Service* (2016)

As maiores áreas de cultivo da palmeira no Brasil encontram-se na região Norte, onde o estado do Pará é considerado como o maior produtor de óleo de palma. O alcance da alta produção é devido principalmente ao clima, o qual apresenta condições favoráveis para o cultivo, e também, a investimentos que são oferecidos principalmente pelo governo federal, com implantação de projetos de expansão da dendeicultura (GLASS, 2013).

O óleo de palma é extraído dos frutos que são acoplados em cachos produzidos pela palmeira, chamada de dendezeiro, e requer condições climáticas adequadas para o seu desenvolvimento. Para a boa produção de cachos, folhas e alto teor de óleo nos frutos, a temperatura mínima média deve ser de aproximadamente 24 °C. Além disto, outra condição que deve ser levado em consideração é a quantidade e a distribuição das chuvas. São desejáveis precipitações pluviométricas acima de 2000 mm/ano, sendo esta quantidade distribuída regularmente no decorrer de todos os meses do ano (EMBRAPA, 1995).

As palmeiras podem alcançar alturas de até 15 metros com comprimento de folhas próximas a um metro. Os frutos, acoplados em cachos que podem pesar mais de 20 kg, possuem polpa (mesocarpo) fibrosa que no momento de sua formação, possuem coloração preta, e conforme o grau de maturação evolui, este passa a ter um aspecto alaranjado ou avermelhado (SILVA, 2005).

3.2 CARACTERÍSTICAS DOS ÓLEOS

Os óleos e gorduras são substâncias insolúveis em água, formadas predominantemente de produtos de condensação entre “glicerol” e “ácidos graxos”, chamados triglicerídeos (MORETTO; FETT, 1998).

De acordo com Oetterer, Regitano-d’Arce e Spoto (2006), óleos e gorduras são praticamente uma mistura de triglicerídeos mistos, pois os demais constituintes aparecem em proporções menores, via de regra inferior a 5%.

Por meio de vários processos tecnológicos empregados pelas indústrias, é possível extrair dois tipos de óleos da oleaginosa. O óleo de polpa (óleo de palma, *palm oil*, palmenol) ou também conhecida no Brasil como azeite de dendê é extraído da polpa (mesocarpo), possui coloração amarela ou avermelhada devido à presença de carotenoides e um sabor adocicado. Já o óleo de palmiste é obtido da amêndoa da palma (LEVERMANN; SOUZA, 2014; SILVA, 2005). Segundo Souza (2000), o rendimento em óleo de polpa é de 22% do peso do cacho e 2% para o óleo de palmiste.

O óleo de polpa é composto por 60% de ácido oléico a qual pode ser utilizado em frituras, pois é resistente às altas temperaturas sem provocar oxidação, fenômeno responsável por formação de peróxidos e odores desagradáveis. Curvelo (2010) destaca que, “devido à sua alta concentração de ácidos graxos saturados e sua característica proporção de ácido oléico e linoléico, o óleo de polpa apresenta uma boa estabilidade térmica”.

Já a estearina, que compreende os 40% pode ser utilizada diretamente na fabricação de gorduras industriais, bolos, biscoitos e margarinas (MORETTO; FETT, 1998).

Sabe-se que o óleo comestível é um dos componentes críticos em um sistema de fritura. Uma das causas da sua degradação está relacionada com a concentração de ácidos graxos insaturados presentes em sua composição (CAMILO, 2007).

A concentração de ácidos graxos presentes no óleo de palma em comparação com outros óleos pode ser verificada na Tabela 2.

Tabela 2-Composição dos ácidos graxos de diferentes oleaginosas

Óleos	Gordura Monoinsaturada	Gordura Saturada	Gordura Poliinsaturada	
			Ácido linoléico	Ácido α -linolênico
Palma	39%	51%	10%	-
Soja	24%	15%	54%	7%
Milho	25%	13%	61%	1%
Canola	58%	6%	26%	10%

Fonte: Moretto e Fett (1998)

Segundo Angelo et al. (1996), os óleos vegetais que possuem em sua composição uma maior concentração de ácidos graxos poli-insaturado estão mais propícios à oxidação quando comparados com óleos que apresentam maior quantidade de ácidos graxos saturados. Analisando as oleaginosas mencionadas na Tabela 2, nota-se que o óleo de palma possui baixa concentração de gordura poli-insaturado e maior porcentagem de gordura saturada, sendo assim, um óleo com características apropriadas para ser utilizado em processos de frituras. Em relação aos demais, estes, apresentam características menos propícias para a utilização em processo de frituras, pelo fato de serem mais facilmente oxidados.

Além disso, o óleo de palma possui características benéficas ao organismo, uma vez que é rico em vitaminas A e E, além de possuir componentes

que possuem atividade anticancerígena. Porém quando consumido em grandes proporções, pode oferecer riscos a saúde do consumidor, como por exemplo, o desenvolvimento de doenças cardiovasculares (MANDARINO; ROESSING; BENASSI, 2005).

Em relação ao óleo de palmiste, este possui característica de ser denso e saturado, além de ser composto por 47% de ácido láurico e 16% de ácido mirístico. É utilizado na fabricação de sabões, sabonetes, sabão em pó, além da indústria alimentícia, podendo ser utilizado inclusive como combustível em motores a diesel (MORETTO; FETT, 1998; CURVELO, 2010).

3.3 FRITURAS

A utilização de óleos vegetais em frituras proporciona rapidez, praticidade na preparação de alimentos, além de conferir as características sensoriais desejáveis, como o sabor, odor e textura (MENDONÇA et al., 2008).

No Brasil, os alimentos fritos tem valor significativo em relação ao consumo, principalmente em lanchonetes, restaurantes, indústrias de salgadinhos, entre outros (JORGE; LOPES, 2003). Um dos motivos que levam o brasileiro a optar por consumir alimentos fritos, é devido a sua praticidade, redução no tempo de preparo e a facilidade de consumo.

Além disso, segundo Fellows (2006), os alimentos submetidos a processos de frituras em que se opera em altas temperaturas, apresentam um efeito conservante devido à destruição térmica de microrganismos e enzimas e ainda, a redução da atividade de água no alimento proporcionando assim, condições inadequadas para a ocorrência de reações que provocam a degradação do alimento.

Contudo, hoje em dia, existe uma grande preocupação relacionada à saúde e ao consumo de alimentos fritos, devido ao fato de estes, possuírem em sua composição, alto teor de gordura, proveniente principalmente dos processos de frituras. De acordo com Saguy e Dana (2003), durante o processo de fritura, ocorre a

absorção do óleo nos alimentos, sendo que esta pode ser descrita através de dois mecanismos, que são explicados a seguir:

Em primeiro momento, quando o alimento é submetido a imersão em óleo a uma temperatura elevada, ocorrem mudanças na sua estrutura celular e formação de micro-canais (estrutura esponjosa) devido à evaporação da água, proporcionando desta forma, condições favoráveis à penetração do óleo no alimento (SAGUY; DANA, 2003).

O segundo mecanismo, se refere a etapa de resfriamento do alimento frito, que acontece logo após o processo de fritura, e têm como objetivo diminuir a temperatura da massa e retirar o excesso de gordura da superfície. Durante a fritura, ocorre a evaporação da água, e aumento da pressão interna do produto, em seguida, o resfriamento provoca a diminuição na pressão de vapor interna do produto, devido à condensação do vapor d'água, criando um "efeito vácuo", no qual o óleo aderido à superfície do produto, é succionado parcialmente. O processo de absorção de óleo é caracterizado como um fenômeno de superfície que envolve o equilíbrio entre a adesão e a drenagem de óleo no momento em que o produto é retirado da fritadeira e segue para o resfriamento (LUCAS, 2010).

A fritura é considerada um processo relativamente simples, porém torna-se complexo quando se deseja obter um produto de alta qualidade, pois há vários fatores que devem ser controlados (DAMY; JORGE, 2003).

A temperatura é um dos principais fatores, onde esta é uma medida variável e que deve ser controlada de forma a proporcionar a mínima degradação do óleo e conseqüentemente contribuir para melhor qualidade do produto. Normalmente, as temperaturas empregadas no processo de fritura ficam entre 162 a 196 °C. O monitoramento da temperatura é de extrema importância uma vez que temperaturas baixas resultam em um tempo excessivo para a fritura do produto, e quando altas aceleram a degradação do óleo (SANIBAL; FILHO, 2002).

Durante o processo de fritura, ainda que controlado possíveis variáveis, o óleo está susceptível a algumas mudanças físicas como, por exemplo, o escurecimento, aumento da viscosidade e diminuição do ponto de fumaça. Podem ocorrer também mudanças químicas, que potencializam a hidrólise dos triacilgliceróis pela ação do calor e umidade, formando ácidos graxos livres,

monoacilglicerol e diacilglicerol. Além disso, está exposto a sofrer oxidação, onde há a reação do oxigênio com ácidos graxos insaturados (SANIBAL; FILHO, 2002; RAMALHO; JORGE, 2006).

A oxidação pode ser dividida em três etapas de ocorrência: iniciação, propagação e término. A iniciação é favorecida pela ação da luz e calor onde há a retirada de um hidrogênio do carbono da molécula do ácido graxo formando radicais livres. A propagação é a etapa em que os radicais livres estão propícios ao ataque, havendo a transformação destes em peróxidos e hidroperóxidos, dienos conjugados, hidróxidos e cetonas e por fim, ainda podem se decompor em fragmentos ou permanecer na molécula do triacilglicerol e se associarem, conduzindo a triacilgliceróis diméricos e poliméricos. O término é a última etapa da oxidação, na qual dois radicais combinam-se, formando produtos estáveis obtidos por cisão e rearranjo dos peróxidos (SANIBAL; FILHO, 2002; RAMALHO; JORGE, 2006).

Devido a essas e outras alterações que podem ocorrer no óleo durante o processo de fritura, não há um único método que possa ser utilizado para identificar todas as situações que envolvem a degradação do óleo. Porém a determinação do ponto de descarte do óleo que é reutilizado torna-se de grande importância, uma vez que este faz parte da dieta dos consumidores e deve, portanto apresentar características adequadas de consumo, além do aspecto econômico, pois quando o mesmo é descartado muito cedo, implica em maior desperdício e conseqüentemente em maiores custos para o estabelecimento. Por outro lado, quando o óleo é descartado muito tardio, acaba afetando a qualidade do alimento (SANIBAL; FILHO, 2002).

3.4 MASSAS INSTANTÂNEAS

Segundo a Associação Brasileira das Indústrias de Biscoitos, Massas Alimentícias e Pães & Bolos Industrializados (ABIMAPI), a Itália e os EUA são os maiores consumidores de massas alimentícias. O Brasil encontra-se em terceiro

lugar com um consumo de aproximadamente 1,2 milhão de toneladas de macarrão (ABIMAPI, 2016).

De acordo com a pesquisa realizada pela *Latin Panel*, mais de 44 milhões de lares brasileiros adquiriram algum tipo de massa em 2008, sendo que as classes C e D representaram 77% do consumo das massas, principalmente as massas instantâneas. Se comparado o período de 2007 a 2008, o consumo de massas instantâneas cresceu em 6% (ADITIVOS & INGREDIENTES, 2009).

Em se tratando de regulamentações, no Brasil a Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), estabelece o Regulamento Técnico para Produtos de Cereais, Amidos, Farinhas e Farelos, e define que massas alimentícias “são os produtos obtidos da farinha de trigo (*Triticum aestivum L.* e ou de outras espécies do gênero *Triticum*) e ou derivados de trigo durum (*Triticum durum L.*) e ou derivados de outros cereais, leguminosas, raízes e ou tubérculos, resultantes do processo de empasto e amassamento mecânico, sem fermentação. Os produtos podem ser apresentados secos, frescos, pré-cozidos, instantâneos ou prontos para o consumo, em diferentes formatos e recheios” (BRASIL, 2005).

Além disto, em âmbito internacional, o *Codex Alimentarius* é composto por um conjunto de normas que visam estabelecer critérios, que quando seguidos adequadamente, permitem que os alimentos não apresentem riscos à saúde do consumidor. Em relação a massas instantâneas, o *Codex Alimentarius*, estabelece a *Standard For Instant Noodles* (CODEX STAN 249-2006), que traz em seu conteúdo, por exemplo, que o teor de umidade do macarrão instantâneo deve ser de no máximo 10%, a fim de garantir a segurança de alimentos (CODEX ALIMENTARIUS, 2006).

3.5 ANÁLISES DO ÓLEO

Durante a utilização do óleo em frituras, este tende a determinado instante começar a perder suas características, provocando a formação de

compostos indesejáveis que comprometem as qualidades funcionais, sensoriais e nutricionais do produto. Sendo assim a determinação desses compostos por meio de análises, durante o processo de fritura é de grande importância para os consumidores, uma vez que parte do óleo é absorvida pelo alimento e torna-se um componente presente neste.

Há vários métodos e equipamentos que são indicados para avaliar com precisão a qualidade do óleo, contudo, alguns são caros e demorados, tornando-se inviáveis para determinados processos. No entanto, existem métodos rápidos e reproduzíveis, como os métodos laboratoriais onde é possível determinar, por exemplo, o índice de acidez, índice de peróxidos e índice de saponificação, entre outros (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

O índice de acidez revela o estado de conservação do óleo. A acidez livre decorre da hidrólise parcial dos glicerídeos, e é dependente da origem e da qualidade da matéria-prima, do grau de pureza e principalmente das condições de processamento, onde há alterações quando submetidos a aquecimentos e contato com a luz (MORETTO; FETT, 1998).

A determinação deste índice pode ser feita por análises titulométricas, ou comumente conhecido como métodos de titulação, onde é possível quantificar o número de miligramas (mg) de hidróxido de potássio (KOH) que são necessários para neutralizar um grama da amostra. Frequentemente podem ser expressos em termos de índice de acidez, podendo também ser indicado em mililitros (mL) de solução normal por cento v/p, ou ainda, em ácido oleico por cento p/p, sendo esta, a mais utilizada pelos regulamentos técnicos (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

No Brasil, ainda não há uma legislação específica que mencione os critérios para que um óleo utilizado em frituras seja descartado. No entanto, diante da necessidade e importância de se monitorar o óleo de fritura, foi publicado pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), o Informe Técnico nº 11, de 5 de outubro de 2004, no qual menciona que os valores de ácidos graxos livres não devem ultrapassar os 0,9%, os compostos polares no máximo de 25% e os valores de ácido linolênico, não ultrapasse o limite de 2% (BRASIL, 2004).

Além disto, em se tratando de óleos refinados, no Brasil a Resolução RDC nº 270, de 22 de setembro de 2005 da ANVISA, estabelece o regulamento técnico

para óleos vegetais, gorduras vegetais e creme vegetal e traz nas suas especificações que, para óleos e gorduras refinados o índice de acidez deve ser de no máximo 0,6 mg KOH/g (BRASIL, 2005). Este parâmetro é também mencionado pelo *Codex Alimentarius* (Codex Stan 210-1999) (CODEX ALIMENTARIUS, 2015).

Países como a Bélgica, França, Alemanha, Estados Unidos e Suíça, possuem legislações específicas que estabelecem limites aceitáveis de consumo para óleos de fritura, porém ainda são poucos, quando comparado mundialmente. A maioria adota guias práticos para recomendação de boas práticas na operação de fritura, e também procedimentos para análises onde se controla a qualidade dos óleos novos e dos alimentos fritos (SANIBAL; FILHO, 2002).

O índice de peróxido objetiva verificar a presença de substâncias oxidantes. Estas substâncias são geralmente consideradas como peróxidos ou outros produtos similares resultantes da oxidação da gordura. É expresso em miliequivalentes (meq) de peróxido por 1000 gramas (g) de amostra (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008). É um dos métodos mais utilizados para medir o estado de oxidação de óleos e gorduras. Quando há o começo da deterioração da gordura, os peróxidos são os primeiros compostos formados (CECCHI, 2003).

Para a determinação analítica dos peróxidos, devemos considerar que no momento em que ocorre a oxidação das duplas ligações dos ácidos graxos insaturados, ocorre a formação de peróxidos, que oxidam o iodeto de potássio adicionado, liberando iodo. A quantidade de iodo liberado é relacionado com a quantidade de peróxidos existentes, sendo este relacionado com o grau de oxidação do óleo (RIBEIRO; SERAVALLI, 2007).

No momento em que a concentração de peróxidos atinge certo nível, há a ocorrência de mudanças, provocando a formação de compostos de baixo peso molecular, oriundos de sua degradação. Além disso, a presença de peróxidos indica a produção de compostos tóxicos, como aldeídos, cetonas, álcoois, hidrocarbonetos e ácidos sendo estes, prejudicial a saúde do consumidor, e ainda podem ser percebidas mudanças no alimento como alterações no sabor, cor e odor (ARAÚJO, 2004).

A fim de garantir alimentos saudáveis e proteger a saúde dos consumidores foi estabelecido, de acordo com a Resolução RDC nº 270, de 22 de

setembro de 2005 da ANVISA, o limite máximo de índice de peróxido permitido de 10,0 meq/kg (BRASIL, 2005). Este parâmetro é também mencionado pelo *Codex Alimentarius* (Codex Stan 210-1999) (CODEX ALIMENTARIUS, 2015).

Os triacilgliceróis ou também denominados de triglicerídios ou ainda de triglicérides, podem ser hidrolisados, liberando ácidos graxos e glicerol, esta hidrólise em meio alcalino, provoca a formação de sais de ácidos graxos e sabões, este processo é chamado de saponificação (MARZZOCO; TORRES, 2011). Segundo Moretto e Fett (1998), quanto mais alto for o índice de saponificação detectado em óleos, mais ele é adequado para fins alimentares.

O índice de saponificação é importante para analisar o perfil inicial de degradação do óleo, além de avaliar a proporção de óleos ou gorduras compostos por ácidos graxos de baixo peso molecular. Com isso, quanto menor o peso molecular do ácido graxo, maior será o índice de saponificação.

Por meio desta determinação é possível obter a quantidade de álcali necessária para saponificar uma quantidade de amostra. Nesta análise, o lipídio presente na amostra é hidrolisado em meio alcalino sob aquecimento e o produto formado é titulado por ácido. A leitura da análise é expressa em miligramas (mg) de hidróxido de potássio necessário para saponificar um grama de amostra (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

Para o óleo de palma é estabelecido pela norma internacional *Codex Alimentarius* (CODEX STAN 210-1999), que o índice de saponificação deve estar entre 190 a 209 mg KOH/g (CODEX ALIMENTARIUS, 2015).

Além dos métodos laboratoriais, existem os chamados testes rápidos para o monitoramento de óleos de frituras, que tem por objetivo propor uma análise rápida e indicar o estado de degradação do óleo. Esses testes são baseados em uma mudança química que ocorre no óleo durante o processo de fritura, geralmente relacionada com a quantidade de compostos polares (SANIBAL; FILHO, 2002).

Um dos testes rápidos usualmente utilizados, principalmente por bares e restaurantes, é o Monitor de Óleos e Gorduras. É um método simples, prático e seguro, onde visa determinar a qualidade e a vida útil do óleo de fritura, indicando a hora certa para o descarte do mesmo através da mudança de cor do reagente à medida que a concentração de ácidos graxos livres aumenta. A Figura 1 mostra a

escala de leitura, onde é possível verificar a variação do teor de ácidos graxos livres de 2% a 7% (3M, 2016).

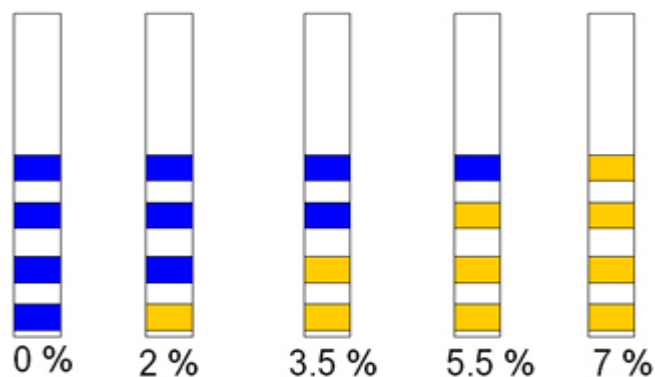


Figura 1 - Monitor de óleos e gorduras
Fonte: 3M (2016)

3.6 ANÁLISES DA MASSA INSTANTÂNEA

Nos dias de hoje, há uma grande preocupação com a rápida deterioração dos alimentos, com a conservação e garantia da qualidade, principalmente por parte das indústrias, onde as mesmas precisam buscar meios de garantir que o alimento esteja presente na mesa do consumidor com as características desejáveis para o consumo.

A deterioração de um produto, geralmente é acelerada devido a alguns fatores, tais como o crescimento de microrganismos, atividade enzimática e reações químicas, sendo que estas estão ligadas diretamente com a presença de água (RIBEIRO; SERAVALLI, 2007).

Um dos pontos que determinam a vida de prateleira de alimentos fritos, por exemplo, é o teor de umidade presente após a fritura. Alimentos que possuem alto teor de umidade em sua estrutura interna apresentam uma vida de prateleira consideravelmente curta (FELLOWS, 2006).

Além da umidade, outro parâmetro importante na composição dos alimentos é o teor de lipídios. Este, por sua vez quando em alta concentração pode trazer problemas para a saúde do consumidor, como por exemplo, obesidade, doenças coronarianas e, em alguns casos câncer (FELLOWS, 2006).

A quantidade de absorção do óleo pelo produto pode variar de acordo com a temperatura de processo. Em um estudo realizado por Damy e Jorge (2003), sobre a absorção de óleo de soja refinado e gordura vegetal hidrogenada durante o processo de fritura, mostrou-se que em temperaturas altas (180 °C) a absorção do óleo foi menor em relação à temperatura mais baixa (170 °C).

3.7 CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO (CEP)

O controle estatístico de processo (CEP) é uma ferramenta da qualidade, no qual se analisa a variabilidade do processo através de dados coletados, a fim de obter maior controle e padronização destes processos. A coleta de dados é realizada periodicamente na qual a cada intervalo de tempo é coletada uma amostra, e a partir disto, empregando as ferramentas da qualidade, é possível realizar estudos referentes ao teste de normalidade, capacidade de processos e gráficos de controle e assim se necessário, planejar ações corretivas e correções para garantir a estabilidade e a melhoria contínua dos processos (COSTA; EPPRECHT; CARPINETTI, 2012).

Em um determinado processo, é possível analisar dois tipos de variabilidade que afetam a produção provocando oscilações e assim, comprometendo a obtenção de produtos padronizados. Segundo Montgomery e Runger (2009), a variabilidade natural ou também chamada de causa comum, é proveniente de causas que geram pequenas variações e estão naturalmente presentes no processo, e que muitas vezes são inevitáveis e difíceis de serem eliminadas.

Outra possibilidade de variabilidade é quando no processo existem causas atribuídas ou também chamadas de causas especiais. Geralmente as causas especiais de processo são atribuídas ao fato de haver erros dos operadores, máquinas inadequadas ou matérias primas defeituosas (MONTGOMERY; RUNGER, 2009).

A partir da elaboração de gráficos de controle, é possível analisar se um processo está sob controle ou fora de controle. Se pontos estiverem fora dos limites estabelecidos, significa que pode haver causas especiais atuando no processo e as mesmas devem ser investigadas e eliminadas. Para que um processo possa ser considerado estável, alguns comportamentos dos pontos devem ser observados, como por exemplo, devem distribuir-se aleatoriamente em torno da linha média e apresentar uma distribuição normal dos dados. Além disso, podem ser analisadas através do teste de tendência, várias hipóteses na qual visam identificar possíveis tendências de o processo apresentar-se instável em determinado momento (FONSECA, 2008).

3.7.1 Análise do Sistema de Medição (MSA)

Em um processo de medição, torna-se difícil obter um valor medido ideal, ou seja, os resultados obtidos serem isentos de erros de medição. Geralmente os fatores como o tipo de equipamento utilizado, o ambiente, ou o operador, acabam acarretando em possíveis alterações significativas nas coletas de dados, comprometendo a real representatividade da amostra (COSTA; EPPRECHT; CARPINETTI, 2012).

Para avaliar se um sistema de medição é adequado, torna-se necessário analisar sua confiança, que pode ser expresso pelo índice R&R. Este envolve a variabilidade de dois termos, a Repetitividade e a Reprodutibilidade.

A Repetitividade é o grau de concordância entre os resultados que foram registrados em um determinado processo, sendo estes realizados nas mesmas condições de medição. Em outras palavras define-se repetitividade como a capacidade de um instrumento fornecer valores muito próximos nas mesmas condições de medição. Algumas das condições de medição incluem o operário seguir um mesmo procedimento estabelecido, o mesmo operário realizar a medição com o mesmo instrumento e o mesmo local onde ocorre a medição (COSTA; EPPRECHT; CARPINETTI, 2012).

Com relação à Reprodutibilidade, é o grau de concordância entre os resultados das medições de um mesmo processo registrados sob condições variadas de medição, como por exemplo, efetuada por diversos operadores. (COSTA; EPPRECHT; CARPINETTI, 2012).

De acordo com a Tabela 3, pode-se observar a classificação do sistema de medição quanto à % R&R.

Tabela 3-Classificação do sistema de medição

% R&R	Classificação
% R&R ≤ 10%	Adequado
10 < % R&R ≤ 30	Pode ser adequado dependendo da importância.
% R&R > 30	Inadequado. Sistema de medição necessita de melhorias

Fonte: Costa; Epprecht; Carpinetti (2012)

3.7.2 Teste de Normalidade

A função do teste de normalidade é analisar se os dados provêm ou não de uma distribuição normal. O teste de normalidade pode ser realizado por meio de alguns métodos, como por exemplo, de Anderson-Darling o qual é utilizado para testar hipóteses de aderência para modelos contínuos (FERREIRA, SOUZA, SILVA, 2013; SILVA et al., 2015).

Essas hipóteses se referem, a saber, se os dados seguem uma distribuição de probabilidade normal (H_0) ou os dados não seguem uma distribuição de probabilidade normal (H_1). Se o nível de significância (p-valor) for pequeno ($p < 0,05$) a hipótese nula é rejeitada e conclui-se que os dados analisados não seguem uma distribuição normal (FERREIRA, SOUZA, SILVA, 2013; SILVA et al., 2015).

No Controle Estatístico de Processo, deve-se haver uma distribuição dos dados que apresentem uma densidade normal. Caso contrário, é provável que haja um indicativo de possibilidade de causas especiais atuando no processo e, portanto o Controle Estatístico de Processo não é aplicável de maneira adequada.

3.7.3 Teste de correlação amostral

Para se trabalhar com gráficos de controle convencional (Shewhart), é fundamental que as amostras em estudo sejam independentes e distribuídas de forma normal. Caso isso não for satisfeito, haverá a redução da aplicabilidade dos gráficos convencionais. Se os dados apresentarem alguma interdependência, ou seja, autocorrelação, o risco α aumenta, comprometendo assim o resultado devido a elevadas ocorrências de alarmes falsos (COSTA; EPPRECHT; CARPINETTI, 2012).

Os processos contínuos ou por bateladas raramente produzem observações independentes, de modo que se torna impossível realizar o monitoramento através dos gráficos convencionais. Diante disto, muitas vezes torna-se necessário espaçar as medidas por um intervalo de tempo longo, permitindo assim o trabalho com gráficos de observações individuais e amplitude móvel (COSTA; EPPRECHT; CARPINETTI, 2012).

3.7.4 Teste de capacidade

A capacidade de processo se refere a variabilidade existente a um processo comparado com as especificações ou exigências de um produto. A capacidade do processo trata-se da uniformidade de produção (MONTGOMERY, 2013).

Para a realização da análise da capacidade do processo, existem três técnicas usualmente empregadas na análise, sendo por meio de histogramas, gráficos de controle ou experimentos planejados (MONTGOMERY, 2013).

Segundo Costa, Epprecht e Carpinetti (2012), os índices de capacidade do processo são parâmetros que quantificam o quanto um determinado processo é capaz de atender a determinadas especificações. Existem vários índices a fim de caracterizar a capacidade do processo, dentre eles pode-se mencionar o C_p e C_{pk} . Quanto maior o valor destes índices, melhor é a capacidade do processo em atender

determinadas especificações, porém para um processo ser considerado como capaz, o valor mínimo estabelecido é de 1,33.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 MATERIAL UTILIZADO

Para o desenvolvimento deste estudo, foi utilizado óleo de palma refinado, proveniente de uma indústria de massas instantâneas da região Oeste do Paraná.

4.2 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DO ÓLEO DE PALMA

4.2.1 Coleta de amostras

As coletas de amostras foram realizadas pelos operários da indústria de acordo com o plano de amostragem definido abaixo. Para a execução da coleta, foi ministrado pelo proponente do estudo, treinamentos com os operários a fim de instruí-los para proceder a coleta de maneira adequada.

O plano de amostragem foi constituído por oito coletas de amostra do óleo de palma. A primeira coleta da amostra foi referente ao óleo novo (AMOSTRA 0), no momento em que houve o descarregamento deste, no tanque de armazenamento (TA) da indústria.

As demais amostras foram coletadas na fritadeira industrial (FI), conforme a rotina operacional do processo de fritura das massas instantâneas. A Tabela 4 apresenta as características do processo de fritura.

Tabela 4-Propriedades do processo de fritura

Descrição	
Capacidade da fritadeira	3000 litros
Frequência de reposição do óleo	8 minutos
Vazão do óleo	230 L/h
Tempo de operação por ciclo	30 horas
Temperatura de processo (aprox.)	135 °C a 145 °C

Fonte: Arquivos da indústria (2016)

Sabe-se que durante o processo de operação é necessário que haja o reabastecimento de óleo na fritadeira com determinada frequência (a cada 8 minutos, aproximadamente 30,66 Litros), a fim de compensar perdas resultantes da absorção do óleo pela massa instantânea, e manter assim, o nível de óleo desejado para o processo. A partir disto, foi definida uma relação que representa a quantidade de óleo repostado de acordo com o tempo. Esta relação é demonstrada pela Equação 1.

$$y = 225 * x \quad (1)$$

Sendo:

y → quantidade de óleo repostado (L)

x → horas de operação (h)

Além disso, foi estimado que a maior concentração de peróxidos presentes na fritadeira, teoricamente, é referente ao momento em que houver aproximadamente 50% de óleo repostado e 50% de óleo presente desde o início do processo. Uma vez que, estes compostos são formados a partir de reações de oxidação do óleo, sendo que, estas reações são aceleradas pelo tratamento térmico.

Considerando que a capacidade da fritadeira é de 3000 litros, 50% de sua capacidade volumétrica correspondem a 1500 litros de óleo. Aplicando essas considerações na Equação 1, temos:

$$y = 225 * x$$
$$1500 = 225 * x$$
$$x = 6,66 \text{ horas}$$

Portanto, aproximadamente a cada 6 horas e meia de operação, espera-se que haja a maior concentração de peróxidos, momento no qual, devem-se ser coletadas as amostras do óleo. Atualmente a demanda de produção, exige que o processo opere por aproximadamente 30 horas a cada ciclo, sendo assim, foi definido o plano de amostragem na fritadeira da seguinte forma:

- 1° coleta (AMOSTRA 1): No tempo 0 hora, que corresponde ao início do processo, quando a temperatura do óleo na fritadeira estabilizar;
- 2° coleta (AMOSTRA 2): Às 6 horas de operação;
- 3° coleta (AMOSTRA 3): Às 12 horas de operação;
- 4° coleta (AMOSTRA 4): Às 18 horas de operação;
- 5° coleta (AMOSTRA 5): Às 24 horas de operação;
- 6° coleta (AMOSTRA 6): Às 30 horas de operação.

Após as 30 horas de operação, o processo finaliza e o óleo presente na fritadeira é bombeado ao tanque de retenção (TR), onde permanece armazenado durante uma semana, para então ser utilizado no início do ciclo posterior. Com isso, foi realizada a 7° coleta da amostra (AMOSTRA 7) no tempo 0 hora, que corresponde ao início do ciclo posterior, referente ao óleo armazenado no TR. É importante ressaltar que, esta coleta é constituída totalmente por óleo presente no TR, portanto não há traços de óleo novo adicionado.

Todas as amostras, referentes ao processo de operação, foram coletadas na fritadeira industrial, através do segundo registro de esgotamento (P2), sendo este localizado na parte central da fritadeira.

Momento antes de cada coleta foi necessário realizar o escoamento do óleo, para evitar que a coleta do mesmo fosse referente ao “ponto morto” presente no registro de esgotamento. Após o escoamento, foi coletado para cada amostra, aproximadamente 200 mL de óleo.

As amostras coletadas foram armazenadas em recipientes de vidro âmbar, sendo estes envolvidos com papel alumínio para proteção completa da luz, identificados, armazenadas em caixa térmica e transportadas ao Laboratório de Análise de Alimentos (L34) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, câmpus Medianeira. As amostras ficaram armazenadas em geladeira em temperaturas entre 5 a 10 °C, a fim de evitar possíveis alterações até a realização das análises pertinentes.

4.2.2 Análises laboratoriais

As amostras de óleo coletadas foram submetidas às análises físico-químicas citadas abaixo, no Laboratório de Análise de Alimentos (L34), da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, câmpus Medianeira. Estas foram realizadas em triplicatas, de acordo com a metodologia descrita nas Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

- Índice de acidez;
- Índice de peróxidos;
- Índice de saponificação.

4.2.3 Tratamento Estatístico

Os resultados obtidos foram submetidos à análise estatística, pelo método de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, empregando o programa estatístico Minitab, versão 17.

4.3 MONITORAMENTO DA TEMPERATURA DO PROCESSO DE FRITURA

Para a realização do monitoramento da temperatura do óleo do processo de fritura, com o intuito de desenvolver o estudo referente a Análise do Sistema de Medição (MSA), análise do perfil de temperatura na fritadeira e o Controle Estatístico de Processo (CEP), foi necessário a utilização de dois termômetros digitais tipo espeto, com escala de -30 °C a 300 °C da marca Incoterm, ambos calibrados. O plano de amostragem para cada estudo citado encontra-se descrito abaixo.

4.3.1 Análise do Sistema de Medição (MSA)

Para a realização deste estudo, foi estabelecido o plano de amostragem do monitoramento da temperatura, onde este foi constituído por cinco leituras realizadas em duplicata, sendo esta executada por cada um dos três operadores devidamente treinados. Estas foram realizadas em um espaçamento amostral de uma hora. Isto resultou em um total de 30 monitoramentos.

Após o registro do monitoramento da temperatura, os dados foram trabalhados com o auxílio do programa Minitab, versão 17, através de estudos de Gage R&R e do método ANOVA, onde foi avaliada a influência das variáveis, operadores e termômetros.

4.3.2 Perfil da temperatura na fritadeira

O plano de amostragem para este estudo foi constituído em realizar o monitoramento da temperatura em duplicata, com espaçamento amostral de uma hora durante um ciclo de operação. Estas, coletadas pelos operadores treinados, foram realizadas nos pontos de esgotamento da fritadeira P1, P2 e P3

simultaneamente, totalizando assim, um total de 35 monitoramentos em cada ponto de esgotamento analisado.

4.3.3 Controle Estatístico de Processo (CEP)

A partir dos monitoramentos que foram realizados nos três pontos da fritadeira, conforme mencionado no item 4.3.2, foi definido o estudo sobre o Controle Estatístico de Processo. Desta maneira, para a realização deste estudo, foram utilizados os monitoramentos realizados em apenas um ponto, sendo este referente ao de saída da fritadeira (P3). Este foi escolhido, devido à constatação de haver maior oscilação de temperatura de processo na fritadeira durante o ciclo de coleta, uma vez que os demais (P1 e P2) mantiveram-se sem diferenças significativas.

Após definido os dados, com o auxílio do programa Minitab, versão 17, foi obtida a média de cada monitoramento do ponto P3 e a partir disto, realizado o teste de normalidade, determinação da capacidade do processo e dos gráficos de controle para observações individuais e amplitude móvel, definindo-se o coeficiente de correlação amostral.

4.3.4 Método rápido de análise

O método rápido de análise do óleo foi realizado através do Monitor de Óleos e Gorduras (3M do Brasil), adquirido por intermédio de doação realizado pela 3M do Brasil. Este teste consiste em fitas indicadoras de ácidos graxos livres presentes no óleo.

A análise foi realizada pelos operários da indústria, no qual receberam treinamento pelo proponente do estudo, com o objetivo de orientá-los para a aplicação da mesma. O plano de amostragem da coleta do óleo para realizar a análise procedeu-se conforme a descrição do item 4.2.1, exceto para a amostra

referente ao óleo novo (AMOSTRA 0) e ao óleo presente no tanque de retenção (AMOSTRA 7). Para a análise, as amostras de óleo foram retiradas da fritadeira industrial, depositadas em um recipiente de vidro, onde as fitas de teste foram submersas no óleo durante 5 segundos, em seguida retiradas por 30 segundos e realizada a leitura.

A leitura foi realizada de forma visual, onde observou-se a mudança de cor das bandas azuis para a cor amarela. Em seguida foi realizado o registro da análise. As amostras foram submetidas à análise em duplicata.

Após o registro, foram realizadas pelo proponente do estudo as devidas interpretações da análise, sendo esta executada com o auxílio da Tabela 5, na qual descreve a situação em que o óleo se encontra de acordo com as bandas que apresentaram cor amarelas. A partir disto, é possível verificar a condição de uso em que o óleo se encontra no momento da análise onde, por exemplo, caso houver três bandas amarelas na tira, o óleo em estudo apresenta 5,5% de ácidos graxos livres e é recomendado que se faça o uso apenas para alimentos mais resistentes como os empanados (3M, 2016).

Tabela 5-Parâmetros para a utilização do monitor de óleos e gorduras

Bandas amarelas	Teor de ácidos graxos livres (%)	Situação do óleo
0	0	Bom
1	2	Começou a degradar
2	3,5	Utilize para alimentos mais sensíveis
3	5,5	Utilize para alimentos mais resistentes
4	7	Não utilize para nenhum alimento

Fonte: 3M (2016)

4.4 AVALIAÇÕES DAS CARACTERÍSTICAS DAS MASSAS INSTANTÂNEAS

4.4.1 Coleta de amostras

Para a amostragem das massas instantâneas, foi coletada uma unidade embalada e posteriormente identificada, sendo esta realizada simultaneamente com o monitoramento da temperatura do óleo no processo de fritura, descrita no item 4.3.2. Isto resultou na coleta de trinta e cinco unidades embaladas.

4.4.2 Análise da massa instantânea

Com base nos registros do monitoramento da temperatura descrito no item 4.3.2, foi definida a realização das análises de umidade e lipídios das massas instantâneas nos pontos extremos e intermediário da temperatura do processo de fritura, configurando, desta forma, três pontos. Portanto, analisou-se três amostras de massa instantânea, sendo uma referente a temperatura máxima obtida (145 °C) denominada de “A1”, outra relacionada a temperatura intermediária (142 °C), sendo esta identificada como “A2” e por fim na amostra correspondente a temperatura mínima de processo que foi detectado (138 °C), definida como “A3”.

A determinação de umidade foi realizada pelo método de secagem direta em estufa a 105 °C, conforme a metodologia descrita nas Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

Para a determinação do teor de lipídeos das massas instantânea, esta foi executada pelo método de Soxhlet, descrito nas Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

Todas as análises pertinentes à massa instantânea foram realizadas em triplicata, no Laboratório de Análise de Alimentos (L34) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, câmpus Medianeira.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise estatística, pelo método de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade, empregando o programa estatístico Minitab, versão 17.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 ESTUDO DO PROCESSO PRODUTIVO DE MASSAS INSTANTÂNEAS

Para a produção de massas instantâneas, a primeira etapa do processo é a preparação da massa. Esta etapa consiste na homogeneização dos ingredientes secos com os ingredientes líquidos. A quantidade de cada ingrediente adicionado deve ser medida cuidadosamente para obter no final uma massa com as características desejáveis e padronizadas (GARIB, 2002). Na indústria em estudo, o preparo da massa segue um procedimento de ordem e quantidade já estabelecido. Após o preparo da massa é analisado o “ponto” da mesma, a fim de verificar se as características estão adequadas para então seguir os procedimentos posteriores.

Em seguida a massa é alocada em uma esteira de descanso até o equipamento esfoliatriz, o qual dará formato a massa seguindo posteriormente para o procedimento de laminação a fim de obter o formato de manta. A laminação consiste em passar a massa através de uma série de cilindros lisos, que proporcionam a redução até a espessura adequada. Para que isso seja possível a cada passagem da massa pelo cilindro a distância entre eles diminui gerando no final a espessura desejada (GUERREIRO, 2006). Logo após este processo a manta passa para a etapa de corte, onde é realizado por cilindros cortadores, obtendo então o aspecto característico do macarrão instantâneo.

A etapa seguinte é o cozimento dos fios, onde a massa passará por um pasteurizador, que irá proporcionar um pré-cozimento. Ao sair do pasteurizador, segue para um secador para retirar o excesso de água. Em seguida, é realizado o corte e a dobragem gerando um formato e gramatura do tablete desejado.

Após esse processo, a massa segue para a etapa de fritura, onde os tabletes são imergidos em óleo de palma com temperatura de aquecimento entre 135 e 145 °C. O funcionamento da etapa de fritura pode ser representado pela Figura 2.

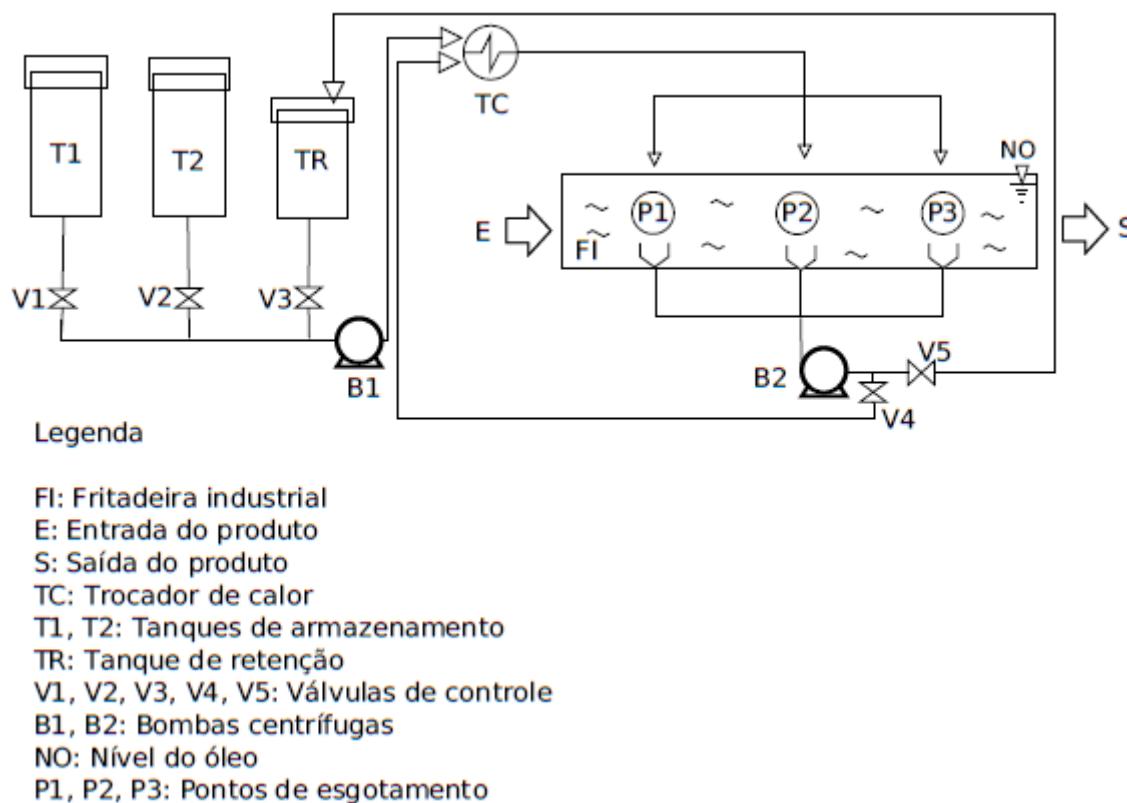


Figura 2-Fluxograma do processo de fritura da massa instantânea

Fonte: Autor, 2016

De acordo com a Figura 2, a massa instantânea entra na extremidade E da fritadeira e fica submersa no óleo em torno de 2 a 3 minutos, em seguida a mesma é retirada na outra extremidade (S), este processo acontece de forma contínua com o auxílio de uma esteira, sendo esta composta por uma tela de aço inoxidável. Nesta etapa, há a eliminação da água e incorporação de óleo ao produto, portanto é necessário que haja reposição do óleo na fritadeira, sendo que esta acontece de maneira automática, ou seja, conforme o produto vai absorvendo o óleo, o mesmo é repostado através da bomba centrífuga (B1) a qual, é acionada por um sensor de nível (NO) quando o óleo está abaixo do estabelecido.

Com o objetivo de compensar a perda de calor do óleo devido ao contato com a massa instantânea, é necessário que haja um sistema de aquecimento contínuo do óleo na fritadeira. Para isto, o óleo presente na fritadeira é bombeado através da bomba centrífuga (B2) ao trocador de calor (TC), para então ser realizado o aquecimento e ser retornado novamente à fritadeira. Este processo acontece

simultaneamente através de três entradas e saídas da fritadeira, a fim de garantir um aquecimento homogêneo ao longo da fritadeira.

Após o processo de fritura, o produto segue para a etapa de resfriamento, onde é passado por um secador, que retira o excesso de gordura da superfície da massa e diminuí a temperatura da mesma. A etapa final consiste em adicionar o sachê de tempero e em seguida é realizado o empacotamento.

Depois de finalizado todo o processo de produção, o óleo presente na fritadeira, é armazenado no tanque de retenção (TR), para então ser utilizado no início do ciclo posterior do processo. Para isso, de acordo com a Figura 2, é necessário que a válvula de controle (V4) seja interrompida e simultaneamente a V5 aberta, de forma a direcionar assim, o fluxo do óleo ao tanque de retenção (TR) por meio da bomba centrífuga (B2).

As etapas do processo produtivo de massas instantâneas que foram descritas acima é visualizada de maneira geral, quando observa-se o fluxograma, representado na Figura 3.

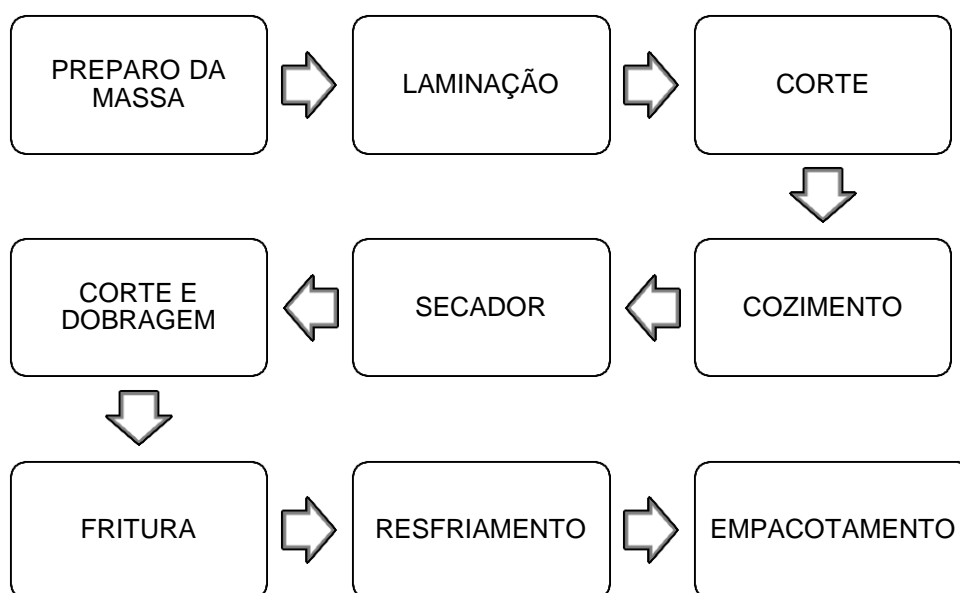


Figura 3-Fluxograma do processo produtivo da massa instantânea
Fonte: Arquivo da indústria (2016)

5.2 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DO ÓLEO DE PALMA

Considerando que um percentual de óleo utilizado no processo de fritura é absorvido pelo alimento, tornando-se parte da dieta, o meio de fritura deve apresentar-se com características adequadas. Com isto, foram realizadas as análises físico-químicas do óleo de palma utilizado no processo de fritura, a fim de verificar se o mesmo oferece características desejáveis para o consumo.

5.2.1 Índice de Acidez

A determinação do índice de acidez foi realizada com o objetivo de avaliar o comportamento de degradação do óleo de palma utilizado durante 30 horas de tratamento térmico, e após um período de 5 dias de armazenamento. Com base neste parâmetro analisado pode ser constatado o nível de qualidade em que se encontra o óleo desde o início do processo até a sua finalização.

Na Tabela 6 encontram-se os resultados obtidos para a análise de acidez do óleo de palma.

Tabela 6-Resultados da determinação do índice de acidez nas amostras do óleo de palma utilizado no processo de fritura das massas instantâneas

Amostras	Acidez (mg KOH/g da amostra)
Amostra 0	0,2836 ± 0,0025 ^c
Amostra 1	0,4445 ± 0,0263 ^b
Amostra 2	0,5000 ± 0,0210 ^{ab}
Amostra 3	0,4705 ± 0,0249 ^{ab}
Amostra 4	0,4922 ± 0,0417 ^{ab}
Amostra 5	0,5552 ± 0,0075 ^a
Amostra 6	0,5220 ± 0,0120 ^{ab}
Amostra 7	0,5608 ± 0,0016 ^a

*Média ± Erro padrão da média.

**Letras iguais, na mesma coluna, indicam não haver diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade entre as amostras.

Observa-se que a Amostra 0, referente ao óleo novo, ou seja, o óleo que ainda não foi submetido a nenhuma etapa de aquecimento no processo de produção da massa instantânea, apresentou baixo índice de acidez ($0,2836 \pm 0,0025$), diferenciando-se significativamente das demais ($p\text{-valor} < 0,05$). O baixo índice detectado leva a possíveis conclusões de que, os conjuntos de processos que visam transformar o óleo bruto em óleo comestível, ou comumente chamado de refino do óleo, estão sendo eficazes a ponto de remover grande parte dos componentes não glicérides.

Analisando o índice de acidez das amostras em estudo, verifica-se que há uma tendência de aumento do índice de acidez do óleo conforme o tempo do processo de fritura acontece. Essa tendência pode ser explicada, principalmente pelo fato de que, o fornecimento de calor ao óleo provoca a hidrólise dos ácidos graxos livres que estão presentes nos triacilgliceróis, acarretando assim em um acréscimo da degradação do óleo em processo. No entanto, nota-se que as amostras não apresentaram alterações consideradas bruscas.

O fato de serem constatadas baixas tendências de aumento no índice de acidez, durante o processo de fritura pode ser explicado devido a ocorrências de

contínuas reposições de óleo novo na fritadeira, contribuindo assim para que haja a diluição do óleo (óleo em uso + óleo repostado), mantendo com isso, o índice de acidez sem grandes alterações durante todo o processo de fritura.

De acordo com Sanibal e Filho (2002), há duas situações que podem ocorrer durante um processo de fritura e que são benéficas para a qualidade do óleo. A primeira é referente ao vapor formado a partir da umidade desprendida do alimento a ser processado, este, arrasta os subprodutos do processo de oxidação. A segunda é a possibilidade de reposição do óleo durante o processo de fritura, com isso, provoca-se a diluição dos subprodutos do processo de oxidação.

A Amostra 7 é referente ao início do ciclo posterior, ou seja, ao término do processo, o óleo foi retirado da fritadeira e bombeado para o tanque de retenção (armazenamento), no qual permaneceu armazenado por uma semana, para então ser utilizado no início do ciclo posterior, momento a qual foi coletado. Quando comparado com a Amostra 6, que se refere a última coleta do ciclo de operação, nota-se que não houve diferença significativa. Portanto, é de se esperar que, as condições de armazenamento do óleo no tanque de retenção estão sendo adequadas a ponto de não provocar alterações do óleo durante o período de estocagem.

Além disso, percebe-se ainda, que na Amostra 7, foi detectado o maior índice de acidez, representado pelo valor de $0,5608 \pm 0,0016$ mg KOH/g, porém em conformidade quando comparado ao valor de referência de 0,6 mg KOH/g, estabelecido pela Resolução RDC nº 270 da ANVISA (BRASIL, 2005).

Os Estados Unidos é um dos países mais exigentes quando se trata da utilização de óleo em frituras. Este menciona, em legislação específica, que a qualidade do óleo de fritura deve ter o valor máximo de acidez de 1%, expresso em ácido oléico. Aplicando o fator de conversão de 1,99 (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008) nos resultados obtidos, chega-se ao valor máximo durante o processo de fritura de 0,28%, sendo este referente a Amostra 7, o que caracteriza um índice de acidez abaixo do estabelecido nos Estados Unidos e também no Informe Técnico nº 11, da ANVISA o qual menciona que os valores de ácidos graxos livres não devem ultrapassar os 0,9% (BRASIL, 2004).

Os ácidos graxos são provenientes principalmente da hidrólise durante o processo de fritura e em pequenas quantidades por reações oxidativas. Segundo Tompkins e Perkins (2000), os ácidos graxos livres são moderadamente voláteis e isso acarreta em perdas durante o aquecimento, sendo esta não possível de ser detectada em análises. Além disso, os ácidos graxos livres podem sofrer oxidação e serem convertidos em outros produtos que não são medidos por métodos de titulação. Diante disso, é importante atentar-se que nos resultados dos índices de acidez encontrados, devido a esses fatores, possa haver variações que não foram detectadas.

Em um estudo realizado por Cella, Regitano-D'Arce e Spoto (2002), que consistiu em verificar o comportamento de óleo de soja refinado em frituras durante um período de 30 horas com as reposições necessárias, foi obtido no tempo de 19 horas e 20 minutos e às 25 horas e 15 minutos de operação os valores de índice de acidez expresso em % de ácido oléico de 0,2693 e 0,3264, respectivamente. Comparando com os resultados obtidos da Amostra 4 e 5, onde os tempos de processo são próximos, obteve-se os valores de acidez expresso em % de ácido oléico de 0,247 e 0,279, respectivamente.

Percebe-se que foi detectado menor índice de acidez para o óleo de palma, possivelmente devido ao fato deste ser mais resistente a alterações quando exposto à altas temperaturas se comparado com o óleo de soja. Esta maior resistência é devido ao fato de haver em sua composição, um maior percentual de ácidos graxos saturados e baixa concentração de ácidos graxos poli-insaturado.

Segundo Moretto e Fett (1998), o óleo de soja possui em torno de 15% de ácidos graxos saturados, enquanto que o óleo de palma apresenta 51% de saturados. Já em relação à gordura poli-insaturada, o óleo de soja apresenta 61% enquanto que o óleo de palma é composto por 10%.

Quando analisa-se os resultados graficamente, é possível verificar no Gráfico 1 que os dados obtidos apresentaram uma correlação linear positiva, com uma leve tendência de aumento do índice de acidez com o passar do tempo do processo de fritura.

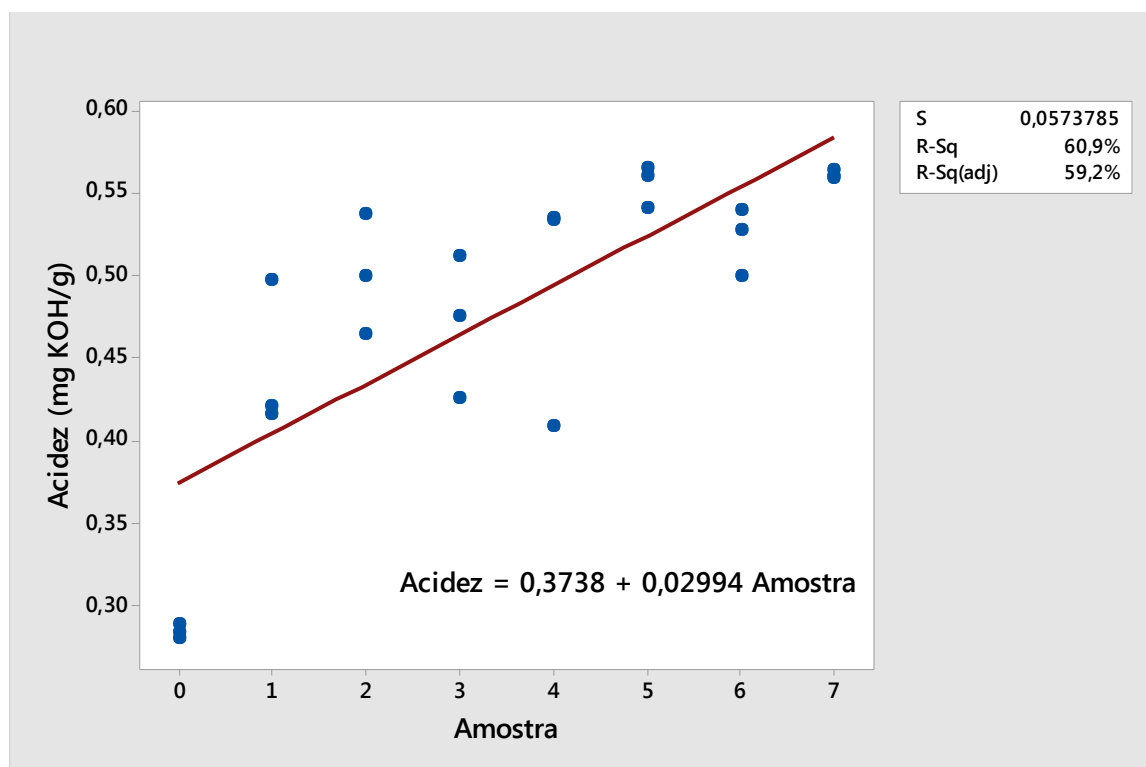


Gráfico 1-Modelo de regressão linear para análise do índice de acidez

A análise de regressão é uma ferramenta estatística que analisa a possível relação entre duas ou mais variáveis. A fim de estudar o comportamento conjunto de duas variáveis, é fundamental verificar se elas estão relacionadas, para isso é necessário que haja um parâmetro, sendo este denominado de coeficiente de correlação e representado por r (DEVORE, 2014). Considerando uma correlação de dados positivos, os valores de r para caracterizar a correlação, podem ser observados na Tabela 7.

Tabela 7-Referências para o valor de r

Classificação	Valores de r
Fraco	$r \leq 0,5$
Moderado	$0,5 < r < 0,8$
Forte	$r \geq 0,8$

Fonte: Devore (2014)

Com base no exposto, percebe-se no Gráfico 1 que, o valor de r é de 0,592 indicando que o perfil dos dados estão ajustados, de forma moderada ao modelo linear.

De acordo com o plano de amostragem, o estudo foi estruturado de forma a analisar um ciclo de operação completo. Neste, foi identificado um perfil onde houve um leve aumento do índice de acidez no decorrer do processo (observado no Gráfico 1), com isso, considerando que não haja mudanças nas variáveis do processo, é provável que os demais ciclos de operação do processo de fritura das massas instantâneas, obedeçam a esse perfil analisado, o que torna os parâmetros da qualidade do óleo aceitável para consumo como alimento.

É importante salientar que, as mudanças nas variações do processo mencionado acima se referem, por exemplo, em alterações nas características do produto (massas instantâneas), alterações significativas na temperatura do óleo do processo, mudança de óleo, propriedades da fritadeira, entre outras.

5.2.2 Índice de Peróxidos

Os resultados das análises da determinação do índice de peróxidos encontram-se apresentados na Tabela 8.

Tabela 8-Resultados da determinação do índice de peróxidos nas amostras do óleo de palma utilizado no processo de fritura das massas instantâneas

Amostras	Peróxidos (meq/kg da amostra)
Amostra 0	0,2661 ± 0,0670 ^d
Amostra 1	1,0543 ± 0,0346 ^a
Amostra 2	0,9724 ± 0,0081 ^{ab}
Amostra 3	0,9897 ± 0,0065 ^{ab}
Amostra 4	0,5982 ± 0,0015 ^c
Amostra 5	0,9664 ± 0,0367 ^{ab}
Amostra 6	0,8270 ± 0,0386 ^b
Amostra 7	1,1200 ± 0,0365 ^a

*Média ± Erro padrão da média.

**Letras iguais, na mesma coluna, indicam não haver diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade entre as amostras.

Sabe-se que, de acordo com o estabelecido pela Resolução RDC n° 270, de 22 de setembro de 2005 da ANVISA, e pelo *Codex Alimentarius* (Codex Stan 210-1999), o limite máximo é de 10 meq/kg para o índice de peróxidos de óleos e gorduras refinados (BRASIL, 2005; CODEX ALIMENTARIUS, 2015).

Analisando os resultados obtidos, nota-se que a variação do índice de peróxidos foi de 0,2661 ± 0,0670 meq/kg para a Amostra 0 a 1,1200 ± 0,0365 meq/kg referente a Amostra 7. Portanto, todas as amostras em estudo apresentaram índices consideravelmente baixos, quando comparados com o estabelecido pela legislação (BRASIL, 2005).

Comparando a Amostra 0 com a Amostra 4, percebe-se que estas apresentaram diferenças significativas (p-valor<0,05) das demais e foram os menores valores encontrados. Na Amostra 0, referente ao óleo novo, foi detectado índice de peróxidos de 0,2661 ± 0,0670 meq/kg, sendo este o valor mínimo encontrado dentre as amostras analisadas. Em um estudo realizado por Corsini e Jorge (2006) que consistiu em avaliar a estabilidade oxidativa de óleos vegetais utilizados em frituras, foi encontrado índice de 0,5 meq/kg para o óleo de palma novo refinado.

Em relação à Amostra 4, foi detectado um índice de $0,5982 \pm 0,0015$ meq/kg, cujo valor representa um leve declínio no índice de peróxidos em relação as demais amostras. Considerando o plano de amostragem descrito no item 4.2.1, nota-se que a Amostra 4 foi coletada aproximadamente às 18 horas de operação (variável x). Aplicando a Equação 1 descrita também no item 4.2.1, temos:

$$y = 225 * x \quad (1)$$

$$y = 225 * 18$$

$$y = 4050 \text{ litros de óleo reposto}$$

Sabendo que a capacidade da fritadeira é de 3000 litros, é possível concluir que às 18 horas de operação, já ocorreram reposições suficientes, para troca completa de todo o óleo presente na fritadeira desde o início do processo.

Portanto, na Amostra 4 é provável que não existia mais óleo presente na fritadeira desde o início do processo, acarretando assim em um leve declínio no índice de peróxidos, uma vez que este índice torna-se menor em óleos que não passaram por longos tempos de aquecimentos e contato com produtos.

Analisando a Amostra 7, sabendo que esta é proveniente do óleo que foi removido da fritadeira no final do processo e armazenado no tanque de retenção por uma semana, e posteriormente utilizado no início do ciclo posterior, percebe-se que difere significativamente da Amostra 6, sendo esta, referente ao final do processo.

Segundo Moretto e Fett (1998), o uso contínuo do óleo em aquecimento tem influência intermitente na degradação. Alguns autores mencionam que os períodos curtos de uso são mais destrutivos que os longos. Este fato se deve à formação de peróxidos e sua decomposição durante os ciclos de resfriamento e reaquecimento, respectivamente. Atribui-se este efeito ao aumento de absorção de oxigênio durante o resfriamento do óleo, favorecendo reações oxidativas. Com isso, é provável que o leve aumento que foi detectado na Amostra 7 durante o período de armazenamento no tanque de retenção, pode ter sido influenciado pela absorção de oxigênio, porém, o mesmo apresentou-se com características adequadas para o uso, quando comparado aos padrões legais e internacionais.

De modo geral, todas as amostras analisadas obtiveram um índice de peróxidos consideravelmente baixo. Uma das contribuições para baixas concentrações de peróxidos detectadas no óleo deve-se, possivelmente, ao fato de que o processo é contínuo, não havendo assim, etapas de resfriamento e aquecimento posterior do óleo, exceto para a Amostra 7, onde esta, passou por aquecimento, resfriamento, armazenamento e aquecimento posteriormente. E, além disso, as reposições de óleo novo durante o processo contribuíram para que houvesse a diluição do óleo já aquecido, mantendo assim o índice de peróxidos baixo.

No Gráfico 2, pode-se observar as variações referentes a Amostra 0, Amostra 4, Amostra 6 e Amostra 7, na qual apresentaram diferenças significativas. Em relação às demais amostras verificou-se um comportamento estável, havendo apenas pequenas oscilações de aumento e diminuição do índice.

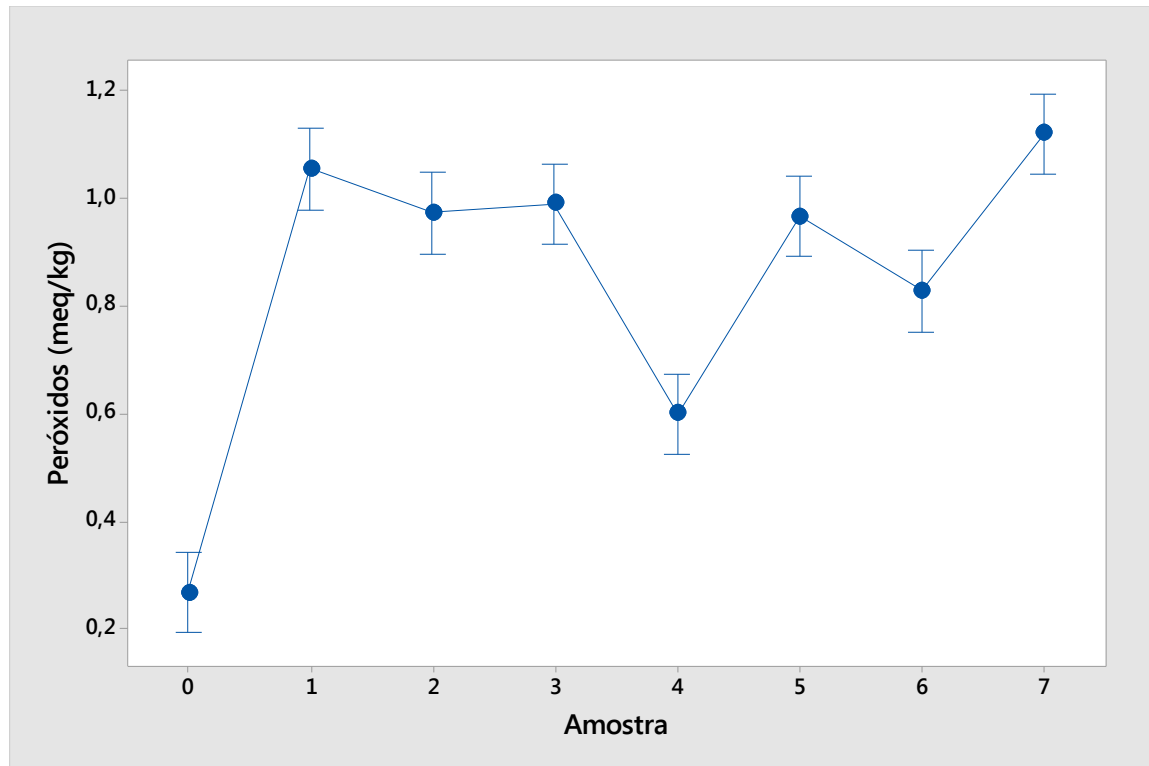


Gráfico 2-Representação das médias da análise de peróxidos e seus respectivos intervalos de confiança a 95%.

5.2.3 Índice de Saponificação

Na Tabela 9, observam-se os valores detectados para o índice de saponificação.

Tabela 9- Resultados da determinação do índice de saponificação nas amostras do óleo de palma utilizado no processo de fritura das massas instantâneas

Amostras	Saponificação (mg KOH/g da amostra)
Amostra 0	195,3850 ± 0,5530 ^a
Amostra 1	198,0700 ± 1,7500 ^a
Amostra 2	197,7400 ± 0,9800 ^a
Amostra 3	196,2530 ± 0,8380 ^a
Amostra 4	198,7500 ± 1,1900 ^a
Amostra 5	197,2100 ± 2,0500 ^a
Amostra 6	194,7600 ± 1,3000 ^a
Amostra 7	194,5760 ± 0,6700 ^a

*Média ± Erro padrão da média.

**Letras iguais, na mesma coluna, indicam não haver diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade entre as amostras.

Observando os resultados apresentados na Tabela 9, nota-se que não houve diferença significativa para as médias das amostras analisadas, sendo assim, durante o ciclo de operação em estudo, o índice de saponificação manteve-se de forma estável. Percebe-se ainda que o índice de saponificação apresentou uma variação de 194,5760 ± 0,6700 mg KOH/g à 198,7500 ± 1,1900 mg KOH/g referentes as amostras 7 e 4 respectivamente. Esses valores de extremos encontram-se dentro dos limites mencionados pelo *Codex Alimentarius* (CODEX STAN 210-1999), no qual estabelece que o índice de saponificação para o óleo de palma pode variar de 190 a 209 mg KOH/g (CODEX ALIMENTARIUS, 2015).

Analisando os resultados obtidos graficamente, é verificado no Gráfico 3 que houve poucas variações no índice de saponificação durante o processo em estudo.

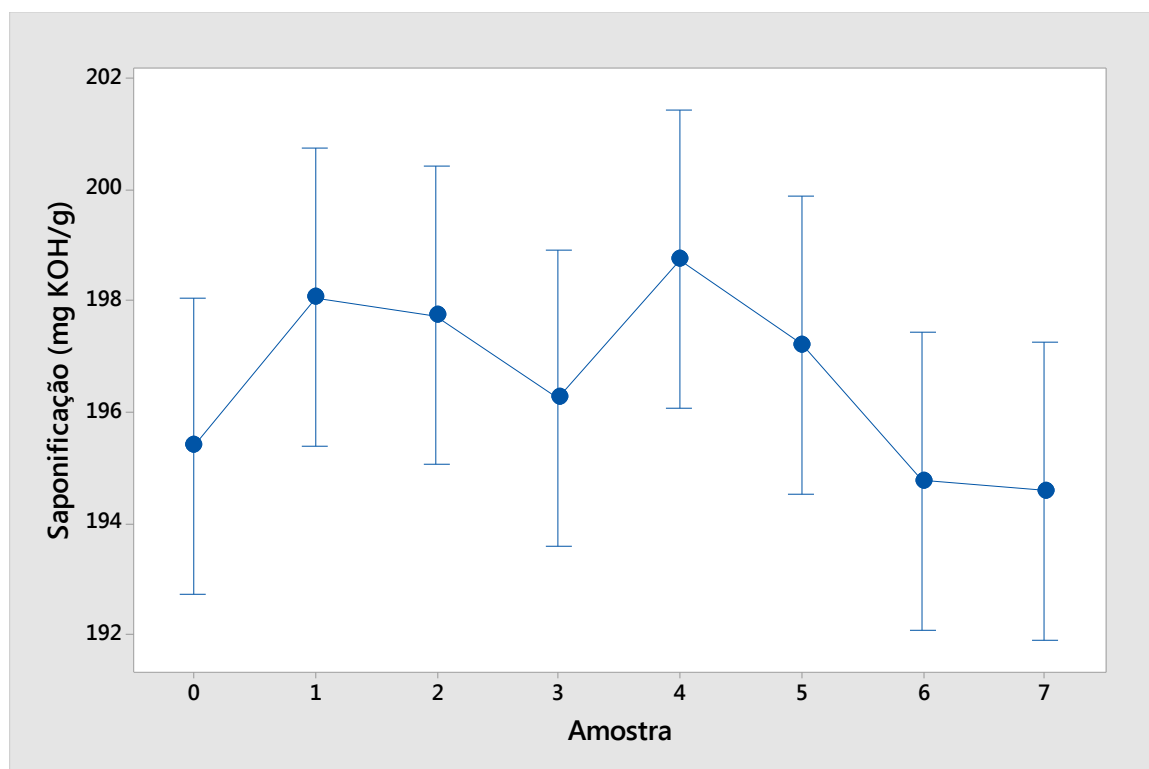


Gráfico 3-Representação das médias da análise de saponificação e seus respectivos intervalos de confiança a 95%.

Corsini e Jorge (2006), mencionam que experimentos já realizados, demonstram que um processo contínuo de fritura provoca menos degradação ao óleo, quando comparado com processos descontínuo, pelo fato de que em frituras contínuas, a formação de vapor age como uma barreira isolante entre o óleo da superfície e o oxigênio do ar.

Todas as análises que foram realizadas, tanto no óleo da fritadeira como no óleo após o período de armazenamento, ambos demonstraram índices abaixo dos limites máximos estabelecidos pela legislação e com características apropriadas para consumo, provavelmente devido às reposições com óleo novo. Porém, o fato de o processo ocorrer de forma contínua pode ser levado em consideração no

presente estudo e atribuído como fator benéfico para a baixa degradação detectada no óleo de palma.

5.3 MÉTODO RÁPIDO DE ANÁLISE

No decorrer de processos que envolvem frituras, é necessário que haja o controle de qualidade do óleo utilizado, uma vez que este estará constituído no produto final. Com o auxílio do Monitor de Óleos e Gorduras, foi analisada a concentração de ácidos graxos livres presentes no óleo. Em todos os monitoramentos realizados no óleo em estudo, não foram detectadas alterações de cores das bandas azuis para amarelas nas fitas de monitoramento. Portanto, isto indica que, a concentração de ácidos graxos livres presentes no óleo é menor que 2% durante todo o processo de fritura, uma vez que este valor é o limite mínimo possível de ser detectado utilizando este método rápido. Portanto, conclui-se com base nos parâmetros estabelecidos pela indústria fornecedora do monitor, que o óleo apresenta condições adequadas de consumo.

Este fato já era esperado, uma vez que os resultados obtidos através da análise laboratorial mencionado no item 5.2.1, apresentaram-se com baixo teor de ácidos graxos livres. Nota-se que, com a análise titulométrica foi possível verificar de maneira satisfatória, a concentração precisa de ácidos graxos livres característicos de cada amostra em estudo, já quando utilizado o monitor de óleos e gorduras, não foi possível obter a concentração real, uma vez que, este monitor fornece o resultado de referência a um intervalo de teor de ácidos graxos livres que estão presentes no óleo, ou seja, uma banda azul, por exemplo, indica que a presença de ácidos graxos livres encontra-se entre 0 a 2%.

De acordo com as especificações estabelecidas pelo Informe Técnico nº 11, de 5 de outubro de 2004 (ANVISA), o óleo de fritura deve apresentar concentração de ácidos graxos livres abaixo de 0,9%, portanto percebe-se que quando se faz a análise com o Monitor de Óleos e Gorduras e este indica o

parâmetro mínimo de detecção, ou seja, 2% de ácidos graxos livres, conclui-se que o óleo analisado já não atende ao valor estabelecido.

Portanto, em situações em que se deseja obter valores exatos e que não objetiva obter resultado rápido e prático, recomenda-se a realização de análises laboratoriais para verificar a real concentração de ácidos graxos livres presentes e verificar assim, se o óleo analisado encontra-se em condições adequadas de consumo.

5.4 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICA DA MASSA INSTANTÂNEA

5.4.1 DETERMINAÇÃO DE UMIDADE

A determinação do teor de umidade em macarrão é realizada visando controlar a eficiência do processo de secagem e verificar se o produto obtido apresenta boas condições para armazenamento.

Em um processo de fritura, o alimento submetido à fritura, está sujeito a ocorrência de algumas transformações a fim de adquirir características que proporcionam um nível de segurança e de qualidade sensorial adequada para o consumo. A destruição térmica de microrganismos e enzimas, e a redução do teor de umidade no alimento são algumas das transformações que são detectadas em um processo de fritura.

A vida de prateleira de um alimento está ligada diretamente com a umidade do mesmo, uma vez que alimentos que sofrem menos desidratação tendem a apresentar em sua estrutura interna maior concentração de umidade, resultando assim em, uma vida de prateleira moderadamente curta, enquanto que alimentos com baixo teor de umidade tendem a atingir um nível inadequado de consumo mais lentamente (FELLOWS, 2006).

Na Tabela 10, estão apresentados os resultados obtidos para o teor de umidade que foram detectados nas três amostras de massas instantâneas analisadas.

Tabela 10-Resultados da determinação do percentual de umidade nas amostras de massas instantâneas em diferentes temperaturas de processo

Amostras	Umidade (%)
A1	2,3183 ± 0,0244 ^b
A2	2,1871 ± 0,0388 ^b
A3	3,3033 ± 0,0259 ^a

*Média ± Erro padrão da média.

**Letras iguais, na mesma coluna, indicam não haver diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade entre as amostras.

As amostras A1, A2 e A3, foram submetidas ao processo de fritura em temperaturas de aquecimento do óleo de 145 °C, 142 °C e 138 °C respectivamente, sendo esta variação inerente ao processo e observada a partir do monitoramento da temperatura. Nota-se que todas apresentaram baixo teor de umidade, quando comparado com o *Codex Alimentarius-Standard For Instant Noodles* (CODEX STAN 249-2006), onde estabelece que o índice máximo permitido de umidade para massa instantânea é de 10% (CODEX ALIMENTARIUS, 2016). Percebe-se ainda que a amostra A3 apresentou diferença significativa (p -valor<0,05), com um percentual de umidade acima das demais, esta por sua vez, representa a amostra referente à temperatura mais baixa do processo (138 °C).

De maneira geral, o fato de serem detectados baixos teores de umidade nas massas instantâneas analisadas, pode ser explicado devido à característica do processo de fritura, onde este encontra-se operando em temperaturas abaixo (138 °C a 145 °C), do limite máximo (180 °C) permitido pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (BRASIL, 2004). Além disso, autores como Sanibal e Filho (2002), mencionam que as temperaturas de processo geralmente encontram-se entre 162 a 196 °C. Com o processo em baixas temperaturas, segundo Fellows (2006), a formação de crosta acontece de maneira lenta, possibilitando assim a

evaporação da água e conseqüentemente a tendência de redução da umidade no alimento.

Com tudo, quando verificamos o percentual de umidade detectado em cada temperatura em estudo, nota-se que a umidade não apresentou o perfil descrito acima, uma vez que as amostras A1 e A3 (p -valor $<0,05$), por exemplo, demonstraram comportamento inverso, onde o aumento da temperatura provocou redução da umidade. Este perfil, pode ser verificado ainda no Gráfico 4 onde demonstra-se uma correlação linear, na qual os dados plotados, segundo a metodologia descrita por Devore (2014), apresentam-se ajustados de maneira moderada, ou seja, o valor de r obtido está entre 0,5 a 0,8.

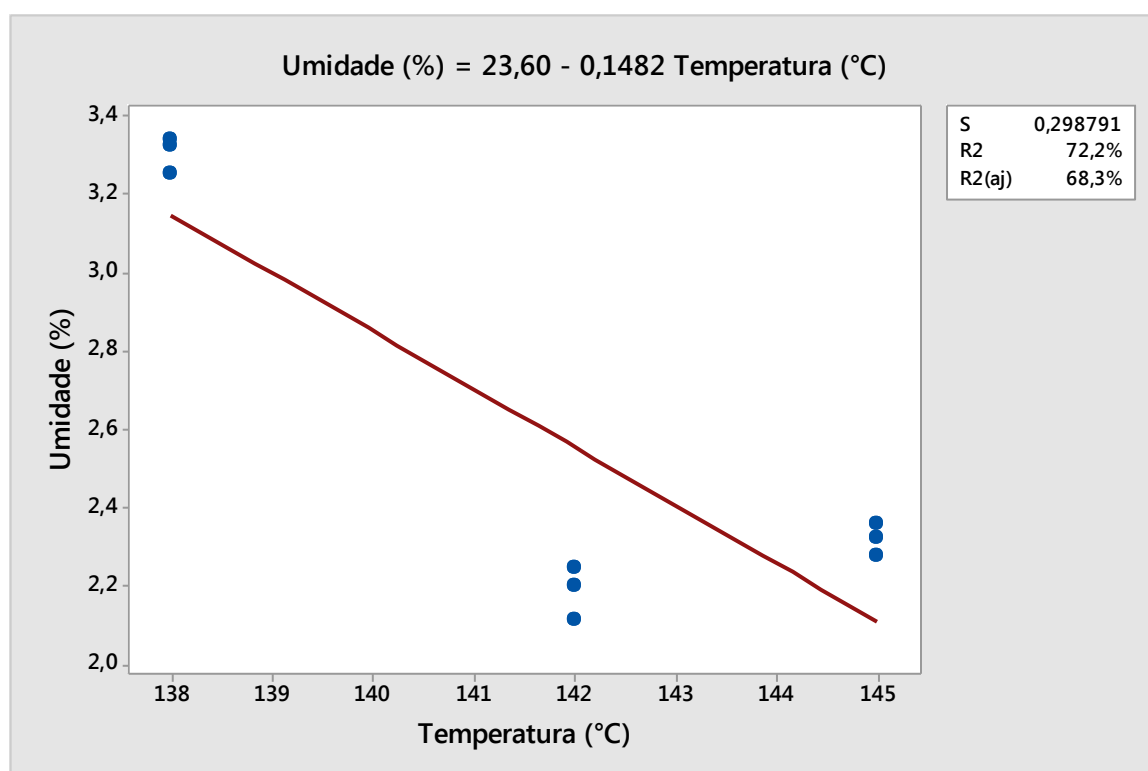


Gráfico 4 - Modelo de regressão linear para determinação de umidade em função da temperatura de processo.

O teor de umidade está diretamente ligado com a água presente no alimento, sendo que esta quando em quantidade elevada proporciona condições favoráveis para o desenvolvimento de fungos e bactérias, os quais provocam a

deterioração do alimento, fazendo com que a vida de prateleira de produtos seja reduzida.

De acordo com Sanibal e Filho (2002), temperaturas baixas provocam tempo excessivo de fritura e temperaturas muito altas acarreta em degradação do óleo. Diante disto, nota-se que a temperatura do processo em estudo, encontra-se relativamente baixa, porém suficiente para proporcionar condições para que o produto adquira características desejáveis. Com tudo, é importante ressaltar que novos estudos utilizando temperaturas do processo mais elevadas, por exemplo, podem ser realizados a fim de detectar possíveis benefícios para a indústria e para o consumidor, uma vez que, o processo trabalha longe de seu limite de especificação e as condições testadas no processo mostraram não haver degradação significativa do óleo de palma.

5.4.2 DETERMINAÇÃO DE LIPÍDIOS

O percentual de lipídios presentes nos alimentos está relacionado com algumas operações que envolvem a produção da massa instantânea, como por exemplo, a temperatura do óleo no momento da fritura e o resfriamento logo após a passagem pelo tratamento térmico. Estes, quando não controlados de maneira a impedir o máximo de variação possível, pode acarretar em produtos que apresentem diferentes proporções de lipídios em suas composições. No caso em estudo, que teve como escopo avaliar o processo de fritura, nota-se que foram detectadas variações da temperatura do óleo na fritadeira.

Com isto foi realizada a determinação de lipídios nas massas instantâneas a qual foram submetidas a variações de temperatura do óleo de fritura (145 °C, 142 °C e 138 °C), seguindo-se o mesmo princípio de amostragem para a determinação de umidade. Os resultados do percentual de lipídios detectados nas amostras encontram-se apresentados na Tabela 11.

Tabela 11-Resultados da determinação do percentual de lipídios nas amostras de massas instantâneas em diferentes temperaturas de processo.

Temperatura de processo (°C)	Amostras	Lipídios (%)
145	A1	21,0130 ± 0,2840 ^a
142	A2	21,1660 ± 0,8730 ^a
138	A3	19,5680 ± 0,2950 ^a

*Média ± Erro padrão da média.

**Letras iguais, na mesma coluna, indicam não haver diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade entre as amostras.

Percebe-se que o percentual de teor de lipídios que foram detectados nas amostras, variou de 19,5680 ± 0,2950 a 21,1660 ± 0,8730, porém não apresentaram diferenças significativas entre as amostras. Segundo Wu, Aluko e Corke (2006), o conteúdo de gordura de massas instantâneas encontra-se na faixa de 16 a 24%. Alterações significativas de teores de óleo no alimento são prováveis de serem detectadas quando as variações de temperaturas do processo se tornam significativamente distintas, porém neste caso, estas foram de 138 °C a 145 °C sendo, portanto, esta diferença considerada pequena e com isto, torna-se insuficiente para provocar alterações no teor de óleo absorvido pelo alimento.

Saguy e Pinthus (1995) e Fellows (2006), mencionam que durante o processo de fritura, a água e o vapor d'água são removidos dos capilares do produto, sendo então substituídos por óleo quente. Este fato pode ser comprovado no presente estudo, quando se analisa o Gráfico 5 abaixo, onde percebe-se este comportamento nas três amostras que foram analisadas. Ambas apresentaram tendência de aumentar a concentração de lipídios a medida que a umidade foi sendo removida, durante o processo de fritura.

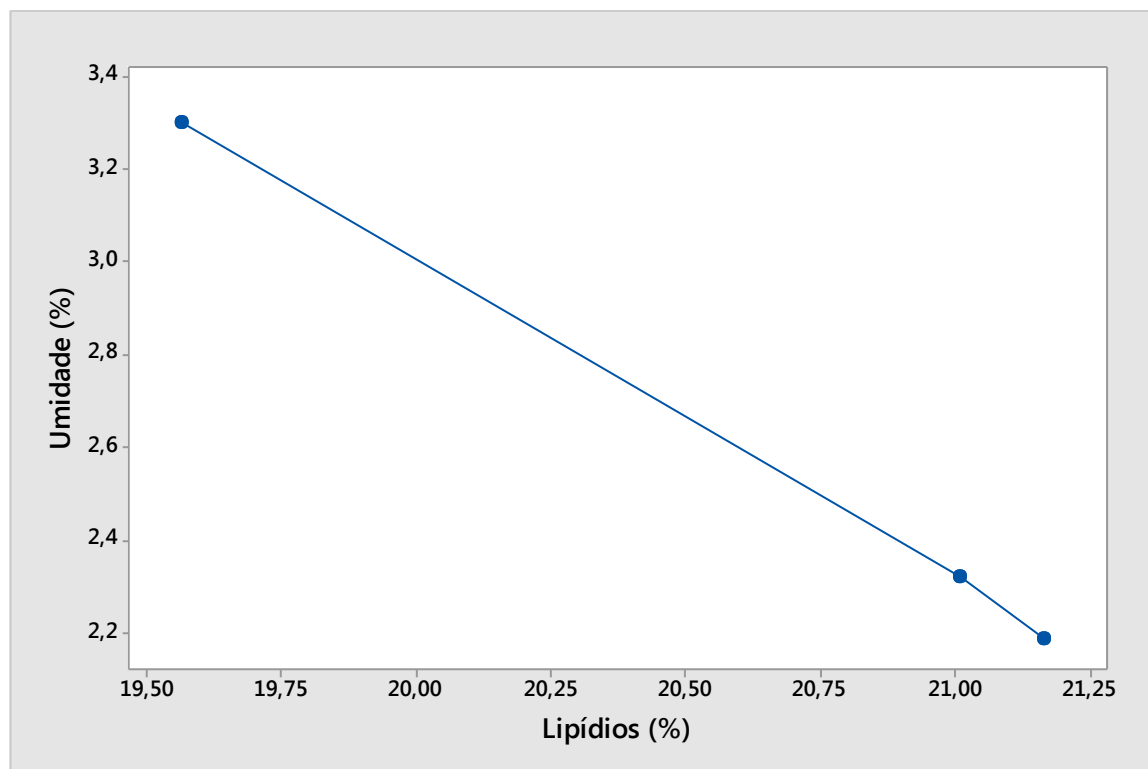


Gráfico 5-Relação entre a umidade e o teor de lipídios presentes nas massas instantâneas.

Com base no Gráfico 5, fica evidenciado o fato de que o teor de lipídios só é introduzido no produto uma vez que há espaços nos capilares que continham a água.

Saguy e Dana (2003), mencionam também que durante o processo de fritura a água presente no alimento tende a se deslocar para o meio externo e simultaneamente ocorre a penetração parcial do óleo no alimento, em uma quantidade que depende da tensão superficial e viscosidade do óleo, sendo esta relacionada com a temperatura do processo, uma vez que, segundo Brunetti (2008), indica que o aumento da temperatura, provoca uma diminuição da viscosidade e com isso a capacidade do óleo em fluir torna-se maior.

Grangeiro et al. (2007), explicam que esta diminuição da viscosidade é observada quando ocorre o aquecimento do óleo, sendo que este provoca o aumento das distâncias intermoleculares e conseqüentemente reduz as forças de atração entre as moléculas, acarretando assim em condições mais propícias para a penetração nos alimentos.

Segundo Fellows (2006), a viscosidade correta é obtida quando o óleo é aquecido até que o teor de ácidos graxos livres alcance 0,4%. Porém, no presente estudo não foi possível verificar este comportamento, uma vez que não houve diferenças significativas de lipídios nas amostras analisadas de acordo com a variação de temperatura presente.

Desta maneira, no processo de fritura em estudo podem-se destacar alguns pontos que são relevantes. A umidade do produto tende a diminuir com o aumento da temperatura do processo, acarretando em benefícios para o produto, uma vez que este dificulta o desenvolvimento de reações que possam degradar o alimento. Porém, com a redução da umidade, a concentração de lipídios torna-se maior, sendo que este, quando consumido em excesso, pode tornar-se prejudicial à saúde do consumidor, mesmo que em condições adequadas de consumo.

No presente estudo, não foi possível obter um perfil de comportamento da concentração de absorção de lipídios no alimento em função da temperatura. Portanto, são sugeridos que novos estudos sejam realizados, com a utilização de variações de temperaturas maiores, uma vez que certamente a absorção está relacionada com vários fatores, inclusive com a variação da temperatura do processo de fritura.

5.5 MONITORAMENTO DA TEMPERATURA

5.5.1 Análise do Sistema de Medição (MSA)

Para a execução do estudo referente ao controle estatístico de processo, é necessário que os dados analisados sejam válidos, ou seja, que caracterizem o processo em estudo de maneira precisa, ou com menos variações possíveis. Para isto, foi realizada a análise do sistema de medição, através do estudo de Gage R & R onde este teve como objetivos detectar as variações existentes entre os operadores da indústria (reprodutividade), sendo estes os responsáveis pelo

monitoramento da temperatura de processo e, além disso, identificar a variação dos termômetros utilizados (repetitividade) para a medição da temperatura do óleo.

A repetitividade envolveu a análise da variação de dois termômetros que foram utilizados, sendo estes novos e calibrados. Nesta análise não foi detectado percentual de variação, o que indica que os termômetros estão aptos a serem utilizados e a fornecerem dados reais do processo de fritura.

Já em relação à reprodutibilidade, na qual se refere a análise da variação dos 3 operadores responsáveis pela coleta, este apresentou um alto índice de variabilidade. Isto leva a possíveis conclusões de que a variação de um operador para outro existe e influencia na leitura da temperatura. A variação do operador detectado foi de aproximadamente 100%, o que tornou os dados inválidos, uma vez que segundo Costa, Eprecht e Carpinetti (2012), o índice (repetitividade + reprodutibilidade) deve ser menor que 30%. Diante deste valor não aceitável, notou-se que os operadores não seguiram de maneira eficaz o plano amostral, fato este, que possivelmente possibilitou a obtenção de um alto índice de reprodutibilidade.

Uma vez que os dados não estavam adequados para serem trabalhados, foi necessária a realização de ações corretivas a fim de minimizar a variabilidade. Estas compreenderam em realizar um novo treinamento com os operários da indústria, explicar os resultados obtidos e conscientizá-los da importância desta análise. Após isso, foi realizada uma nova coleta de amostras e novo teste de variabilidade, contudo, os novos resultados ainda apresentaram um alto índice de variabilidade para os operadores (65%).

Porém, foi percebido também que, a variação inter amostral foi baixa, com desvio padrão de 1,35. Diante disso, foi considerado que as leituras realizadas poderiam ser aptas para a utilização no estudo referente ao controle estatístico de processo.

5.5.2 Controle Estatístico de Processo (CEP)

A fim de trabalhar os dados coletados continuamente, com as ferramentas estatísticas, foi verificado se os mesmos apresentavam uma distribuição normal.

No Gráfico 6, observa-se o resultado para o teste de normalidade de acordo com o método de Anderson-Darling.

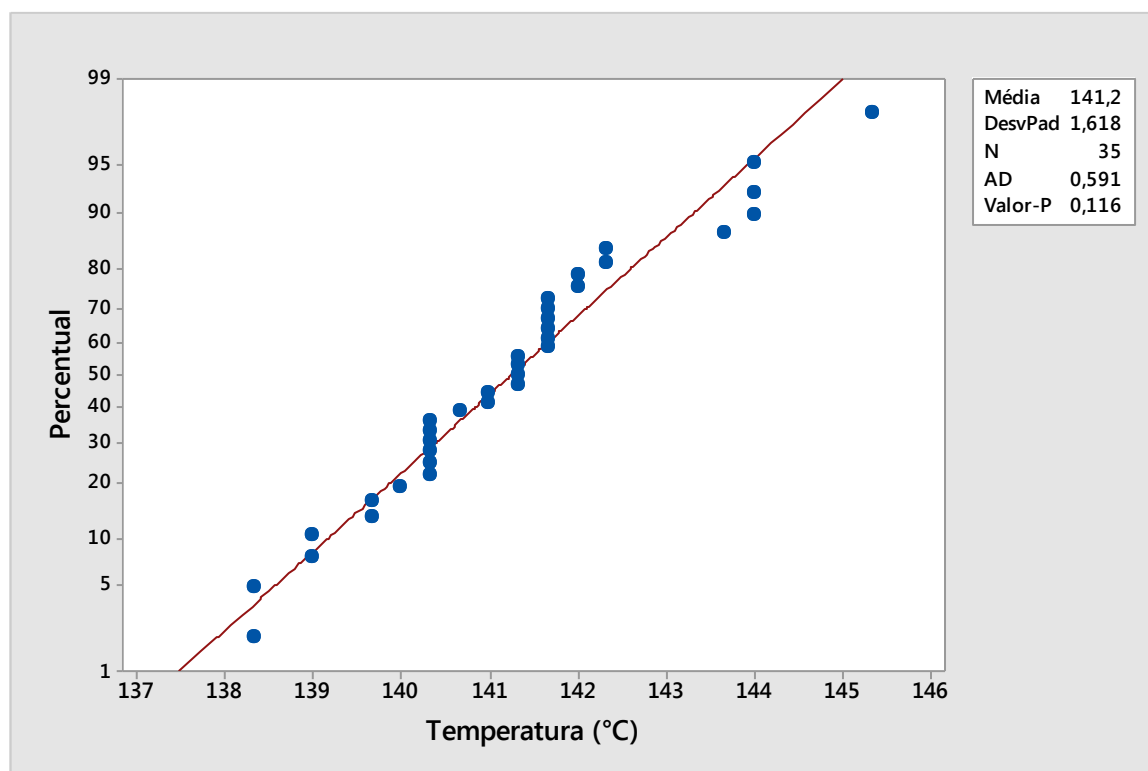


Gráfico 6-Teste de normalidade para variável temperatura

Segundo Moraes, Ferreira e Balestrassi (2005), para verificar se os dados apresentam normalidade através do teste de Anderson-Darling, é necessário que o Valor-P, apresente o índice maior que 0,05, o que indica que os dados apresentam uma distribuição normal e que a probabilidade de erro é de 5%. De acordo com o Gráfico 6, percebe-se que o Valor-P é de 0,116, sendo este maior que 0,05, portanto, caracterizando uma distribuição normal dos dados. Isto indica que a temperatura durante a etapa de fritura apresenta uma distribuição aleatória em torno

da linha média, ou seja, esta está sujeita a apenas variações comuns e com ausência de causa especial atuando no processo.

A partir disto, foi analisado com base no Gráfico 7, a capacidade do processo, conforme apresentado abaixo.

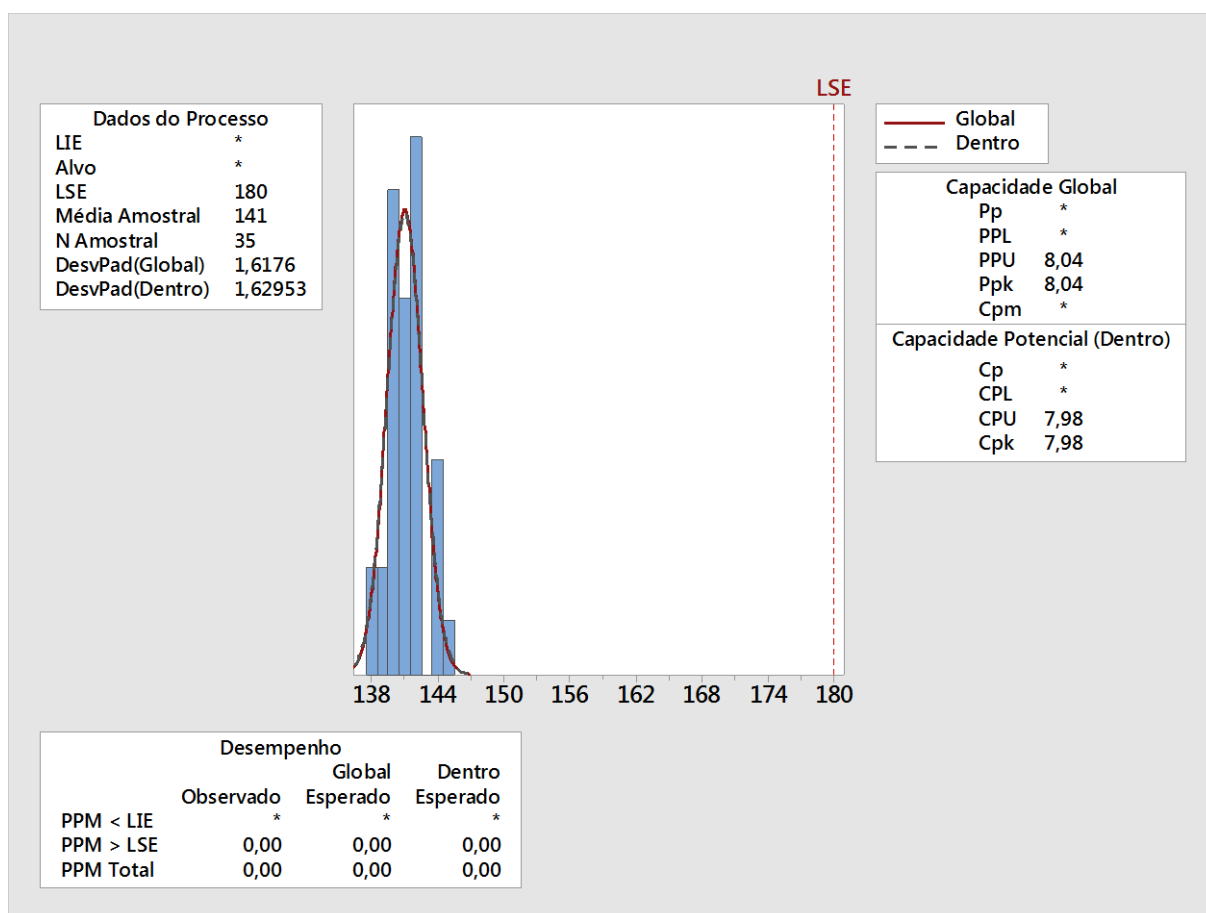


Gráfico 7-Capacidade do processo para variável temperatura

Com base nos resultados apresentados no Gráfico 7, nota-se que o processo em estudo é totalmente capaz, uma vez que não há um limite inferior de especificação (LIE), porém quando analisa-se o limite superior de especificação (LSE=180 °C), percebe-se que este encontra-se consideravelmente distante dos dados reais do processo. Além disso, é verificado também, que, os índices da capacidade do processo, Ppk e Cpk, são de 8,04 e 7,98, respectivamente, sendo estes, maiores que 1,33. De acordo com Costa, Epprecht e Carpinetti (2012),

quando o valor de Cpk que avalia o processo atual ou Ppk na qual indica a tendência dos dados ao longo de outros processos for maior que 1,33 o processo é classificado como capaz de produzir produtos dentro dos padrões de qualidade estabelecidos.

Com isto, sabendo que o processo estava sem causas especiais e ainda que a capacidade de produção para a variável temperatura foi satisfatória, construiu-se os gráficos de observação individual e amplitude móvel. Para isto, foi determinado o coeficiente de correlação amostral, onde este apresentou baixa correlação amostral, ou seja, as amostras apresentaram baixa interdependência, com o espaçamento amostral realizado de 1 hora.

O Gráfico 8 refere-se às cartas de controle para a observação individual e amplitude móvel da temperatura do processo de fritura de massas instantâneas.

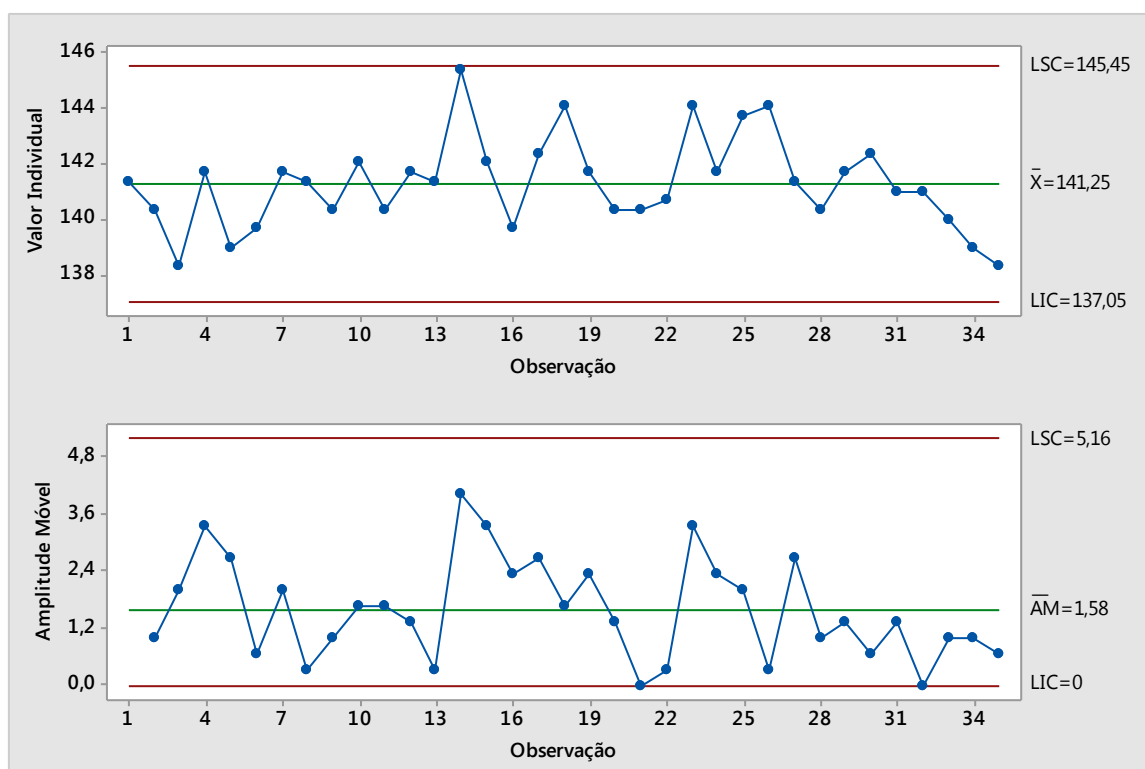


Gráfico 8-Observações individuais e amplitude móvel para a variável temperatura

Com base no Gráfico 8, pode-se analisar o comportamento do processo. Percebe-se que o mesmo se apresentou estável e sob controle, uma vez que foram

realizados os testes para a análise de estabilidade do processo e verificado que os pontos apresentaram-se distribuídos aleatoriamente dentro dos limites de controle estabelecidos. Estes testes foram realizados por meio do *Software* Estatístico Minitab 17 e compreenderam em verificar a possível existência das seguintes tendências listados abaixo:

- Identificação de um único ponto acima ou abaixo do LSC e LIC, respectivamente;
- Identificação de 6 pontos consecutivos aumentando ou diminuindo;
- Identificação de 15 pontos consecutivos na área do primeiro desvio padrão, ou seja, próxima a linha média (\bar{X});
- Identificação de 14 pontos consecutivos alternando-se para cima e para baixo;
- Identificação de 8 pontos consecutivos na área de dois desvios padrão da média;
- Identificação de 2 em 3 pontos consecutivos acima de 2 desvios padrões da linha média (\bar{X});
- Identificação de 4 em 5 pontos consecutivos acima de 1 desvio padrão da linha média (\bar{X});
- Identificação de 9 pontos consecutivos do mesmo lado da linha média (\bar{X}).

Com isto, não foi evidenciado nenhum comportamento característico dos testes citados acima, portanto é provável que não exista no processo em estudo, nenhuma tendência de descontrole do mesmo, acarretando assim em um processo dito como continuamente estável e com ausências de causas especiais.

Porém, por se tratar de um teste estatístico, existe o risco α , que representa a probabilidade de considerar o processo fora de controle ou instável, no momento em que o mesmo encontra-se no mais perfeito estado de controle. Isto pode resultar em interrupção no processo, acarretando em perdas, devido a esse sinal falso de que o processo esta sob a influência de alguma causa especial (COSTA; EPPRECHT; CARPINETTI, 2012).

Com base nisso, torna-se importante estabelecer o risco α , cujo valor neste caso é de 0,0027, uma vez que os gráficos em estudo são referentes à

observações individuais e amplitude móvel e referenciado um desvio padrão de 3-sigma. Sabe-se que o número médio de amostras até um alarme falso (NMAF) é determinado através da equação a seguir:

$$NMAF = \frac{1}{\alpha} \quad (2)$$
$$NMAF = \frac{1}{0,0027} = 370,4$$

A partir disto, conclui-se que com o processo estável e ajustado, serão necessários 370,4 pontos plotados para haver um alarme falso.

Em um processo produtivo, as características dos produtos apresentam variabilidade, ou seja, nunca é possível produzir dois produtos ou itens exatamente iguais. Isto se deve ao fato de haver causas de variação que podem estar presentes em um processo de produção, sendo estas especiais ou comuns. No presente estudo, foi detectado que os dados estão sujeitos a apenas causas comuns, que geralmente são inviáveis de serem eliminadas, no entanto, podem ser minimizadas, quando pertinente.

Nota-se também que o limite superior de controle (LSC) e o limite inferior de controle (LIC) são de 145,45 e 137,05, respectivamente. Desta maneira, valores acima ou abaixo destes indicam que o processo está fora de controle interno da indústria, porém pode estar dentro do limite de especificação, onde este é de 180 °C, valor o qual é referenciado pela ANVISA (BRASIL, 2004).

Com o processo fora de controle, seja interno ou por meio dos limites de especificação, teremos a indicação da possibilidade de presença de causas especiais influenciando o processo, sendo que estas poderão afetar negativamente o padrão do produto como, por exemplo, a constatação de variações nos teores de umidade, lipídios, aspectos sensoriais e/ou nutricionais.

É importante ressaltar também que, além do comprometimento da qualidade do produto, pontos fora de controle podem comprometer a segurança de alimentos, uma vez que o processo de fritura é considerado um ponto crítico de controle (PCC) para perigos biológicos.

Além disto, o controle deste processo (PCC) visa minimizar a formação dos perigos químicos que são originários de compostos de degradação do óleo na fritura. Portanto recomenda-se monitorar a qualidade do óleo e a temperatura do mesmo, para que este esteja abaixo dos limites máximos estabelecidos para as análises de controle de qualidade do óleo que são realizadas (acidez, peróxidos, saponificação, outros) e ainda, abaixo da temperatura máxima permitida pela legislação brasileira.

5.5.3 Monitoramento da temperatura na fritadeira

Conforme descrito na metodologia, foram realizados os monitoramentos da temperatura do óleo de fritura em três pontos (P1, P2 e P3) da fritadeira, simultaneamente. Os resultados encontrados podem ser observados na Tabela 12.

Tabela 12-Resultados do monitoramento da temperatura no decorrer da fritadeira industrial.

Ponto de monitoramento	Temperatura (°C)
P1	140,6300 ± 0,3070 ^b
P2	140,9700 ± 0,3540 ^b
P3	142,1400 ± 0,2810 ^a

*Média ± Erro padrão da média.

**Letras iguais, na mesma coluna, indicam não haver diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade entre as amostras.

Percebe-se que houve uma leve variação da temperatura do óleo presente na fritadeira, onde o P3 apresentou maior temperatura quando comparado com os pontos P1 e P2.

Analisando a Figura 2, que demonstra o fluxograma do processo de fritura apresentado no item 5.1, sabe-se que o P3 é identificado como o ponto de saída do produto, ou seja, momento na qual a massa instantânea perdeu boa parte da sua

umidade devido ao tratamento térmico proveniente desde o início da fritura e apresenta tendência de estar em condições de equilíbrio ao tratamento térmico, acarretando assim em uma temperatura superior aos demais pontos.

Em relação aos pontos P1 e P2, estes apresentaram menores temperaturas, uma vez que, são pontos localizados no início e na parte intermediária da fritadeira, respectivamente. Com a adição do alimento na fritadeira é de se esperar que haja um desequilíbrio na temperatura do óleo aquecido, provocando assim uma provável redução da temperatura.

Estas oscilações de temperaturas presentes no processo levam a indicação de que o sistema de aquecimento contínuo do óleo realizado através do trocador de calor demonstra não ser totalmente capaz para manter a temperatura sem oscilações, porém é eficaz para corrigir as temperaturas para que as mesmas permaneçam dentro dos limites de operação estabelecidos e, portanto, não provocando alterações significativas no produto final.

No entanto, a fim de minimizar a variação da temperatura do óleo no decorrer da fritadeira, pode-se sugerir a mudança no sistema de reposição do óleo, onde este atualmente opera em intervalos de aproximadamente 8 minutos. O fato de a reposição ser efetuada em sistema contínuo, por exemplo, poderia acarretar em benefícios para a indústria, uma vez que este possivelmente ocasionaria uma menor variação da temperatura do óleo na fritadeira.

6 CONCLUSÃO

Os objetivos específicos do presente trabalho foram avaliar as características físico químicas de amostras de óleo de palma submetidas ao processo de fritura, e do produto obtido, além de realizar um estudo pertinente ao Controle Estatístico de Processo para a variável temperatura do óleo.

Os resultados obtidos permitiram concluir que os objetivos propostos para o trabalho foram alcançados de maneira satisfatória, onde notou-se que o sistema de tratamento térmico acarreta em degradação do óleo. O processo de degradação do óleo que foi detectado é proveniente de um amplo conjunto de fatores, porém ficou evidenciado que o nível de degradação em que se encontra o óleo, ainda é propício para a sua utilização e consumo, uma vez que todos os parâmetros analisados apresentaram abaixo do estabelecido pelas legislações.

O baixo índice de degradação do óleo detectado, foi relacionado a alguns fatores que foram detectados no processo de fritura, como o fato de haver reposições contínuas com frequência suficiente a ponto de manter o nível do óleo na fritadeira adequado, além disso, a operação do processo com temperaturas baixas, porém suficientes para promover as características desejáveis à massa instantânea.

Em relação a análise da massa instantânea, o teor de umidade apresentou consideravelmente abaixo do estabelecido pela norma internacional, e foi possível verificar um perfil de comportamento de acordo com a temperatura, onde conforme aumenta a temperatura o teor de umidade tende a ser menor. Já em relação ao teor de lipídios, este não foi possível estabelecer um determinado comportamento em função da temperatura, uma vez que possivelmente devido ao fato de serem detectadas baixas variações de temperatura, estas não foram suficientes a ponto de influenciar no percentual de lipídios na massa instantânea.

Porém, foi evidenciado de acordo com a revisão bibliográfica, que o percentual de teor de lipídios esta relacionada com a temperatura, sendo que em baixas temperaturas a tendência de absorção de óleo é maior. Diante disto, podem-se salientar alguns pontos de estudos futuros no processo, como o possível aumento da temperatura de operação, o que provavelmente acarretaria em um

menor percentual de óleo no produto, e sem provocar drásticas degradações no óleo.

Em relação ao estudo referente ao Controle Estatístico de Processo, este, demonstrou-se satisfatório, uma vez que foram detectados através do monitoramento da variável temperatura, que o processo apresenta-se de forma estável, e totalmente capaz de atender as especificações para a obtenção de massas instantâneas conformes.

É importante salientar ainda que, na indústria em estudo, o processo de fritura era realizado utilizando-se somente o óleo de algodão. Hoje, a aquisição do óleo de algodão vem cedendo espaço para o óleo de palma, onde este apresenta um preço de compra inferior. Considerando que o consumo mensal do óleo de palma hoje na indústria é de aproximadamente 44.000 kg/mês, isto acarreta em uma redução no valor de compra de aproximadamente 13%, em relação à compra do óleo de algodão. Além da redução de custo ao adquirir o óleo de palma, foi evidenciado no presente estudo, em relação a suas características, que o óleo de palma é adequado para ser utilizado no processo de fritura, uma vez que, a partir das análises realizadas apresentou-se em condições propícias para o consumo.

REFERÊNCIAS

ABIMAPI. **Associação Brasileira das Indústrias de Biscoitos, Massas Alimentícias e Pães & Bolos Industrializados.** Disponível em <<http://www.abimapi.com.br/>>. Acesso em: 12 jun. 2016.

ADITIVOS & INGREDIENTES. **Mercados, Empresas & CIA.** n. 62, mai.-jun. 2009. Disponível em <<http://aditivosingredientes.com.br/>>. Acesso em: 12 jun. 2016.

ANGELO, Allen J. St. et al. Lipid Oxidation in Foods. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, [S.L], v. 36, n. 3, p. 175-224, 1996.

ARAÚJO, Júlio M. A. **Química de alimentos. Teoria e Prática.** 3. ed. Viçosa: UFV, 2004.

BRASIL. ANVISA-Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 216, de 15 de setembro de 2004.** Dispõe sobre Regulamento Técnico de Boas Práticas para Serviços de Alimentação.

BRASIL. ANVISA-Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005.** Aprova o Regulamento Técnico para Produtos de Cereais, Amidos, Farinhas e Farelos.

BRASIL. ANVISA-Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Informe Técnico nº 11, de 05 de out. 2004.** Óleos e gorduras utilizados na fritura.

BRASIL. ANVISA-Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 270, de 22 de setembro de 2005.** Aprova o Regulamento Técnico para óleos vegetais, gorduras vegetais e creme vegetal.

BRUNETTI, Franco. **Mecânica dos Flúidos.** 2. ed. rev. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.

CAMILO, Valéria M. A. **Avaliação do processamento de fritura por imersão em estabelecimentos comerciais da cidade do Salvador-Bahia.** 2007. 87f. Dissertação (Mestrado em alimentos, nutrição e saúde) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2007.

CECCHI, Heloisa M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. 2. ed. rev. Campinas: Editora da Unicamp, 2003.

CELLA, Roseneide C.; REGITANO-D'ARCE, Marisa A. B.; SPOTO, Marta H. F. Comportamento do óleo de soja refinado utilizado em fritura por imersão com alimentos de origem vegetal. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 22 n. 2, p. 111-116, 2002.

CODEX ALIMENTARIUS (FAO/WHO). **Standard for Named Vegetable Oils, Codex Stan 210 – 1999**. Roma, 2015.

CODEX ALIMENTARIUS (FAO/WHO). **Standard for Instant Noodles, Codex Stan 249-2006**, 2016.

COSTA, Antonio F. B.; EPPRECHT, Eugenio K.; CARPINETTI, Luiz C. R. **Controle Estatístico de Qualidade**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

CORLEY, R. H. V. How much palm oil do we needs? **Evioronmental Science Ltd**, [S.L.], v.12, n.2, p. 134-139, 2009.

CORSINI, Mara S. da; JORGE, Neuza. Estabilidade oxidativa de óleos vegetais utilizados em frituras de mandioca palito congelada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n.1, p. 27-32, 2006.

CURVELO, Fabiana M. **Uma imersão no tabuleiro da baiana: O estudo do óleo de palma bruto (*Elaeis guineensis*)**. 2010. Dissertação (Pós – graduação em alimentos, nutrição e saúde) – Mestrado em alimentos, nutrição e saúde, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2010.

DAMY, Patricia C. de; JORGE, Neuza. Determinações Físico-Químicas do óleo de soja e da gordura vegetal hidrogenada durante o processo de fritura descontínua. **Brazilian Journal of Food Technology**, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 251-257, 2003.

_____. Refined soybean oil and hydrogenated vegetable fat absorption during discontinuous frying of potato chips. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 14, n. 1, p. 23-26, 2003.

DEVORE, Jay L. **Probabilidade e estatística para engenharia e ciências**. 8. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

A cultura do dendê. EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Brasília: Embrapa-SPI, 1995.

FELLOWS, Peter J. **Tecnologia do processamento de alimentos**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

FERREIRA, Ana I. R.; SOUZA, Auyra M. M. de.; SILVA, Daniela T. S. da. **Testes estatísticos para diagnóstico da normalidade de uma distribuição de dados**. In: CONGRESSO NACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 1., 2013, Campinas. **Ciências Sociais Aplicadas**. Disponível em <<http://conic-semesp.org.br/anais/files/2013/trabalho-1000014563.pdf>>. Acesso em: 22 out. 2016.

FONSECA, Mariana P. da. **A análise do sistema de medição (MSA) como ferramenta no controle de processos em uma indústria de dispositivos médicos descartáveis**. 2008. 92 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) – Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2008.

GARIB, Carolina C. **Alimentação balanceada: uma proposta alternativa de merenda escolar**. 2002. 82 p. Dissertação (mestrado em Engenharia de Produção). Programa de Pós – Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

GLASS, Verena. **Expansão do dendê na Amazônia brasileira**. Repórter Brasil- Organização de Comunicação e Projetos Sociais. 2013. Disponível em:< <http://www.reporterbrasil.org.br/documentos/Dende2013.pdf>>. Acesso em 12 nov. 2016.

GRANGEIRO, Antonio A. et al. Viscosidade de polpas concentradas de figo-da-índia. **Revista Brasileira de agrociência**: Pelotas, v. 13, n. 2, p. 219-224, 2007.

GUERREIRO, Lilian. **Dossiê técnico: massas alimentícias**. Rede de Tecnologia do Rio de Janeiro – REDETEC, 2006.

JORGE, Neuza. **Química e tecnologia de óleos vegetais**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009.

JORGE, Neuza; LOPES, Maria, R. V. Avaliação de óleos e gorduras de frituras coletados no comércio de São José do Rio Preto – SP. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 14, n. 2, p. 149-156, 2003.

LEVERMANN, Ralf. A; SOUZA, Juliano P. M. de. Óleo de palma. O crescimento da indústria global. **Agroanalysis**, Rio de Janeiro, p. 13-15, 2014.

LUCAS, Kelcilene C. **Estudo da absorção de óleo em revestimentos de produtos empanados**. 2010. 86 f. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2010.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ, Instituto A. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos físicos e químicos para análises de alimentos**. 4. ed. (1. edição digital), São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

MANDARINO, José M. G.; ROESSING, Antonio C.; BENASSI, Vera T. de. **Óleos alimentos funcionais**. Londrina: Embrapa Soja, 2005.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **“Anuário Estatístico da Agroenergia 2014”**. 5. ed. Brasília, 2015.

MARZZOCO, Anita; TORRES, Bayardo B. **Bioquímica básica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.

MENDONÇA, Márcio A. et al. Alterações físico-químicas em óleos de soja submetidos ao processo de fritura em unidades de produção de refeição no Distrito Federal. **Com. Ciências Saúde**, Brasília, v. 19, n. 2, p. 115-122, 2008.

MONTGOMERY, Douglas C.; RUNGER, George C. **Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

MONTGOMERY, Douglas C. **Introdução ao Controle Estatístico da qualidade**. 4, ed. [Reimpr.], Rio de Janeiro: LTC, 2013.

MORAES, Celso F. de.; FERREIRA, João R.; BALESTRASSI, Pedro P. Análise crítica da aplicação de métodos estatísticos em processos definidos por dados que não apresentam distribuição normal. Simpósio de Engenharia de Produção, 12. 2005, **Anais...Bauru**: Unesp, 2005.

MORETTO, Eliane; FETT, Roseane. **Tecnologia de óleos e gorduras vegetais na indústria de alimentos**. São Paulo: Varela, 1998.

MÜLLER, Antônio A.; JÚNIOR, José F. **Agronegócio do dendê: uma alternativa social, econômica e ambiental para o desenvolvimento sustentável da Amazônia**. Belém: Embrapa, 2001.

NUNES, Sidemar P. **Produção e consumo de óleos vegetais no Brasil**. Deser-Boletim eletrônico: [S.L.], n° 159, 2007.

OETTERER, Marília; REGITANO-D'ARCE, Marisa A. B; SPOTO, Marta H. F. **Fundamentos de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Manole: Barueri, São Paulo, 2006.

RAMALHO, Valéria C; JORGE, Neuza. Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos. **Química Nova**, São Paulo, v. 29, n. 4, p. 755-760, 2006.

RIBEIRO, Eliana P.; SERAVALLI, Elisena A. G. **Química de alimentos**. 2 ed. São Paulo: Blucher, 2007.

SAGUY, Sam I.; DANA, Dina. Integrated approach to deep fat frying: engineering, nutrition, health and consumer aspects. **Journal of Food Engineering**, [S.L.], v. 56, p.143-152, 2003.

SAGUY, Sam I.; PINTTHUS, E. J. Oil uptake during deep-fat frying:factors and mechanism. **Food Technology**, [S.L.] v. 49, n. 4, p. 142-145, 1995.

SANIBAL, Elaine A. A.; FILHO, Jorge M. Alterações físicas, químicas e nutricionais de óleos submetidos ao processo de fritura. **Food Ingredients South America**, [S.L.], v.1, n.3, p.64-71, 2002.

SILVA, Simone A. **Cultura do dendê**. Centro de Ciências Agrárias e Ambientais da UFBA. Bahia, 2005. Disponível em <<http://www.culturasregionais.ufba.br/>>. Acesso em 02 mai. 2016.

SILVA, Josiane R. S. do. et al. **Análise de confiabilidade: um estudo de caso**. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 35, 2015, Fortaleza. Disponível em <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_211_252_28289.pdf>. Acesso em 22 out. 2016.

SOUZA, Jonas de. **Dendê**. Jornal CEPLAC Notícias, 2000. Disponível em <<http://www.ceplac.gov.br/radar/dende.htm>>. Acesso em: 31 mai. 2016.

TOMPKINS, Carol; PERKINS, Edward G. Frying performance of low-linolenic acid soybean oil. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, [S.L.], v. 77, n. 3, p. 223-229, 2000.

USDA. *Foreign Agriculture Service*. Disponível em <<http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome>>. Acesso em: 02 nov. 2016.

WU, J.; ALUKO, R.E.; CORKE, H. Partial least-squares regression study of the effect of wheat flour composition, protein and starch quality characteristics on oil content of steamed-and-fried instant noodles. **Journal of Cereal Science**, [S.L.], v.44, p.117-126, 2006.

3M do Brasil Ltda. **Monitor de óleos e gorduras 3M**. Disponível em <http://www.3m.com.br/3M/pt_BR/3m-do-brasil/>. Acesso em: 31 mai. 2016.