

SUMÁRIO

Elaboração do Processo de Beneficiamento do Cultivo Morango Pircinque.....04

Eduardo Henrique Pereira

Anderson Paulo Floresti

Hipólito Alberto da Silva Gomes

Estudo sobre o Uso de Extrato de Aipo e Bactérias Fermentativas em Linguiça.....18

Daniela Lima Santos

Claudemar José Trevizam

Importância do Processo de Cristalização e Plastificação na Estabilização Polimórfica do Óleo de Palma e seu Reflexo Reológico.....43

Bruno Paulo de Moraes

Claudemar José Trevizam

Flávio Gramolleli Junior

Perspectivas Técnicas do Uso do Biogás como Matriz Energética Industrial.....60

Euarda Duarte da Silva

Vitor Raphael de Carvalho Moraes

Tatiana Lança

ELABORAÇÃO DO PROCESSO DE BENEFICIAMENTO DO CULTIVO MORANGO PIRCINQUE

EDUARDO HENRIQUE PEREIRA (Centro Universitário Padre Anchieta)

ANDERSON PAULO FLORESTI (Centro Universitário Padre Anchieta)

HIPÓLITO ALBERTO DA SILVA GOMES (Centro Universitário Padre Anchieta)

RESUMO

Todo período de dificuldades traz consigo muitas oportunidades e renovações de conceitos, comportamentos e hábitos, sendo o consumo de fruta um dos fatores de crescimento preponderante ocorridos atualmente, tendo o morango como uma das frutas mais consumidas e apreciadas no Brasil. Com uma infinidade de variedades espalhadas pelo mundo, algumas delas tem se desenvolvido de forma muito produtiva nos campos brasileiros, conferindo um organoléptico atrativo para o mercado de mesa e indústria, como é o caso da variedade Pircinque abordado nesse trabalho, originado de um projeto público-privado no ano de 2005 na região da Basilicata, Itália que teve a intenção de produzir frutos diferenciados, sendo justamente as necessidades da indústria e dos consumidores millenium. O morango é uma fruta altamente perecível, sendo de curta vida pós colheita. Sendo assim, um beneficiamento eficiente é de extrema importância ao mesmo tempo para otimizar o transporte e industrialização, mas também estar de acordo com as Boas Práticas de Fabricação e consequentemente mantendo ao máximo as características organolépticas durante um longo período, podendo assim ser utilizado pelas indústrias para a preparação de diversos produtos para comercialização e assim equilibrarmos a balança comercial e nos tornarmos referências em cultivo de morango e processamento de fruta.

Palavras-chave: morango; beneficiamento; pircinque

ABSTRACT

Every challenge season brings a few opportunities and renewals of concepts, behaviors and habits, with fruit consumption being one of the main growth factors that have currently, and strawberry as one of the most consumed and appreciated fruits in Brazil. With a multitude of varieties spread around the world, some of them had developed very productively in Brazilian fields, giving an attractive organoleptic to the domestic and industry market, as is the case of the Pircinque variety addressed in this activity, originated from a public project -private in 2005 in the region of Basilicata, Italy that had the intention of producing differentiated fruits, being precisely the needs of the millennium industry and consumers. Strawberry is a highly perishable fruit, with a short post-harvest life. Therefore, an efficient processing is extremely important at the same time to optimize logistic and manufacturing, but also to be in accordance with Good Manufacturing

Practices and consequently maintaining maximum organoleptic characteristics for a long period, thus being able to be used by industries for the preparation of various products for commercialization and thus to balance the commercial balance and become references in strawberry cultivation and fruit processing.

Keywords: *strawberry; processing; pircinque*

1. INTRODUÇÃO

O consumo de frutas no Brasil apresenta um crescimento gradativo a cada ano, com a incorporação desse componente nos hábitos alimentares. Em 2020 com a pandemia, a busca por alimentos mais naturais elevou, conforme pesquisas do Estudo NutriNet Brasil e a fruta vem como um agente importante para essas mudanças de cardápios.

O morango é uma das frutas mais consumidas e apreciadas no Brasil e com os avanços tecnológicos a sazonalidade tem se ampliada, resultando em uma maior disponibilidade durante o ano. Com uma infinidade de variedades espalhadas pelo mundo, algumas delas tem se desenvolvido de forma muito produtiva nos campos brasileiros, conferindo um organoléptico atrativo para o mercado de mesa e indústria.

O Brasil é o 13º principal produtor de morango com cerca de 4500ha e 165.000ton, tendo entre esse montante o estado de Minas Gerais com a maior produtividade, seguido pelos estados de Paraná e São Paulo, conforme Anuário 2020 da Embrapa.

O consumidor como agente para a movimentação desse produto também tem buscado mais informações sobre o que se consome, elevando o grau de exigência. Consequentemente, os produtores e processadores de fruta inovam seus processos e produtos para acompanhar essa tendência do mercado millenium.

As variedades mais comumente utilizadas são as de dia curto e neutro, como Oso Grande, Camino Real, Festival, Aromas, Albion e San Andreas, dentre outros. Sendo que cada qual possui particularidades quanto ao fatores físico-químicos e organolepticos. Com o apelo de maior produtividade, Brix elevado e sabor diferenciado, além de um palatar mais doce, temos uma nova variedade de dia curto mais atrativa em implantação no país, a Pircinque.

O morango Pircinque originado de um projeto público-privado no ano de 2005 na região da Basilicata, Itália teve a intenção de produzir frutos diferenciados, com maior rendimento, alta

qualidade organoléptica, tamanho padronizado e maior shelf-life, sendo justamente as necessidades da indústria. No entanto, para uma melhor distribuição desse produto, considerando a dimensão geográfica do Brasil, as possibilidades de exportação e a flexibilidade no tempo de utilização, é necessário um processamento industrial para manter as condições naturais da fruta via congelamento.

Os produtores brasileiros visam normalmente o mercado de fruta fresca pelo maior valor de venda, mas encontram dificuldades na comercialização dependendo das oscilações do mercado consumidor, resultando em perdas de fruta por muita oferta e pouca demanda. Com a atuação de produto congelado, consegue-se absorver essas intemperes de mercado, garantindo fornecimento e menor risco de perdas.

Se comparado ao Brasil, nos países vizinhos como Chile e Argentina esse cenário de processamento de fruta já é bem evoluído, assim como a Europa e Estados Unidos, onde encontramos alta tecnologia no beneficiamento de frutas. O intuito deste projeto é desenvolver fornecedores de uma variedade diferenciada, aliada a um processamento industrial adequado às exigências internacionais e conseqüentemente promover um mercado de frutas nacional mais profissionalizado.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Todo período de dificuldades traz consigo muitas oportunidades e renovações de conceitos, comportamentos e hábitos, justamente o que ocorreu e ocorre desde os desafios de adaptações frente à pandemia. As primeiras análises do Estudo NutriNet Brasil indicaram um aumento expressivo em torno de 4,4% no consumo de frutas, hortaliças e feijão nesse período.

O professor Carlos Monteiro, coordenador do NutriNet Brasil, menciona que essa mudança positiva no comportamento alimentar pode estar relacionada ao estímulo das pessoas em cozinhar mais e a consumir mais refeições dentro de casa. “Além disso, uma eventual preocupação em melhorar a alimentação e, conseqüentemente, as defesas imunológicas do organismo, podem ser consideradas”.

Os hábitos de alimentação saudável pós-pandemia podem ser mantidos, mas é difícil afirmar isso, conforme opinião da pesquisadora Kamila da Nutrinet. No entanto, os resultados dessa

pesquisa vão contribuir para a elaboração de políticas públicas que promovam a saúde e a qualidade de vida da população brasileira.

Sabendo que o consumo de alimentos in natura ou minimamente processados favorecem os mecanismos de defesa do organismo, com a riqueza das vitaminas e minerais, nutrientes essenciais para a trato imunológico, iremos tratar de um componente principal para esse processo, a fruta, mais especificamente o morango, que confere um sabor muito apreciado pelo brasileiro.

2.1. Cultivo de morango

2.1.1. Morangueiro

O morangueiro é de origem europeia, pertencente à família Rosaceae e ao gênero *Fragaria L.* É um vegetal rasteiro, de caule tipo estolho (aéreos e finos, com crescimento horizontal, originando novas plantas), produzindo gemas que permitem com que novas plantas, com raízes e folhas, sejam formadas assexuadamente.

O período de safra depende da sua variedade, mas em sua maioria, ocorre entre os meses de junho e dezembro. Por necessitar de um solo úmido, ácaros e pulgões são suas principais pragas.

Essa cultura é bem adaptável, podendo ser encontrada desde o nível do mar até 3.500m de altitude, e sob temperaturas que variam de -10°C até regiões tropicais. A temperatura afeta o desenvolvimento vegetativo, a produção e a qualidade do morango, sendo o principal fator limitante dessa cultura (FILGUEIRA, 2003; COCCO, 2010). Segundo Martins et al. (2009), para que o florescimento seja abundante na cultura do morangueiro, é preciso que a planta supra as horas de frio necessárias para a indução floral, período que varia de acordo com a cultivar.

O morangueiro é uma planta de clima temperado que, em condições naturais de cultivo, perde suas folhas durante o inverno, entrando em repouso vegetativo (dormência) (VERDIAL, 2004).

As variedades de morangueiro são divididas em: dias curtos (que florescem durante o inverno, quando o comprimento de horas do período diurno é mais curto), dias neutros (que são insensíveis à variação do total de horas entre o dia e a noite) e dias longos (que florescem durante o verão, quando o comprimento do dia é mais longo).

2.1.2. Morango

O morango cultivado atualmente originou-se da hibridização entre as espécies americanas *F. chiloensis* Mill. e *F. virginiana* Duch. No entanto esse processo não ocorreu nas Américas em detrimento do isolamento geográfico, mas sim na França por volta de 1750, pois essas espécies eram cultivadas lado a lado (VAUGHAN; GEISSLER, 1997).

Essa “fruta” é na realidade um receptáculo floral desenvolvido, assim sendo considerado um pseudofruto, do tipo aquênio, sendo suculento, saboroso e com baixa caloria (40cal/100g), rico em vitamina C e B5, fibras, cálcio, ferro e flavonoides. Muito benéfico na prevenção e cura de infecções, cicatrização e bom funcionamento do sistema nervoso, cardíaco e digestório.

O período de polinização até o fruto maduro pode ocorrer entre 20 e 50 dias, dependendo da variedade, temperatura do ambiente e viabilidade do pólen.

2.1.3. Mercado de morango

A entrada dessa fruta no Brasil estima-se que tenha ocorrido por volta de 1950, no sul de Minas Gerais, na cidade de Estiva, com a evolução em 1980 após novas tecnologias de produção. Atualmente o estado de Minas Gerais continua como o maior produtor, seguido por Paraná, Rio Grande do Sul e São Paulo. Em média temos cerca de 4.500ha de cultivo e 165.000ton de produção, 30ton/há, dependendo do local e sistema de cultivo adotado. Na Tabela 1 abaixo temos um comparativo entre os estados produtores de morango.

TABELA 1 - Área colhida, produção e produtividade de morango.

Estado	Área (ha)	Produção (ton)	Produtividade (ton/ha)
MG	2.100	84.000	41
PR	650	21.450	30
RS	518	21.763	42
SP	425	13.801	32
ES	247	8.510	33
SC	225	9.900	20
DF	200	7.400	40
BA	100	2.700	30
RJ	35	980	60
Total	4.500	165.440	-

Fonte: Emater(es), Emater-Ascar-RS (L. Moura) Incaper, Embrapa, UFSC, J. A. Maiorano e A. T. Watanabe (Dextru/CATI/SAA-SP).

Mundialmente a produção de morango vem crescendo, sendo a China o maior produtor, seguido pela Polônia, Rússia e Estados Unidos.

TABELA 2 - Ranking dos principais países produtores.

País	Produção (ton)	Área (ha)
1. China	3.777.283	133.144
2. Polônia	177.921	49.642
3. Rússia	175.652	26.565
4. Estados Unidos	1.449.280	21.327
5. Turquia	400.167	15.392
6. Alemanha	135.283	14.156
7. México	658.436	13.850
8. Egito	407.240	11.072
9. Espanha	360.416	6.819
10. Coreia do Sul	210.304	6.582
11. Japão	158.702	5.353
12. Itália	125.335	4.855
13. Brasil	165.000	4.500

Fonte: FAOSTAT (2019)

O Brasil em 2019 exportou cerca de USD 448 mil (190ton) em exportação de produto in natura e processado, contra USD 8 milhões (5.000ton) pela importação. A exportação brasileira de produto in natura é dez maior que o congelado, sendo o Paraná o responsável por 82% dessas exportações.

2.1.4. Variedades de morango

As principais variedades aplicadas no Brasil são:

- a. Dias Curtos: Oso Grande, Camarosa, Camino Real, Ventana, Festival, Palomar, Pircinque
- b. Dias Neutros: Aromas, Diamante, Albion, Portola, San Andreas, Monterrey

2.1.5. Variedade pircinque

O morango Pircinque originado de um projeto público-privado no ano de 2005 na região da Basilicata, Itália teve a intenção de produzir frutos diferenciados, com maior rendimento, alta

qualidade organoléptica, tamanho padronizado e maior shelf-life, sendo justamente as necessidades da indústria, além de serem adequadas para plantio no início do inverno, com produção precoce. Até 2019 foram comercializadas cerca de 5 milhões de mudas em 8 estados brasileiros, com 5 viveiros credenciados.

2.2. Beneficiamento de morango

O morango é uma fruta altamente perecível, sendo de curta vida pós colheita. Sendo assim, iremos discutir o âmago do trabalho, abordando um beneficiamento de acordo com as Boas Práticas de Fabricação para manter ao máximo as características organolépticas durante um longo período, podendo assim ser utilizado pelas indústrias para a preparação de diversos produtos para comercialização. Dentre as etapas a serem elencadas: Higienização e Congelamento.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Morango Pircinque

A variedade Pircinque foi escolhida pela sua capacidade de adaptação às condições de baixa necessidade de frio e de características de frutos de qualidade, precocidade, doçura e firmeza.

O experimento foi realizado em junho de 2019 no campo experimental em Farroupilha/RS, situada a uma altitude de 783m, sob as coordenadas geográficas de 29° 13' 29' Latitude Sul e 51° 21' 4" Longitude Oeste; clima temperado com verão fresco; temperatura média anual de 16,8 °C e precipitação pluvial média anual de 1.837 mm. As mudas de torrão foram produzidas através de estolões coletados em plantas matrizes. As mudas foram plantadas em túneis suspensos com canteiros revestidos de filme de polietileno branco e irrigação por gotejo. A estufa estudada contava com cerca de 3.000 pés, com espaçamento de 30 a 40cm entre as mudas. O manejo adotado foi convencional, com fertirrigação e solo adubado com esterco. As colheitas foram realizadas semanalmente, entre os meses de maio de 2019 e janeiro de 2020. Os frutos foram colhidos com 100% da superfície com coloração vermelha.

As variáveis analisadas foram: número total de frutos por planta e produtividade total. As variáveis de qualidade dos frutos analisadas foram: teor de sólidos solúveis (grau Brix) através de

refratômetro ocular, coloração da fruta, consistência da fruta e sabor. Os cultivos considerados foram Albion, San Andreas, Monterrey e Pircinque.

3.2. Beneficiamento

O beneficiamento foi realizado em julho de 2019 na processadora localizada na cidade de Vacaria/RS, situada a uma altitude de 971m, sob as coordenadas geográficas de 28° 30' 43" Latitude Sul e 50° 56' 02" Longitude Oeste.

As frutas foram recebidas com grau de maturação já adequadas para o processamento, estando acondicionadas em caixas plásticas vazadas de coloração preta, indicando produto proveniente do campo. Essas caixas são identificadas com informações de localização de colheita e data da colheita e estocada em paletes em uma câmara isotérmica.

As frutas então são direcionadas para as mesas de limpeza e seleção, onde manualmente são retiradas as folhas, pedúnculos e qualquer outro elemento indesejável. Nessa etapa já é efetuada a separação das frutas por grau de maturação e calibre, passando então para caixas verdes e identificadas com a data da limpeza, e então são direcionadas para a máquina de higienização.

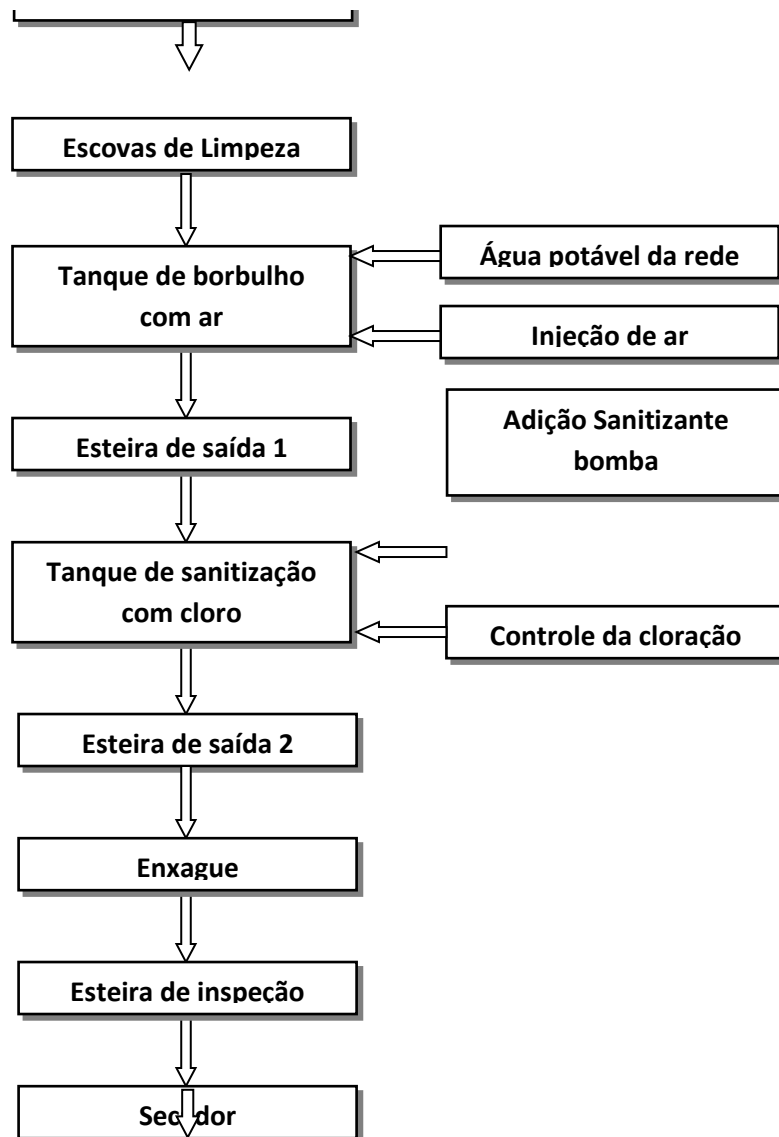
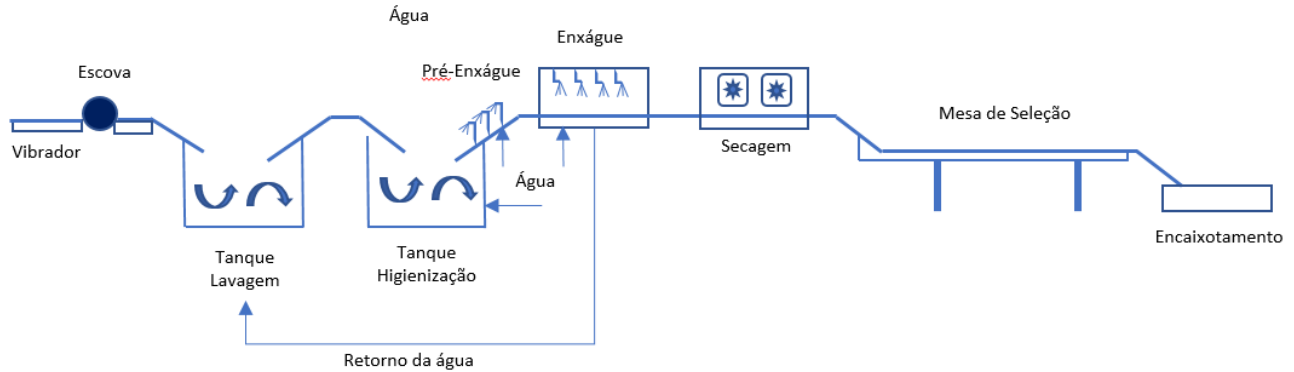
Esse equipamento trabalha com energia 380 volts, tem capacidade de produção de 2.500 a 4.000 quilos por hora de fruta limpa e sanitizada. Possui moto redutora nas esteiras de ½ cavalo, tracionada com sistema de corrente. O lavador possui 4 partes, sendo dois tanques de água com esteira e borbulhador em ambos.

Sucessivamente a fruta é colocada em uma bandeja vibratória para retirada de elementos físicos como folhas, terra, cabelo ou qualquer outra sujidade de tamanho macroscópico e posteriormente por roletes de fibra sintética para retenção de cabelos.

Em seguida a fruta é inserida em 2 tanques subsequentes, sendo que o primeiro é destinado para lavagem bruta com água em borbulhamento (tanque de borbulho). Já o segundo tanque é provido de dosador de sanitizante ácido peracético a 12% de concentração também em borbulhamento, realizando controle da ação do sanitizante a cada 30 minutos.

Então, o processo seguinte conta com enxágue de água corrente pressurizada por chuveiros em leque para retirada do resíduo de sanitizante, seguindo então para esteira de inspeção com 2 metros de comprimento e 0,6 metros de largura, onde é retirado frutos sobremaduros, verdes e deteriorados. Há um ventilador acoplado na parte superior para retirada de excesso de água e

finalmente a fruta é colocada em caixas brancas vazadas, seguindo então para a etapa de congelamento, sendo este realizado em câmara fria com circulação forçada de ar a -30°C .



Encaixotamento

FIGURA 2 – Fluxograma do processo de beneficiamento.

As variáveis analisadas foram: número total de folhas, talos, deteriorado, verde, sobremaduro e produtividade total. A variável de qualidade dos frutos analisadas foi teor de sólidos solúveis (grau Brix) após secagem através de refratômetro ocular.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As colheitas de frutas iniciaram em junho e enceraram em janeiro do ano seguinte. A produção total de frutas, obtida pela soma de todas as colheitas até a data de 25 de setembro, foi superior para cultivar Pircinque, diferindo significativamente da San Andreas, com média de 1.200 g/planta e cerca de 32g cada fruta.

O vermelho intenso das cultivares Pircinque quando observadas visualmente, notadamente apresenta coloração da epiderme mais intensa. O sabor e consistência da epiderme estão relacionadas com a manutenção das características qualitativas do fruto, conteúdo de açúcares, acidez e relação entre elas, por um período superior e são muito importantes quando se deseja a comercialização in natura e o transporte a longas distâncias para grandes centros consumidores.

As características químicas fazem parte das variáveis que determinam a qualidade das frutas. Os sólidos solúveis totais estão constituídos por 80 a 95% de açúcares (frutose, sacarose, glucose, etc), sendo maior a demanda de frutos mais doces para consumo in natura (CONTI, 2002). Segundo Perkins (1995) o teor de sólidos solúveis para morango, varia entre 4 a 11 °Brix dependendo da cultivar, clima e manejo, e Kluge (2003) reporta que o parâmetro aceito para determinar um sabor doce aceitável no morango é de 7 °Brix. A cultivar Pircinque, se destacou no teor de sólidos solúveis, apresentando média superior, diferindo da cultivar San Andreas, Monterrey e Albion. O Brix está diretamente ligado ao sabor e cor do produto.

A cultivar Pircinque caracteriza-se por ser uma cultivar vigorosa, rústica, com formato de fruto cônico alongado, grosso e doce, podendo fazer parte de canais de comercialização de

morangos para frutos de elevada doçura e qualidade (MENNONE et al., 2012), confirmando assim os bons resultados observados neste trabalho.

TABELA 3 – Comparativo do pircinque com outras variedades.

Variedade	Qtd. Fruta/planta (g)	Qtd. Produção Total (kg)	°Brix	Coloração da Fruta	Consistência da Fruta	Sabor
San Andreas	980	2.940	7,2	Vermelho Padrão	Firme	Doce médio
Pircinque	1.200	3.600	12,1	Vermelho Intenso	Firme	Doce Extremo
Monterrey	900	2700	8,3	Vermelho Padrão	Firme	Doce médio
Albion	720	2160	8,5	Vermelho Padrão	Firme	Doce médio

Para o beneficiamento foi comparado duas formas de processos, sendo o tradicional, conforme encontramos nos atuais processadores de fruta no mercado nacional, com o processo elencado neste trabalho, que foi adaptado com medidas para melhoria higiênico-sanitária.

Abaixo temos um panorama da diferenciação entre os dois processos comparados, considerando as etapas de beneficiamento.

TABELA 4 – Comparativo do processo tradicional nacional com o projeto desenvolvido em relação a etapas.

Processo	Mesa Vibratória	Rolete	Tanque Lavagem	Tanque Higienização	Enxágue	Secagem	Mesa Inspeção	Encaixotamento
Tradicional Nacional	Não	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Não
Projeto Desenvolvido	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

Conforme se pode observar acima, as atividades de desenvolvimento da máquina junto ao projeto, trazem mais segurança ao Morango beneficiado, garantindo que ele tenha sua chegada junto ao consumidor final com qualidade e segurança, juntando a praticidade e rapidez da máquina, junto a mão de obra humana. Sendo assim, é destinado ao consumidor final um Morango com menos riscos de contaminação, higienizado e pronto para o consumo.

Na próxima tabela, podemos evidenciar através do levantamento realizado, o quão eficiente se mostra o processo de beneficiamento através da máquina implementada no produtor. Nela, podemos relacionar de forma quantitativa a quantidade de folhas, talos, frutos deteriorados durante o processo, frutos verdes e sobremaduros e o brix após a passagem pelo processo, que como mencionado, pode alterar devido à higienização.

As análises abaixo são referentes à uma amostragem realizada de 1000g do Morango já processado e congelado, com o objetivo de se obter uma análise referente ao processo de beneficiamento tradicional realizado nacionalmente e ao projeto qual foi desenvolvido, colocando em evidencia a eficácia da melhoria dentro o processo.

TABELA 5 – Comparativo do processo tradicional nacional com o projeto desenvolvido em relação às análises.

Processo	Qtd. Folha (un)	Qtd. Talo (un)	Qtd. Deteriorado (un)	Qtd. Verde (un)	Qtd. Sobremaduro (un)	°Brix Após Secagem
Tradicional Nacional	132	5	3	0	1	12
Projeto Desenvolvido	7	0	1	0	1	11

Podemos concluir então que, através dos resultados obtidos, a quantidade de folhas e talos encontradas após o processamento possui diferença considerável entre os dois métodos em comparação. Isso pode ser empregado devido aos roletes de fibra sintética, que auxiliam na remoção destes contaminantes.

Levando em consideração a quantidade de frutos deteriorados, frutos verdes e sobremaduros, podemos concluir que não há diferença significativa, pois são fatores que tem sua seleção de forma ainda manual, podendo passar despercebido pelos responsáveis por esta seleção. Lembrando que, não há risco quanto à passagem destes itens pela seleção, pois estes fatores organolépticos e não há risco microbiológico no mesmo, visto que todos foram sanitizados por igual.

Houve uma pequena diferença em relação ao brix, apesar de ser amostral, tal fator pode ser compreendido devido à quantidade de tempo imerso em água deste fruto. Como podemos observar, no processo tradicional, os frutos passam somente por um tanque de lavagem simples. No processamento de acordo com o projeto desenvolvido, consideramos a passagem por dois tanques

com água em borbulhamento e posteriormente o enxágue. Tais fatores podem ter contribuído para a diminuição do brix, visto que o refratômetro passou por calibração antes da análise.

5. CONCLUSÕES

O morango tem características que atraem e encantam os consumidores, como a cor, de um vermelho-vivo, além de aroma e sabor inigualáveis, é essencial para a manutenção da saúde. E com este projeto pudemos abordar uma variedade pouco explorada, mas com um elevado grau de qualidade que incentivaria o consumo de fruta, ainda mais com seu apelo extra doce. Considerando que o brasileiro possui um paladar mais doce, esse tipo de fruta conquistaria muitas mesas, seja em sua forma natural ou em produtos minimamente processados que irão manter suas características.

O morango Pircinque aliada a um processo adequado para o beneficiamento pós-colheita agrega valores que resultam em um produto com um perfil diferenciado, principalmente para a indústria que atualmente é carente de frutas processadas de qualidade premium no nível do mercado externo.

O solo brasileiro é rico e o clima favorável, e a ótima adaptação desse cultivo demonstrou que podemos incentivar os produtores locais para um aperfeiçoamento do campo ao processamento, e assim equilibrarmos a balança comercial e nos tornarmos referências em cultivo de morango e processamento de fruta.

6. REFERÊNCIAS

CONTI, J., K. MINAMI, F. TAVARES. **Comparação de caracteres morfológicos e agronômicos com moleculares em morangueiros cultivados no Brasil**. Horticultura Brasileira, Brasília. 20(3) 419-423, 2002.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 2. ed. Viçosa: Ed. UFV, 2003. 412 p.

INMET. **Normais climatológicas do Brasil 1961-1990**. Brasília, DF, 2009. 465 p.

JONES, J. K. Strawberry. In: SMARTT, J.; SIMMONDS, N. W. (Ed.). **Evolution of crop plants**. London: Longman, 1995. p. 412-417

KLUGE, R. A.; JACOMINO, A.P.; TESSARIOLI NETO, J. **Colheita, pós-colheita e qualidade do morango**. Disponível em: <http://www.ciagri.usp.br/~rakluge/pcmorang.html>. Acesso em: 20 out. 2020.

MENNONE C., QUINTO G.R., DANZI C. **Innovazione tecnica e varietale nell'areale Metapontino**. Rivista di Frutticoltura e di Ortofloricoltura, Bologna - Itália, n.6, p.26-28. 2012.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION. **National Climatic Data Center**. Disponível em: Acesso em: 23 abr. 2020.

VAUGHAN, J. G.; GEISSLER, C. A. **The new Oxford book of food plants**. New York: Oxford University, 1997. 237 p

VERDIAL, M. F. **Frigoconservação e vernalização de mudas de morangueiro (Fragaria X ananassa Duch.) produzidas em sistema de vasos suspensos**. 2004. 71 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

ESTUDO SOBRE O USO DE EXTRATO DE AIPO E BACTÉRIAS FERMENTATIVAS EM LINGUIÇA

Daniela Lima Santos (Centro Universitário Padre Anchieta)

Claudemar José Trevizam(Centro Universitário Padre Anchieta)

RESUMO

O consumo crescente do mercado de linguiças e a preocupação dos consumidores com produtos de uma demanda mais saudável motivou o início deste estudo alterando o uso de nitrito e nitrato, pelo uso de extrato de aipo. Para que a conversão do nitrito do aipo fosse completa e o produto fosse seguro de modo a não produzir toxinas de *Clostridium botulinum* e *Staphilococcus aureus* foi utilizado cultura starter Bactoferm T-SXP. As análises físico-químicas realizadas foram de pH, cinzas, umidade e lipídeos. Os resultados tiveram média de 6,5; 2,8%; 37% e 38% respectivamente. Na análise do teor de nitrito, após 5 e 10 dias da produção da linguiça, as amostras contendo cultura starter apresentaram 25,96 mg/kg e 57,68 mg/kg respectivamente, valor dentro do permitido pela legislação vigente. A análise microbiológica realizada foi em manitol salgado e não houve crescimento de *Staphilococcus aureus*, porém houve crescimento microbiológico na placa de petri pela possível contaminação através da flora natural da carne comprada em açougue ou devido ao desenvolvimento microbiológico da cultura starter. O estudo abre oportunidades para aprimoramento em futuras pesquisas sobre o assunto.

ABSTRACT

The growing consumption of the sausage market and the concern of consumers with products with a healthier demand motivated the beginning of this study, changing the use of nitrite and nitrate, using celery extract. For the conversion of nitrite from celery to be complete and the product to be safe so as not to produce toxins from *Clostridium botulinum* and *Staphilococcus aureus*, starter culture Bactoferm T-SXP was used. The physicochemical analyzes performed were pH, ash, moisture and lipids. The results averaged 6.5; 2.8%; 37% and 38% respectively. In the analysis of the nitrite content, after 5 and 10 days of the sausage production, the sample containing starter culture showed 25.96 mg / kg and 57.68 mg / kg respectively, a value within the limits allowed by current legislation. The microbiological analysis carried out was in salted mannitol and there was no growth of *Staphilococcus aureus*, however there was microbiological growth in the petri dish due to possible contamination through the natural flora of meat bought in a butcher shop or due to the microbiological development of the starter culture. The study opens opportunities for improvement in future research on the subject.

1. INTRODUÇÃO

Conforme a Instrução Normativa nº4 de 31/03/2000 publicada pelo Ministério da Agricultura e do Abastecimento: Entende-se por linguiça o produto cárneo industrializado, obtido de carnes de animais de açougue, adicionados ou não de tecidos adiposos e ingredientes; embutido em envoltório natural ou artificial, e submetido ao processo tecnológico adequado.

De acordo com a Revista Nacional da Carne, em 1998 os estabelecimentos existentes no país eram responsáveis por 1 milhão e 200 mil toneladas de embutidos. E a linguiça lidera o ranking de produção.

No processamento de linguiças existem diversas etapas, como a moagem e trituração da carne, preparo das tripas ou envoltórios e embutimento; além da adição de aditivos de cura como nitrito e nitrato, que são classificados como conservantes e tem como objetivo estabilizar a coloração e sabor dos produtos além de auxiliar na ação bacteriostática; impedindo o desenvolvimento de bactérias como *Clostridium botulinum* e *Staphylococcus aureus* e assim, retardando a vida de prateleira dos produtos.

Apesar das diversas vantagens, o uso de nitrito e nitrato vem sendo estudado devido aos seus supostos efeitos prejudiciais em longo prazo.

A apreensão primordial do uso de nitritos e nitratos em alimentos é proveniente de efeitos toxicológicos, ocasionada por excessos e pela formação de compostos N-nitrosos que apresentam sintomas mutagênicos e carcinógenos (FRANCO, 2014). Adicionalmente além de impedir a deterioração, são ingredientes que auxiliam no desenvolvimento e fixação da cor e aumentam o sabor e aroma característico dos produtos (BENEDICT, 2014). Para Oliveira (2005), o uso destes aditivos é altamente discutido em virtude da possibilidade de originarem compostos nitrosos de ação carcinogênica, como a N-nitrosodimetilamina e a monometilnitrosamina.

Por essa razão é importante à busca por compostos naturais para substituição desses conservantes, como por exemplo, o extrato de aipo. Trabalhos de Sindelar et al. (2007a), Sindelar et al. (2007b) e Terns et al. (2011), ao utilizarem como fonte de nitrito extratos vegetais de aipo em embutidos emulsionados cozidos obtiveram produtos com características físico-químicas similares ao controle adicionado de nitrito químico e com performance microbiológica satisfatória.

Os resultados obtidos devem ser trabalhados pela Estatística, que é um ramo da matemática, que trata da coleta, análise, interpretação e apresentação de dados numéricos. Estudar estatística é importante porque diariamente estamos expostos a enormes conjuntos de

informações que resultam a estudos e pesquisas científicas. Os métodos de amostragem e de interferência estatística atualmente são um dos principais métodos de pesquisa científica.

As análises preliminares e finais apresentam dois pontos importantes em controle estatístico de processos em indústria de alimentos, situando o primeiro na descrição e exploração das características principais dos resultados sem uma preocupação inicial preponderante com os objetivos ou hipóteses do trabalho, mas com um olhar investigativo dos dados obtidos e o segundo perfaz o ato de investigar criteriosamente se um conjunto de pressupostos estatísticos está presente nos dados. Neste último caso, verifica-se o ajustamento entre o conjunto de dados e pressupostos estatísticos fundamentais para o uso correto das diversas técnicas estatísticas (normalidade de distribuição das variáveis, presença de casos extremos, homocedasticidade, multicolinearidade, entre outros.

Desta forma contribui para a segura e correta comercialização de produtos embutidos cárneos, e que devem estar de acordo com os padrões exigidos pela legislação; por isso são necessárias a realização de análises microbiológicas e físico-químicas. Na apuração de dados, pode-se utilizar de dados estatísticos (CALAPEZ, 2015).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Mercado

A criação de produtos cárneos em tempos de crise tem como objetivo estabilizar duas variáveis importantes no dia a dia dos brasileiros: Tempo e dinheiro. Tempo porque atualmente cerca de 70% das mulheres trabalham fora de casa e por isso preferem adquirir refeições de fácil preparo, porque devido à crise econômica de 2016, o brasileiro passou a procurar alimentos com baixo custo de mercado (O Globo, 2016).

Os produtos derivados de carne têm como objetivo a criação de novos produtos para o mercado e, além disso, aumentar a vida útil dos produtos devido aos aditivos utilizados.

Embutidos cárneos são definidos como "produtos elaborados com carnes ou outros tecidos animais comestíveis, curados ou não, defumados e dessecados ou não, tendo como envoltório natural tripas, bexigas ou outras membranas animais ou envoltório plástico apropriado" (MENDONÇA, 2006).

Os principais embutidos são a salsicha, o salame, a linguiça e a mortadela. O mercado consumidor desses produtos vem crescendo constantemente nos últimos anos devido à crise econômica. “Em tempos de crise, a expansão é consequência de o consumidor ter voltado suas atenções para o cruzamento de duas variáveis: dinheiro e tempo” (ABIA, 2016).

De acordo com a ABIA – Associação Brasileira das Indústrias da Alimentação, essa expansão se deve ao fato dos embutidos terem se tornado produtos de fácil substituição e preparo. Durante a crise produtos de valor elevado foram trocados por produtos de valor mediano, e os medianos, por embutidos que possuem valores acessíveis.

Em outra perspectiva, observa-se que as mulheres atualmente são mais independentes; muitas delas trabalham o dia todo e quando chegam em casa procuram um alimento de fácil preparo.

2.2 Linguiças

Conforme a Instrução Normativa nº4 de 31/03/2000 publicada pelo Ministério da Agricultura e do Abastecimento: Entende-se por linguiça o produto cárneo industrializado, obtido de carnes de animais de açougue, adicionados ou não de tecidos adiposos e ingredientes; embutido em envoltório natural ou artificial, e submetido ao processo tecnológico adequado.

De acordo com a Revista Nacional da Carne, em 1998 os estabelecimentos existentes no país eram responsáveis por 1 milhão e 200 mil toneladas de embutidos. E a linguiça lidera o ranking de produção.

Um dos embutidos mais consumidos no Brasil, devido ao sabor satisfatório, preço acessível e fácil preparo; é a linguiça frescal. Uma pesquisa realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE revelou que dentro do período de 1999 e 2009 o consumo de linguiça aumentou de 38,89% para 50,9%. E tudo aponta para o crescimento contínuo devido à prática no preparo e à atual vida agitada dos consumidores (UNISALESIANO – 2013).

2.3 Ingredientes

No processamento de linguiça são comumente utilizados ingrediente como carne mecanicamente separada, gordura, água, gelo e sal. Além desses ingredientes em comum, também são utilizados estabilizantes, conservantes, antioxidantes, acidulantes, corantes, realçadores de sabor, reguladores de acidez e aromas. A adição desses aditivos tem como objetivo melhorar características de textura, sabor, coloração e conservação dos produtos.

Estabilizantes: A sua aplicação fundamenta-se no aumento da capacidade de retenção de água, auxiliando também no rendimento, realçando o sabor e melhorando a textura.

- ✓ Conservantes: Evitam o crescimento das células vegetativas e esporos de *Clostridium botulinum*. Além disso, conferem coloração e sabor característico e evitam a rancidez nos produtos.
- ✓ Antioxidantes: São agentes aceleradores de cura, contribuindo para aumentar a velocidade do desenvolvimento da cor e estabilidade da carne curada.
- ✓ Acidulantes: Promove a redução do pH, facilitando a reação de cura.
- ✓ Corantes: Fornecem ao produto a coloração desejada.
- ✓ Realçador de sabor: Age nas papilas gustativas, realçando o sabor desejado.
- ✓ Regulador de acidez: Age modificando ou mantendo o pH.
- ✓ Aromas: Os aromas são capazes de agir nas papilas gustativas realçando o sabor dos produtos.

Processamento: No fluxograma do processamento de linguiças, podemos descrever as seguintes etapas.

1. Elaboração das formulações: As formulações são elaboradas de acordo com a necessidade e característica do produto.
2. Preparo da matéria- prima: As carnes bovinas e suínas devem ter temperatura entre 3°C e 5°C. Para carnes em carcaças, separam-se os ossos da carne manualmente com o auxílio de facas.
3. Moagem: A carne é picada e moída com o auxílio de moedores e/ou quebradores ou desintegradores de blocos.
4. Pesagem de condimentos e aditivos: Os condimentos são devidamente pesados para que possam se juntar com a mistura previamente preparada.
5. Trituração: A carne moída e os demais ingredientes são colocados em um “cutter”, onde acontece a fragmentação das carnes e a mistura de todos os ingredientes. É comum a adição de gelo picado; para auxiliar no resfriamento da massa e na composição do teor de água do produto. A mistura acontece até que se obtenha uma massa.
6. Preparo e hidratação das tripas: As tripas devem ser imersas em água.
7. Embutimento: A emulsão é embutida em tripas que posteriormente são amarradas de acordo com o tipo de produto produzido.
8. Embalagem: Os produtos são embalados por envoltórios plásticos termoformados e selados a vácuo. Posteriormente é realizada a pasteurização por imersão em água quente.

9. Refrigeração: Os produtos são acondicionados em câmaras frias, com temperaturas controladas.

a. Nitrato e nitrito

De acordo com a definição do item 1.2 da portaria SVS/MS 540, de 27/10/97, aditivo alimentar é todo ingrediente incorporado aos produtos alimentícios sem a intenção de alimentar; apenas com a finalidade de alterar características sensoriais, físicas, químicas ou microbiológicas durante o processamento inteiro do alimento. Em outras palavras, entende-se por conservantes, substâncias adicionadas aos alimentos com o objetivo de impedir ou retardar o crescimento/desenvolvimento microbiológico ou enzimático.

Durante a fabricação de boa parte de embutidos, são utilizados nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-) para aperfeiçoar sua cor e sabor característicos, além de inibir o crescimento de microrganismos como *Clostridium botulinum*. A coloração rosa estável e sabor das linguiças são definidas por reações específicas que ocorrem durante o processamento (FENNEMA 2010).

“A primeira reação ocorre entre o óxido nítrico (NO) e a Mb, produzindo a mioglobina óxido nítrico (MbNO), também conhecida como nitrosilmioglobina. A MbNO é vermelha, brilhante e instável. Após o crescimento forma-se a mio-hemocromogema óxido nítrico (nitrosil-hemocromo), que é mais estável. Esse composto produz a coloração rosa desejável das carnes curadas. O aquecimento deste pigmento desnatura a globina, mas a coloração rosa permanece. É postulado que, se a MMb está presente, necessitam-se de agentes redutores para a conversão da MMb à Mb, antes que a reação com o NO ocorra. Como alternativa, o nitrito pode interagir diretamente com a MMb. Na presença de excesso de ácido nitroso a nitrimióglobina (NMb) será formada” (FENNEMA 2010).

O nitrito tem efeitos inibidores mais evidenciados ao crescimento de bactérias anaeróbias e tem seu papel fundamental na estabilização do componente cor rósea, e contribui de forma significativa em sua avaliação sensorial.

Por ser parte do ciclo do nitrogênio, o nitrato está amplamente presente no meio ambiente e não possui atividade antioxidante, mas pode ser reduzido a nitrito pela ação de bactérias, este, é incorporado diretamente à massa, e suas principais atribuições são estabilização da cor, melhoramento da textura, crescimento de “flavor” característico de produtos curados e dificultar o crescimento de toxinas de *Clostridium* (BENEDICTI, 2014).

A utilização de nitritos e nitratos tem sido questionada devido à associação de formação de compostos nitrosaminas, em níveis baixos, mas possivelmente tóxicos em alguns produtos que utilizam a cura como parte do processamento. Para Oliveira (2005), o uso destes aditivos é altamente discutido em virtude da possibilidade de originarem compostos nitrosos de ação carcinogênica, como a N-nitrosodimetilamina e a monometilnitrosamina. Além disso, esses compostos estão presentes de forma natural em muitos outros alimentos, incluindo vegetais. Porém a justificativa para a utilização de nitritos e nitratos está na capacidade antimicrobiana, em especial, na possibilidade do crescimento de *Clostridium botulinum* (FENNEMA 2010).

De acordo com a portaria 1004, de 11 de dezembro de 1998, as quantidades máximas permitidas para nitrito de potássio, nitrito de sódio, nitrato de sódio e nitrato de potássio são respectivamente, 0,015g; 0,015g; 0,03g e 0,03g para cada 100g de produto.

A exibição da população a nitritos e nitratos é sugestionada pelos hábitos de vida e localização de moradia de cada um, pois as dietas podem ser ricas em peixes, queijos e vegetais, que possuem alto valor desses conservantes, levando-se em consideração de que as plantas são fonte original de nitrato e as carnes processadas são fonte original de nitrito. O nitrito é mais tóxico do que o nitrato, sendo que a dose letal ingerida de forma oral é cerca de 80 a 800mg de nitrato por Kg corporal e 33 a 250mg de nitrito por Kg corporal (BENEDICTI, 2014).

2.5 Cura natural

O termo “cura” relaciona-se ao processamento de embutidos cárneos e é globalmente conhecido como a adição de conservantes e sais de nitrito e nitrato com o objetivo de aprimorar sua conservação e caracterizar cor e sabor em embutidos (CORREIA, 2008).

Atualmente, estudos tem demonstrado o interesse do consumidor por produtos de origem natural devido à associação de produtos comumente produzidos pela indústria, com modificações genéticas em plantas e animais, hormônios, pesticidas e antibióticos (BENEDICTI, 2014).

Estudiosos têm respondido a esses questionamentos do consumidor com alimentos muitas vezes deduzidos como mais saudáveis e benéficos do que àqueles convencionalmente produzidos. Em sua maioria, alimentos naturais ou orgânicos assemelham-se aos produtos tradicionais, e não diferem em características típicas, esperadas pelo consumidor (CORREIA, 2008).

Durante a produção de produtos cárneos, a adição de sais de cura é tratada com atenção exclusiva, devido aos potenciais riscos que podem ser conferidos à ingestão de altas quantidades (BENEDICTI, 2014).

Quando o nitrito é adicionado ao processo, sendo ele inserido diretamente ou derivado do nitrato, ele não pode ser substituído, e conseqüentemente, alguns outros produtos e processos são necessários para que seja desenvolvido um produto com características similares às esperadas pelo consumidor (CORREIA, 2008).

Podem ser substituídos pela adição direta no nitrito, alguns extratos vegetais, naturalmente ricos em nitrato; eles possuem grande influência na oxidação lipídica dos produtos cárneos devido ao seu efeito antioxidante e atualmente é comum utilizar-se deles na substituição de antioxidantes sintéticos, pois os extratos de vegetais apresentam a capacidade de melhorar a capacidade oxidativa e aumentar a vida de prateleira dos mesmos (BENEDICTI, 2014).

Existem muitas fontes naturais com grande quantidade de nitrito e nitrato, porém, a mais comum delas é o extrato de aipo, ao que tudo indica é altamente conciliável com produtos cárneos processados, devido a sua baixa pigmentação e sabor suave impedindo a depreciação do sabor do produto final (CORREIA, 2008).

O aipo (*Apiumgraveolens L.*) tem origem do sul da Europa e é cultivado nas regiões Sul e Sudeste do Brasil. Pode alcançar de 60 a 90 cm de altura, possui caule verde claro e folhas verde escuras bem segmentadas e folíolos serrilhados. Possui ação antioxidante, estomáquica, contra gases intestinais, refrescante e atividade anti-inflamatória. Em sua composição encontram-se cloreto de sódio, ferro, derivados de tiofeno, sulfurados voláteis, alina, alcina e vitaminas (A, B1, B2, B5, C e E) (BENEDICTI, 2014).

2.6 Cultura starter

Quando realizamos o processo de cura natural, um ingrediente importante é a cultura de bactéria nitrato-redutora. As culturas utilizadas para conversão de nitrato podem prover no processo de cura natural, contribuindo no desenvolvimento e estabilidade da cor dos produtos curados (BENEDICTI, 2014).

Cultura Starter, são preparos com microrganismos vivos ou em estado latente que se desenvolvem através da fermentação de determinado substrato. Normalmente são utilizados de forma benéfica com o objetivo de melhorar a segurança do produto e estender sua vida útil devido a inibição de microrganismos deteriorantes. Em produtos cárneos, as bactérias auxiliam

a segurança e estabilidade e desenvolvem os aspectos sensoriais do produto, pois ocorrem interações entre as frações da proteína, gordura e carboidratos (GOLINELI, 2009).

2.7 *Clostridium botulinum*

Entre os diversos aspectos que determinam a qualidade de um produto alimentício, um deles é a análise microbiológica. É importante pensar que alimentos crus apresentam microrganismos que fazem parte da sua microbiota natural; porém alguns alimentos podem ter microrganismos indesejáveis que podem ocasionar algumas alterações, podendo ser patogênicos e comprometer a saúde do consumidor.

As análises microbiológicas de alimentos são importantes porque a partir delas, consegue-se obter dados a respeito das situações higiênico-sanitárias durante o processo, armazenamento, distribuição e sua vida de prateleira.

No processo de fabricação de linguças, devem ser tomadas algumas precauções devido à alta quantidade de microrganismos presentes. Entre elas estão o processo de cura, a embalagem a vácuo e a refrigeração.

O processo de cura consiste na adição de sal, nitratos e nitritos, açúcares e condimentos para a conservação do produto. No sistema de embalagem a vácuo, o alimento não entra em contato com o oxigênio, elemento que altera algumas propriedades dos alimentos, assim é possível proteger o alimento contra a deterioração. O resfriamento é realizado com o objetivo de inibir o crescimento microbiológico devido às baixas temperaturas.

Atualmente os microrganismos podem ser identificados em todo lugar, mas antigamente diversas pessoas morriam com epidemias em vários lugares do mundo e comumente os motivos não eram identificados. Isso porque até pouco tempo atrás, antes da invenção do microscópio, muitos microrganismos eram desconhecidos, assim, a comida estragada não era percebida e consumida normalmente ocasionando doenças que vacinas e antibióticos não eram capazes de combater, pois não estavam disponíveis. Não se sabe ao certo o período em que se desenvolveu o conhecimento a respeito dos microrganismos e seu papel relevante para os alimentos, porém, com o aumento de produtos alimentícios não consumidos de forma natural, surgiram problemas relacionados à doenças transmitidas pelos alimentos e por sua rápida deterioração, principalmente devido ao armazenamento inadequado (CARVALHO, 2010).

O *Clostridium botulinum* é um bacilo gram-positivo produtor de esporos, encontrados em fezes, legumes, frutas, verduras e no solo. São bastonetes retos ou levemente curvados com

flagelos, apresentam capsulas e são móveis, anaeróbicos, com esporos ovais (PARRILLI, 2008).

Os esporos desse microrganismo são as formas mais resistentes que se tem encontrado em agentes bacterianos e podem sobreviver por cerca de 30 anos ou mais em meios secos. Para destruir esses esporos em alimentos, é necessário que os alimentos contaminados sejam aquecidos a 120°C durante 30 minutos. A germinação desses esporos é realizada em condições anaeróbicas, onde o pH é superior à 4,5 e existe uma alta atividade de água (CERESER, 2008).

O botulismo é uma intoxicação ocasionada pelo *Clostridium botulinum*, proveniente, na maioria dos casos, da ingestão de uma potente neurotoxina proteica contida em alimentos contaminados com esse microrganismo. No Brasil, a incidência dessa doença é baixa, mas por ser muito grave podendo levar a morte, deve ser diagnosticada e tratada de forma ágil (CERESER, 2008).

Com base na especificidade sorológica das toxinas, são sete tipos conhecidos (A, B, C, D, E, F e G); sendo que os tipo A, B, E, F e G podem ocasionar doenças à humanos, o tipo C ocasiona doenças em aves, gado e outros animais; enquanto o tipo D está relacionado à intoxicações por ingestão de forragem pelo gado (JAY, 2009).

Os sintomas relacionados ao botulismo podem aparecer de 12 a 72 horas após a ingestão de alimentos contaminados. Dentro os sintomas estão náuseas, vômito, fadiga, tonturas, cefaleia, ressecamento da pele, boca e garganta, diarreia seguida de constipação; os pacientes normalmente não apresentam febre; ocorre paralisia muscular, visão dupla e parada cardíaca, ocasionando a morte. A toxina botulínica ataca o sistema nervoso de forma irreversível. Todos esses sintomas são ocasionados pela exotoxina e o tratamento equivale a administração de soros muito específicos o mais rápido possível. A taxa de mortalidade é baixa e varia entre 30% e 65% e a duração da doença é de 1 a 10 dias variando de acordo com a resistência do hospedeiro (JAY, 2009).

Cabe relatarmos que em paralelo ao botulismo outra bactéria com potencial alto de causar doença severa ao ser humano por ingestão de alimentos contaminados é o *Staphylococcus aureus*. Dessa forma, por questões de riscos na manipulação optamos em analisar somente *Staphylococcus aureus*, já que de acordo com Jay (2009) a presença dessa bactéria já identifica o potencial risco da presença do *Clostridium botulinum*.

2.8 Estatística

De acordo com Araújo (2003), a pesquisa científica nas diferentes áreas do conhecimento, as análises estatísticas são usadas como ferramentas para avaliação e verificação de suas hipóteses. O efeito comparativo múltiplo entre médias de tratamentos experimentais, antecedido da análise de variância, constitui-se, invariavelmente, uma das mais comuns dessas análises.

Os testes de comparações múltiplas entre médias de tratamentos auxiliam na análise de dados e segundo Conagin et al. (2008), amplia o interesse na pesquisa aplicada, tangenciando os trabalhos que buscam o comparativo para tratamentos qualitativos.

O uso de um teste é feito quando a análise de variância aponta a existência de efeito significativo dos tratamentos a um determinado nível de significância, assim é possível o estabelecimento da decisão de rejeitar a hipótese de nulidade (pelo menos um contraste ortogonal entre tratamentos diferentes de zero).

De acordo com Conagin et al (2008), os testes mais utilizados para verificação e comprovação dos resultados experimentais, estão o Teste F, usado para verificar a existência de diferença significativa entre contrastes ortogonais dos tratamentos, e os testes de Tukey, Duncan, Dunnet e o teste LSD, habitualmente estudado para detalhar esta informação, que permite mostrar as especificidades dos tratamentos que diferem, ou não, estatisticamente.

A característica desejada é que os testes mostrem controle da taxa de erro tipo I, que certifique a existência de diferença entre os tratamentos, evidenciada na realidade de que essas diferenças são causadas pelo acaso. A probabilidade máxima de se rejeitar erroneamente uma hipótese nula (H_0) é verificada pelo nível de significância do teste e fundamenta o erro tipo I, sendo usado o nível de 5% de probabilidade.

Conagin et al (2008) afirma que existem dificuldades em se comparar o erro tipo I nos procedimentos de comparações múltiplas. Menciona também que os testes de comparações múltiplas de médias controlem a taxa de ocorrência do erro tipo I com a mesma eficiência, vinculados tanto para comparações como para experimentos aliados aos diferentes tamanhos de experimentos, de acordo com o número de tratamentos, repetições e coeficientes de variação.

Já a Análise de Variância (ANOVA) é um procedimento usado para comparar três ou mais tratamentos. Evidencia-se algumas variações da ANOVA ocasionadas aos diferentes tipos de experimentos que podem ser executados no tratamento de dose de experimentos.

Montgomery (2008) menciona que a análise de variância, conhecida como ANOVA é uma abordagem utilizada para se comparar vários grupos de experimentos que evidenciam o início de uma avaliação para verificar se há diferenças consideráveis entre os grupos estudados.

Walpole et al. (2009) corroboram que a ANOVA é um procedimento muito comum usado para lidar com testes de médias populacionais.

Sousa et al. (2012) certificaram a eficiência das respostas de diferentes métodos de comparações múltiplas entre médias. Estudaram quatro diferentes procedimentos de testes de comparações múltiplas entre médias aplicadas a 200 experimentos e a 10 variáveis, geradas a partir de valores aleatórios.

Walpole et al. (2009) descreve ainda que o procedimento de Tukey permite a formação de intervalos de confiança $100(1-\alpha) \%$ simultâneos para todas as comparações em pares. O método é ancorado em uma distribuição de amplitude “estudentizada”. O percentual adequado é uma função de α , k e $v =$ graus de liberdade para S^2 , onde o método de comparações em pares de Tukey engloba a descoberta de uma diferença de significância entre as médias i e j , se $|\bar{y}_i - \bar{y}_j|$ exceder $q[\alpha, k, v]$ análises através do Teste de Tukey.

O teste de Tukey abre espaço para testar qualquer contraste, sempre, entre duas médias de tratamentos, ou seja, não possibilita a comparação de grupos entre si. O teste baseia-se na Diferença Mínima Significativa (DMS) Δ . A estatística do teste é dada da seguinte maneira,

$$\Delta = q \sqrt{\frac{QMRes}{r}} \quad (I)$$

onde, q é a amplitude total studentizada, $(QMRes)$ é o quadrado médio do resíduo, e (r) é o número de repetições. O valor de q depende do número de tratamentos e do número de graus de liberdade do resíduo. Também, em um teste de comparações de médias, deve-se determinar um nível de significância α para o teste. Normalmente, utiliza-se o nível de 5% ou 1% de significância.

Idealizamos que os resultados das análises físico-químicas e microbiológicas podem ser submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste t (5 % de probabilidade) aliados após à análise de variância, as médias serão comparadas pelo teste de Tukey com significância de 5 % de probabilidade (VIEIRA, 2006).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização da linguiça sem nitrito e nitrato primeiramente foi pesquisado a respeito dos ingredientes necessários em uma formulação de linguiça comum e quais eram as reações que ocorriam entre eles para que se obtivesse um resultado satisfatório perante o

mercado, posteriormente, foram feitas alterações de acordo com a necessidade do projeto. A formulação final está descrita na tabela 01.

Tabela 01 - Ingredientes

Ingrediente	Formulação 1 (%)	Formulação 1 (g)	Formulação 2 (%)	Formulação 2 (g)
Paleta suína	96,6	400	96,1	400
Toucinho		133,3		133,3
Cultura Starter	0,05	0,28	0,05	0,28
Pimenta Branca	0,5	3	0,5	3
Alho	0,5	3	0,5	3
Noz moscada	0,03	0,17	0,03	0,17
Eritorbato de sódio	0,03	0,17	0,03	0,17
NaCl	2	11	2	11
Nitrito de sódio	-		-	
Extrato de aipo	0,3	1,5	0,8	4,5
Total	100,0	552,42	100,01	555,42

Fonte: Autores

Após tomada a decisão dos ingredientes e quantidades necessárias, foi utilizado o Laboratório de Nutrição e Dietética da Instituição para desenvolvimento do produto. A relação de materiais e equipamentos utilizados está descrita na tabela 02.

Tabela 02 – Materiais para processamento

Material	Quantidade
Tábua de carne	2
Facas	2
Recipientes	4
Moedor	1
Embutideira	1
Balança	1

Fonte: Dos autores

1) Inicialmente, a paleta e o toucinho (mantidos refrigerados na faixa de 5° a 10 ° C) foram cortados em filetes e moídos. Posteriormente a mistura de carnes foi pesada para que a partir da massa obtida pudessemos calcular a quantidade dos demais ingredientes a partir de do balanço de massa da formulação base.

2) Os condimentos foram pesados e incorporados à mistura.

3) A massa foi misturada durante 5 minutos de forma manual de forma asséptica.

- 4) A mistura foi acondicionada em embutideira e em seguida foram ensacadas dentro de tripas previamente hidratadas.
- 5) As linguiças foram identificadas e armazenadas durante os 5 dias seguintes.
- 6) Uma parte da amostra foi congelada para realizar análises microbiológicas.

Após os 5 dias de estocagem, foram realizadas análises microbiológicas de *Staphylococcus*. Foram feitas análises em triplicatas com as duas amostras resfriadas e com a amostra congelada.

3.1 Análise microbiológica

Para a análise microbiológica foram utilizados os materiais e equipamentos descritos na tabela 03.

Tabela 03 – Materiais de análise microbiológica

Material	Quantidade
Placa de Petri	6
Agar Manitol	11,1 g
Água peptonada	1
Recipiente	2
Autoclave	1
Fluxo laminar	1
Ponteiras de 0,1 mL	1
Alça de Drigalsky	1
Estufa	1
Contador de colônias	1
Lâminas	2
Bico de Bunsen	1
Água deionizada	1

Fonte : Dos autores

O ágar manitol salgado e a água peptonada foram preparados conforme a instrução contida nos rótulos dos produtos. Foi colocado 11,1g de ágar em 100mL de água destilada. Misturou-se até se obter uma suspensão uniforme. A mistura foi aquecida com frequente agitação para que a dissolução fosse completa. A água peptonada foi preparada a 0,5%. Ambos foram colocados em um recipiente específico que suporta altas temperaturas e pressão e direcionados para a autoclave. Em seguida todos os materiais e soluções utilizados foram colocados em autoclave a 121°C durante 15 minutos.

Após esse período, esperou-se até que o equipamento estivesse frio para facilitar o manuseio. Posteriormente os materiais foram direcionados para o fluxo laminar com a luz ultravioleta ligada e permaneceram durante 30 minutos para controle de contaminantes microbiológicos.

Diluiu-se 10g de linguiça triturada em 100mL de água peptonada (diluição 10^{-1}). Em seguida uma amostra em duplicata de 0,3 mL da diluição foi inoculada em 02 placas de petri e espalhadas com alça de Drigalski. As ponteiros utilizadas foram de 0,3mL. As placas foram colocadas em estufa a 37°C por 48 horas e depois foi realizada a contagem utilizando o contador de colônias.

3.2 Determinação de Nitrito

A análise de determinação de nitrito foi separada em 3 partes, o preparo das soluções, a extração e a curva padrão.

Foram preparadas o total de 5 soluções, todas com o mesmo princípio, alterando apenas a concentração. Além de 2 reagentes. Para a solução de tetraborato de sódio deca-hidratado a 5% foi dissolvido 50g de tetraborato de sódio em água destilada e o conteúdo foi transferido para um balão volumétrico de 1000mL que completando-se o volume com água destilada.

A Solução de ferrocianeto de potássio tri-hidratado a 15 % utilizou 150 g de ferrocianeto de potássio para ser dissolvido em água destilada e seu conteúdo foi transferido para um balão volumétrico de 1000 mL, completando-se o volume com água destilada.

A solução de acetato de zinco di-hidratado a 30% teve 300g de acetato de zinco dissolvido em 30mL de ácido acético glacial e 500mL de água destilada. O conteúdo foi transferido para um balão volumétrico de 1000 mL completando-se o volume.

A solução padrão de nitrito de sódio a 0,2 foi iniciada após a secagem do nitrito de sódio em estufa a 105°C , pesou 0,2 g e o diluiu em 1000 mL água destilada e para a solução padrão de trabalho a 8 µg/mL colocou-se em um balão volumétrico 10 mL da solução padrão de nitrito de sódio e completou com água destilada.

Os reagentes foram preparados da seguinte forma:

Foram dissolvidos 1,25 g de sulfanilamida em 250 mL de ácido clorídrico 1:1 e 0,5 g de cloreto de alfa-naftil-etileno diamina em 100 mL de água destilada para obtenção de reagente sulfanilamida a 5 % e reagente NED a 0,5 % respectivamente.

O método envolve duas etapas no processamento da amostra; um tem o objetivo de retirar o sal da amostra e seguidamente quantificá-lo.

Para o preparo da amostra pesou-se 10 g da amostra triturada e homogeneizada em um béquer de 200 mL. Adicionou 5 mL de solução de tetraborato de sódio a 5 %. Após mistura com auxílio de um bastão de vidro, acrescentou 50 mL de água destilada para homogeneização da solução. Posteriormente, a solução foi aquecida em banho-maria a 80°C por 20 minutos sob agitação constante e com auxílio de bastão de vidro. Procedeu da mesma forma com um branco de reagentes, sem a adição da amostra. Após aquecimento, com o auxílio de um funil e bastão de vidro, transferiu a solução para um balão volumétrico de 200 mL, onde foram adicionados 5 mL de ferrocianeto de potássio 15 % e 5 mL de solução acetato de zinco 30 %, agitando por rotação a cada adição de reagente e completou o volume com água destilada até o valor de 200 mL.

Para a realização da quantificação, transferiu-se 10 mL da amostra preparada e filtrada em um balão volumétrico de 50 mL. Adicionou-se 5 mL do reagente de sulfanilamida a 5 % e após 5 minutos, adicionou 3 mL de reagente NED a 0,5 %. O volume do balão foi completo com água destilada e a solução foi homogeneizada; após 15 minutos foi realizada leitura em espectrofotômetro a 540 nm contra o branco dos reagentes filtrados em papel filtro.

Para realização da curva padrão, em balões volumétricos de 50mL pipetou-se alíquotas de 1 mL, 2 mL, 3 mL, 4 mL, 5 mL, 6 mL e 7 mL contendo a solução padrão de trabalho de nitrito de sódio. Em cada balão acrescentou-se 5 mL de reagente sulfanilamida. Após 5 minutos, adicionou 3 mL de reagente NED a 0,5 %. O volume foi completado com água destilada. Após 15 minutos foi efetuada a leitura em espectrofotômetro a 540 nm contra o branco dos reagentes.

Após a leitura foram feitas as curvas com os valores de absorbância em um plano y junto com a concentração de nitrito de sódio 0,16 µg/mL; 0,32 µg/mL; 0,48 µg/mL; 0,64 µg/mL; 0,80 µg/mL; 0,96 µg/mL e 1,12 µg/mL em plano x, sendo assim, foram calculados os valores de coeficiente linear, angular e determinação da reta pela análise de regressão.

3.4 Análises de Cinzas

As análises de cinzas foram realizadas em triplicatas no dia 09/11/2020 no laboratório da instituição de ensino. Utilizou-se os materiais e equipamentos descritos na Tabela 04.

Tabela 04 – Materiais para análise de cinzas

Material	Quantidade
Balança analítica	1
Cápsula de porcelana	4
Bico de Bunsen	1
Mufla	1
Pinça de madeira	1
Espátula	1
Tripé de ferro	1

Fonte: Dos autores

Foram pesadas em cadinhos de porcelana três amostras de entre 2 e 3 gramas das amostras 1 e 2 previamente separadas. Posteriormente, as amostras foram colocadas em contato com o bico de Bunsen utilizando o tripé de ferro até que houvesse a calcinação das mesmas.

Após 5 minutos da chama apagada, foram colocadas as amostras em mufla em 550°C até o desaparecimento completo de substâncias orgânicas. Após o período de repouso na Mufla, as amostras foram pesadas novamente para realização dos cálculos de acordo com a fórmula abaixo:

$$\frac{p \times 100}{P}$$

Onde:

p = nº de g de resíduo

P = nº g da amostra

3.5 Análise de Umidade

As análises de umidade foram realizadas em triplicatas para as amostras 1 e 2. Foram utilizados os materiais e equipamentos descritos na tabela 05.

Tabela 05 – Materiais para análise de umidade

Material	Quantidade
Balança analítica	1
Cápsula de porcelana	4
Espátula	1
Pinça	1
Estufa	1

Fonte: Dos autores

Foram pesadas em cadinhos de porcelana três amostras de 2 a 3 gramas de linguiça previamente separadas. Posteriormente, as amostras foram colocadas em estufa à 105°C e aquecidas durante 3 horas. Após todo o procedimento, pesou-se novamente as amostras para calcular o percentual de umidade, que é dado pela fórmula abaixo:

$$\frac{100 \times n}{P}$$

Onde:

n = n° de gramas de umidade (perda de massa em g)

P = n° de gramas da amostra

3.6 Análise de Gordura

Para as análises de gordura, utilizamos amostras em triplicata das amostras 1 e 2. Utilizamos as amostras previamente secas, depois das análises de umidade. Utilizou-se os materiais e equipamentos descritos na tabela 6.

Tabela 6 – Materiais para análise de gordura

Material	Quantidade
Aparelho extrator de Soxhlet	1
Balança analítica	1
Proveta	1
Reagente: Hexano	320 mL

Fonte: Dos autores

Foi pesada em papel de filtro as amostras provenientes da análise de umidade pesando entre 1 e 2 gramas. Posteriormente, colocado dentro do cartucho de Soxhlet. Foram colocados 80 mL do reagente hexano em cápsula previamente pesada e essa cápsula foi posta no aparelho Soxhlet para que a separação da gordura fosse realizada.

Assim que concluída a separação da gordura, o solvente hexano foi recuperado, a amostra foi levada em estufa à 100 ° C por 2 h, resfriada em dessecador e em seguida foi pesada novamente e os cálculos realizados através da fórmula:

$$\frac{100 \times N}{P}$$

Onde:

N = n° de gramas de lipídios

P = nº de gramas da amostra

3.7 Análise de pH

As análises de pH também foram realizadas em triplicatas e para realizá-las as amostras foram pesadas na quantidade de 10g de cada uma das amostras em um becker e em seguida foram adicionadas 90g de água deionizada. As amostras foram homogeneizadas e foi medido o valor em pH em um potenciômetro previamente calibrado em solução-padrão pH=4 e pH=7.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para as análises físico-químicas, foram obtidos os resultados descritos na tabela 07.

Tabela 07 – Resultados de análises físico-químicas

Amostra	Cinzas (%)	Umidade (%)	Lipídeos (%)	pH
1.0	2,87	39,38	38,55	6,51
1.1	2,87	38,32	38,18	6,50
1.2	2,87	38,32	38,60	6,50
Média	2,87	38,67	38,44	6,50
2.0	2,87	34,67	39,48	6,48
2.1	2,86	38,47	36,70	6,46
2.2	2,86	38,50	39,50	6,50
Média	2,86	37,21	38,56	6,48

Fonte: Dos autores

Sendo que as amostras 1, são referentes à formulação desenvolvida 1 e as amostras 2 são referentes à formulação 2.

De acordo com o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de linguiças frescas, os valores máximos para análises de umidade e lipídeos são respectivamente 70% e 30%. A média de umidade das amostras está dentro dos requisitos estabelecidos, porém a de gordura está fora. Uma possível solução seria a redução da quantidade de toucinho utilizado na formulação.

Na análise de cinzas, um único valor distinguiu dos demais, então ele não foi considerado na média. Na literatura, foi encontrado o valor de 2,44%, e este é um valor próximo ao obtido nas duas amostras desenvolvidas.

A análise de pH é considerada importante pois o desenvolvimento microbológico e da coloração do produto estão relacionados ao valor médio obtido. Na literatura, foram

encontrados valores entre 5,2 e 6,8. Então os valores obtidos em ambas as amostras se encontram de acordo com o previsto (SILVA, 2010).

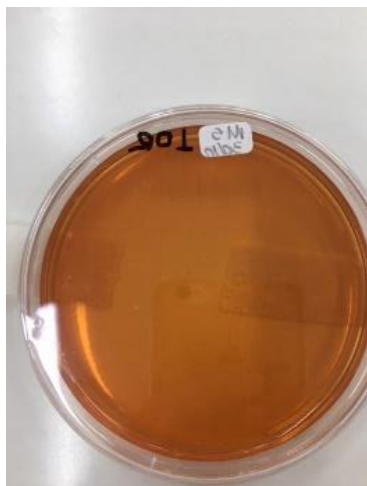
Nas análises microbiológicas realizadas no trabalho de iniciação científica realizado na instituição no ano de 2018, sem Cultura Starter, os valores obtidos estão descritos na tabela 08.

Tabela 08 – Resultados microbiológicos

Linguça Desenvolvida	
Amostra 1	4,0 x10 ³
Amostra 2	7,0 x10 ³
Amostra 3	8,0 x10 ³
Média	6,3 x 10³

Fonte: Dos autores

Utilizando a cultura starter na formulação, os resultados obtidos nas análises microbiológicas foram de incontáveis UFC conforme anexos 1, 2 e 3.



Anexo 1: Amostra no marco zero



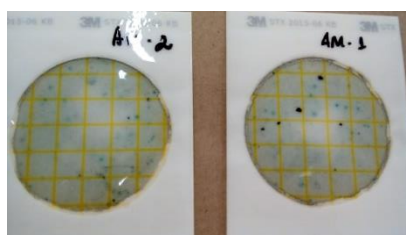
Anexo 2: Amostra 1



Anexo 3: Amostra 2

Na amostra 1, houve o crescimento microbiológico, porém ele é menor se comparado a amostra 2.

Em análise rápida de Petrifilm não foi identificado *Staphylococcus aureus* ou *epidermidis* devido à coloração apresentada nas amostras, conforme o anexo 4. A coloração encontrada foi de um tom verde, sendo que a coloração rósea confirmaria a presença de *Staphylococcus*.



Anexo 4: Análise de Petrifilm

Como no trabalho de IC houve um crescimento menor do que na amostra atual e na amostra original com o marco zero não teve crescimento, uma possibilidade dos crescimentos de outras colônias de bactérias no manitol salgado é de que a própria cultura starter pode ter influenciado no crescimento mostrado como incontável.

Outra possibilidade é que a contaminação da flora natural da carne fresca fermentou o manitol salgado. Além disso, também pode ter ocorrido contaminação através dos equipamentos utilizados ou na manipulação das carnes, aditivos ou linguiça.

As análises de nitrito foram realizadas no mesmo período das análises microbiológicas. Uma no marco zero, outra após 5 dias e a última após 10 dias da produção da linguiça. Os resultados estão descritos na tabela 09.

Tabela 09 – Resultado das análises de nitrito

Marco zero		5 dias (mg/kg)		10 dias (mg/kg)	
Amostra 1.0	Não detectável	Amostra 1.0	2,58	Amostra 1.0	8,70
Amostra 1.1	Não detectável	Amostra 1.1	2,65	Amostra 1.1	8,85
Amostra 1.2	Não detectável	Amostra 1.2	2,62	Amostra 1.2	8,92
Média	Não detectável	Média	2,62	Média	8,85
Amostra 2.0	Não detectável	Amostra 2.0	25,78	Amostra 2.0	57,68
Amostra 2.1	Não detectável	Amostra 2.1	26,05	Amostra 2.1	57,56
Amostra 2.2	Não detectável	Amostra 2.2	25,96	Amostra 2.2	57,74
Média	Não detectável	Média	25,96	Média	57,68

Fonte: Dos autores

Em ambas as amostras não havia concentração de nitrito. Após 5 e 10 dias da fabricação da linguiça, houve maior desenvolvimento de nitrito na amostra 2, pois esta conta com a presença da cultura starter. A cultura acelerou a conversão do nitrato presente no aipo em nitrito.

De acordo com a portaria nº 1004, de 11 de dezembro de 1998, o limite máximo para nitrito é de 150mg/kg, que é consideravelmente maior do que o encontrado na análise. Para afirmar a segurança do produto com relação ao desenvolvimento de nitrito seria necessário um maior tempo de análises para verificar qual seria o ponto de estabilização de desenvolvimento do sal.

5. CONCLUSÃO

Essa pesquisa permitiu a elaboração de uma linguiça com apelo natural, porém, no momento sem viabilidade tecnológica devido ao crescimento de bactérias até o momento

desconhecidas no meio de manitol salgado com possível influência da ação da cultura starter ou devido à contaminação proveniente da flora natural da carne.

O nitrato presente no extrato de aipo foi convertido a nitrito dentro dos limites estipulados em legislação, impedindo o crescimento de *Staphylococcus aureus*. Embora o baixo teor de nitrito, se comparado ao valor máximo permitido, esteja relacionado ao curto período de cura (5 e 10 dias); devido a inviabilidade do uso do laboratório da instituição em função da pandemia; a linha de tendência na amostra 2 apresenta tendência crescente conforme o gráfico 1.

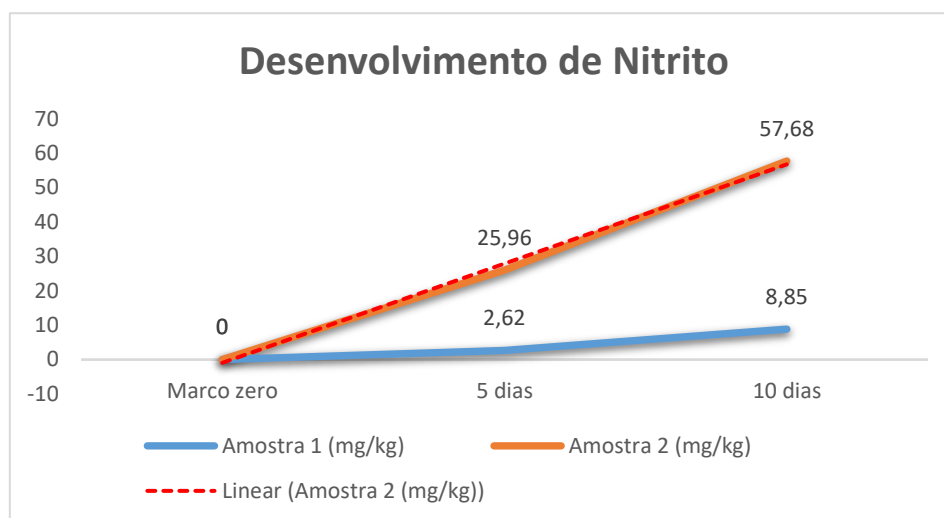


Gráfico 1 – Desenvolvimento de Nitrito

Para se obter um resultado mais preciso com relação ao período ideal de cura, seria necessário maior tempo de cura e a realização de mais análises para acompanhamento do desenvolvimento microbiológico e físico-químico de ambas as amostras para realização de um comparativo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, A. R. F. *Doenças alimentares de origem bacteriana*. 2012. Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/ib/ceis/mundoleveduras/2013/IntoxicacoesAlimentares.pdf>> Acesso em 22/04/2019.

ANDRADE, Ana Carolina G. *Trabalho de conclusão de semestre. Universidade Santa Cecília*. 2010. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAABapUAI/clostridium-botulinum>> . Acesso em: 23/04/2019.

ARAÚJO AP (2003) *Analysis of variance of primary data on plant growth analysis*. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 38:1-10.

BENEDICTI, Carolina. *Produção de linguiça frescal (toscana) através de cura natural com extrato de aipo (apium graveolens)*. 2014. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2343/1/CM_COALM_2013_2_04.pdf>. Acesso em: 07/04/2019.

BENEVIDES, Selene; **NASSU**, Renata. *Produtos cárneos*. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/ovinos_de_corte/arvore/CONT000g3izohks02wx5ok0tf2hbweqanedo.html> . Acesso em: 06/04/2019.

BIASI, Vanessa. *Produção de salame tipo italiano através de cura natural com extratos de aipo e acelga*. Disponível em: <<http://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/5693/BIASI%2c%20VANESSA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em 02/02/2018.

BRASIL, Resolução – RDC nº12 de 12 de janeiro de 2001. *Regulamento técnico sobre os padrões microbiológicos para alimentos*.

BRASIL, Portaria 1004, de 111 de dezembro de 1998. *Atribuição da função de aditivos, Aditivos e seus limites máximos de uso para a categoria 8 – Carne e produtos cárneos”*

BRASIL, Instrução Normativa nº 4, de 31 de março de 2000. *Regulamento técnico de identidade e qualidade de linguiças*.

CARNEIRO, Diego. *Determinação de Lipídeos*. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAA5skAH/determinacao-lipideos>>. Acesso em 08 de abr. 2019.

CALAPEZ, Teresa; et. al. *Estatística Aplicada 1*. Disponível em: < <https://static.fnac-static.com/multimedia/PT/pdf/9789726188193.pdf>> Acesso em: 16/04/2019

CARTAXO, James Linneker da Silva. *Riscos associados aos níveis de nitritos em alimentos: uma revisão*. Disponível em: <<http://rei.biblioteca.ufpb.br/jspui/handle/123456789/936>>.

Acesso em: 23/06/2017.

CERESER, Natacha Delboni, et. al. *Botulismo de origem alimentar*. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/html/331/33138149/>>. Acesso em: 05/02/2018.

CONAGIN. A, BARBIN D & DEMÉTRIO CGB (2008) Modifications for the Tukey test procedure and evaluation of the power and efficiency of multiple comparison procedures. Scientia Agricola, 65:428-432.

COUTINHO, Fayd et al. *Estudo de métodos de cura natural aplicados a embutidos cárneos*. Disponível em: <<http://www2.pucpr.br/reol/index.php/SEMIC19?dd1=5387&dd99=view>> . Acesso em: 07/04/2017.

Equipe beef point. *Alguns aspectos para o processamento e conservação da carne* . 2009. Disponível em: <<http://www.beefpoint.com.br/radares-tecnicos/qualidade-da-carne/alguns-aspectos-para-o-processamento-e-conservacao-da-carne-54888/>> Acesso em: 14/04/2017.

FENNEMA, Owen, **DAMODARAN**, Srinivasan, **PARKIN**, Kirk L. *Química de Alimentos*. 4º edição. 2010

FRANCO, Bernadette D G M. *Análise microbiológica de alimentos: importância do plano de amostragem*. 2014. Disponível em: <<http://foodsafetybrazil.org/analise-microbiologica-de-alimentos-importancia-do-plano-de-amostragem/>> Acesso em: 10/04/2019.

FURTADO, M. A. M.; FERRAZ F.O. Determinação de umidade em alimentos por intermédio de secagem em estufa convencional e radiação infra vermelha – Estudo comparativo em alimentos com diferentes teores de umidade. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/laaa/files/2008/08/04-7%C2%BA-SLACA-2007.pdf>> Acesso em: 10/04/2019.

GAVA, Altanir; SILVA, Carlos; FRIAS, Jenifer. Tecnologia de Alimentos. Editora: Nobel.

GOLINELI, Bruna. BERNARDI, Sabrina. Aspectos da aplicação de culturas starter na produção de embutidos cárneos fermentados. Disponível em: <<http://www.ital.sp.gov.br/bj/artigos/html/busca/PDF/v13n2415a.pdf>> Acesso em: 25/04/2019

Instituto Adolfo Lutz (São Paulo). Métodos físico-químicos para análise de alimentos/coordenadores Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglea -- São Paulo:Instituto Adolfo Lutz, 2008 p. 1020.

JAY, James M. Microbiologia de alimentos. 6° edição. 2005.

LABOISSIÈRE, Paula. Maioria das mulheres no Brasil e no mundo prefere trabalhar a ficar em casa. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/direitos-humanos/noticia/2017-03/maioria-das-mulheres-no-brasil-e-no-mundo-prefere-trabalhar-ficar>>. Acesso em: 02/02/2018.

LAMARINO, Luciana et al. Nitritos e nitratos em produtos cárneos enlatados e/ou embutidos. Disponível em: <http://www.unifia.edu.br/revista_eletronica/revistas/gestao_foco/artigos/ano2015/nitritos_nitratos.pdf> Acesso em: 07/04/2017

LEMGRUBER, Adriana de Souza. VIZZACCARO, Cauê. Aditivos e ingredientes para embutidos. Revista Mais carne- Aditivos e ingredientes. Ed.: 9, p. 26.

MENDONÇA, Samanta Xavier. Embutidos Fermentados. 2008. 43f. Trabalho acadêmico – Bacharelado em Química de Alimentos. Disciplina de Seminário. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

MONTGOMERY, D.E. Introduction to Statistical Quality Control. Sixth edition New York: John Wiley and Sons, 2008.

O GLOBO. Com disputa entre marcas, cresce venda de industrializados e congelados. 2016. Disponível em: <http://www.abia.org.br/vsn/tmp_2.aspx?id=167>. Acesso em: 12/04/2017.

OLIVEIRA, Milyan Jorge, ARAÚJO, Wilma M. C., BORGIO, Luiz Antônio, Quantificação de nitrito e nitrato em linguiças tipo frescal - Ciência e Tecnologia de Alimentos 2005. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=395940076018>> Acesso em: 05/04/2019.

OLIVEIRA, Ana Paula de, CARNICER, Aline Nunes, AMARAL, Jacira de Fátima do, ANDRIOLI, Laura Gabrieli Rodrigues, Monitoramento dos níveis de nitrito encontrados em linguiças artesanais comercializadas em Lins. Disponível em: <<http://www.unisalesiano.edu.br/simposio2013/publicado/artigo0198.pdf>> Acesso em: 12/09/2017.

ORDOÑEZ, Juan. Tecnologia de Alimentos. Vol II. Editora: Artmed.

PARRILLI, Carolina Chizzotti. *Clostridium botulinum em alimentos*. Disponível em: <<http://arquivo.fmu.br/prodisc/medvet/ccp.pdf>> Acesso em: 05/02/2018.

RITTER, Ana Rita carboni. *Produção de salame tipo Italiano adicionado de culturas iniciadoras nativas e extrato de aipo (Apium graveolens L.) como fonte de nitrato*, 2016. Disponível em: <http://dctaufpel.com.br/ppgcta/manager/uploads/documentos/dissertacoes/dissertacao_ritter,_ana_rita_carboni.pdf>.

Acesso em: 23/06/2017.

SHINODA, Cinthia *et al.* *Produção de Linguiça Toscana e de Frango*. 2013. Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAf_V0AH/relatorio-producao-linguica> acesso em 14/04/2017.

SILVA, Cleimar Vedoy da. *Características físicoquímicas e microbiológicas de linguiça frescal resfriada em diferentes embalagens plásticas*. 2010. Disponível em: <<https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/476/1/2010CleimarVedoydaSilva.pdf>> Acesso em 13/11/2020

SINDELAR, J. J., **CORDRAY**, J. C., **SEBRANEK**, J. G., **LOVE**, J. A., **AHN**, D. U. Effects of varying levels of vegetable juice powder and incubation time on color, residual nitrate and nitrite, pigment, pH, and trained sensory attributes of ready-to-eat uncured ham. *Journal of Food Science*, 72(6), p. S388–S395, 2007a.

SINDELAR, J. J., **CORDRAY**, J. C., **SEBRANEK**, J. G., **LOVE**, J. A., **AHN**, D. U. Effects of vegetable juice powder concentration and storage time on some chemical and sensory quality attributes of uncured, emulsified cooked Sausages. *Journal of Food Science*, 72(5), p.S324–S332, 2007b.

SOUSA, C. A., **JUNIOR**, M. A. L., **FERREIRA**, R. L. C. **Avaliação de testes estatísticos de comparações múltiplas de médias**. *Revista Ceres*, Vol. 59 n. 3 Viçosa. Maio/Junho de 2012.

TERNS, M. J., **MILKOWSKI**, A. L., **RANKIN**, S. A., **SINDELAR**, J. J. Determining the impact of varying levels of cherry powder and starter culture on quality and sensory attributes of indirectly cured, emulsified cooked sausages. *Meat Science*, 88, p.311–318, 2011.

VIEIRA, S. **Análise de Variância: (Anova)**. São Paulo:Atlas, 2006. 204 p.

VIEIRA, P. **Pesquisa e desenvolvimento dríblam os de feitos mais comuns em embutidos**, *Rev. Nacional da Carne*, São Paulo, n. 273, ano 35, p. 80-84, 1999.

WALPOLE, R. E., **MYERS**, R.H., **MYERS**, S. L., **YE**, K. **Probabilidade e Estatística para engenharia e ciências**. [Tradução Vianna, L. F. P.]. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

IMPORTÂNCIA DO PROCESSO DE CRISTALIZAÇÃO E PLASTIFICAÇÃO NA ESTABILIZAÇÃO POLIMÓRFICA DO ÓLEO DE PALMA E SEU REFLEXO REOLÓGICO

Bruno Paulo de Moraes (Centro Universitário Padre Anchieta)

Claudemar José Trevizam (Centro Universitário Padre Anchieta)

Flávio Gramolleli Junior (Centro Universitário Padre Anchieta)

RESUMO

Os fenômenos físicos que regem a cristalização de gorduras vegetais são extremamente complexos, e para o seu entendimento é necessário considerar principalmente os eventos termodinâmicos relacionados à formação e estabilidade dos cristais. Comparando três tipos de cristalização na matriz lipídica óleo de palma, dois processos foram realizados de forma não controlada e um, na representação de como essa matriz lipídica deve ser industrialmente processada, através de um processo piloto de cristalização e plastificação de gorduras. Ambas as redes cristalinas formadas foram acompanhadas diariamente com resultados de análise de Calorimetria Diferencial por Scanner (DSC), permitindo as observações nas transições polimórficas, além da base de dados para o cálculo da energia livre de Gibbs, apontando dentre os cenários dos sistemas avaliados, qual dos tratamentos apresenta uma maior estabilidade termodinâmica dentro das matrizes cristalinas formadas. Tal entendimento permite a produção de gorduras com características de textura mais uniforme em sua reologia, ou seja, mais plásticas. Os aspectos reológicos estão diretamente ligados à qualidade de produtos aplicados como, por exemplo, *shortenings*, cremes vegetais e margarinas. Com a crescente demanda por alimentos, a ideia de produzir mais corrobora com produzir mais rápido e certo da primeira vez.

Palavras Chaves: cristalização de lipídeos, plastificação de lipídeos, polimorfismo de lipídeos, reologia de lipídeos e energia livre de Gibbs.

ABSTRACT

Physical phenomena which rules the crystallization of vegetable fat are extremely complex, and, for its understand it is mainly necessary to consider the thermodynamics events related to crystal formation and stability. Comparing three types of crystallization in a lipid matrix of palm oil, two process were performed in a non controled way, and one, in a representation of how this lipid matrix must be industrially processed, through a fat crystallization and plastification pilot process. Both formed crystal network were followed daily for results of Differential Scann Calorimetry analysis (DCS), allowing the observation on polymorphic transitions, and still data basis for Gibbs free energy calcule, pointing between assesssd system scenario, which treatment brings the higher thermodynamic stabilty among crystal matrix formed. Such understandment allows the production of fats with more uniform texture characteristcs in its rheology, in other words, more plastic. Rheological aspects are directly linked to quality of applied products as

exemple shortening, vegetable creams and margerins. With the increasing demand for food, the ideia of producing more corroborates with producing faster and first time right.

Key Words: lipid crystallization, lipid plastification, lipid polymorphism, lipid rheology and Gibbs free energy.

1. INTRODUÇÃO

Lipídios, compostos presentes nos organismos vivos e em sua maioria insolúveis em água. Dentro dessa classificação estão incluso os óleos, gorduras, ceras, hormônios esteroides, colesterol, vitaminas lipossolúveis, e os fosfolípídeos (presentes nas membranas celulares).

A dieta humana é estritamente dependente de lipídios, uma vez que os ácidos graxos essenciais presentes nessas fontes somente podem ser introduzidos no nosso organismo através da ingestão. Além das qualidades nutricionais, sensorialmente as diferentes características físicas como ponto de fusão, condução térmica no processo de fritura e transporte de vitaminas lipossolúveis e aromas também são características muito importantes dos lipídios. Também, de encontro à essas propriedades, matrizes lipídicas podem influenciar no tempo de prateleira, sabor, aroma, textura e aparência de alimentos que as tem como ingrediente (O'BRIEN, 1998).

Propriedades físicas, por exemplo, dureza, textura, reologia e espalhamento, de bases lipídicas são em consequência dos processamentos tecnológicos de lipídios, e respectivamente das redes cristalinas formadas. Fatores internos e externos podem afetar de forma significativa o processo de cristalização de lipídios. O fator interno mais importante é o polimorfismo, que é intrínseco a composição de triglicérides e ao balanço de ácidos graxos presente nos mesmos. Em contrapartida os fatores externos de maior relevância são o tratamento térmico, aditivos, balanço de mistura solido-líquido e pressão (SATO, 2013).

Chrismono Himawan (2006), considera o estudo da cristalização de gorduras como uma valiosa atividade de entendimento e de como seus mecanismos podem possibilitar o fracionamento e o processamento de alimentos. Para ele, essa tecnologia contribui operação de forma mais eficiente e com eficácia funcional nos produtos onde as gorduras são aplicadas, sendo assim otimizados.

Desta forma, o presente trabalho traz os conceitos relacionados a importância do processo de cristalização e plastificação, que materializa a ideia do controle sobre os eventos externos para a estabilização da rede cristalina, assim como o reflexo desse controle na reologia

da matriz lipídica cristalizada. A ideia em questão vai de encontro com a necessidade de produzir mais em menos tempo, contribuindo assim com a crescente demanda por alimentos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Óleos e Gorduras Vegetais

A principal composição de bases lipídicas vegetais, óleos e gorduras, são moléculas chamadas de triglicerídeos ou triacilgliceróis (TAGs), além de uma pequena parcela de outros componentes como vitaminas, esteróis, fosfolipídios que são chamados de “*minor*” componentes, por se apresentarem uma concentração consideravelmente menor. Um TAG é uma molécula que apresenta três grupos funcionais ésteres (triéster) numa molécula base de glicerol. Ligados ao glicerol pela função éster, três moléculas de ácidos graxos com diferentes tamanhos e insaturações concluem a composição química da molécula de TAG ilustrado na figura 1.

Os ácidos graxos por sua vez, são formados por cadeias orgânicas de carbono e hidrogênio com um grupo de ácido carboxílico na extremidade. O tamanho ou comprimento dos hidrocarbonetos, ou ácidos graxos, pode variar de 4 a 30 carbonos (sendo mais comum entre 12 e 24) nesses compostos. É mais comum nas cadeias o número par de carbonos. Quanto menor a presença de insaturação nas mesmas, mais linear elas se apresentam. Os átomos de carbono dessa cadeia “linear” são arranjados em “zigzag”, e exercem forte influência no empacotamento dos cristais, assim como estabilidade dos mesmos. As propriedades físicas dos TAGs são fortemente dependentes de suas composições de ácidos graxos (SMALL, 1986).

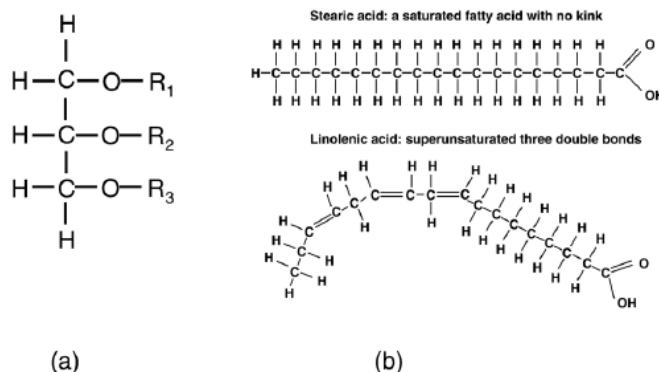


Figura 1. (a) Estrutura genérica de um TAG (R₁, R₂ e R₃ podem ou não ser diferentes tamanhos, com diferentes níveis de insaturações de ácidos graxos). (b) A estrutura química de um ácido graxo saturado e insaturado (GHOTRA, 2002).

Óleos e gorduras também podem ser usados em indústrias não alimentícias como matriz de transporte para substâncias lipossolúveis. As propriedades físicas, tais como o derretimento, morfologia, reologia e textura de fases lipídicas de produtos sólidos (por exemplo chocolates, cremes, e “shortening”) são diretamente influenciados pelo polimorfismo de cristais lipídicos e seu processo de cristalização. Para maior entendimento e domínio das propriedades físicas das gorduras, grande parte das pesquisas tem como principal objetivo no detalhamento e nas respostas de determinação das estruturas moleculares e cristalinas, assim como os fatores que contribuem de forma externa na transformação de redes cristalinas (SATO, 2001).

2.2. Óleo de Palma

O óleo de dendê, mais popularmente conhecido nas regiões norte e nordeste por essa terminologia, é tecnicamente o óleo de palma bruto (*Elaeis guineensis* Jacq.). Dentre as oleaginosas, o dendezeiro de onde o óleo de palma é extraído é segundo Lody (2019), o destaque pela maior produção por unidade de área.

Esse fruto foi trazido ao Brasil para a região da Bahia junto ao tráfico de escravos africanos, no final do século XVI. Com condições de temperatura e umidade muito parecidas com as da África, de onde foram trazidos, o cultivo do dendezeiro pôde facilmente prosperar no nordeste e logo em seguida à região norte (VENTURIERI et al., 2009).

Os principais ácidos graxos presente nos triacilgliceróis que compõem o óleo de palma são o palmítico, oleico e linoleico. De forma global, aproximadamente 90% do óleo de palma é usado para fins comestíveis (FEROLDI, 2014) . A composição de ácidos graxos presente no óleo de palma é genericamente apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 – Perfil de ácidos graxos do óleo de palma.

Ac. Graxo	%	
	Sambanthamurthi et al. (2000)	Rogério et al. (2012)
12:0	0,3	-
14:0	1,1	0,5
16:0	43,5	34,0
16:1	0,2	0,1
18:0	4,3	8,2
18:1	39,8	44,3
18:2	10,2	11,8
18:3	0,3	0,3
20:0	0,2	0,4

Fonte: (FEROLDI, 2014) .

Nos últimos anos, a palma tem ocupado um lugar de destaque na produção global de óleos e gorduras. Segundo FAO (2011) (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*) a produção de palma no Brasil foi de 265 mil toneladas, levando o país em 2009, à décima posição do ranking global de produção.

Em termos de cristalização, tende a estabilizar na forma polimórfica beta-prima (melhor explorado no capítulo 3, item 4 deste trabalho) propriedade muito desejada em aplicações que dependem desse arranjo polimórfico (BASIRON, 2002).

2.3. Processo de Cristalização e Plastificação

O processo de cristalização de gorduras vegetais possui uma grande similaridade na grande maioria das indústrias de óleos e gorduras vegetais, de acordo com o esquema representado pela figura 2.

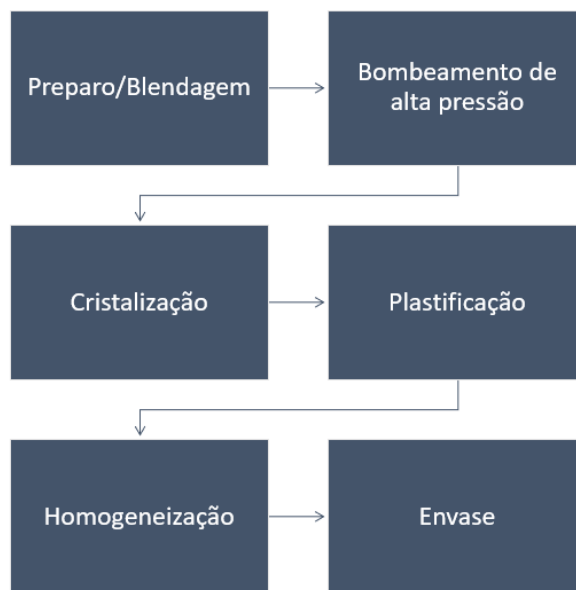


Figura 2. Diagrama de blocos simplificado do processo de cristalização e plastificação de gorduras.

Fonte: Autores

Segundo o Manual Técnico de Operações e segurança da fabricante CAVALARI FOOD MACHINERY (2018) o produto, podendo ser um óleo ou uma mistura de diferentes fontes de gorduras, é preparado de acordo com suas respectivas proporções e abastecidos nos tanques preparo/blendagem à uma temperatura de no mínimo 10° C acima do seu ponto de fusão. Em seguida, uma bomba de alta pressão, muito comumente do tipo pistão, força a passagem do produto pelos trocadores de calor tipo superfície raspada. Na rota da cristalização a gordura é

plastificada. O produto passará por um sistema de *pin rotors*, que aplica uma força mecânica para a dispersão e homogeneização dos cristais estáveis formados, assim como a destruição dos cristais instáveis.

Na saída do processo é ajustada a contrapressão com uma válvula homogeneizadora (~20 bar). Se a textura e aspecto da gordura não é o esperado, ou aconteça alguma avaria durante o processo, o mesmo não será armazenado em baldes ou caixa, e sim reencaminhado para o tanque de preparo/blendagem após a fusão completa da gordura.

A figura 3, traz tecnicamente o esquema do processo envolvendo as transformações sequenciais na cristalização, plastificação e estocagem de gorduras. A nucleação, ou formação de núcleos cristalinos ocorre nos estágios iniciais do processo, e influencia diretamente na distribuição desses núcleos e seus tamanhos, que por sua vez irão influenciar na textura final do produto. Considerando o fato de que nossa língua detecta algumas dezenas de microns, cristais com tamanhos acima dessa medida podem trazer aspectos indesejáveis para produtos mais macios. O trabalho mecânico realizado com os *pin rotors* contribui com a destruição de cristais instáveis, distribuição e homogeneização dos cristais nas fases sólido-líquido do sistema. Com o aumento na fração sólida, é de extrema importância o controle do número de núcleos cristalinos formados, pois em um determinado ponto do processo os cristais individuais começam a se tocar e as interações entre eles é o que vai reger a interação da rede cristalina. Esse processo se relaciona também ao diagrama da figura 2.

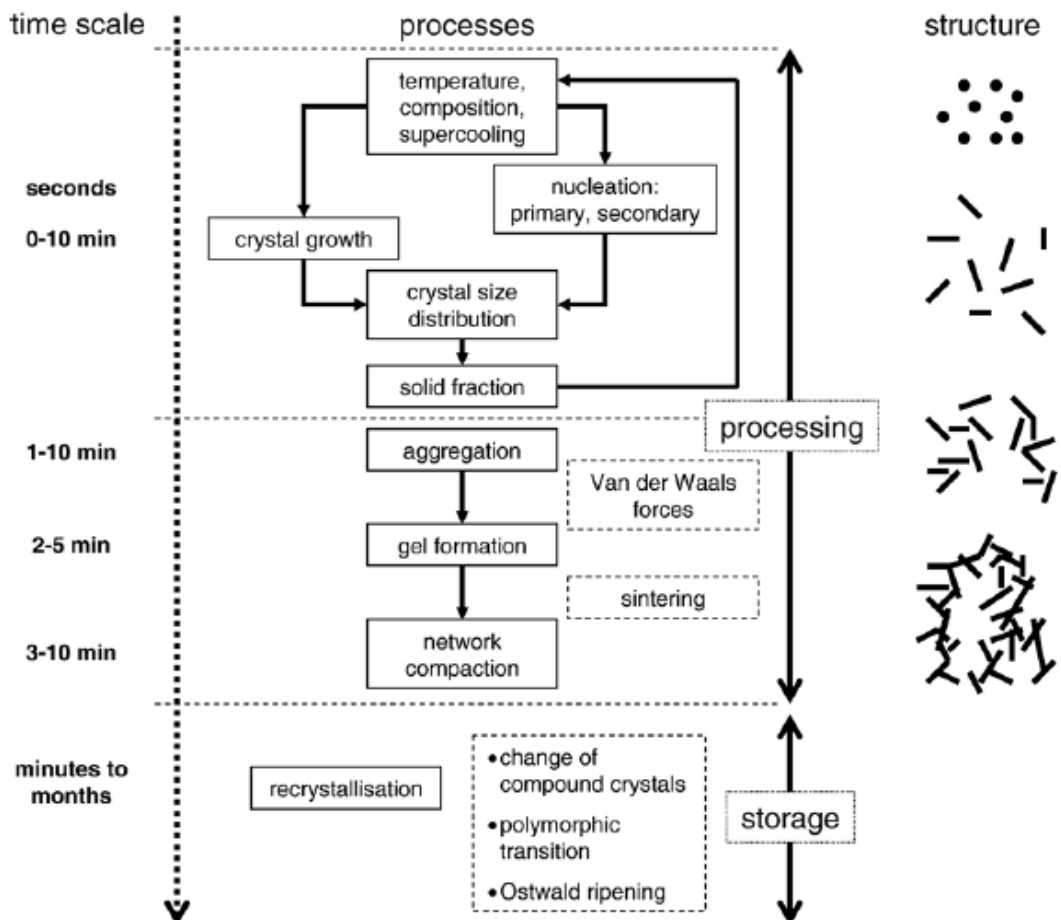


Figura 3. Representação esquemática do processo envolvendo a cristalização de lipídeos (HIMAWAN,2006).

Na sequência, temos o período de maturação que ocorre na estocagem do material. Um número considerável de pós cristalizações ocorrem, e são fortemente influenciadas por uma estabilização inicial da rede cristalina induzida pelos processos anteriores. Quanto mais estável essa indução, menor será o período necessário para a maturação, que também é influenciado pela matriz lipídica processada (HIMAWAN, 2006).

2.4. Polimorfismo

Moléculas de triacilglicerol se organizam em diferentes morfologias cristalinas ou polimorfismos, os quais apresentam significativa diferença nos pontos de fusão (HAGEMANN, 1988). O polimorfismo da maioria das gorduras é baseado em torno de três principais formas: α , β' , e β . Entretanto, algumas gorduras apresentam mais forma polimórficas que essas (LARSSON, 1966).

A estabilidade relativa de dois estados polimórficos, e a força motora para as suas respectivas possíveis transformações, a constante temperatura e pressão são determinadas pela energia livre de Gibbs (G) - levando em consideração que o polimorfo que apresenta a menor energia livre de Gibbs é o mais estável. Como detalhado por Himawan (2006), é através dos diagramas de energia livre de Gibbs que os mapeamentos termodinâmicos da estabilidade de cristais formados são realizados. Na figura 4, as principais formas polimórficas (α , β' e β) são elucidadas de acordo com a ideia de estabilidade intrínsecas as respectivas taxas de energia livre de Gibbs ao longo de diferentes temperaturas, assim como os caminhos de transição entre as formas polimórficas. O diagrama de energia livre de Gibbs é apresentado em função da entalpia (H), entropia (S) e temperatura (T), como determinado por sua equação:

$$G = H - TS \quad (I)$$

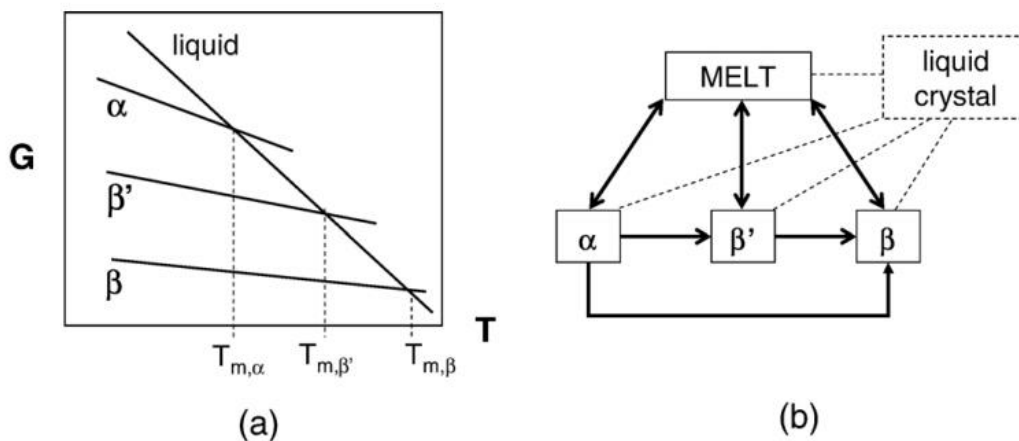


Figura 4. (a) Relação da energia livre de Gibbs em função da temperatura para as 3 principais formas polimórficas de lipídeos; (b) Possíveis caminhos para as transições polimórficas dos principais TAGs (Himawan 2006).

2.5.Reologia

Reologia é o estudo da fluidez da matéria, de forma primária em gases ou líquidos, mas também grandemente difundida em “sólidos moles” ou sólidos sobre aspectos nos quais podem responder com fluidez plástica ao invés de deformar elasticamente em resposta à uma determinada força aplicada. Sendo um braço da física/mecânica, lida com matérias e suas respectivas deformações e fluidez, englobando os diferentes estados da matéria (SCHOWALTER 1978).

As propriedades reológicas de um sistema lipídico dependem intensamente do estado físico da matriz cristalina formada. Estando diretamente ligadas à organização da fase sólida, e da sua capacidade de organizar, ou encapsular a fase líquida de forma estável e estruturada. Como consequência, a performance mecânica durante os processamentos de alimento que utilizam gordura como ingrediente são extremamente dependentes da qualidade dos cristais, e sua respectiva estabilidade (GONZALEZ-GUTIERREZ ; MARTIN, 2012).

Com o intuito de consolidar uma única metodologia, devido aos inúmeros métodos de determinação reológica partindo dos princípios de viscosidade, yield value e módulo elástico A. J. Haighton desenvolveu, em 1958 a metodologia de yield value (por ser relativamente mais simples em relação à determinação de viscosidade) através de um penetrômetro por cone. Por se tratar de uma simples execução, porém muito robusta reprodutibilidade, a técnica é ainda utilizada como referência para metodologia oficial da renomada *American Oil Chemists Society* (AOCS), método Cc16_60.

3. METODOLOGIA

Para a avaliação, uma amostra de óleo de palma comercial foi fundida à 328 K, e dividida pra aplicação dos diferentes processos de cristalização. As avaliações (DSC e Yield Value) iniciaram somente após os processos de preparos descritos no item 3.1 deste capítulo.

3.1. Processo de preparo

3.1.1. Teste 1 - Cristalização não controlada – refrigeração 256 K

Para o “Teste 1” a amostra de óleo de palma fundida, separada em 3 recipientes, foi levada à um freezer, e mantida sob temperatura de 256 K por 24 horas. Na sequência, duas das amostras foram levadas à uma estufa com temperatura controlada de 293 K. A amostra “Teste 1, Dia 0” é a da sequência de 24 horas de freezer à 256 K. A amostra “Teste 1, Dia 1” é a da sequência de 24 horas na estufa à 293 K. A amostra “Teste 1, Dia 2” é a da sequência de 48 horas na estufa à 293 K.

3.1.2. Teste 2 - Cristalização não controlada - temperatura ambiente

Para o “Teste 2” a amostra de óleo de palma fundida, separada em 3 recipientes, foi levada à uma estufa, e mantida sob temperatura de 293 K por 24 horas. Na sequência, duas das amostras foram mantidas na estufa à 293 K. Considerando as primeiras 24 horas na estufa como o processo de cristalização temos: A amostra “Teste 2, Dia 0” é a da sequência de 24 horas na

estufa à 293 K. A amostra “Teste 2, Dia 1” é a da sequência de 48 horas na estufa à 293 K. A amostra “Teste 2, Dia 2” é a da sequência de 72 horas na estufa à 293 K.

3.1.3. Teste 3 - Cristalização controlada – Processo de Cristalização e Plastificação

Para o “Teste 3” a amostra de óleo de palma fundida foi cristalizada e plastificada na planta piloto CAVALARI segundo os seguintes parâmetros:

- Tempo de residência cristalizadores: 3 minutos;
- Temperatura dos cristalizadores (1): 296 K; (2): 290 K;
- Rotação dos cristalizadores: 250 rpm
- Tempo de residência Plastificadores: 3 minutos
- Rotação dos Plastificadores: 150 rpm
- Contrapressão antes do envase: 10 bar

As amostras foram coletadas no ponto de envase da planta piloto, após a cristalização induzida e separadas em 3 recipientes. Na sequência, duas das amostras foram mantidas na estufa à 293 K. A amostra “Teste 3, Dia 0” é a da saída do processo piloto. A amostra “Teste 3, Dia 1” é a da sequência de 24 horas na estufa à 293 K. A amostra “Teste 3, Dia 2” é a da sequência de 48 horas na estufa à 293 K.

3.2. Análise de Calorimetria Diferencial por Scanner (DSC)

As análises de DSC foram realizadas através de um equipamento da empresa Shimadzu do Brasil, modelo “DSC-60 Plus”. O material de referência foi um cadinho de alumínio vazio, selado hermeticamente. Cerca de 50mg de amostra foram pesadas em um cadinho de alumínio, também selado hermeticamente. Para as leituras, a temperatura do programa foi ajustada para se manter isotermicamente à 293 K durante 5 minutos, e aquecida na sequência à uma taxa de 10 K/min até 343 °C (também mantido isotermicamente por 5 minutos).

3.3. Reologia

Para reologia, foi utilizado um equipamento de texturometria da empresa Extralab, modelo “TA.XT Plus”. A metodologia foi baseada numa adaptação da metodologia oficial da AOCS Cc16_60, para consistência ou profundidade de penetração de um cone na amostra cristalizada. As superfícies das amostras foram mantidas perfeitamente planas e macias para

aplicação da análise, assim como as temperaturas mantidas após cada processo. Os parâmetros para o programa foram:

- Peso do cone: 75 gramas;
- Ângulo do cone: 45°;
- Tempo de penetração: 5 segundos.

3.3.1. Yield Value

Com os dados obtidos na análise de profundidade de penetração, segundo Heighton (1958), podemos calcular o yield value seguindo as indicações da figura 5:

$C = KW/p^n$ in which = yield value in g/cm^2
W= weight of cone and all parts belonging to it (=total cone weight in g.)
N=1.6 (for margarine, butter, shortenings)
P= penetration depth in 0,1 mm.
K= fator dependente on the cone angle

Figura 5. Informações para o cálculo de yield value através da análise de texturometria de consistência (HEIGHTON, 1958).

O fator referente ao ângulo do cone, ainda no artigo publicado por Heighton (1958) é de 4700.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Energia Livre de Gibbs e Estabilidade Polimórfica

Com intuito de determinar qual o processo mais efetivo para estabilização polimórfica, três processos de cristalização foram conduzidos e avaliados, assim como seus respectivos tempos de maturação. Como observado na figura 6 (a) e considerando correto os apontamentos de Kawamura (1980) para o comportamento da palma nas condições avaliadas e representadas no termograma, o Teste 1 mostra uma quantidade relativamente maior de cristais β_2 no dia 0 devido às baixas temperaturas que suportam os processos de transição polimórfica (processo exotérmico) da rede cristalina formada. Contudo nos dias 1 e 2, expostos à uma temperatura mais próxima à ambiente (293 K), devido à grande número transições de cristais menos estáveis para a forma β'_1 é possível notar que essa matriz volta à um processo de estabilização, o qual

não é alcançado dentro do tempo avaliado, considerando a representação dos cristais β_2 (forma mais estabilizada).

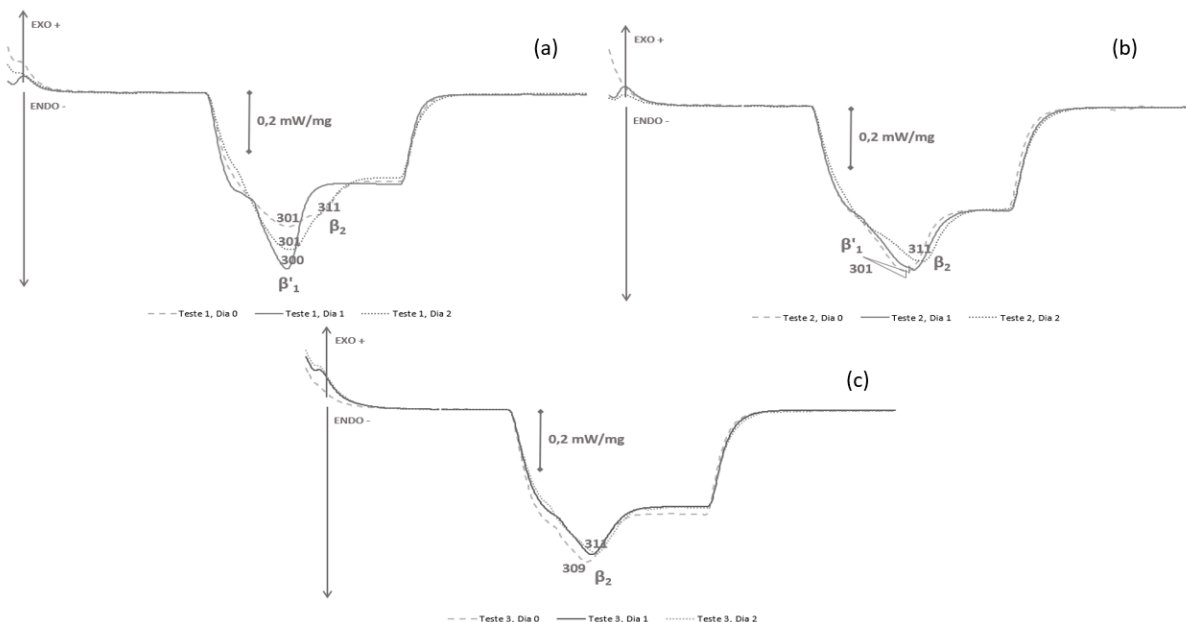


Figura 6. Termogramas obtidos através do processo de cristalização em - Teste 1: freezer à 256 K (a); Teste 2: estufa à 296 K (b) e Teste 3: processo piloto (c), assim como seus respectivos tempos de maturação. Fonte: Os autores.

Na avaliação do Teste 2, o período de estabilização é alcançado após 72h do produto nas condições avaliadas, pela indicação da presença dos cristais β_2 à 311 K.

Para o Teste 3, após 24 horas do processo de cristalização é possível identificar a uma estabilidade relativa aos outros testes muito maiores, com representação de apenas cristais β_2 no termograma. Mesmo após o processo piloto no dia 0, é notável a pequena diferença no perfil do termograma e suas respectivas intensidades, o que reforça a ideia de baixa transição polimórfica e uma consequente maior estabilidade.

Como complemento aos dados dos termogramas, a Figura 7 reitera a maior estabilidade da rede cristalina proveniente do Teste 3 pela representação do diagrama de energia livre de Gibbs. Os dados dos termogramas acima foram utilizados, juntos à dados de entropia baseados em um calor específico para a gordura de 3405 J/mg.K (LIPICO, 2018). Dessa forma, de acordo com Himawan (2006), quanto menor a energia livre de Gibbs para uma estrutura polimórfica maior a estabilidade da mesma.

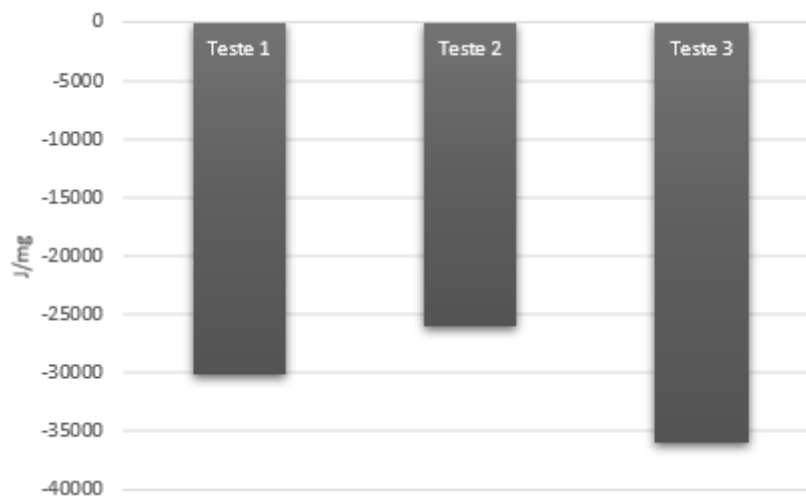


Figura 7. Diagrama de energia livre de Gibbs – Dia 3. Fonte: Os autores.

Segundo os dados do diagrama, ao fim do período avaliado temos uma diferença que varia de aproximadamente 6 a 10kJ/mg dos Testes 1 e 2 em comparação ao Teste 3, o qual apresenta a rede cristalina mais estável.

4.3. Reologia

Os dados de reologia obtidos através da análise por penetrômetro foram calculados segundo a fórmula de yield value e representados na figura 8. Seguindo os valores indicados por Heighton (1958), na tabela que apresenta um grande número de avaliações realizadas através do tato por pressão exercida pelo dedo da mão em margarinas e *shortenings*, relacionando os valores de yield value obtidos, para o Teste 1 a classificação da textura se enquadra na descrição de “Muito dura”. No caso do teste 2, apesar de obter resultados relativamente positivos em relação à estabilidade polimórfica da rede cristalina, o conteúdo de sólidos formados e consequentemente a robustez da rede em relação à estrutura mecânica se encontra numa classificação de “Muito mole, não espalhável”. Ainda, para o teste 3, em contraste aos valores de estabilidade polimórfica, os resultados obtidos pela avaliação de textura na rede cristalina se enquadram na classificação de “Satisfatoriamente plástica e espalhável”.

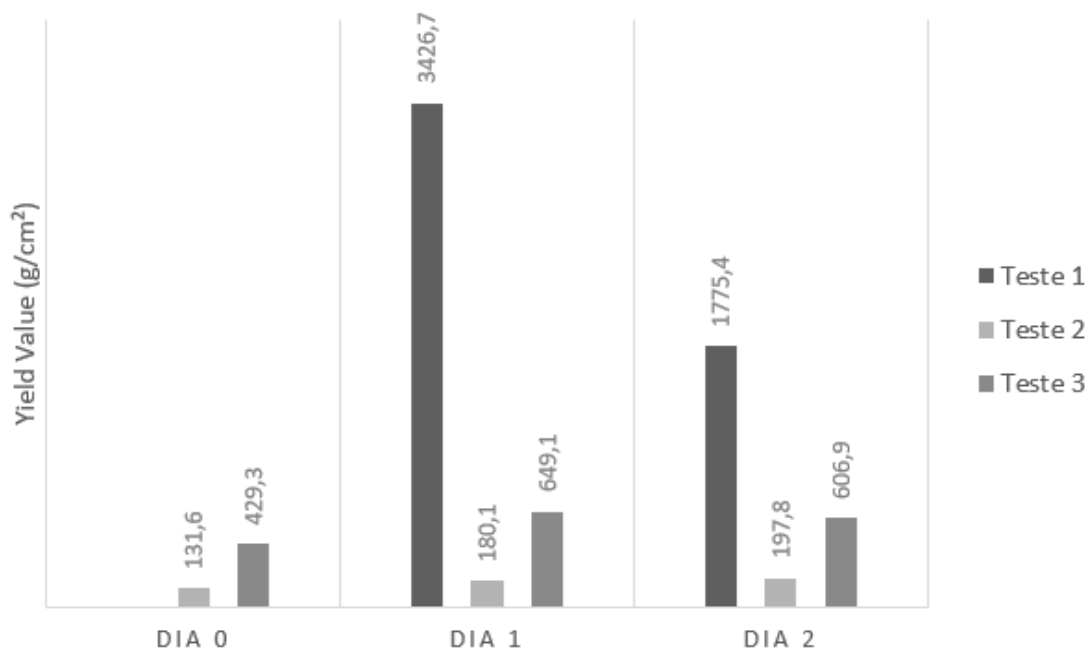


Figura 8. Yield Value obtidos através da análise por penetrômetro. *Obs.: Teste 1 dia 0 não plotado devido à magnitude do resultado (623738,1 g/cm²).*

Desta forma é válido considerar os seguintes pontos principais:

- O Teste 3 induz a formação de cristais e mantém a rede cristalina estruturada e estável desde que não seja exposta à temperatura ambiente, por sua vez, influencia na transição polimórfica de cristais menos estáveis para cristais mais estáveis contribuindo negativamente, também, na reologia da rede cristalina.
- O Teste 2 apresenta resultados relativamente positivos em relação à estabilidade polimórfica a partir do tempo de 48 horas de isoterma em 293 K segundo os termogramas e temperaturas dos polimorfos representados. Contudo, os valores de energia livre de Gibbs indicam, em comparação aos resultados dos outros testes, uma menor estabilidade na rede que pode ser justificada pela energia fornecida pelo processo “espontâneo” de cristalização. Também, como consequência a esses fatores, robustez da rede, mecanicamente, não é adequada.
- O Teste 3 apresenta valores concretos de estabilidade polimórfica devido a presença de formas polimórficas mais estáveis na representação do termograma

(β_2). A rede cristalina estável é também elucidada pela pequena diferença entre os dias avaliados e os resultados de energia livre de Gibbs, que se apresentaram no menor valor para o teste. Todo esse contexto traz também uma boa avaliação reológica, pelos valores expressos nos resultados de Yield Value e as suas respectivas avaliações na tabela apresentada por Heighton (1958).

5. CONCLUSÃO

O processo de cristalização e plastificação de gorduras, representado pelo processo piloto do trabalho em questão apresenta forte influência na qualidade dos parâmetros mais importantes para uma gordura do tipo *shortening*. Valores de estabilidade polimórfica, energia livre de Gibbs e reologia avaliada através do Yield Value, reforçam a grande influência do processo em se obter uma gordura com alta estabilidade polimórfica, baixa energia livre de Gibbs e textura satisfatoriamente plástica e espalhável. O controle desses parâmetros pode ser aplicado em diferentes bases lipídicas segundo suas respectivas finalidades de aplicação, e ainda servindo de ferramentas direcionais para o propósito de produzir mais em menos tempo evitando os riscos de reprocesso ou mesmo de reclamação de clientes.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BASIRON, Yusof. **Palm Oil and Its Global Supply and Demand Prospects**. OIL PALM INDUSTRY ECONOMIC JOURNAL, [S. l.], p. 7, 31 dez. 2002.

FEROLDI, Michael; CREMONEZ, Paulo André; ESTEVAM, Andressa. **Dendê: do cultivo da palma à produção de biodiesel**. 13. ed. Santa Maria: REMOA, 2014.

FOOD and Agriculture Organization of the United Nations: **Global Vegetable Oil Production**. [S. l.], 1 jun. 2011. Disponível em: <http://www.fao.org/statistics/en/>. Acesso em: 20 out. 2020.

GOH, E.M. Formulation of lauric oil-containing food products and their performance. In: **Proceedings of the World Conference on Lauric Oils: Sources, Processing and Applications**, p.98-103, 1994.

Gonzalez-Gutierrez, Joamin & Scanlon, Martin. (2012). **Rheology and Mechanical Properties of Fats**. 10.1016/B978-0-12-814041-3.00005-8.

HAGEMANN JW. In: Garti N, Sato K, editors. **Crystallization and polymorphism of fats and fatty acids**. New York: Marcel Dekker; 1988.

HAIGHTON, A. J. **The Measurement of the Hardness of Margarine and Fats with Cone Penetrometer**. The Journal of the American Oil Chemists' Society, [s. l.], 22 dez. 1958.

HIMAWAN C, STAROV VM. **Thermodynamic and kinetic aspects of fat crystallization**. Advances in Colloid and Interface Science 122, Elsevier, p. 3 – 33, 2006.

KAWAMURA, K. **The DSC Thermal Analysis of Crystallization Behavior in Palm Oil, II**. JAOCS, New Jersey, v. 428, p. 48 - 52, 1 jan. 1980.

LAVIGNE F, Bourgaux C, Ollivon M. **J Phys (Paris)** 1993;3:137.

LIPICO: **Technical References - Palm Oil Properties**. [S. l.], 2018. Disponível em: http://www.lipico.com/technical_references_palm_oil_properties.html. Acesso em: 30 out. 2020.

LODY, R. G. da M. **Dendê: símbolo e sabor da Bahia**. Editora Senac São Paulo, 2009. 149p.
MANUAL Técnico de Operação e Segurança: **Planta Piloto de Cristalização e Plastificação de Gorduras**. São Paulo: Cavalari Food Machinery, 2018. Data-book.

O'BRIEN, R.D. Fats and Oils Formulation. In: **Fats and Oils – Formulating and Processing for Applications**. Ed. O'BRIEN, R.D. Technomic Publishing Company, Lancaster, Pennsylvania, p. 251- 326, 1998.

POKU, K. **Small-scale palm oil processing in Africa**. FAO Agricultural Services Bulletin, 148, 2002.

SATO, K. Crystallization behavior of fats and lipids: a review. **Chemical Engineering Science**.v.56, n.7, p.2255-2265, 2001.

SATO, Kiyotaka. **External factors affecting polymorphic crystallization of lipids**. Eur. J. Lipid Sci. Technol., [S. l.], p. 1224-1238, 31 dez. 2013.

SMALL, DM. In: Hanahan DJ, editor. **The physical chemistry of lipids, from alkanes to phospholipids, handbook of lipid research series**. New York:Plenum Press; 1986. p. 475.

VENTURIERI, A.; FERNANDES, W. R.; BOARI, A. de J.; VASCONCELOS, M. A. **Relação entre ocorrência do amarelecimento fatal do dendezeiro (*Elaeis guineensis* Jacq.) e variáveis ambientais no estado do Pará**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, INPE, p.523-530. 2009.

W. R. Schowalter (1978) **Mechanics of Non-Newtonian Fluids Pergamon** ISBN 0-08-021778-8.

WESDORP LH, **Liquid-Multiple Solid Phase Equilibria in Fats**, PhD dissertation, Delft University of Technology; 1990.

PERSPECTIVAS TÉCNICAS DO USO DO BIOGÁS COMO MATRIZ ENERGÉTICA INDUSTRIAL

Eduarda Duarte da Silva (Centro Universitário Padre Anchieta)

Vitor Raphael de Carvalho Moraes (Centro Universitário Padre Anchieta)

Tatiana Lança (Centro Universitário Padre Anchieta)

RESUMO

A biodigestão anaeróbica apresenta um potencial alternativo para aplicação de um tratamento econômico-ambiental na liberação do gás metano a partir da decomposição da matéria orgânica, que em excesso se torna um agente participativo, contribuindo para o efeito estufa (GEE). Neste contexto, o presente artigo modela condições operacionais para um modelo eficaz e de menor custo, discorrendo uma opção para viabilizar a implementação de um biodigestor, com o objetivo de gerar energia mediante o uso do biogás produzido pelo mesmo, promovendo a possibilidade de investimento com retorno em médio prazo, devido à dispensa do uso da companhia de rede elétrica, passando a utilizar energia gerada pelo gás, a mesma é convertida mediante ao processo de combustão por um motor de ciclo Otto. Desta forma foram estipuladas informações para o estudo e os resultados apresentados tem a intenção de mostrar que o processo de combustão do biogás contribui tanto para a indústria quanto para o meio ambiente. **PALAVRAS-CHAVES: biodigestor, biogerador, ambiental, economia e viabilização do biogás.**

ABSTRACT

Anaerobic digestion presents an alternative potential for the application of an economic-environmental treatment in the release of methane gas from the decomposition of organic matter, which in excess becomes a participatory agent, contributing to the greenhouse effect (GHG). In this context, this article models operational conditions for an effective and lower cost model, discussing an option to enable the implementation of a biodigester, with the objective of generating energy through the use of biogas produced by it, promoting the possibility of investment with return in the medium term, due to the company's dispensing with the electricity grid, starting to use energy generated by gas, which is converted through the combustion process by an Otto cycle engine. Thus, information was stipulated for the study and the results presented are intended to show that the biogas combustion process contributes both to the industry and to the environment.

KEYWORDS: biodigester, biogenerator, environmental, economy and feasibility of biogas.

1. INTRODUÇÃO

O processo de urbanização é uma das mais agressivas formas de relacionamento entre o homem e o meio ambiente, a partir da revolução industrial o modo de crescimento das cidades acelerou devido à migração da população, fenômeno nomeado de êxodo rural, devido a esses fatores dois problemas foram gerados: o excesso de insumos e a utilização de energias não renováveis como matriz energética.

O aumento na taxa de produção de resíduos sólidos no Brasil e no mundo ocasionado pelo aumento populacional e as atividades industriais, têm se tornado um problema gravíssimo de saneamento básico e até mesmo de saúde pública. Atualmente, a maioria das cidades brasileiras gera quantidades de resíduos que vão além da capacidade de coletar e acondicionar racionalmente. (SILVA, 2009, p.2)

A respeito dos dois problemas relatados, há um método que pode solucionar ambos, sendo esse, o preparo e direcionamento dos resíduos a um processo de biodigestão com biodigestores. O método reutiliza a matéria que seria descartada, transformando a sua maior parte em metano, uma fonte energética gasosa que utilizada como alimento para processos de combustão térmica ou transformação elétrica, contribui para a revitalização do solo e a independência de fontes não renováveis, proporcionando benefícios econômicos e ambientais.

A digestão anaeróbia consiste na degradação dos materiais orgânicos por microrganismos capazes de utilizar moléculas diferentes do oxigênio como aceptores de hidrogênio, isto é, as bactérias devem estar em um ambiente anóxico. Este processo de digestão envolve um consórcio de diferentes tipos de bactérias e algas competidoras, transformando material orgânico em metano, dióxido de carbono, hidrogênio e ácido sulfídrico (OLIVERA, *et AL*, 2012,p.10, *apud* NOVAES, 1986; PRICE; CHEREMISINOFF, 1981).

Nesse contexto foi analisada a alternativa da troca da matriz energética de indústrias alimentícias por geradores a biogás, desenvolvendo no decorrer do estudo um manual de delimitações e modelagens para a adaptação de sistemas a essa fonte energética. A proposta não se restringe apenas a empresas do seguimento alimentício, podendo ser aplicada em outras áreas, entretanto utiliza-se essa área como referência uma vez que o subproduto gerado tem composição orgânica adequada ao processo de biodigestão.

2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

2.1. Origem e Descarte dos Resíduos

Os resíduos têm características próprias como: aspectos físicos, químicos e biológicos. A análise destes facilita a classificação macro dos mesmos. As características analisadas são: estado físico, cor, odor, processo de origem e grau de heterogeneidade. A partir dessas informações é possível classificar de acordo com os riscos potenciais ao meio ambiente e a saúde pública, conforme especificado na NBR 10.004/04 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004, p.2).

Os resíduos são classificados primordialmente em classes:

Classe I: os perigosos que contém características específicas de corrosão, reatividade, inflamabilidade, toxicidade e patogenicidade.

Classe II: os não perigosos divididos em: não inertes e inertes, são resíduos que quando em contato com a água não a contaminam, não apresentam em nenhum dos seus compostos concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água, exceto por modificação de aspecto, turbidez, cor, sabor ou dureza.

É importante destacar que os resíduos nucleares não são objeto da NBR 10.004/04, pois são de competência exclusiva da Comissão Nacional de Energia Nuclear.

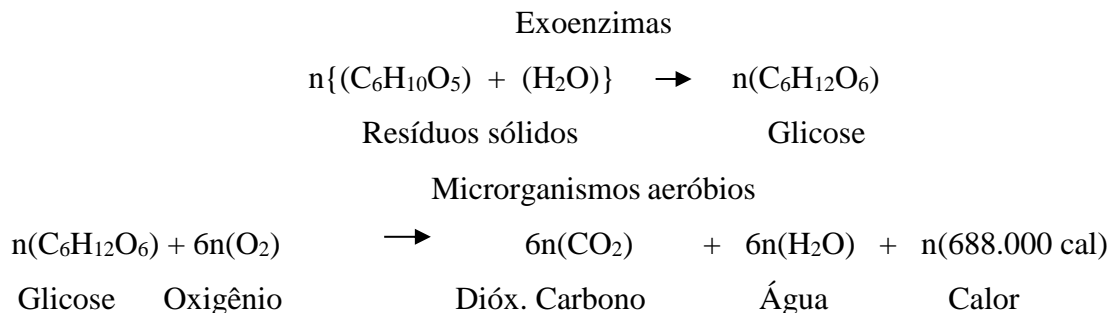
2.2. Processos anaeróbios de decomposição dos insumos sólidos

De acordo com Fleck (2003, p.9, apud CHERNICHARO, 1997), a digestão anaeróbia é um processo biológico no qual substratos são, em diversas etapas metabólicas, convertidos em compostos termodinamicamente mais estáveis através da ação de um sistema ecologicamente balanceado de microrganismos em uma relação comensal. O produto final desse processo acaba sendo em sua maioria o metano, um gás que possui elevada energia química. Esse processo ocorre também com alguns outros animais que utilizam o oxigênio como fonte de energia, tendo como produto ou subproduto o CH_4 , por exemplo, a pecuária. Outros produtos finais decorrentes da digestão dos resíduos podem ser quantificados como: o gás carbônico, a água, o gás sulfídrico e a amônia (nitrogênio amoniacal). Por se tratar de um ecossistema com pouca ou nenhuma presença de oxigênio, os compostos inorgânicos, nitratos, sulfatos e dióxido de carbono, assumem o papel de aceptores de elétrons.

O processo de decomposição dos resíduos sólidos pode ser dividido em progressivas etapas metabólicas, porém de maneira geral o processo final de conversão dos compostos carbonáceos aos produtos finais pode ser considerado a soma de cinco fases metabólicas:

Fase I – Hidrólise enzimática

Essa é a primeira fase do processo da decomposição, e por isso ocorre em condições onde há presença de oxigênio (condições aeróbias), segundo Fleck (2003, p.10, apud LIMA, 1995), tal fase é viabilizada pela habilidade das cepas aeróbias presentes nos resíduos sólidos em aproveitar rapidamente o oxigênio dissolvido na massa de resíduos antes de sua extinção. Devido a isso, a temperatura do meio eleva-se ao estágio mesófilo ou mesmo termófilo, podendo alcançar 68°C. O pH do meio encontra-se na faixa 4,0-5,0. Papel fundamental nesta fase é exercido pelas exoenzimas disponibilizadas pelas bactérias, que, externamente às células, catalisam as reações de hidrólise das macromoléculas, produzindo compostos solúveis de menores cadeias, os quais podem atravessar as paredes celulares e serem metabolizados. Expressando matematicamente as reações básicas que ocorrem em tal fase:



Fase II - Acidogênese

Nessa etapa o oxigênio molecular é reduzido à zero, têm como formação: açúcares simples, aminoácidos e ácidos carboxílicos de cadeia longa, bactérias acidogênicas são as principais responsáveis por uma espécie natural de pirólise, fragmentando as longas cadeias e produzindo ácidos de cadeias curtas, álcoois, gás carbônico, hidrogênio, amônia e sulfeto de hidrogênio. Os principais ácidos produzidos nesta fase são acéticos, propiônico, butírico, isobutírico, valérico e isovalérico. Nesta fase a temperatura cai ao estado mesofílico (29-45°C) e o pH do meio situa-se entre 5,2 e 6,8 (FLECK, 2003, p.12, apud LIMA, 1995).

Fase III – Acetogênes

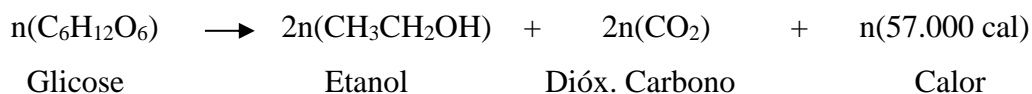
Nessa parte do processo, os produtos gerados na fase anterior são convertidos a acetato, hidrogênio e dióxido de carbono por bactérias acetogênicas. Nesse período, o meio aquoso se acidifica devido à grande formação de hidrogênio com a redução do pH, porém a utilização do hidrogênio pelas bactérias metanogênicas, sulforredutoras e demais presentes, caracterizam-se

por mecanismos que proporcionam uma queda sutil do pH e promovem o deslocamento das reações de acetato no seu sentido direto, liberando energia para o meio.

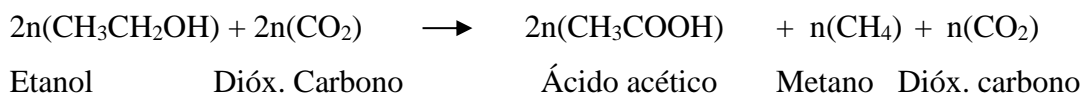
Fase IV – Metanogênese

Nesse período, as bactérias anaeróbias estritas transformadoras dos produtos das demais fases em metano (bactérias metanogênicas) predominam todo o meio, o pH é alterado à faixa de 6,8 – 7,2 com temperatura na faixa mesofílica, as mesmas são divididas em dois grupos de acordo com a fonte de alimento utilizada: as acetoclásticas e as hidrogenotróficas. O primeiro grupo, onde se destacam os gêneros *Methanosarcina* e *Methanothrix*, é responsável por 60-70% da produção de metano, utilizando o grupo metil do acetato (FLECK, 2003, p.13, apud CHERNICHARO, 1997). O segundo conjunto produz o metano a partir do dióxido de carbono e hidrogênio, o consumo de hidrogênio é vital para esse processo, uma vez que é essencial para o rebaixamento da pressão parcial presente no meio, tornando viável a continuidade dos processos metabólicos das fases anteriores. Fleck (2003, p.13, apud LIMA, 1995) expressou matematicamente as reações básicas das fases II, III e IV conforme segue:

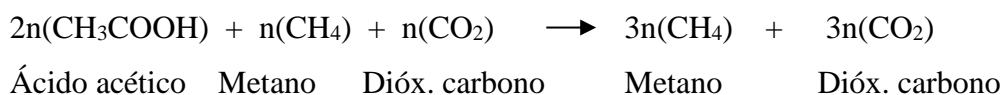
Microrg. hidrolisantes e fermentativos



Microorg. acetogênicos e metanogênicos



Microrg. metanogênicos



Fase V – Oxidação metânica

Por fim de todo o processo de decomposição, é obtido como produto final: o metano, dióxido de carbono e traços de gás sulfídrico; podendo gerar na forma gasosa: nitrogênio, oxigênio e hidrogênio.

2.3. TDH

O tempo de detenção hídrica é o período que o resíduo permanece no interior do biodigestor, em função do tipo de biomassa (materiais passíveis de decomposição), granulometria da biomassa, temperatura do digestor, pH da biomassa, etc., determina-se o tempo de retenção, podendo variar de 4 a 60 dias (FILHO, 1981, p.16).

2.4. Biodigestores

O biodigestor é composto de uma estrutura física conhecida como câmara, onde se tem o processo de degradação da matéria orgânica. Esta estrutura pode ser cilíndrica, vertical e superficial, ou seja, acima do solo, acompanhada de uma campânula onde se acumula o gás que é despreendido da digestão da biomassa chamado de gasômetro (FRIGO, 2015, p.58, apud PINTO, 2008).

Podemos definir os biodigestores anaeróbios como sendo uma câmara fechada, onde são colocados os substratos orgânicos para serem degradados na ausência de oxigênio molecular, tendo como produto a formação do biogás e um efluente rico em nutrientes (FRIGO, 2015, p.58, apud FILHO, 2014).

2.4.1. Modelo indiano

Este tipo de modelo é caracterizado possuir uma campânula que é uma espécie de tampa conhecida como gasômetro, a qual pode estar mergulhada sobre a biomassa em fermentação ou pode estar em um selo d'água externo. Sua estrutura é composta de uma parede central que serve para dividir o tanque de fermentação de duas câmaras, para assim permitir que o material possa circular pelo interior da câmara de fermentação (FRIGO, 2015, p.59, apud TARRENTO, 2006). O biodigestor indiano é característico por possuir pressão de operação constante, isso significa que o volume de gás produzido não é consumido de imediato e faz com que o gasômetro tende a se deslocar verticalmente aumentando o volume do mesmo mantendo a pressão no interior (FRIGO, 2015, p.59, apud DEGANUTTI et al., 2002).

2.4.2. Modelo Chinês

Este tipo de biodigestor é formado por uma câmara cilíndrica em alvenaria onde ocorre a fermentação, apresenta um teto impermeável e abobado que é destinado ao armazenamento do biogás. O seu funcionamento é com base no princípio de prensa hidráulica, ocorrendo então aumentos de pressão em seu interior devido ao acúmulo de biogás resultando em deslocamento do efluente da câmara de fermentação para a caixa de saída em sentido contrário quando ocorre descompressão (FRIGO, 2015, p.60, apud JORGE & OMENA, 2012). Por este modelo ser

constituído quase todo de alvenaria é dispensado o uso de gasômetro em chapa de aço, reduzindo assim os custos. Porém com este tipo de construção pode ocorrer problemas como o vazamento de biogás, caso não seja realizada uma vedação e impermeabilização boa (FRIGO, 2015, p.60, apud ANDRADE et al., 2012).

2.4.3. Modelo Canadense (Marinha)

O modelo canadense se diferencia pelo fato de ser do tipo horizontal, apresentando uma caixa de carga feita em alvenaria e com largura maior que a profundidade, possuindo, então, uma maior área de exposição ao sol, possibilitando em uma grande produção de biogás e também evitando o entupimento (FRIGO, 2015, p.62, apud CASTANHO & HARRUDA, 2008).

Possui uma câmara de fermentação subterrânea que é revestida com lona plástica, manta superior para reter o biogás produzido de modo a formar uma campânula de armazenamento, e por fim de uma caixa de saída onde o efluente é liberado (FRIGO, 2015, p.62, apud PEREIRA et al., 2009).

Ainda segundo Frigo (2015), o local da instalação do biodigestor deve proporcionar o menor risco de ocorrer furos na manta superior que venham a causar vazamento de gás. Pois durante o processo de produção de gás, a cúpula do biodigestor infla, para que possa ser retirada quando necessário. Esta cúpula, em PVC, é responsável pelo aumento do custo final do biodigestor (FRIGO, 2015, p.62, apud CASTANHO & HARRUDA, 2008).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Fatores relacionados à operação do biodigestor

O processo de digestão orgânica deve ser previamente controlado e analisado, seguindo alguns parâmetros estabelecidos para um processo eficiente com mínimas interferências. O controle feito no *startup* do processo evita subseqüentes empecilhos.

É adequado que o reator seja abastecido com a maior quantidade possível de insumos orgânicos que já estejam submetidos às fases de decomposição anaeróbicas (metanogênese). Após o início do processo, deve-se evitar condições que desestabilizem e sobrecarreguem organicamente o ambiente anaeróbio proporcionado pelo digestor, como: excesso de gases tóxicos, vazamentos e surgimento de algas.

Segundo Araújo (2017, p.17), monitorar as variáveis de controle é o método mais indicado para essas prevenções, sendo elas: a aferição da vazão, concentração de matéria

orgânica, compostos tóxicos, temperatura, pH, ácidos voláteis, alcalinidade, nitrogênio total, volume, composição dos gases resultantes, inibição da presença de luz e vazamentos. Garantindo assim, a produção efetiva do biogás e fertilizantes ricos em nutrientes.

A formação de ácidos decorrentes do processo de biodigestão é um dos maiores empecilhos para a manutenção de um biodigestor, pois conforme a estrutura do biogás é perceptível a geração de compostos sulfídricos decorrentes do enxofre encontrado nos resíduos. Para evitar esse processo é indicado a utilização de um tamponamento com um sal triprótico que dificulta a formação dos compostos nocivos ao sistema, além de auxiliar na manutenção do pH da mistura. Outra opção para a precaução e manutenção é a adoção de um filtro de carvão mineral na corrente de saída do biogás a fim de reter os compostos sulfídricos e nitrogenados.

3.1.1. Inóculo

Como em todos os processos, quanto menor o tempo de retorno melhor se consolida o procedimento. No caso dos biodigestores é necessário um período para a produção de biogás, que pode ser determinante em sistemas onde o gás é fator primordial, como a produção de energia, onde a alimentação do motor gerador é fundamental para a transformação.

Alguns procedimentos e estudos são realizados a fim de melhorar esse tempo de retenção natural da reação, um desses, consiste na inclusão do inóculo, resíduo do material que passou por um processo anterior de fermentação anaeróbia, capaz de fornecer um sítio de microrganismos típicos, diminuindo a curva de tempo para a obtenção do biogás.

Vale ressaltar que o sistema anaeróbio não é verificado imediatamente após a inserção do material no reator. É necessário um tempo de detenção, para que haja um crescimento dos microrganismos presentes e conseqüente equilíbrio do sistema. O uso de inóculo pode ser importante tanto nos estudos sobre fermentação anaeróbica quanto no ponto de partida de reatores (ARAÚJO, 2017, p.18, *apud* Souto, 2005).

Para processos contínuos o inóculo também se mostra eficiente, porém, à inserção pode ser realizada apenas no primeiro resíduo, potencializando o início da reação e estabilizando os demais resíduos a ser alimentado no reator, a utilização posterior não se mostra obrigatória, uma vez que a colônia de bactérias já está formada.

Considerando que no início do processo de degradação a quantidade de ácidos e hidrogênio é maior em função da taxa de geração das bactérias formadoras de ácido, a adição de uma quantidade suficiente de organismos metanogênicos pode prevenir o desequilíbrio.

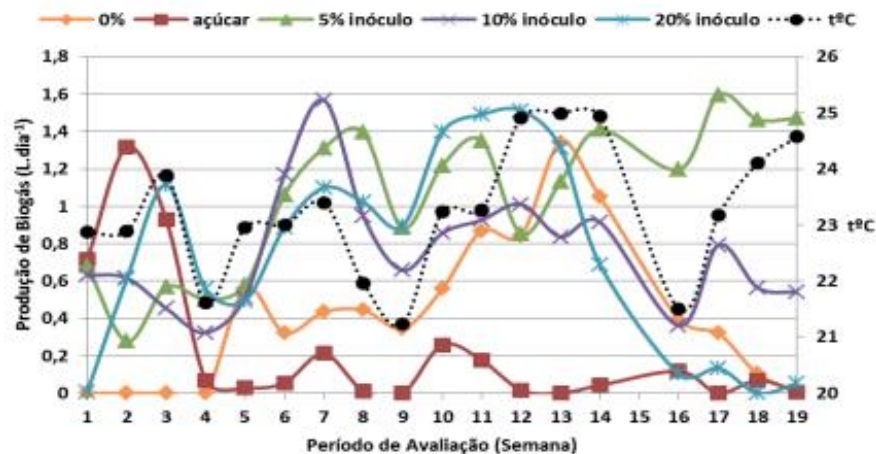
Normalmente são usados como inóculos lodo de esgoto digerido, lodo de UASB, estrume, resíduo digerido e lixiviado (ARAÚJO, 2017, p.18, *apud* Pinto, 2000).

O estudo de Oliveira *et al.* (2012, p.15) que abordou a análise de eficiência empírica das diferentes concentrações de inóculo, em reator de batelada alimentado com água residuária de suinocultura, obteve interessantes conclusões:

- O açúcar não é indicado como ativador de reação metanofílica, pois perde a eficiência ao longo do tempo e aumenta a quantidade de sólidos.
- O inóculo com 5% é tão eficiente quanto às demais composições: 10 e 20%. Por isso é desnecessário composições maiores que 5% evitando gastos e disponibilizando maior volume para subseqüentes alimentações.

A adição de efluente estabilizado de biodigestor alimentado com dejetos de bovinos (inóculo) na concentração de 5% (v/v) pode ser recomendada para a partida de biodigestor de batelada no tratamento de águas residuárias de suinocultura. A adição de açúcar cristal, na concentração de 5%, não deve ser utilizada para partida de biodigestores[...] (OLIVEIRA *et al.*, 2012, p.18-19). Na Figura 1 temos a taxa média de produção de biogás em biodigestor de batelada alimentado com água de suinocultura, com diferentes concentrações de inóculo.

Figura 1: Taxa média de produção de biogás. Valores médios quinzenais de dois reatores.



Fonte: OLIVEIRA, *et al.*, 2012, p.14.

Há também como realizar o cálculo específico da concentração ideal do inóculo, para cada tipo de resíduo adicionado no biodigestor, dependendo da sua atividade metanogênica e da taxa de produção do substrato. Para realizar o cálculo é utilizada a equação 1:

$$Fi = \frac{STi}{STi+STr} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

Fi= Fator inóculo; STi= Sólidos totais do inóculo; STr= Sólidos totais do resíduo

Tabela 1: Dados de alguns estudos sobre digestão anaeróbia de resíduos sólidos

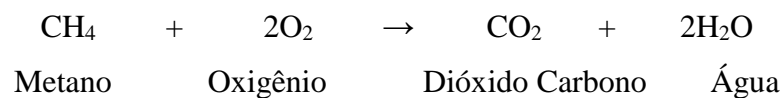
Referência	Resíduo	Inóculo	ST (%)	Temperatura (°C)	Td (dias)	Eficiência (%)
Del Borghi et al. (1999)	Resíduos de cozinha triturado	Lodo primário e secundário	1-4	55	12	56-63 (STV)
Pavan et al. (1999a)	Frutas e verduras	-	8	35,56	11-12	67-84 (STV)
Xu et al. (2002)	Alimentos	Lodo de digestor e reator UASB	10	35	16	60 (SVT)
Wang et al. (2003)	Alimentos	Lodo de digestor e reator UASB	10	35	36	78 (SVT)
Bouallagui et al. (2004)	Frutas e verduras	Lodo de digestor	4,6 e 10	20, 35, 55	20	54-87 (SVT)
Mtz. Viturtua et al. (1995)	Frutas e verduras	Esterco bovino e suíno	6	35	4,5-18	27-72 (STV)

Fonte: ARAÚJO, 2017, p. 19, *apud* BARCELOS, 2009.

3.2. Transformação de gás em energia

A geração de energia ocorre de diversas formas, sendo pelo processo de transformação de uma fonte energética em outra mais eficiente, ou a que melhor se adéqua ao processo, como por exemplo: transformar a energia calorífica em energia elétrica, ou a energia cinética em eletricidade; desde que ocorra a agitação molecular há a possibilidade de transformação energética, permanecendo equivalente ao processo.

No biogás transformação da matriz gasosa em poder calorífico ocorre mediante ao procedimento de combustão, com a seguinte estequiometria:



Mediante a essas informações é dedutível que um volume de metano exige dois volumes de oxigênio para produzir um volume de dióxido de carbono e dois de água na transição de vapor, assumindo, por exemplo, que há 60% de metano no biogás gerado do reator em estudo e 21% de oxigênio no ar, logo, 1 volume de biogás necessita de 5,71 de ar. Em condições onde os ambientes contém excesso de ar e ausência de biogás a mistura é chamada pobre, já o oposto, quando há o excesso de biogás é chamada rica.

Para quantificar se uma mistura é rica ou pobre define-se o fator lambda (λ) que é a razão entre o ar combustível real (A/C real) e a mistura ar combustível estequiométrica (A/C estequiométrica). Dessa forma é obtida a equação 02:

$$\lambda = \frac{A/C_{\text{real}}}{A/C_{\text{estequiométrica}}} \quad (\text{Equação 2})$$

Obtendo por definição:

$\lambda = 1 \rightarrow$ mistura ideal, $\lambda > 1 \rightarrow$ excesso de biogás, $\lambda < 1 \rightarrow$ ausência de biogás

Nos geradores de eletricidade por combustão há a chamada sonda lambda, que tem por função fazer com que a mistura permaneça próximo ou igual à faixa estequiométrica, aumentando a eficiência do processo e do gerador por evitar o consumo de combustível (mistura rica) ou a perda de potência no motor (mistura pobre).

A porcentagem mínima e máxima de um combustível numa mistura ar e combustível, para que essa mistura entre em combustão, é chamada de limite de inflamabilidade. A velocidade da chama é a velocidade de uma frente de chama da mistura ar e combustível, efetuada sob determinadas condições. É uma propriedade importante no dimensionamento e modificação de queimadores, pois ajuda a estabelecer a estabilidade da combustão. Também é utilizada na determinação do avanço de ignição nos motores de combustão interna (SOUZA, 2016, p.8, *apud* BIOGASBURNER, 2011).

3.3. Poder calorífico inferior (PCI)

O PCI tem a função de determinar o potencial teórico de energia contido nos combustíveis, quanto maior a razão de metano sobre o biogás mais energia por unidade de massa será obtido, em resumo maior poder calorífico inferior do biogás, além de interferir na capacidade energética a proporção de metano no biogás, influencia na densidade e peso específico da mistura. Conforme demonstrando na Tabela 2 abaixo:

Tabela 2: Peso específico e poder calorífico inferior do biogás em função da composição química

Composição química do biogás	Peso específico (kg/m ³)	PCI (Kcal/Kg)
10% CH ₄ e 90% CO ₂	1,8393	465,43
40% CH ₄ e 60% CO ₂	1,4600	2333,85
60% CH ₄ e 40% CO ₂	1,2143	4229,98

65% CH ₄ e 35% CO ₂	1,1518	4831,14
75% CH ₄ e 25% CO ₂	1,0268	6253,01
95% CH ₄ e 05% CO ₂	0,7768	10469,60
99% CH ₄ e 01% CO ₂	0,7268	11661,02

Fonte: SOUZA, 2016, p.7, *apud* IANNICELLI, 2008.

Tabela 3: Comparativo entre 1m³ de Biogás com as demais fontes energéticas de combustão

Combustível	Quantidade Equivalente
Gasolina	0,61 a 0,70 Litros
Álcool	0,80 Litros
Óleo Diesel	0,55 Litros
GLP	0,40 kg
Lenha	1,60 a 3,50 kg
Eletricidade	1,25 a 1,43 kWh

Fonte: Fundação Ecológica Natural (FEN) 2013.

3.4. Projeto e equações para o Biodigestor

3.4.1. Alimentação

Para a construção e determinação de parâmetros de um biodigestor o primeiro passo é a análise para a determinação da quantidade e qualidade de resíduos que serão introduzidos como fonte de alimentação no reator biológico, resíduos com maior composição orgânica tem melhor eficiência no processo de decomposição e geração de gás metano no interior do reator, com isso a alimentação será nomeada como: $A_{\text{resíduos}}$.

$$A_{\text{resíduos}} = \frac{\text{Quantidade de resíduos (anuais)}}{365 \text{ (dias)}}$$

3.4.2. Dimensionamento

Mediante as modelagens equacionais de Araújo (2017, p.20, *apud* Pinto, 2000) para a projeção do biodigestor são necessários os seguintes parâmetros: Inoculante (Si); Tamponamento e Teor de Umidade. Assim os métodos de cálculo para os seguintes parâmetros são:

a. Inóculo:

Utilizar-se a equação 01 para determinar a massa de inóculo a ser utilizada.

b. Tamponamento:

A quantidade de CaCO₃ utilizada foi calculada através da equação 02:

$$\text{Tamponamento} = 0,06 \left(\frac{\text{kg}}{\text{kg}} \right) * STi$$

No qual o valor de 0,06 = fator que relaciona o tamponamento com o inoculante.

c. H₂O:

Para ser determinada a quantidade de água na mistura é definida pela equação 03:

$$H_2O = 0,58 \left(\frac{L}{Kg} \right) * STi$$

No qual o valor de 0,58 = fator que relaciona o percentual de H₂O com o teor de umidade encontrado na matéria orgânica.

d. Peso total da mistura diária:

Para ser determinado peso total da mistura é definida pela equação 04:

$$PTMd = STs (Kg) + STi (Kg) + \text{Tamponamento} + H_2O (l)$$

e. Volume da mistura:

Para ser determinado o volume da mistura é definida pela equação 05:

$$Vd = PTMd/\rho_a$$

Onde: Vd = Volume do biodigestor; PTMd = Massa total da mistura diária; ρ_a : densidade da água.

f. Volume total do Biodigestor:

Para ser determinado o volume total do biodigestor é definido pela equação 06:

$$\text{Volume do Tanque} = (Vd * TDH) * (1 + f)$$

Onde:

Vd= Volume do biodigestor.

TDH= Tempo de detenção hidráulica (dias).

f= fator do volume que o gás da mistura ocupa mediante ao processo de digestão.

3.5. Controle de Temperatura e Condições iniciais de estudo

O controle de temperatura é fundamental no processo, dificultar a troca térmica do digestor com a vizinhança, é indispensável para direcionar as bactérias e o sistema para a produção do biogás, uma vez que quando não há um isolante térmico eficiente as bactérias utilizam parte da energia delas para alcançarem a temperatura ideal, somente após essa etapa elas podem iniciar o processo de digestão

Para o estudo da viabilização, o processo de geração elétrica por biodigestor será direcionado a uma indústria que gera resíduos alimentícios, de acordo com os dados fornecidos

pelo site da PREFEITURA DE JUNDIAÍ (2018, *on-line*), contemplando as 100 maiores empresas da cidade, esse setor está entre as maiores indústrias do perfil regional, há diversas indústrias do segmento alimentício que geram resíduos que são descartados como lixo.

O inóculo utilizado será o lodo de digestor anaeróbio (UASB) presente nas estações de tratamento de esgoto da região, devido ao fato de serem ótimos sítios de bactérias já disponíveis no estado de metanogênese, o que acelera o processo diminuindo os custos operacionais, uma vez que, as Estações de Tratamento de Esgoto (E.T.E.) fornecem de forma gratuita o lodo, além disso, para fins de cálculos será considerada uma demanda energética de 100000 kW por ano ou aproximadamente 274 kW por dia.

De acordo com ARAÚJO (2017, p. 19, *apud* BARCELOS, 2009) Tabela 1, a eficiência da relação resíduo-inóculo apresentada varia de 60% a 78% de sólidos totais voláteis, ou seja, biogás. Será admitida a composição mínima para evitar erros no processo, sendo assim é considerada a geração de 60% de biogás por resíduo.

Baseado no estudo realizado por LINS, L.P.; MITO, J.Y.L.; FERNANDES, D. M. (2015, p.3), o biogás tem uma composição média de 60% de metano e 40% de gás carbônico com alguns traços de gás sulfídrico, considerando um resíduo com maior proporção em compostos orgânicos.

Indicam que o biogás apresenta uma faixa de 50-70% de metano, 25-45% de gás carbônico e outros gases como nitrogênio e ácido sulfúrico (H₂S), podemos afirmar que os valores obtidos e apresentados estão dentro de um espaço aceitável para seu uso.” (LINS, L.P.; MITO, J.Y.L.; FERNANDES, D. M., 2015, p.3).

3.5.1. Biodigestor

O biodigestor escolhido para o estudo da viabilização é o Marinha, o protótipo foi desenvolvido pela Marinha do Brasil, possui paredes de alvenaria revestidas por lona e uma cúpula de lona preta, ambos impermeáveis. Por ser um modelo rasteiro e longo, a grande produção de gás por massa fermentada é garantida, porém necessita de uma longa área superficial para o armazenamento de uma grande quantidade de resíduo.

Devido ao fato de ser um modelo versátil no uso de diferentes resíduos orgânicos, grande armazenamento e produção de biogás, ainda passível de dejetos serem utilizados como biofertilizantes é o protótipo mais indicado para projetos industriais e de agronegócios.

Conforme OLIVEIRA (2009, p.33-34), recentemente, vem sendo aplicado devido ao uso da manta impermeável que passou a ser confeccionada em Policloreto de vinila (PVC), o que resulta em um menor custo, praticidade na instalação, resistência a corrosão provocada pela água e pelo enxofre, por possuir um reservatório sem paredes divisórias, depois da edificação do reservatório em alvenaria, o mesmo é impermeabilizado utilizando-se uma manta de vinil preta de espessura de 0,8mm, sendo o depósito do biogás também coberto por uma manta de vinil preta de espessura de 1,0mm. É recomendado que a construção seja abaixo do nível do solo para evitar bruscas variações de temperatura, além de aproveitar o calor da terra e o calor gerado pela manta preta exposta aos raios solares, o que acaba garantindo uma melhor temperatura, assim uma maior produção de biogás com maior concentração de metano.

O investimento para a construção de um reator canadense (marinha) varia de acordo com os preços e tributações do local de aquisição, mas independentemente dessa condição, o modelo marinha é o de menor custo, conforme encontrado na Tabela 4.

Tabela 4: Custo de construção e de implantação de biodigestores modelos Indiano, Chinês e Canadense para diferentes capacidades

Capacidade do Biodigestor (m ³)	Custo total por modelo de biodigestor (R\$)		
	Indiano	Chinês	Canadense
20	5.065,70	4.052,50	2.104,00
40	7.099,30	5.679,40	3.162,00
60	9.440,20	7.552,10	4.188,00
80	11.470,90	9.176,70	5.214,00
100	12.486,30	10.801,40	6.240,00
120	14.178,60	12.426,00	7.266,00

Fonte: Revista engenharia agrícola, 2015¹.

3.5.2. Geração de energia por gerador do ciclo Otto

De acordo com as opções e funções dos geradores de energia elétrica, o que melhor se adapta ao processo de transformação do biogás é o gerador com motor ciclo Otto, segundo o manual básico de biogás (KARLSSON, et al., 2014, p. 14):

Geralmente, as plantas de biogás visam à produção de eletricidade e calor a partir de um motor tipo Otto ou similar. Ao operar um motor de combustão interna, cerca de 30% do biogás são convertidos em eletricidade e os restantes 70% representam o calor.

¹ Disponível em: < <https://www.scielo.br/pdf/eagri/v35n6/1809-4430-eagri-35-6-0990.pdf>>. Acesso em: 18 mar. 2020.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Cálculos da quantidade de resíduos necessários para a demanda energética

De acordo com a Tabela 3, 1 m³ de biogás com composição de 60% CH₄ e 40% CO₂ equivale de 1,25 a 1,43 kWh, visando a otimização de resultados será adotado o valor mínimo de capacidade elétrica sendo 1,25 kWh.

Como o motor de ciclo Otto tem a eficiência de 30% para a geração de eletricidade será admitida a seguinte equação:

$$Ern = \frac{DE}{(GE * ef)}$$

Sendo: Ern: Energia real necessária; DE: Demanda Energética; Ge: Geração de eletricidade; ef: eficiência.

Para a demanda em estudo de 100000 kW por ano, é obtido:

$$Ern = \frac{1000000}{(1,25*0,3)} \Rightarrow Ern = 266666,7 \text{ kW}$$

Considerando a relação de correspondência do biogás de 1m³ = 1,25 kW, então 266666,7 kW são equivalentes a 213333,4 m³ de biogás.

A Tabela 2 demonstra o peso específico do biogás em relação a sua composição, como foi admitida uma composição de 60% de metano e 40% de dióxido de carbono, o valor correspondente é de 1,2143 kg/m³, obtendo assim uma relação de volume e massa:

$$Mb = Vb * p$$

Sendo:

Mb: Massa do biogás; Vb: Volume de biogás; p: Peso específico

O volume de biogás é obtido pela equação acima:

$$Mb = 213333,4 \text{ m}^3 * \frac{1,2143 \text{ kg}}{\text{m}^3} \Rightarrow Mb = 259050,7 \text{ kg}$$

De acordo com a tabela 1, a quantidade de biogás representa 60% dos sólidos voláteis totais, os sólidos totais ou a massa total dos resíduos será de:

$$Aresíduos = \frac{Mb * 1}{0,6}$$

Sendo:

Aresíduos: Quantidade anual de resíduos; Mb: Massa do biogás

A massa total de resíduos necessária para atender a demanda e produção do volume de biogás é:

$$\text{Aresíduos} = \frac{259050,7 \text{ kg} \cdot 1}{0,6} \Rightarrow \text{Aresíduos} = 431751,2 \text{ kg}$$

A periodicidade em que o reator será alimentado varia de acordo com cada indústria e a sua geração de resíduo, porém para o estudo será considerado uma alimentação diária sendo assim:

$$\text{Alimentação diária} = \frac{431751,2 \text{ kg(Anual)}}{365(\text{Dias})} \Rightarrow \text{Alimentação diária} = 1182,88 \text{ kg}$$

4.2. Calculo do Volume do biodigestor

a. Inóculo

Utilizando a equação 1 a fim de determinar a massa de inoculo utilizada:

$$0,05 = \frac{ST_i}{ST_i + 1182,88 \text{ kg}} \Rightarrow ST_i = 62,25684 \text{ kg}$$

O valor de 5% foi utilizado como fator de inóculo devido à comprovação de eficiência já apresentada sobre o estudo de OLIVEIRA, *et al* (2012, p.6).

b. Tamponamento:

Utilizando a equação 2 a fim de determinar a quantidade de CaCO_3 a ser utilizada:

$$\text{Tamponamento} = 0,06 \left(\frac{\text{kg}}{\text{kg}} \right) * 62,25684 \text{ kg} \Rightarrow \text{Tamponamento} = 3,73541 \text{ kg}$$

c. H_2O :

Utilizando a equação 3 a fim de determinar a quantidade de água na mistura:

$$\text{H}_2\text{O} = 0,58 \left(\frac{\text{L}}{\text{Kg}} \right) * 62,25684 \text{ kg} \Rightarrow \text{H}_2\text{O} = 36,10897 \text{ L ou } 36,10897 \text{ Kg}$$

d. Peso total da mistura diária:

$$\text{PTMd} = 1182,88 \text{ kg} + 62,25694 \text{ kg} + 3,73541 \text{ kg} + 36,10897 \text{ kg} \Rightarrow \text{PTMd} = 1284,981 \text{ kg}$$

e. Volume da mistura:

$$V_d = \frac{2007,783 \text{ kg}}{1000 \text{ kg/m}^3} \Rightarrow V_d = 1,285 \text{ m}^3$$

f. Volume total do Biodigestor:

O resíduo alimentício segundo a tabela 1 tem o tempo de detenção hídrica de 16 dias, e o fator do volume que o gás ocupa será de 0,3.

$$\text{Volume do Tanque} = (1,285 \text{ m}^3 * 16) * (1 + 0,3) \Rightarrow \text{Volume do Tanque} = 26,728 \text{ m}^3$$

4.3. Acessórios incorporados ao sistema de geração de energia por biogás

A decomposição dos resíduos tende a gerar compostos sulfídricos, o que pode ocasionar a corrosão dos canos e sistemas de comunicação do projeto. Para prevenir esse problema existe o método de tamponamento da mistura dentro do digester, dificultando a geração dos compostos corrosivos. Após essa análise é possível observar que o tamponamento eficiente como descrito na etapa de projeto e equação para o biodigestor é necessário para um excelente funcionamento aumentando da vida útil do sistema. Segundo (KARLSSON, et al., 2014, p. 28), se alguma condição demonstra um crescimento nos compostos corrosivos ou odor, o filtro deve ser adicionado junto ao sistema do biogás, essa condição não elimina a necessidade do tamponamento.

4.4. Custos do projeto

Para a aquisição do biodigestor será considerado o preço fornecido pela Tabela 4. Conforme os cálculos apresentados no item 4.2 o volume do tanque é de $26,728\text{m}^3$, esse volume está entre 20 a 40m^3 , dessa maneira será utilizado o biorreator com a capacidade de 40m^3 que possui o custo de R\$ 3.162,00, o valor fornecido é referente ao ano de 2015 para a atualização monetária será admitido à inflação dos anos subseqüente até o presente ano.

Tabela 5: IPCA acumulado de cada ano

Ano	Taxa IPCA (%)
2016	6,29
2017	2,95
2018	3,75
2019	4,31
Total	17,3

Fonte: IBGE 2020.

O valor base do biodigestor acrescido o IPCA acumulado dos anos resulta em um montante final de R\$ 3.709,03, este será o valor considerado para viabilização.

De acordo com site NGSolar o preço por kWh na CPFL Paulista a tarifa comercial é de R\$0,80, assim o mesmo será admitido para o cálculo. Dentre os motores geradores de ciclo Otto, o com melhor eficiência para o processo é o gerador a gás natural adaptado para biogás, porém com a difusão da técnica existem empresas que produzem geradores específicos, como a CHP Brasil que projeta e desenvolve todo sistema elétrico voltado ao aproveitamento de resíduo, com as condições e parâmetros fornecidos pelo presente trabalho foi orçado o gerador CHP60 com geração de 35kW/h e 36% de eficiência com o valor de R\$18000,00, R\$3000,00

de manutenção mensal e 3115,86 de equipamentos para o processo, como: tubulações, válvulas e medidores.

Para exemplificar os custos do processo em comparativo com a tarifa padrão cobrado pela CPFL segue Tabela 6 de viabilização:

Tabela 6: Custos para a aquisição do processo de geração elétrica por biogás.

Processo biogerador	Quantidade Utilizada	Custos unitários	Vida útil	Custo total
Biodigestor	1 unidade	R\$ 3.709,03	10 anos	R\$ 3.709,03
Gerador	1 unidade	R\$ 18.000,00	10 anos	R\$ 18.000,00
Calcita	1363,42 kg	R\$ 0,22	1 ano	R\$ 299,95
Manutenção do Gerador	12 vezes	R\$ 3.000,00	1 ano	R\$ 36.000,00
Equipamentos da Operação	1 vez	R\$ 3115,86	10 anos	R\$ 3115,86
Análises	2 vezes	R\$ 2.000,00	1 ano	R\$ 4.000,00
			Total	R\$ 65.124,84

Fonte: Dos autores

Tabela 7: Comparativo entre os processos energéticos

Valores para 20000 kw/2 anos			
Período (biênio)	Biogerador	CPFL	(CPFL)- (Biogerador)
1º	R\$ 130.249,68	R\$ 160.000,00	R\$ 29.750,32
2º	R\$ 80.599,90	R\$ 160.000,00	R\$ 79.400,10
3º	R\$ 80.599,90	R\$ 160.000,00	R\$ 79.400,10
4º	R\$ 80.599,90	R\$ 160.000,00	R\$ 79.400,10
5º	R\$ 80.599,90	R\$ 160.000,00	R\$ 79.400,10
Total	R\$ 452.649,28	R\$ 800.000,00	R\$ 347.350,72

Fonte: Dos autores

O período de 10 anos foi utilizado por ser o tempo de vida útil dos equipamentos, a partir desta condição o valor de custo dos demais anos na coluna de biogerador é correspondente aos processos que ocorrem anualmente conforme especificado na Tabela 6. Analisando as tabelas, é notável o menor custo do processo de biogeração elétrica uma vez que no período de 10 anos a empresa que adotar esse processo mediante as condições especificadas, teria economizado R\$ 372.175,61, ou seja, com a aquisição de um biodigestor e gerador a biogás ocorre uma economia média de 47 % em relação à conta de energia tradicional.

5. CONCLUSÃO

Mediante as análises de tabelas, gráficos e contextualização discorrida, é possível identificar o potencial econômico da aquisição de um sistema de geração elétrica a partir de um processo biodigestivo, entretanto existem empecilhos que são determinantes na decisão de sua instalação, sendo: grande volume de resíduos, segmento de resíduos orgânicos, área de construção extensa para o modelo do biodigestor marinha, investimento que retorna em médio prazo e geração de compostos corrosivos. Dentre os parâmetros abordados o com maior potencial de inviabilizar a construção do processo é a geração de compostos corrosivos, todavia conforme já citado existem métodos para dificultar e impedir essa geração.

Acerca do retorno em médio prazo do investimento há pontos que necessitam de reflexões e estudos de caso, sendo esses:

- A cotação da capacidade elétrica do biogás utilizada foi de 1,25 kWh conforme demonstrado na Tabela 3, mas ao consultá-la é possível observar que esse é o mínimo apresentado, parâmetro que pode chegar a 1,43 kWh, com uma geração elétrica maior todo o processo se beneficiaria, diminuindo consideravelmente os custos, devido ao fato da correlação entre a capacidade elétrica e: o volume do biodigestor, a corrente do gerador e a quantidade de insumos na alimentação, conforme apresentando nos itens 3.4; 4.1; e 4.2 deste presente artigo.
- A eficiência do gerador considerada foi de 30% para transformação da energia térmica em elétrica, baseado pelas pesquisas a respeito dos motores geradores, entretanto o motor gerador orçado para o estudo tem capacidade de transformação de 36%, uma maior eficiência proporciona maior geração elétrica ou a possibilidade de aquisição de um gerador com menor custo.

Visto os demais pontos, o estudo só reforça o potencial econômico e ambiental do biogás que se demonstra amplamente viável. Se considerado a comercialização do biofertilizante e a utilização da política de créditos de carbono como amortecimento do custo, o biogás contém todos os parâmetros para se tornar a matriz energética do futuro.

6. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 10.004: Resíduos sólidos - Classificação*. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ARAÚJO, Ana Paula C. A. **Produção de biogás a partir de resíduos orgânicos utilizando biodigestor anaeróbico**. 2017. Disponível em: <[https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/20292/3/Produ%
c3%a7%c3%a3oBiog%c3%a1sRes%c3%adduos.pdf](https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/20292/3/Produ%c3%a7%c3%a3oBiog%c3%a1sRes%c3%adduos.pdf)>. Acesso em: 12 mar. 2020.

CHP Brasil. Disponível em: <<https://chpbrasil.com.br/produtos/chp60>>. Acesso em: 20 out. 2020.

FILHO, J. A. C. **Biogás, independência energética do Pantanal Mato-grossense. 1981.** Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/787706/1/CT09.pdf>>. Acesso em: 19 mai. 2020.

FLECK, Eduardo. **Sistema integrado por filtro anaeróbio, filtro biológico de baixa taxa e banhado construído aplicado ao tratamento de lixiviado de aterro sanitário.** 2003. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/4258>>. Acesso em: 21 fev. 2020.

FRIGO, Késia, D., A., *et al.* **Biodigestores: seus modelos e aplicações.** 2015. Disponível em: <<http://saber.unioeste.br/index.php/actaiguazu/article/viewFile/12528/8708>>. Acesso em: 05 out. 2020.

FUNDAÇÃO ECOLOGICA NACIONAL (FEN). **Biogás.** 2013. Disponível em: <<http://fen.org.br/wp-content/uploads/2013/05/Fontes-Alternativas-de-Energia.pdf>>. Acesso em: 07 mar. 2020.

IBGE. Inflação. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/inflacao.php>>. Acesso em: 07 mar. 2020.

KARLSSON, Tommy, *et al.* **Manual básico de biogás.** 2014. Disponível em: <https://www.univates.br/editora-univates/media/publicacoes/71/pdf_71.pdf>. Acesso em: 07 mar. 2020.

LINS, L.P.; MITO, J.Y.L.; FERNANDES, D. M. **Composição média do biogás de diferentes tipos de biomassa.** 2015. Disponível em: <http://www.sbera.org.br/4sigera/files/4.28_JessicaYukiLimaMito.pdf>. Acesso em: 07 mar. 2020.

NGSolar. Disponível em: <<https://www.ngsolar.com.br/single-post/preco-kwh-cpfl#:~:text=J%C3%A1%20a%20tarifa%20para%20consumidores,80%20kWh%20para%20tarifa%20comercial>>. Acesso em: 16 jul. 2020.

OLIVEIRA, Márcia Cristina R. O. *et al.*,. **Concentração de Inóculo e Produção de Biogás em Reator de Batelada Alimentado com Água Residuária de Suinocultura.** 2012. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/939024/1/bol48.pdf>>. Acesso em: 12 mar. 2020.

OLIVEIRA, Rafael Deléo. **Geração de energia elétrica a partir do biogás produzido pela fermentação anaeróbia de dejetos em abatedouro e as possibilidades no mercado de carbono.** 2009. Disponível em: <http://www.tcc.sc.usp.br/tce/disponiveis/18/180500/tce-26042010-091847/publico/Oliveira_Rafael_Deleo_e.pdf>. Acesso em: 06 out. 2020.

PREFEITURA DE JUNDIAÍ. **100 maiores empresas por valor adicionado.** 2018. Disponível em: <<https://jundiai.sp.gov.br/desenvolvimento-economico/maiores-empresas/>>. Acesso em: 07 mar. 2020.

SILVA, W. R. **Estudo cinético do processo de digestão anaeróbia de resíduos sólidos vegetais.** 2009. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/tede/7187?locale=pt_BR>. Acesso em: 10 mai. 2020.

SOUZA, Samuel Nelson M. de S. **Manual de geração de energia elétrica a partir do biogás no meio rural.** 2016. Disponível em: <http://portalpos.unioeste.br/media/File/vanderleia.schmidt/Manual_Geracao_Energia_Eletrica_a_Biogas.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2020.