

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ENGENHARIA DE ALIMENTOS

**CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSOS PARA A
OTIMIZAÇÃO DA EXTRAÇÃO DO ÓLEO DE BURITI**

Ítalo Magno Matos de Freitas

Ítalo Magno Matos de Freitas

**EMPREGO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSOS PARA A
OTIMIZAÇÃO DA EXTRAÇÃO DO ÓLEO DE BURITI**

Versão Final

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para o grau de bacharel Engenharia de Alimentos.

Orientadora: Profa. Dra. Bruna Carvalho

Montes Claros

2022



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
COLEGIADO DO CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS

ATA DE DEFESA DE MONOGRAFIA / TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (TCC)

Aos 17 dias do mês de fevereiro de 2022, às 09 h 00 min, o/a estudante Ítalo Magno Matos de Freitas, matrícula 2016078116, defendeu o Trabalho intitulado "CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSOS PARA A OTIMIZAÇÃO DA EXTRAÇÃO DO ÓLEO DE BURITI" tendo obtido a média (90,00 noventa pontos).

Participaram da banca examinadora os abaixo indicados, que, por nada mais terem a declarar; assinam eletronicamente a presente ata.

Nota: 90,00 (noventa pontos)

Orientador(a): Bruna Mara Aparecida de Carvalho Mesquita

Nota: digitar a nota em numeral (escrever a nota por extenso)

Coorientador(a), se houver: nome completo do coorientador

Nota: 92,00 (noventa e dois pontos)

Examinador(a): Juliana Pinto de Lima

Nota: 88,00 (oitenta e oito pontos)

Examinador(a): William James Nogueira Lima

Nota: digitar a nota em numeral (escrever a nota por extenso)

Examinador(a): nome completo do examinador



Documento assinado eletronicamente por **Juliana Pinto de Lima, Professora do Magistério Superior**, em 22/02/2022, às 08:22, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Bruna Mara Aparecida de Carvalho, Servidor(a)**, em 22/02/2022, às 08:34, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **William James Nogueira Lima, Coordenador(a) de curso**, em 24/02/2022, às 09:27, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site

[https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?](https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0)

https://sei.ufmg.br/sei/controlador.php?acao=documento_imprimir_web&acao_origem=arvore_visualizar&id_documento=1355790&infra_sistema... 1



[acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0](https://sei.ufmg.br/sei/controlador.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **1269950** e o código CRC **8511AF9A**.

Este documento deve ser editado apenas pelo Orientador e deve ser assinado eletronicamente por todos os membros da banca.

SUMÁRIO

RESUMO	4
ABSTRACT	5
1. INTRODUÇÃO	6
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
2.1 BURITI	7
2.2 ÓLEO DE BURITI	9
2.3 MÉTODOS DE EXTRAÇÃO DE ÓLEOS	10
2.4 EXTRAÇÃO POR Prensagem Contínua	12
2.5 Controle Estatístico de Processo	15
3. MATERIAIS E MÉTODO	17
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	27
REFERÊNCIAS	28

RESUMO

O buriti (*Mauritia flexuosa*) é um fruto de origem Amazônica e seu óleo tem vasta utilização na área cosmética e alimentar, uma vez que é rico em ácidos graxos (oleico e palmítico) e β -caroteno, composto atuante no sistema imunológico, fortalecendo-o e diminuindo o risco de doenças degenerativas. Para obtenção deste produto oleaginoso, um método comumente utilizado é a extração mecânica através da prensa do tipo *expeller*, onde a matéria-prima sofre pressões mecânicas e o óleo é desprendido do material. A busca pela otimização deste processo extrativo é essencial para obter maior rendimento do produto, mantendo sua qualidade específica. Portanto, o presente trabalho teve como objetivo utilizar o Controle Estatístico de Processos (CEP) como uma ferramenta alternativa para melhorar o rendimento de obtenção do óleo, através da aplicação de gráfico de controle para variáveis utilizando como parâmetro a taxa de alimentação (kg/h) da raspa de buriti na prensa mecânica. Com aplicação dos gráficos foi possível obter melhor controle sobre a produção do óleo, identificando pontos (média da alimentação diária de produção) fora dos limites de controle, os quais indicaram que o processo não está sob controle. Consequentemente, os mesmos foram descartados, com objetivo de realizar as devidas correções e gerar novos gráficos com os limites de controle reajustados, sendo possível o controle mais efetivo sobre a produção, a fim de otimizar a extração do óleo, com a minimização dos desperdícios e dos custos que acompanham este processo. Entretanto, os gráficos gerados são de maneira provisórias, sendo necessário nas próximas etapas o reajuste dos limites de controle através da síntese de novos dados, para buscar o controle mais efetivo sobre extração do óleo de buriti.

Palavras chaves: Extração de óleos. Maximização de Produção. Gráfico de Controle

ABSTRACT

Buriti (*Mauritia flexuosa*) is a fruit of Amazonian origin and its oil is widely used, both in the cosmetic and food areas, since it is rich in fatty acids (oleic and palmitic) and β -carotene, a compound that acts on the immune system, strengthening it and decreasing the risk of degenerative diseases. To obtain this oleaginous product, a mechanical extraction method is used through an expeller press, where the raw material undergoes mechanical pressure and the oil is released from the material. The search for the optimization of this extractive process is essential to obtain a higher yield of the product, maintaining its specific quality. Therefore, the present work aimed to use the Statistical Process Control (SPC) as an alternative tool to improve the oil yield, through the application of a control chart for variables using the feed rate (kg/h) as a parameter of buriti shavings in the mechanical press. With the application of the graphs, it was possible to obtain better control over the production of the oil, identifying points (average of the daily production feed) outside the control limits, which indicate that the process is not under control and, consequently, were discarded, with the objective of to make the necessary corrections to generate new graphs with readjusted control limits, making it possible to have more effective control over production, in order to optimize oil extraction, with the minimization of waste and costs that accompany this process. However, the generated graphs are provisional, being necessary in the next steps to readjust the control limits through the synthesis of new data, to seek the most effective control over buriti oil extraction.

Keywords: Oil extraction. Optimization. Control Chart

1. INTRODUÇÃO

O fruto buriti (*Mauritia flexuosa*) é de origem Amazônica, gerado de uma palmeira denominada buritizeiro, cujas dimensões de altura atingem até 40 metros, e 13 a 55 cm de diâmetro. O buriti pode possuir distintos destinos, em função da região que se encontra, porém usualmente é empregado na indústria alimentícia, em que sua polpa por ter elevado teor de lipídeos é utilizado para produção de doces, sorvetes, geleias, óleos, e outros produtos que são ricos em gorduras. Além do fruto, da palmeira é extraída uma seiva com alto teor de sacarose, o talo (componente do buritizeiro) é empregado para produção de cestos, esteiras e vários produtos artesanais, e a palha, outro componente da palmeira, é empregada para cobrir telhado das casas. Portanto, há o aproveitamento integral do buriti, utilizando todos os componentes da palmeira para fins comerciais (SAMPAIO *et al.*, 2011; SAMPAIO & CARRAZZA, 2012).

O óleo de buriti é o produto originado da extração do endocarpo do fruto e seu uso está inserido tanto na área cosmética como na alimentícia, uma vez que é composto por elevado teor de carotenoides, ácidos graxos e tocoferol, sendo uma alternativa para produtos cosméticos empregados para o uso na pele, já que o óleo de buriti lubrifica e regenera a barreira hidrolipídica, além de ser uma barreira para a radiação ultravioleta, pois apresenta propriedades fotoprotetoras (IQBAL & BHANGER, 2007; citados por PESSÔA, 2017). Já na área alimentícia, o óleo tem como emprego para produção de molhos, emulsões, gordura vegetal hidrogenada e creme vegetal. A sua composição tem como ácido oleico como componente majoritário, seguido do ácido palmítico, esteárico, linoleico e linolênico, consecutivamente (SOARES *et al.*, 2021).

Para a extração de óleos vegetais, pode ser empregada a técnica de extração mecânica, extração por solventes, ou até mesmo a extração artesanal. Dentre a extração mecânica, a mais usual é por prensagem, por ser mais viável o seu emprego e o uso, exigindo menor investimento e mão-de-obra menos qualificada. Nesse tipo de extração, o óleo da matéria vegetal é extraído através de forças compressoras, em que o material encontra-se entre o eixo rotacional no formato de parafuso e um cesto cilíndrico, e a medida que é empurrado para o fim do equipamento, através da rotação do eixo acionado por um motor, os espaços diminuem e, conseqüentemente, a pressão aumenta, favorecendo assim o desprendimento das partículas oleaginosas da matéria vegetal, saindo de um lado o óleo bruto e de outro a torta (subproduto da extração). Após esta etapa, o óleo necessita passar por um processo de refino, em que posteriormente ao processo de decantação, é filtrado em filtros prensa, por exemplo (BRENNAN *et al.*, 1990;

MORETTO & FETT, 1998 ;RAMALHO & SUAREZ, 2013; RITTNER, 1996).

Nos processos de extração de óleos, há a preocupação de sempre buscar estratégias de garantir o máximo rendimento do processo, pois afeta diretamente no lucro de produção. São utilizados diversos mecanismos para este fim, e a aplicação do controle estatístico de processo pode ser uma ferramenta alternativa para otimizar o processo, buscando a máxima produção de óleo e evitando desperdícios. Esta ferramenta de estatística foi desenvolvida pelo Walter Andrew Shewhart, o qual era engenheiro e estatísticos. A intenção dele era promover o controle de qualidade do processo e dos produtos fabricados, através da identificação de causas que empregavam a variabilidade entre os produtos, contribuindo na distinção entre eles de suas características. Este método surgiu como alternativa para inspeção de produtos gerados numa fábrica, em que até então era realizada no fim da produção, havendo a identificação de produtos defeituosos que eram corrigidos ou descartados. Sendo assim, as cartas de controle serviriam para inspecionar os produtos durante a produção, corrigindo o processo durante a fabricação, diminuindo a variabilidade presente na produção através da identificação e controle das causas, buscando assim, maior rendimento de produção e qualidade dos produtos (LOZADO, 2017). Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo empregar o controle estatístico de processo na extração de óleo de buriti, através do emprego de cartas de controle por média e desvio padrão na taxa de alimentação da raspa de buriti na prensa mecânica, a fim de buscar maior rendimento e produção do óleo e minimizar os desperdícios.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 BURITI

O buriti (*Mauritia flexuosa*), Figura 1, é oriundo de uma palmeira, denominada de buritizeiro a qual na fase adulta possui entre 20 e 30 folhas, e é formada por três partes: capemba, talo e palha. Estes componentes possuem função essencial para as comunidades onde a palmeira é encontrada, como exemplo o talo, por ser coberto por uma fibra dura, é utilizado para tecer cestos, esteiras e outros produtos artesanais, e a palha pode ser utilizada para cobrir telhado das casas. Portanto, o buritizeiro além da admiração visual, também possui grande importância cultural e econômica para as comunidades do Cerrado, uma vez que também contribuem para as atividades agroextrativistas e de comércio da região, gerando renda para as famílias (SAMPAIO et al., 2011; SAMPAIO & CARRAZZA, 2012).



Figura 1 – Fruto buriti (*Mauritia flexuosa*)

Fonte: Autor (2022)

A palmeira do buriti encontra-se em regiões com solo que permanece úmido durante todo o ano, como solos próximos as margens de rios, lagos, córregos e veredas, sendo no Brasil presente em grande parte territorial do Cerrado, além das regiões da Amazônia e no nordeste do Pantanal. Foi na região Amazônica que o buritizeiro teve origem, sendo estendidos para outros países da América do Sul, como Bolívia, Peru, Equador, Colômbia e Venezuela. Já no Brasil, a palmeira encontra-se nas regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste, sendo nesta última região situada apenas no estado de Minas Gerais (SAMPAIO et al., 2011; SAMPAIO & CARRAZZA, 2012).

O buritizeiro é encontrado nas versões macho e fêmea, sendo somente a fêmea produtora de frutos, mas necessitando do buritizeiro macho para polinizá-la. A frutificação ocorre após nove meses do fim da floração, a qual ocorre entre abril e agosto, com a maturação dos frutos entre dezembro e junho. Os cachos do fruto possuem comprimento de 2 a 3 metros, com variação de 5 a 8 cachos por palmeira e sendo 6.000 o número aproximado de frutos que a planta pode atingir, e valor expressado em massa variando de 40 a 360 kg de frutos, com peso de 50 g que cada fruto possui (SAMPAIO et al., 2011; SAMPAIO & CARRAZZA, 2012).

O fruto buriti após a colheita é empregado a diversos fins, dependendo dos lugares onde ocorre a sua produção. Há aproveitamento integral tanto do fruto quanto do buritizeiro, como as folhas da palmeira sendo utilizadas para o cobrimento de casas, confecção de cordas, redes e vassouras e do tronco faz a extração de uma seiva com alto teor de sacarose. Já do fruto aproveita-se a polpa para empregar no setor alimentício,

através da produção de doces, sorvetes, geleias e óleos, uma vez que o buriti é composto por quantidades significativas de lipídeos, que têm a função de emulsificação, além de serem precursores de substâncias essenciais, isolantes e servirem de transporte para as vitaminas lipossolúveis. O elevado teor de lipídeos que o buriti contém, torna-o como fonte de energia, uma vez que as substâncias lipídicas fornecem alto valor energético (SAMPAIO et al., 2011; SAMPAIO & CARRAZZA, 2012).

2.2 ÓLEO DE BURITI

O óleo de buriti é o produto obtido da extração da parte do endocarpo do fruto e pode se enquadrar no regulamento técnico para óleos, gorduras e cremes vegetais, uma vez que, assim como os outros óleos, possui em sua composição glicerídeos de ácidos graxos de origem vegetal, além da possibilidade de conter quantidades de outros tipos de lipídeos, como os fosfolipídios (BRASIL, 2004; IQBAL & BHANGER, 2007; citados por PESSÔA, 2017). O seu principal uso está relacionado a área cosmética, por ser rico em carotenoides, ácidos graxos e tocoferol, sendo visto como uma alternativa para produtos cosméticos, pois tem a função de lubrificar e regenerar barreira hidrolipídica quando a pele é submetida a lesões (ROSSO & MERCADANTE, 2007). Outra ação benéfica é a prevenção de danos causados por radiação ultravioleta, sendo designado para produtos pós-sol, já que apresentam propriedades fotoprotetoras (ZANATTA *et al.*, 2010). Estudos mostram que 75% da composição de ácidos graxos de cadeia longa do óleo é de ácido oleico e 18% de ácido palmítico, além de conter outras substâncias como o β - caroteno, sendo seu teor dez vezes maior em comparação ao que é encontrado no óleo de palma e da cenoura. E como a polpa de buriti tem entre 8 a 9% de óleo, o β - caroteno tem uma concentração de 300 mg por 100 g da polpa, fazendo com que o fruto seja fonte promissora de pró-vitamina A (ALBUQUERQUE *et al.*, 2005; MARIATH *et al.*, 1989).

Em relação a característica físico-química, o óleo de buriti possui valores de índice de acidez, segundo estudos realizados, variando de 2,04 a 3,16 mg KOH/g, valores dentro do limite do padrão de qualidade estabelecido, uma vez que o limite máximo é 4,0 mg KOH/g, para óleos prensados a frio que não pelo processo de refinamento químico, como é o caso do processo de obtenção do óleo de buriti (BRASIL, 2005; CODEX ALIMENTARIUS, 2017). A variação encontrada do valor de acidez é devido a região de plantio do buriti, sendo influenciada pelas características regionais e edafoclimáticas (PEREIRA *et al.*, 2018; citado por SOARES *et al.*, 2021). E é necessário que o óleo

possua o índice de acidez baixa, pois é um dos parâmetros que indicará a sua qualidade, já que a elevada acidez de um óleo prenuncia a quantidade de ácidos graxos livres resultante da decomposição lipídica, causando alterações tanto nas suas propriedades nutricionais quanto nas sensoriais (OLIVEIRA *et al.*, 2020; VIEIRA *et al.*, 2018, citados por SOARES *et al.*, 2021). O índice de peróxido de um óleo, refere-se a presença de produtos gerados pelo processo de oxidação do produto oleaginoso, como os hidroperóxidos, indicando o estado deteriorativo do óleo. Sendo assim, é necessário que o óleo de buriti apresente este índice abaixo do limite estabelecido, o qual é igual a 15 meq O₂/kg, com o intuito de apresentar boa qualidade e bom estado de conservação (BRASIL, 2005; CODEX ALIMENTARIUS, 2017; SOARES *et al.*, 2021).

Quanto ao perfil de ácidos graxos, o óleo de buriti possui em sua composição maior predominância destes compostos na forma insaturada, seguida de ácidos graxos saturados, em menor proporção. Entre os insaturados, encontra-se o ácido oleico como composto majoritário do óleo (em torno de 77%), seguido do palmítico (17%) e esteárico (2%). Há a presença também dos ácidos linoleico e linolênico, porém com o percentual abaixo de 2%. Devido o óleo de buriti apresentar fração significativa de ácido oleico, torna-o como produto de grande interesse comercial, uma vez que os ácidos graxos monoinsaturados proporcionam maior preservação e estabilidade aos produtos que é constituído, tendo, portanto, menor risco as reações de oxidação. Além destes ácidos, o linoleico e o linolênico contribuem para que o óleo de buriti possa agir benéficamente a saúde humana, já que atuam em inúmeros processos fisiológicos no organismo, e estes ácidos não são produzidos pelo nosso corpo (SOARES *et al.*, 2021).

Em relação aos carotenoides totais presente no óleo de buriti, a quantidade de luteína é maior neste óleo em comparação aos óleos de canola e girassol. E valor de β -caroteno é superior também aos óleos de girassol, canola e de oliva (SOARES *et al.*, 2021). Portanto, fica evidenciado o quanto o óleo de buriti tem importante valor nutricional e funcional, contribuindo para que se torne essencial ao mercado consumidor, já que este carotenoide fortalece o sistema imunológico e diminui o risco de doenças degenerativas (RODRIGUEZ-AMAYA *et al.*, 2008, citado por SOARES *et al.*, 2021).

2.3 MÉTODOS DE EXTRAÇÃO DE ÓLEOS

As espécies vegetais, como polpas de frutos, sementes e entre outros, possuem a capacidade de armazenar óleos e gorduras, através dos tecidos que fazem a composição desses vegetais. Cada tipo de espécie possui um tipo de tecido específico para armazenar os compostos graxos, influenciando no mecanismo de extração destas substâncias, sendo

necessário um processo específico de extração e purificação para tal feito, em que se adequará com as características das espécies oleaginosas. Sendo assim, há presente nas indústrias operações unitárias de extração, como a prensagem mecânica e hidráulica, e a extração por uso de solventes, além do processo de extração artesanal (RAMALHO & SUAREZ, 2013)

No setor industrial, o processo de extração de óleos compreende duas etapas, em que a primeira corresponde a produção do óleo bruto e da torta, já a segunda diz respeito à purificação do óleo. Além destas etapas, envolve o processo de armazenamento e preparação da matéria-prima, as quais antecedem e influenciam no processo extrativo, uma vez que a má execução destas etapas contribui diretamente para qualidade ruim do óleo, assim como no rendimento do processo. Portanto, é importante fazer o tratamento adequado da espécie oleaginosa, assim como definir qual tipo de método de extração a ser utilizado, para obter o máximo de rendimento e qualidade do óleo, sendo possível a combinação de métodos para este fim (MORETTO & FETT, 1998; RAMALHO & SUAREZ, 2013).

No processo de extração artesanal, a matéria-prima é postada à elevada temperatura de cozimento utilizando a água, onde o óleo desprende do material e sobrenada neste solvente. Para a separação entre a água e o óleo, utiliza-se fogo baixo através da utilização de um recipiente metálico ou faz o uso de centrifugação, em que ambos os processos há perda de umidade. O processo de filtragem é através da utilização do papel de filtro caseiro (DEUS, 2008).

O processo de extração mecânica tem o princípio de separação entre líquido e sólido pela aplicação de forças de compressão, sendo muito utilizado em indústrias de alimentos e bebidas. Esse tipo processo é dividido em extração por prensa contínua e extração hidráulica. A primeira funciona aplicando uma força compressor sobre o material de interesse, através da pressão exercida entre a rosca coloidal e o cesto de barras de aço retangular. Esta pressão pode variar pela regulagem da abertura de cone de saída (BRENNAN *et al.*, 1990). Já a extração hidráulica possui o princípio de funcionamento baseado no movimento de um pistão, acionado hidraulicamente, comprimindo a matéria-prima que fica contida em um cesto com abertura para saída do óleo. Este tipo de prensa é empregado em instalações menores, enquanto as prensas contínuas empregada para produção mais elevada, já que possuem maior capacidade, além de exigirem menor investimento e mão-de-obra menos qualificada (RITTNER, 1996).

A extração de óleo por uso de solvente é um dos primeiros métodos a ser empregado a fim de separar misturas orgânicas com características químicas similar, em exemplo na remoção ou síntese de componentes aromáticos, além da produção de compostos fármacos. Nesse sistema de mistura, a fase orgânica, a qual é a substância de interesse, encontra-se em contato com a fase aquosa ou até mesmo outra fase orgânica, porém existindo uma imiscibilidade entre as duas fases. Portanto, para a separação dos compostos, é realizada a transferência de uma fase para a outra, sendo sólido-líquido ou líquido-líquido, através do uso do solvente, e a extração é procedida pelas diferenças das interações intermoleculares na fase líquida (WENNERSTEN, 1992)

2.4 EXTRAÇÃO POR PRENSAGEM CONTÍNUA

A extração de óleos por meio da prensa continua tipo *expeller*, Figura 2, inclui-se aos métodos mecânicos, sendo o mais usual entre as fabricas que realizam este tipo de atividade, assim como nos países em desenvolvimento, uma vez que possui inúmeros fatores positivos de utilizar este tipo método, como exemplo, a simplicidade do manuseio e operação da prensa, contribuindo para que a mão-de-obra não seja necessariamente qualificada. A prensa mecânica é adaptada para fazer a extração de diversos óleos, bastando apenas os simples ajustes mecânicos da máquina. Funciona de maneira continua na expulsão do óleo, possibilitando que a realização do processo extrativo seja em um intervalo de tempo curto. Sendo assim, estas características possibilita o uso vantajoso da prensa, e por não ser necessário o uso de produtos químicos, torna o processo mais seguro e apto para empregar o uso dos subprodutos da extração, como para adubo, ração animal e até mesmo, em alguns casos, para a alimentação humana (SINGH & BARGALE, 2000).



Figura 2 – Processo de Extração do Óleo de Buriti

Fonte: Autor (2022)

A prensa contínua é constituída de um cesto em forma de cilindros, composta por barras retangulares espaçadas simetricamente e no seu interior contém um eixo rotativo no formato de parafuso de tamanho decrescente. Possui o princípio de funcionamento da rosca sem fim, sendo a pressão a força motriz da operação, e o material é posto entre o eixo e o interior da gaiola, que pela rotação do eixo helicoidal, a matéria-prima é empurrada para frente, a caminho da abertura da máquina que é em forma de cone (MANDARINO & ROESSING 2001; PEREIRA, 2009; RAMALHO & SUAREZ, 2013), Figura 3. Simultaneamente a este processo, há uma força compressora sobre o material, o qual faz a expulsão do óleo, passando pelas barras retangulares do cesto, as quais têm a espessura regulada de acordo com o material a ser prensado (MANDARINO & ROESSING 2001; PEREIRA, 2009; RAMALHO & SUAREZ). No fim da rosca helicoidal, existe uma abertura em forma de cone, onde a torta é liberada, e através desta abertura que faz a regulagem da pressão entre o eixo e o cesto, assim como a velocidade de rotação do eixo. A rosca é acionada por um motor e o consumo de energia é consideravelmente alto a ponto de transformar em energia térmica através da fricção, aumentando assim a temperatura do óleo extraído (BRENNAN et al., 1990 citado por CARVALHO, 201).



Figura 3 – Prensa mecânica tipo *expeller*

Fonte: Autor (2022)

A prensa possui capacidade de processamento de 40 a 1000 kg/h, podendo em alguns modelos chegar 8500 kg/h. Os modelos cuja capacidade de 40 kg/h é indicada para pequenas propriedades rurais, porém possui ineficiência no processo, deixando de 8 a 14% de óleo na torta, enquanto as prensas de maiores capacidades liberam a torta com 4 a 5% de óleo residual (BRENNAN et al., 1990; SINGH & BARGALE, 2000). Através desse fator, é importante atentar-se a eficiência da máquina, para produzir uma torta com a menor percentual de fluido residual e, conseqüentemente, obter maior rendimento da extração do óleo. Com isso, é necessário estudos para promover o máximo rendimento, através da otimização dos principais parâmetros do processo, como a pressão da máquina aplicada, temperatura de prensagem e da matéria-prima, e o teor de umidade da mesma (SINGH & BARGALE, 2000). Além destes parâmetros, o rendimento também pode ser afetado pelo estado dos componentes da prensa (eixo e gaiola), sendo este parâmetro e o preparo prévio das amostras as principais variáveis que afetam o rendimento de produção do óleo (WIESENBORN et al., 2001). Portanto, a melhora nos equipamentos de extração e das técnicas de

acondicionamento do material oleaginoso melhora na extração do óleo, em que quanto maior a pressão e menor teor de umidade do material, o rendimento será significativamente maior. Para isso, é necessário a aplicação de pré-tratamentos da matéria-prima, como despulpamento, redução do tamanho, em alguns casos a desidratação e aquecimento para aumentar o nível de recuperação do óleo, com mínima produção de ácidos graxos livres que afeta diretamente na qualidade do produto (CARVALHO, 2011). Por outro lado, o número excessivo de etapas do pré-tratamento de matéria prima pode causar o aumento de energia específica consumida durante o processo, desgaste da máquina, que, conseqüentemente, o custo do processo irá ser maior, bem como necessitar de mão-de-obra mais qualificada. Sendo assim, é necessário buscar um equilíbrio na etapa de preparo do material, buscando alternativas mais simples e eficientes a fim de aperfeiçoar o processo de extração (SINGH & BARGALE, 2000).

2.5 CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO

O Controle Estatístico de Processo (CEP) foi desenvolvido pelo engenheiro e estatístico Walter Andrew Shewhart, na década de 1920, com intuito de promover o controle de qualidade da confecção dos produtos em uma fábrica (ALMEIDA & ARAÚJO, 2013 citado por LOZADO, 2017). O objetivo deste método era distinguir quais eram as causas que promovia variações entre as características dos produtos em um processo de produção, podendo estas causas ser comuns ou especiais, uma vez que a qualidade depende diretamente da variabilidade que o acompanha, sendo o primeiro inversamente proporcional ao segundo (ALMEIDA & ARAÚJO, 2013 citado por LOZADO, 2017). O método veio como uma alternativa para a inspeção dos produtos fabricados, o qual era realizada ao final da produção, identificando os produtos defeituosos, que poderiam ser corrigidos ou muitas vezes serem descartados. Portanto, as cartas de controle de processo, desenvolvida por Shewhart, apesar de ser relativamente simples, buscava promover o controle de qualidade durante o processo produtivo. Além disso, este método surge para controlar as variações de um processo, através da compreensão delas e o controle, com o objetivo de reduzir as variabilidades em uma produção, causando menos impacto sobre os processos e seus resultados (RIBEIRO; CARTEN, 2012 citado por LOZADO, 2017). As conseqüências geradas na aplicabilidade deste método estão relacionadas na redução variação dos produtos finais, garantindo-os que apresentem boa qualidade e, assim, contribuindo para o controle de qualidade dos mesmos (LOZADO, 2017).

O principal fator para garantir a qualidade de um produto é a variabilidade que acompanha o processo de produção ou de serviços, em que causa distinção dos produtos gerados, sendo naturalmente a inexistência da igualdade de dois produtos num mesmo processo produtivo, já que sofrerão várias fontes de variação (MARTINS; LAUGENI, 2005 citado por LOZADO, 2017). Porém, por mais que as variabilidades em um processo sejam naturais, a monitoração inadequada da fabricação de um determinado produto pode causar variações com proporções maiores, contribuindo para alterações das características dos produtos, assim como do processo, que, conseqüentemente, irá comprometer as suas qualidades, gerando produtos com elevada disparidade entre eles. Portanto, conhecer e controlar as variações em um processo torna-se uma ação necessária, para que não causam um impacto significativo sobre o processo e sobre os resultados. Para isso, utiliza-se o CEP, uma vez que diminui as variáveis em um processo, proporcionando-o melhores níveis de qualidade aos resultados. Para tal feito, há a utilização da estatística por meio de gráficos de controle, a fim de conhecer de como o processo se dá. Isto é realizado por meio de resultados mensuráveis, os quais retornam ao processo em forma de parâmetros de comportamento e estimativas. Ou seja, o emprego do controle estatístico de processo inspeciona, através da amostragem, ao longo do processo e sua execução, a presença de variações que venham a interferir e até mesmo prejudicar o processo produtivo, assim como seus resultados (LOZADO, 2017).

A representação visual para o controle e monitoramento das variabilidades em um processo produtivo, feito pelo CEP, são os gráficos de controle, pois através desta ferramenta visualiza-se o comportamento de um determinado processo em relação ao padrão preestabelecido e seus limites de controle definidos. Os resultados obtidos utilizando esta ferramenta estatística permite definir se as variações são por causas comuns ou especiais. A primeira causa diz respeito a causas naturais e inerentes ao processo, de origem a pequenas fontes de variabilidade e que ocorre de maneira aleatória, além ser de maneira continua. Este tipo de causa acontece mesmo quando as operações em uma produção estão em condições normais. Já a segunda causa, ao contrário da primeira, não são naturais e possuem comportamento não aleatório, fazendo com que as operações de produção saiam das suas condições normais, em exemplo causas provenientes de problemas de equipamento ou ferramentas, condições da matéria prima e entre outros (LOZADO, 2017).

Por mais que existem os dois tipos de causas e que os gráficos de controle monitorem elas, o foco será em cima das causas especiais, devido ao relato das suas características anteriormente, pois, uma vez controlada, haverá melhoria contínua dos

processos, afetando diretamente na melhoria das qualidades do produto final. Este controle é por meio da identificação destas causas, e através dessa ação é possível criar mecanismos visando a eliminação ou redução da sua ocorrência e impactos. Outra necessidade da monitoração das variações ao longo do processo produtivo está contida na aplicação de ações corretivas quando necessário, ou até mesmo empregar melhorias, através da rápida detecção de defeitos tanto nos produtos quanto no processo em si, e sendo assim, promovendo o aumento da capacidade produtiva, além da redução de desperdícios e, conseqüentemente, a qualidade do processo e dos produtos irão aumentar, e os custos reduzidos (LOZADO, 2017).

Para empregar o controle estatístico de processo utiliza-se gráficos de controle, os quais são divididos em gráficos de controle para variáveis e para atributos. Os gráficos de controle para variáveis são usados quando procura-se controlar as variáveis que se apresentam de forma numérica, cujo objetivo é verificar, através das análises gráficas, se o processo se encontra sob controle, em que há a verificações de possíveis variações presente no processo. Assim como é descrito nos parágrafos anteriores, esta ferramenta estatística de qualidade procura detectar quais são as causas e como são, tendo o enfoque nas especiais, e procura também distinguir as variações que estão presentes em um processo. O gráfico de controle para variáveis realiza essas funções por meio de métodos estatísticos que conseguem produzir inúmero conjuntos de dados tendo como base dados de amostragem. Sendo assim, é capaz de observar as mudanças dentro de um processo, assim como seu comportamento, se está ou não dentro dos limites pré-estabelecidos. Portanto, sua aplicação permite testar o processo, deixando evidente como ocorre as causas especiais, e também permite os diagnósticos dessas causas e variáveis, apresentando ações de melhoria para promover o controle do processo (LOZADO, 2017). E após a construção do gráfico é preciso analisar alguns fatores para estar ciente se o processo está sob controle, fatores estes que são: aproximadamente dois terços dos pontos próximos à linha central, sendo poucos destes pontos inseridos junto aos limites de controle; nenhum ponto está situado fora dos limites de controle; e a distribuição ocorre de forma balanceada, isto é, abaixo e acima de valor central (SIQUEIRA, 1997, p. 47 citado LOZADO, 2017).

3. MATERIAIS E MÉTODO

A obtenção do óleo de buriti foi por meio da polpa desidratada do fruto, comumente conhecida por “raspa”, denominação devido ao processo utilizado nas comunidades rurais em que se retiram a polpa através da raspagem do fruto. Estas raspas

de buriti, oriundas das comunidades do Norte de Minas, chegaram a Cooperativa Grande Sertão (fábrica de múltiplos óleos), situada no Distrito Industrial de Montes Claros/MG, ensacadas em embalagens plásticas de polietileno de baixa densidade. Após a chegada, foi conferido o peso do material para posteriormente serem submetida ao processo extrativo do óleo.

Para a extração do óleo de buriti, foi utilizada a prensa mecânica do tipo Expeller (modelo MPE-100, PI 10CV, marca Ecirtec), em que inicialmente foi mensurado o peso da raspa de buriti por meio da balança digital modelo 2124T, marca Mediza. Após o processo de pesagem, as raspas foram adicionadas de forma manual, a uma taxa média de alimentação de 50 kg/h, a prensa mecânica, cujo eixo rotacionava a velocidade constante de 40 rpm, sendo produzido o óleo de buriti e o subproduto do processo, chamado de torta.

Durante o processo de extração, foi mensurada a taxa de alimentação (kg/h), no intervalo de uma hora, por cinco momentos distintos de cada de produção, totalizando 25 dias. Os dados obtidos foram tabelados e computados utilizando a ferramenta Microsoft Excel, como está representado na Tabela 1, a fim de obter os gráficos de controle para variáveis, tanto de média como de desvio padrão. Para isso, foi preciso obter a média da taxa de alimentação (kg/h), sendo igual a 50,71, e a média do desvio padrão, igual a 2,71, dos cinco momentos de mensuração de cada dia de extração. Os gráficos foram obtidos através do cálculo dos limites controle, por meio do auxílio das fórmulas abaixo e da tabela da Figura 4, o qual possui os valores das constantes utilizadas para calcular os limites de controle. E, depois que todos os valores foram encontrados, estes foram utilizados para inserir o gráfico de linhas na ferramenta Excel.

Quadro 1 – Valores da taxa de alimentação (kg/h) de cada dia de produção com as suas respectiva média e desvio padrão.

	x1	x2	x3	x4	x5	Média	Desvio Padrão
1	48,8	47,5	51,8	49,5	53,9	50,30	2,55
2	46,8	49,7	50,3	48,6	51,7	49,42	1,84
3	47,3	53,4	55,6	48,9	51,4	51,32	3,34
4	54,6	48,6	52,8	47,9	50,4	50,86	2,82
5	50,5	49,8	50,9	50,2	49,9	50,26	0,45
6	54,4	55,3	48,6	55,6	49,5	52,68	3,36
7	49,8	50,7	51,2	50,5	48,6	50,16	1,01
8	47,6	41,5	51,3	55,7	49,7	49,16	5,21
9	46,2	51,3	45,3	52,4	44,7	47,98	3,59

10	50,7	51,8	52,4	50,4	52,7	51,60	1,02
11	58,8	56,6	53,5	58,1	63,4	58,08	3,61
12	51,6	50,8	52,6	52,1	51,2	51,66	0,71
13	49,2	48,5	50,4	49,5	50,9	49,70	0,96
14	48,1	56,8	55,3	44,9	47,1	50,44	5,28
15	49,6	51,7	49,3	52,5	51,6	50,94	1,41
16	47,5	57,8	53,6	49,2	58,5	53,32	4,95
17	52,2	49,3	50,5	52,9	54,6	51,90	2,07
18	50,3	51	48,7	49,8	49,5	49,86	0,86
19	51,7	52,5	50,3	50,9	49,8	51,04	1,08
20	47,8	54,2	48,2	52,3	49,7	50,44	2,74
21	48,9	34,5	44,3	48,5	45,6	44,36	5,84
22	49,2	57,8	53,2	55,8	50,1	53,22	3,66
23	47,6	54,3	50,7	53,4	43,2	49,84	4,54
24	52,3	43,5	52,3	46,8	51,4	49,26	3,95
25	50,3	48,9	49,3	50,5	50,9	49,98	0,84

Para controle de média

$$LSC = X + (A_3 * S)$$

$$LC = X$$

$$LIC = X - (A_3 * S)$$

Para desvio padrão

$$LSC = B_4 * S$$

$$LC = S$$

$$LIC = B_3 * S$$

Sendo os elementos das fórmulas correspondentes a:

X = média das amostras (média das médias);

S = média dos desvios padrão das amostras;

LSC = limite superior de controle;

LC = linha central;

LIC = limite inferior de controle;

A₃, B₃ e B₄ = fatores para a carta de controle.

Tabela de fatores para cartas de controle por variáveis														
Tamanho da amostra	Cartas para médias			Cartas para desvio padrão					Cartas para range					
	Fatores para limites de controle			Fator para valor central	Fatores para limites de controle				Fatores para valor central		Fatores para limites de controle			
n	A	A ₂	A ₃	C ₄	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	d ₂	d ₃	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄
2	2,121	1,881	2,659	0,7979	0	3,266	0	2,606	1,128	0,853	0	3,687	0	3,269
3	1,732	1,023	1,954	0,8862	0	2,568	0	2,276	1,693	0,888	0	4,357	0	2,574
4	1,500	0,729	1,628	0,9213	0	2,266	0	2,088	2,059	0,880	0	4,699	0	2,282
5	1,342	0,577	1,427	0,9400	0	2,089	0	1,964	2,326	0,864	0	4,918	0	2,114
6	1,225	0,483	1,287	0,9515	0,030	1,970	0,029	1,874	2,534	0,848	0	5,078	0	2,004
7	1,134	0,419	1,182	0,9594	0,118	1,882	0,113	1,806	2,704	0,833	0,205	5,203	0,076	1,924
8	1,061	0,373	1,099	0,9650	0,185	1,815	0,178	1,752	2,847	0,820	0,387	5,307	0,136	1,864
9	1,000	0,337	1,032	0,9693	0,239	1,761	0,232	1,707	2,970	0,808	0,546	5,394	0,184	1,816
10	0,949	0,308	0,975	0,9727	0,284	1,716	0,277	1,669	3,078	0,797	0,687	5,469	0,223	1,777
11	0,905	0,285	0,927	0,9754	0,322	1,678	0,314	1,637	3,173	0,787	0,812	5,534	0,256	1,744

Figura 4 – Tabela de constantes para a construção dos gráficos de controle

Fonte: Livro Controle Estatístico de Processos (Lozado, 2017)

4. RESULTADOS E DICUSSÃO

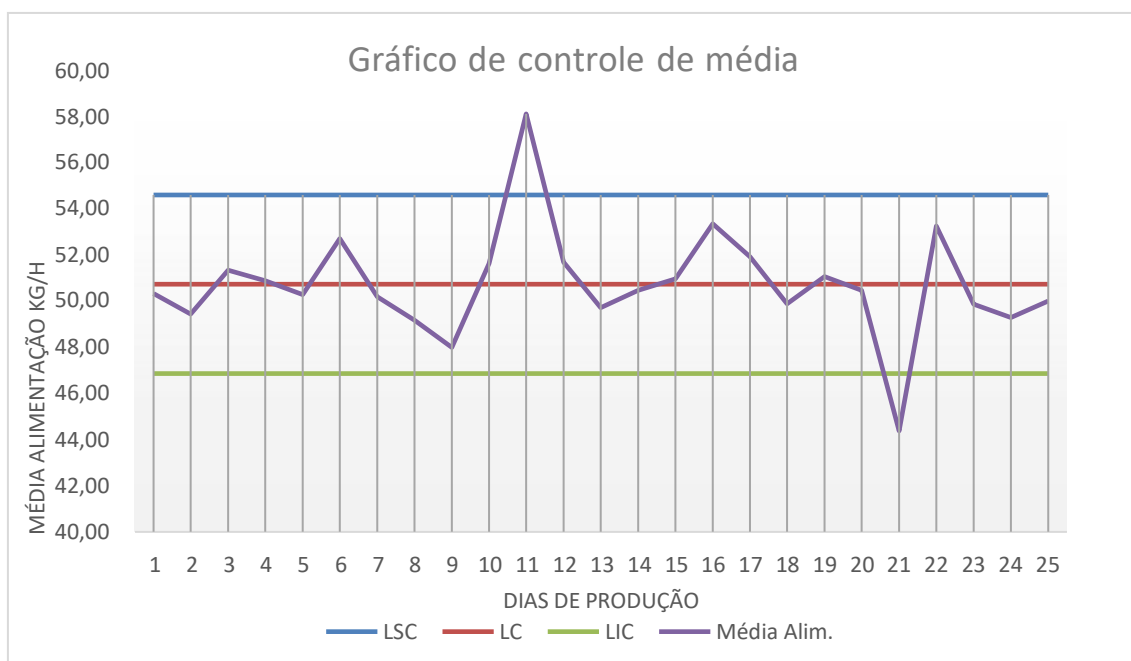
No Quadro 1, encontram-se expressados os dados coletados da taxa alimentação (kg/h) de cada dia de produção do óleo de buriti, no intuito de gerar os gráficos de controle para variáveis. Para isso, foi necessário que a coleta de dados fosse nas melhores condições de desempenho da máquina e da qualidade da matéria-prima, para que fossem obtidos valores com menor variação possíveis, com objetivo de determinar os limites de controle que permitam, através deles, controlar o processo, detectando e distinguindo as variações da taxa de alimentação entre os dias de extração do óleo. E com os dados do Quadro 1 foi possível gerar os quadros 1 e 2, através de cálculos realizados utilizando as fórmulas apresentadas no tópico 3, com os valores de Limite Superior de Controle (LSC), Linha de Controle (LC) e Limite Inferior de Controle, assim como o valor da média da taxa de alimentação e valor do desvio padrão de cada dia de produção. Os gráficos 1 e 2 de cada tabela foram criados, utilizando os valores de LSC, LC, LIC, Média e Desvio Padrão.

Quadro 2 – Valores dos limites de controle e média da taxa de alimentação (kg/h).

	LSC	LC	LIC	Média
1	54,57	50,71	46,85	50,3
2	54,57	50,71	46,85	49,42
3	54,57	50,71	46,85	51,32

4	54,57	50,71	46,85	50,86
5	54,57	50,71	46,85	50,26
6	54,57	50,71	46,85	52,68
7	54,57	50,71	46,85	50,16
8	54,57	50,71	46,85	49,16
9	54,57	50,71	46,85	47,98
10	54,57	50,71	46,85	51,6
11	54,57	50,71	46,85	58,08
12	54,57	50,71	46,85	51,66
13	54,57	50,71	46,85	49,7
14	54,57	50,71	46,85	50,44
15	54,57	50,71	46,85	50,94
16	54,57	50,71	46,85	53,32
17	54,57	50,71	46,85	51,9
18	54,57	50,71	46,85	49,86
19	54,57	50,71	46,85	51,04
20	54,57	50,71	46,85	50,44
21	54,57	50,71	46,85	44,36
22	54,57	50,71	46,85	53,22
23	54,57	50,71	46,85	49,84
24	54,57	50,71	46,85	49,26
25	54,57	50,71	46,85	49,98

Gráfico 1 – Gráfico de Controle de Média



Legenda: LSC (Linha Superior de Controle); LC (Limite de Controle); LIC (Linha Inferior de Controle)

Com o gráfico de controle média gerado, pode-se observar que pontos 11 e 21, do gráfico 1, estão fora da linha de controle, acima da LSC e abaixo da LIC, respectivamente. Portanto, é necessário a análise do comportamento do mesmo, uma vez que pontos fora dos limites indica variabilidade do processo por causas especiais, pois, segundo Lozado

(2007), estas causas presentes em um processo não são de fontes naturais, contribuindo para que saia das suas condições normais de operação, gerando alta variabilidade entre os produtos ou serviços. No caso do presente do trabalho, estas causas podem ser devido a qualidade da matéria-prima, mão-de-obra e estado dos componentes da prensa. As consequências destes pontos fora das linhas de controle, no processo de extração do óleo, estão relacionadas diretamente na qualidade e quantidade de óleo de buriti produzido, já que uma alta taxa de alimentação (como é observado no ponto 11) irá implicar no aumento de degaste físico da prensa, fazendo que o seu eixo trabalhe mais para manter a velocidade de rotação, em função da elevada quantidade de material no interior da máquina, e, conseqüentemente, a pressão presente no interior da prensa irá aumentar, assim como o atrito entre material e os componentes da máquina, induzindo que a temperatura do processo de extração cresça, tornando prejudicial a qualidade final do óleo de buriti, pois temperaturas elevadas afeta negativamente nas características físico-químicas deste produto, implicando na perda do valor nutricional e funcional (BRENNAN et al., 1990; MANDARINO & ROESSING 2001; PEREIRA, 2009; RAMALHO & SUAREZ, 2013). Por outro lado, a baixa taxa de alimentação (como é observado no ponto 21) afeta diretamente na quantidade óleo obtido, tornando-o menor e prejudicando as metas diárias da produção de óleo, pois será preciso o aumento dos dias de extração a fim de garantir a mesma quantidade de óleo estabelecido, influenciando no aumento dos custos que acompanha o processo de extração.

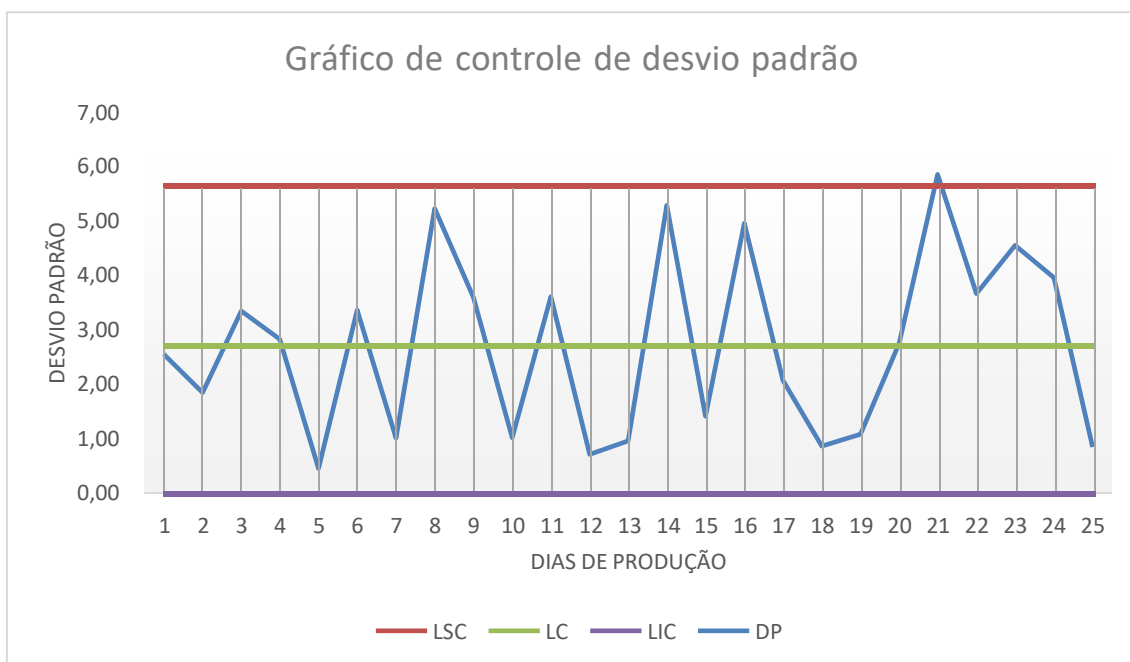
Assim como é observado no gráfico 1, o gráfico 2 também apresenta ponto fora do limite de controle, neste caso o ponto 21, o qual está acima do Limite Superior de Controle (LSC), indicando que é necessária alguma medida corretiva para que o processo de extração do óleo entre nas suas condições normais de operação. Fato também observado pelo Pedrini et al. (2007) em seu trabalho na produção de ligas metálicas em um processo metalúrgico, em que obteve pontos fora dos limites de controle. Assim como no trabalho de Henning et al., (2014), o qual aplicou os gráficos de controle em indicadores da qualidade de água potável.

Quadro 3 – Valores dos limites de controle e desvio padrão da taxa de alimentação

	LSC	LC	LIC	Desvio Padrão
1	5,66	2,71	0	2,55
2	5,66	2,71	0	1,84
3	5,66	2,71	0	3,34
4	5,66	2,71	0	2,82

5	5,66	2,71	0	0,45
6	5,66	2,71	0	3,36
7	5,66	2,71	0	1,01
8	5,66	2,71	0	5,21
9	5,66	2,71	0	3,59
10	5,66	2,71	0	1,02
11	5,66	2,71	0	3,61
12	5,66	2,71	0	0,71
13	5,66	2,71	0	0,96
14	5,66	2,71	0	5,28
15	5,66	2,71	0	1,41
16	5,66	2,71	0	4,95
17	5,66	2,71	0	2,07
18	5,66	2,71	0	0,86
19	5,66	2,71	0	1,08
20	5,66	2,71	0	2,74
21	5,66	2,71	0	5,84
22	5,66	2,71	0	3,66
23	5,66	2,71	0	4,54
24	5,66	2,71	0	3,95
25	5,66	2,71	0	0,84

Gráfico 2 – Gráfico de Controle de Desvio Padrão



Legenda: LSC (Linha Superior de Controle); LC (Limite de Controle); LIC (Linha Inferior de Controle)

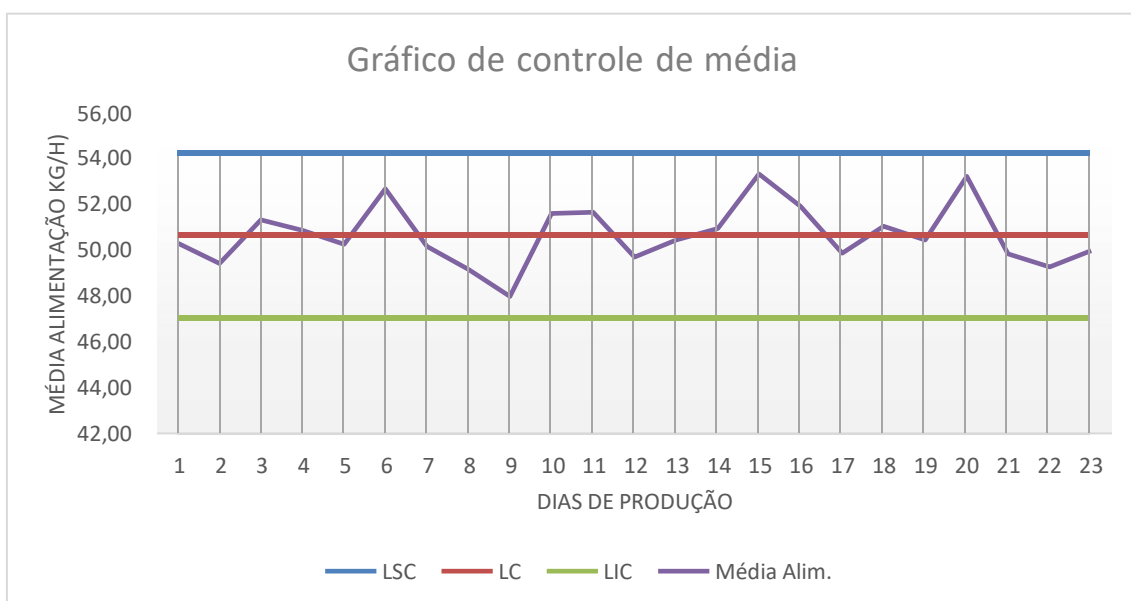
Como os gráficos possuem pontos fora dos limites de controle, é necessária a etapa de revisão, em que estes pontos são descartados, uma vez que é uma variação por causa especial, e, portanto, um novo gráfico deve ser feito, se necessário várias e sucessivas vezes, até que restem somente pontos dentro das linhas de controle (LOZADO, 2017). Medida aplicada também em ambos trabalhos citados anteriormente, em que foi

necessário o ajuste dos limites de controle como medida corretiva para ter o controle mais efetivo sobre o processo, através do recálculo dos limites, descartando as amostras que estavam fora de controle, gerando novos gráficos. Sendo assim, a seguir estão representados os gráficos de controle para média e desvio padrão (Gráfico 3 e 4), com as suas respectivas tabelas (Quadro 4 e 5) com valores reajustados, com a eliminação dos pontos, definindo novos valores para os limites de controle.

Quadro 4 – Valores reajustados dos limites de controle e média da taxa de alimentação (kg/h).

	LSC	LC	LIC
1	54,28	50,67	47,05
2	54,28	50,67	47,05
3	54,28	50,67	47,05
4	54,28	50,67	47,05
5	54,28	50,67	47,05
6	54,28	50,67	47,05
7	54,28	50,67	47,05
8	54,28	50,67	47,05
9	54,28	50,67	47,05
10	54,28	50,67	47,05
12	54,28	50,67	47,05
13	54,28	50,67	47,05
14	54,28	50,67	47,05
15	54,28	50,67	47,05
16	54,28	50,67	47,05
17	54,28	50,67	47,05
18	54,28	50,67	47,05
19	54,28	50,67	47,05
20	54,28	50,67	47,05
22	54,28	50,67	47,05
23	54,28	50,67	47,05
24	54,28	50,67	47,05
25	54,28	50,67	47,05

Gráfico 3 - Gráfico de Controle de Média após a eliminação dos pontos fora de controle.

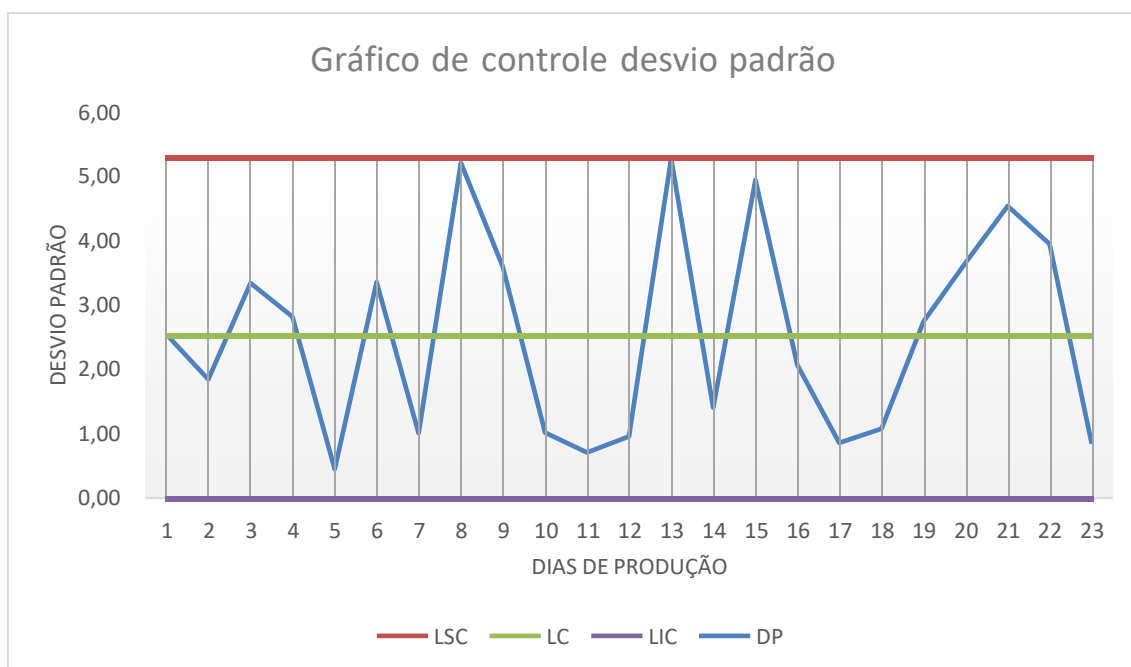


Legenda: LSC (Linha Superior de Controle); LC (Limite de Controle); LIC (Linha Inferior de Controle)

Quadro 5 – Valores reajustados dos limites de controle e desvio padrão taxa de alimentação.

	LSC	LC	LIC
1	5,29	2,53	0
2	5,29	2,53	0
3	5,29	2,53	0
4	5,29	2,53	0
5	5,29	2,53	0
6	5,29	2,53	0
7	5,29	2,53	0
8	5,29	2,53	0
9	5,29	2,53	0
10	5,29	2,53	0
12	5,29	2,53	0
13	5,29	2,53	0
14	5,29	2,53	0
15	5,29	2,53	0
16	5,29	2,53	0
17	5,29	2,53	0
18	5,29	2,53	0
19	5,29	2,53	0
20	5,29	2,53	0
22	5,29	2,53	0
23	5,29	2,53	0
24	5,29	2,53	0

Gráfico 4 - Gráfico de Controle de Desvio Padrão após a eliminação dos pontos fora de controle.



Legenda: LSC (Linha Superior de Controle); LC (Limite de Controle); LIC (Linha Inferior de Controle)

Com os gráficos de controle reajustado e todos os pontos dentro do limite de controle, é possível ter o controle mais efetivo da extração do óleo de buriti, pois mantendo a taxa de alimentação da matéria-prima na prensa mecânica dentro dos limites estabelecidos, implicará na maior produção e rendimento do óleo, sem que ocorra desgaste na máquina e alterações indesejáveis das características do óleo, já que a temperatura elevada é um dos parâmetros para o aumento do índice de peróxido e de acidez do produto, os quais podem assumir valores fora do limite de qualidade padrão estabelecido para óleos de origem vegetal, assim como fora das especificações que podem ser exigido pelo comprador (OLIVEIRA *et al.*, 2020; VIEIRA *et al.*, 2018, citados por SOARES *et al.*, 2021).

Analisando especificamente os gráficos 3 e 4, ambos possuem pontos dispostos de forma aleatória, indicando que o processo está sob controle, mesmo que se apresentem com alta variação entre os pontos, fato explicado por sofrer influencias das causas comuns que acompanham o processo, seja pela mão de obra, condições iniciais da matéria-prima (teor de umidade, parâmetros físico-químicos, etc) e parâmetros de funcionamento da prensa mecânica, como pressão aplicada e temperatura que o eixo adquire durante o processo (LOZADO, 2017). A variação dos pontos presente no processo, a qual é gerada por causas comum, é inevitável e representa o padrão natural de um processo, uma vez

que é influenciada por causas naturais que ocorrem durante a rotina de produção, mesmo em dias de condições normais de operação, e, conseqüentemente, irá produzir a mesma variabilidade ao longo do tempo (LOZADO, 2017). E referindo-se à extração do óleo de buriti, um dos principais fatores que afeta a sua produção é taxa de alimentação, e como pode-se observar nos gráficos possuem grande variabilidade entre os pontos, algo que é normal, pois encontra-se distinção das características da matéria-prima e parâmetros da máquina de um dia de produção para o outro, contribuindo para variabilidade do processo da taxa de alimentação, e, conseqüentemente, da produção de óleo, sendo normal e inevitável de não ocorrer (LOZADO, 2017).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após os resultados da aplicação dos gráficos de controle na extração do óleo de buriti e análise dos mesmos, é possível concluir que esta ferramenta estatística pode ser uma boa alternativa para buscar a otimização do processo de obtenção do óleo, através da minimização de desperdícios que ocorre no processo, e, sendo assim, a redução de custos. Porém, apesar de ter obtido gráficos com todos os pontos dentro dos limites de controle e estes estejam estabelecidos, podem apresentar valores provisórios, uma vez que no início da aplicação dos gráficos de controle em processos, costumam apresentar maior variação entre os pontos. Portanto, os valores adquiridos durante os dias de produção da extração do óleo de buriti são de maneira provisória, utilizados como referência até que consiga um histórico suficientemente longo que estabeleça limites de controle mais efetivos. Sendo assim, a próxima etapa deste processo é aplicação desta ferramenta com os limites já pré-estabelecidos para possuir maior controle da produção de óleo de buriti e simultaneamente fazer sucessivas análises do gráfico de controle para que seus limites sejam periodicamente atualizados, em função da evolução dos resultados do processo extrativo do óleo. Após atingir o estado de controle do processo, os limites serão utilizados de maneira efetiva para monitorar o processo, e assim, conseguir maior rendimento do óleo, diminuindo os desperdícios e custos de produção.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, M. L. S *et al.* **Characterization of buriti (*Mauritia flexuosa* L.) oil by absorption and emission spectroscopies.** Journal of the Brazilian Chemical Society, Campinas, v. 16, n. 6A, p. 1113-1117, 2005
- ANVISA. **Consulta Pública nº 85, de 13 de dezembro de 2004. Dispõe sobre o regulamento técnico para óleos vegetais, gorduras vegetais e creme vegetal.** Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 13 dez. 2004a.
- BATISTA, J. S. *et al.* **Atividade antibacteriana e cicatrizante do óleo de buriti *Mauritia flexuosa* L.** Ciência Rural, v. 42, p. 136-141, 2012.
- BRASIL. **Resolução RDC nº 270, de 22 de setembro de 2005. Regulamento Técnico Para Óleos Vegetais, Gorduras Vegetais e Creme Vegetal.** Diário Oficial [da] União, Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2005.
- BRENNAN, J. G. *et al.* **Food engineering operations.** Linton Road, England: Elsevier Applied Science, 1990.
- CARVALHO, C. O. D. **Comparação entre métodos de extração do óleo de *Mauritia flexuosa* Lf (Arecaceae-buriti) para o uso sustentável na reserva de desenvolvimento tupé: rendimento e atividade antimicrobiana.** 2011.
- CODEX ALIMENTARIUS. Codex standard for named vegetable oils. World Health Organization, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome: Italy. Codex Stan 210-1999 (Amendment: 2005, 2011, 2013, 2015 and 2017), 2017.
- PEDRINI, D. C. *et al.* **Gráficos de Controle para Média e Desvio-Padrão com Tamanho de Amostra Variável: Uma Aplicação em Uma Indústria do Setor Metalúrgico.** XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Paraná, 2007.
- DEUS, T. N. **Extração e caracterização de óleo do pequi (*Caryocar brasiliensis* Camb.) para o uso sustentável em formulações cosmética óleo/água (o/a).** Dissertação de Mestrado Multidisciplinar. Universidade Católica de Goiás. 2008.
- HENNING, E. *et al.* **Um estudo para a aplicação de gráficos de controle estatístico de processo em indicadores de qualidade da água potável.** Sistemas & Gestão, v. 9, n. 1, p. 2-13, 2014.
- IQBAL, S.; BHANGER, M. I. **Stabilization of sunflower oil by garlic extract during accelerated storage.** Food Chemistry, London, v. 100, n. 1, p. 246- 254, 2007.
- LOZADA, G. **Controle Estatístico de Processos.** São Paulo: Editora Dieimi Deitos, 2017.
- MANDARINO, J. M. G.; ROESSING, A. C. **Tecnologia para a produção do óleo de soja: descrição das etapas, equipamentos, produtos e subprodutos.** Londrina: Embrapa Soja, 2001.
- MARIATH, J. G. *et al.* **Vitamin A activity of buriti (*Mauritia vinifera* Mart) and its effectiveness in the treatment and prevention of xerophthalmia.** The American Journal of Clinical Nutrition, Rockville, v. 49, n. 5, p. 849-853, 1989.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. R. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2005.

MORETTO, E., FETT, R. **Tecnologia de óleos e gorduras vegetais**. São Paulo: Verela, cap. 1 - p. 1 – 28, 1998.

NUNES, S. P. **Produção e consumo de óleos vegetais no Brasil**. Boletim Eletrônico do Departamento de Estudos Sócio-Econômicos Rurais, Curitiba, v. 159, p. 1-10, 2007.

OLIVEIRA, R. M. M *et al.* **Óleo de buriti: Índice de qualidade nutricional e efeito antioxidante e antidiabético**. Revista Virtual de Química, 12 (1), 2-12. 2020. <https://doi.org/10.21577/1984-6835.20200002>

PEREIRA, A. S. *et al.* **Metodologia da Pesquisa Científica**. UFSM. 2018.

PEREIRA, C. S. S. **Avaliação de diferentes tecnologias na extração do óleo do pinhão- manso (*Jatropha curcas* L.)**. 88p. Dissertação apresentada ao Programa de Pós- graduação – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2009.

PESSÔA, P. A. P. **Avaliação das propriedades do óleo de buriti (*Mauritia flexuosa* L.) e sua aplicação em creme vegetal**. 2017..

RAMALHO, H. F., & SUAREZ, P. A. **A química dos óleos e gorduras e seus processos de extração e refino**. Revista Virtual de Química, 5(1), 2-15, 2013.

RIBEIRO, J. L. D.; CATEN, C. S. ten. **Controle estatístico do processo: cartas de controle para variáveis, cartas de controle para atributos, função de perda quadrática, análise de sistemas de medição**. Porto Alegre: FEENG/UFRGS, 2012.

RITTNER, H. **Óleo de mamona e derivados**. São Paulo: H. Rittner, 1996. 559 p.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. *et al.* **Fontes Brasileiras de Carotenoides: tabela brasileira de composição de carotenoides em alimentos**. MMA/SBF, 2008.

ROSSO, V.V.; MERCADANTE, A.Z. **Identification and quantification of carotenoids, by HPLC-PDA-MS/MS, from Amazonian fruits**. Journal of Agricultural and Food Chemistry, v.55, p.5062-5072, 2007.

SAMPAIO, M. B. *et al.* **Boas práticas de manejo para o extrativismo sustentável do buriti**. 2011.

SAMPAIO, M. B.; CARRAZZA, L. R. **Manual tecnológico de aproveitamento integral do fruto e da folha do Buriti**. 2012.

SINGH, J., BARGALE, P.C. **Development of a small capacity double stage compression screw press for oil expression**. *Journal of food engineering*, v. 43, p. 75-82, 2000.

SIQUEIRA, L. G. **Controle estatístico do processo**. São Paulo: Pioneira, 1997.

SOARES, J. F. *et al.* **Caracterização do óleo de buriti produzido no Norte de Minas Gerais: parâmetros de qualidade, perfil de ácidos graxos e conteúdo de carotenoides**. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 3, p. e58010313734-e58010313734, 2021.

VIEIRA, J. S. C. *et al.* **Esterificação e transesterificação homogênea de óleos vegetais contendo alto teor de ácidos graxos livres**. *Química Nova*, 41 (1), 10-16. 2018.

WENNERSTEN, R. **Extraction of organic compounds**. Chap 9. In: In: YDBERG, J.;

ZANATTA, C.F. *et al.* **Low cytotoxicity of creams and lotions formulated with buriti oil (*Mauritia flexuosa*) assessed by the neutral red release test**. *Food and Chemical Toxicology*, v.46, p.2776-2781, 2008.