

PROPOSTA DE MELHORIAS NO PROCESSO DE BENEFICIAMENTO DE POLPAS DE AÇAÍ: UMA APLICAÇÃO DO LEAN SEIS SIGMA

Marian Carneiro

mariana_karneiro@yahoo.com.br
Universidade do Estado do Pará –
UEPA, Belém, PA, Brasil.

Tassy Alves

tassyalves1996@gmail.com
Universidade do Estado do Pará –
UEPA, Belém, PA, Brasil.

Mariana da Silva Monteiro

marihmont@gmail.com
Universidade do Estado do Pará –
UEPA, Belém, PA, Brasil.

Nyna Arisa Ueoka

nynaueoka0707@gmail.com
Universidade do Estado do Pará –
UEPA, Belém, PA, Brasil.

Giovanna Moreira Silva

G21moreirasilva@gmail.com
Universidade do Estado do Pará –
UEPA, Belém, PA, Brasil.

RESUMO

A comercialização do fruto açaí se intensificou bastante a partir de 1990, o que aumentou a demanda e o preço do fruto, além de ter atraído novos investimentos em indústrias de beneficiamento de polpas de açaí para a região do nordeste do estado do Pará. Dessa forma, o objetivo desse trabalho é, por meio dos princípios e métodos do Lean Seis Sigma, propor melhorias no processo de beneficiamento de polpas de açaí. Tais melhorias objetivam reduzir o tempo de paradas de máquinas, a fim de proporcionar à empresa maior rentabilidade, bem como o desenvolvimento do fluxo contínuo. Primeiro foi realizado um estudo acerca da literatura para compreender as metodologias do Lean Manufacturing, Seis Sigma e como elas se complementam, o Lean Seis Sigma. Em seguida, utilizou-se o método do Seis Sigma, o DMAIC, com as fases Definir, Medir e Analisar. Na fase, foram identificados os principais motivos e o percentual de paradas que cada um representa dentro da linha, tais como: falta de produto na área de processo –33,75%, falta de ordem de produção –23,91%, troca de laminados e bobinas – 12,7%, limpeza antes da produção –7,49% e quebra/falha mecânica – 7,35%, que juntos somam 85,2% do total de paradas da linha. Sendo assim, para cada motivo identificado foi proposto um plano de ação para reduzir ou eliminá-lo. As principais limitações da pesquisa se referem à ausência de equipe qualificada, bem como uma cultura organizacional centralizada, que permitisse análises de dados mais rápidas. Dentre as principais implicações práticas, é possível citar o uso de métodos estatísticos para a tomada de decisão na agroindústria de açaí, um setor que tem buscado a profissionalização da gestão e melhoria na oferta de seus produtos.

Palavras-chave: Indústria do açaí; Aplicação *Lean Seis Sigma*; Redução de Paradas; Fluxo.

INTRODUÇÃO

Em um cenário cada vez mais competitivo, as organizações de diversos setores vêm constantemente buscando melhorar seus processos, tornando-os mais eficientes. Esta busca contínua pelo aperfeiçoamento tem forçado as empresas a encontrarem métodos capazes de gerenciar e garantir a qualidade dos seus produtos e/ou serviços. Para o setor da indústria de alimentos, este cenário não é diferente. De acordo com Costa *et al.* (2018), a indústria global de alimentos enfrenta vários desafios que forçam as empresas do setor a melhorar suas estratégias de produtividade e qualidade para se manterem competitivas. Nesse contexto, um dos mais importantes produtos do extrativismo nacional e um dos principais responsáveis por dar visibilidade à biodiversidade da Floresta Amazônica é o fruto do açaí. Em se tratando de mercado nacional, a região Norte do país concentra a maior parte da produção de açaí, com Pará e Amazonas respondendo por 87,5% do total, sendo que o estado do Pará é o maior produtor mundial, tendo dobrado sua produção nos últimos dez anos, e o maior exportador brasileiro, seguido do Amazonas (Conab, 2019). Os pesquisadores e operadores do setor apontam fatores críticos para a competitividade da Amazônia na produção e processamento do açaí, especialmente considerando o surgimento de plantios em outras áreas tropicais. De acordo com Fernandes e Almeida (2022), o equilíbrio na produção somado a um planejamento sustentável é a chave para que o açaí se torne uma das frutas mais comercializadas do país. Portanto, se faz necessário um investimento por parte das empresas do segmento, com estratégias de verticalização e expansão da safra.

O *Lean Manufacturing*, também conhecido como sistema Toyota de produção, visa reduzir os desperdícios do processo produtivo, melhorando assim a qualidade e reduzindo o tempo e, conseqüentemente, o custo de produção. O *Lean* usa diversas ferramentas, tais como: 5S, Análise de Gargalos, Kaizen (Melhoria Contínua), PDCA, Poka-Yoke, Análise de causa raiz, objetivos SMART, *Just-in-time*, Tempo Takt, dentre outras. As ferramentas podem ser combinadas de acordo com o tipo do negócio, como é o caso do *lean startup*, *lean healthcare* e *lean Six Sigma* (Ferreira, 2018).

Desta forma, o *lean* fornece uma estrutura relevante para melhorar a eficiência, reduzindo o desperdício, ou seja, as operações que não são necessárias, tempos excessivos de configuração, máquinas não confiáveis que podem ser mais confiáveis, retrabalho que pode ser eliminado, dentre outras (Costa *et al.*, 2018). Já o *Seis Sigma* é uma abordagem estatística que procura identificar e eliminar defeitos, reduzir a variabilidade dos processos, reduzir custos na produção, melhorar a qualidade do produto e reduzir defeitos (Cruz, 2021) usando a metodologia DMAIC. Esta metodologia pode ser aprimorada e estruturada como um modelo de diagnóstico

para a resolução de problemas (Bugor e Lucca Filho, 2021). O *Lean Seis Sigma* é a combinação da estratégia de velocidade, processo cultural e organizacional do *Lean* alinhados às ferramentas estatísticas do *Seis Sigma*. A consequência desta fusão permite que os processos tenham maior qualidade e velocidade, evitando desperdício, resultando numa produção de menor custo (Silva e Gonzalez Junior, 2022). Para Costa *et al.* (2018), os principais estudos que englobam as duas filosofias, L e SSi, no contexto da indústria de alimentos são impulsionados principalmente por 6 fatores diferentes: redução de variação de processo, redução de desperdício, melhoria de competitividade, redução de custo, redução de estoque e aumento de eficiência de processo.

Assim, o presente estudo tem como objetivo propor melhorias no processo de beneficiamento de polpas de açaí, utilizando princípios e métodos *Lean Seis Sigma*.

MÉTODO DE PESQUISA

O projeto foi realizado numa empresa de beneficiamento de polpas de açaí localizada no Brasil, município de Castanhal – PA. Durante o trabalho não será mencionado o seu nome, assim como qualquer informação que possa compromê-la.

Para a sua condução, inicialmente buscou-se informações em fontes primárias por meio de entrevistas não estruturadas com a diretoria e com a gerência da empresa, além de observações *in loco*. O intuito foi definir o contexto e propósito do estudo com foco nas características deste tipo de indústria. Analisando os processos e identificando as relações com os clientes (pois são o elo chave do negócio), objetivou-se identificar as principais falhas que ocorrem no processo com o intuito de prover soluções.

O trabalho em questão foi conduzido utilizando o ciclo DMAIC, executando as etapas Definir, Medir e *Analisar* com a construção de todo o plano de ação. Este poderá ser implementado posteriormente, assim como uma breve descrição sobre o que deve ser feito para controlar o processo.

Foi realizado um levantamento bibliográfico com o intuito de identificar o conjunto de atividades que compõem o método DMAIC por meio de referências teóricas. Este resultado deu embasamento ao trabalho, desde como estruturá-lo até a utilização das principais ferramentas para a sua condução.

Assim, para atingir o objetivo proposto no trabalho, seguiu-se as etapas:

- a) Definir: Uma análise das 7 perdas do *lean* foi responsável pelo desenvolvimento do contrato do projeto, alinhado conforme as estratégias da empresa. Nele

foram definidos o escopo, a justificativa, análise das chances de sucesso, cronograma e metas. Além disso, elaborou-se um Diagrama SIPOC e o mapeamento do processo; para entendimento de como ocorre o processo do início ao fim.

- b) Medir: Foram definidas as variáveis de interesse que deveriam ser mensuradas para a identificação dos setores e as linhas que mais tinham influência no problema. A partir disso, os dados foram coletados no sistema de registro de paradas da empresa e por meio de cronometragens. Posteriormente, foram utilizadas as ferramentas adequadas ao tratamento dos dados para uma melhor compreensão do estado atual do processo;
- c) Analisar: Foi realizada a priorização dos problemas encontrados e geradas soluções a partir da elaboração de planos de ação para eliminá-los ou minimizá-los. A análise foi feita por meio da aplicação de diferentes ferramentas da qualidade, como Diagrama de Pareto, Diagrama de Ishikawa, análise de regressão, dentre outras. Além disso, foi feita uma análise aprofundada do processo da linha identificada nas etapas anteriores, por meio do VSM, apontando possíveis melhorias para o processo. Por último, foi criado um plano de ação para solucionar os principais problemas identificados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Etapa Definir

Constatou-se que o principal problema está relacionado ao tempo que a mão de obra, peças, equipamentos, produtos e informações ficam parados ao longo do processo, o que resulta em um fluxo ineficiente. Especificamente, o escopo do projeto está centrado nas paradas de máquinas que impedem a fábrica de atingir suas metas diárias de produção. Atualmente, a produção ocorre sem ritmo e de forma empurrada, não existindo um tempo padrão de *setup* e nem um tempo máximo de parada das máquinas. Dessa forma, durante a produção verifica-se que há muitas paradas, impedindo o seu processo principal – o envase – no horário determinado.

O projeto visa elevar o nível de utilização da capacidade de produção da fábrica, identificar as atividades que não agregam valor ao produto e, com isso, traçar um plano de ação para minimizar o tempo de parada das máquinas, aumentando a produtividade e proporcionando ao chão de fábrica o fluxo contínuo de produção, bem como a redução de custos.

Desta maneira, foi desenvolvido inicialmente o Termo de Abertura do Projeto (TAP), firmando o compromisso da equipe de realização junto à empresa e vice-versa, como mostra o **Quadro 1**.

Vale ressaltar que o TAP sofreu algumas alterações com o decorrer do projeto: devido às dificuldades de acesso a certas informações, algumas variáveis não puderam ser quantificadas com mais precisão e o contrato foi realinhado à medida que a fase Medir era realizada.

Em seguida, para melhor compreensão do processo, elaborou-se o Diagrama SIPOC (**Figura 1**), o qual mostra em linhas gerais os elementos básicos do processo.

Como as estimativas da empresa refletem um aumento em seus volumes de produção e vendas ao longo do tempo, faz-se necessário analisar e compreender o fluxo geral do processo para estabelecer posteriormente o fluxo da cadeia de valor e eliminar e/ou reduzir as atividades que não agregam valor ao produto. Foi elaborado um fluxograma do processo (**Figura 2**) para melhor compreensão das etapas que seguem o processo.

Caso o produto seja para reprocesso no período da entressafra, é retirado das embalagens e triturado no quebrador de gelo, para reiniciar o processo a partir da pasteurização.

Durante este processo verifica-se que há muitos problemas que influenciam na baixa eficiência da operação, principalmente com relação à parada de máquinas. Para quantificar este problema, foram analisados dados referentes ao tempo de parada das máquinas registrado do período de abril de 2018 a outubro de 2019.

Etapa Medir

Ao perceber que a fábrica não consegue atingir metas diárias devido ao grande número de paradas durante o processo, a empresa tem coletado dados com o intuito de conhecer o motivo. Entretanto, os dados não são transformados em informações para que se visualize e compreenda o que está acontecendo durante o processo de produção. Por meio de estatísticas espera-se entender o comportamento das variáveis que impactam nos altos índices de parada de máquinas.

Para melhor visualizar o comportamento das paradas ao longo do período analisado, foi plotado o gráfico da **Figura 3**.

Como é possível observar, o gráfico apresenta um pico no mês de agosto de ambos os anos, em comparação aos meses que o antecedem, mostrando uma alta maior em 2019.

Quadro 1. Termo de Abertura do Projeto

PROJECT CHARTER			
NOME DO PROJETO:	Proposta de redução de tempo de parada de máquinas numa empresa de beneficiamento de polpas de açaí		
ÁREA SOLICITANTE:	Setor de Produção		
RESPONSÁVEL/ PATROCINADOR:	Gestor Estratégico		
GERENTE DO PROJETO:	Supervisora de Processos		
DATA DE INÍCIO:	Maio de 2019	DATA DE TÉRMINO:	Novembro de 2019
DADOS DO PROJETO			
OBJETIVO			
Propor melhorias para a redução de parada de máquinas no processo de beneficiamento de polpas de açaí por meio da aplicação do Lean Seis Sigma			
SITUAÇÃO ATUAL			
- Em média, leva-se duas horas ou mais, após o início do expediente, para que a produção se inicie de forma estável, fazendo com que as máquinas permaneçam ociosas;			
- A produção não consegue iniciar com dois ou mais produtos numa linha simultaneamente;			
- A fábrica não possui critérios de sequenciamento das Ordens de Produção do dia (quantidade, previsão de entrega, tempo de preparação etc.);			
- O layout atual não favorece o fluxo contínuo e gera mais atividades que não agregam valor ao produto;			
- A empresa está caminhando para a adoção de práticas lean;			
- Falta alinhar/estruturar o processo de implantação das práticas.			
ESCOPO DO PROJETO			
Será realizada a análise e interpretação dos dados obtidos por meio dos registros de parada de máquinas, que serão tratados estatisticamente e, após isso, será realizado o mapeamento do processo de produção a fim de se obter o tempo de ciclo, ritmo e lead time do processo. Após essa etapa será traçado um plano de ação objetivando tratar as variáveis que influenciam diretamente na produtividade do chão de fábrica com base nas restrições do processo. Também serão definidas as ações que podem ser implementadas pela organização no curto, médio e longo prazo.			
BENEFÍCIOS			
QUANTITATIVOS	QUALITATIVOS		
Reduzir as horas extras durante a safra;	Atividades menos burocráticas;		
Reduzir a variação do tempo de paradas;	Colaboradores mais engajados; Atingir a meta de produção diária		
Reduzir o tempo de ciclo e lead time do Processo.	Fluxo contínuo no processo; Ambiente laboral motivado.		
METAS			
Reduzir em pelo menos 20% o tempo total de parada de máquinas; Aumentar a disponibilidade da linha de envase de 100 g simples em 30%; Finalizar o projeto com a entrega do plano de ação até o final da safra de 2019.			
PRINCIPAIS INTERESSADOS DO PROJETO			
- A diretoria (Estratégico e Operacional);	- Equipe do projeto;		
- Gerente da fábrica;	- Orientadora;		
- Setores (Produção, Planejamento e Controle da Produção - PCP, Manutenção e Comercial).	- Universidade.		
PREMISSAS	RESTRICÇÕES		
- A equipe que conduzirá o trabalho terá acesso a informações;	- A coleta de dados só poderá iniciar em julho (safra);		
- Toda a equipe de operadores vai participar do projeto;	- As análises só poderão ser realizadas no turno da manhã;		
- A pesquisa vai identificar o fluxo de valor;	- Testes só poderão ser realizados quando não houver produção;		
- As proposições de melhoria serão apresentadas à diretoria da empresa.	- O projeto deve ser finalizado até o final da safra 2019;		
	- O nome da empresa não pode ser citado no projeto.		

EQUIPE DE TRABALHO			
	NOME	RESPONSABILIDADE	ÁREA/GERÊNCIA
LÍDER:	Supervisora de Processos	Gerenciar o projeto	Produção/Supervisão
MEMBROS DA EQUIPE:	Analista de Processos	Analisar e tratar dados, propor melhorias	Produção
	Gerente Industrial	Orientar projeto e disponibilizar dados	Produção/Gerência
	Analista de Processos	Coletar dados, analisar e implementar melhorias	Produção

CRONOGRAMA DO PROJETO								
FASE	ATIVIDADES	2019						
		JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
<i>Define</i>	Termo de Abertura do Projeto	X						
	Criação do Diagrama SIPOC	X						
	Mapeamento do Processo	X						
<i>Measure</i>	Criação de um plano de coleta de dados		X	X				
	Coleta de dados			X	X	X		
	Tratamento estatístico de dados				X	X	X	
<i>Analyse</i>	Análise dos dados					X	X	
	Análise das causas do problema					X	X	
	Elaboração do vsm						X	
	Criar plano de ação						X	X

Fonte: Autoras (2023)

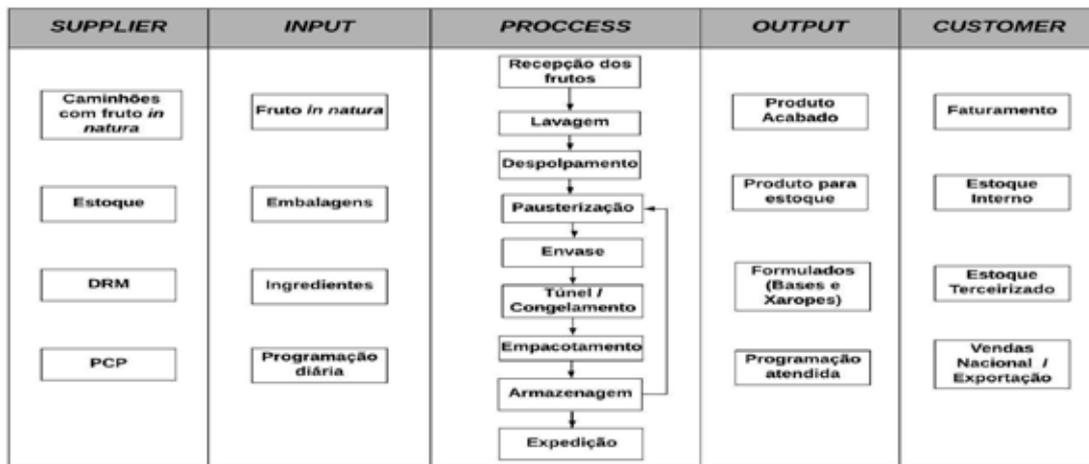


Figura 1. Diagrama SIPOC

Fonte: Autoras (2023)

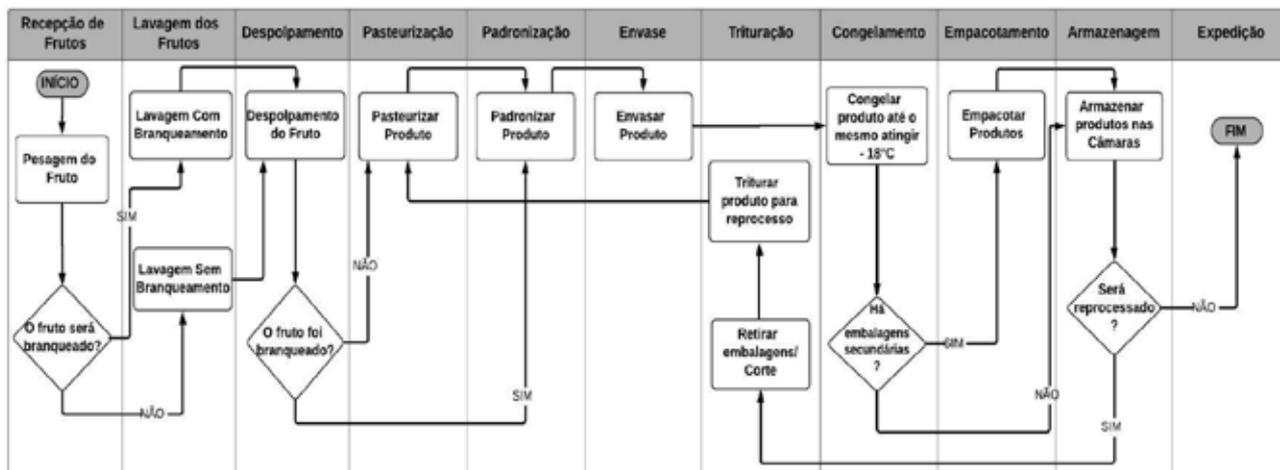


Figura 2. Fluxograma multifuncional do processo

Fonte: Autoras (2023)

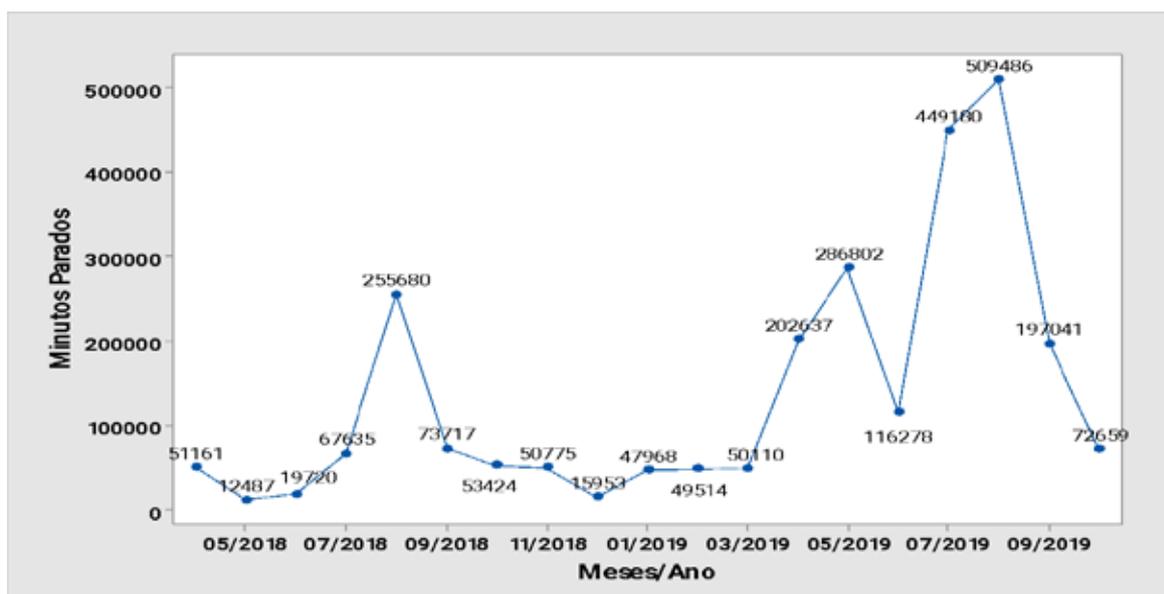


Figura 3. Gráfico de séries temporais de paradas de máquinas

Fonte: Autoras (2023)

No período em questão (início da safra), as máquinas deveriam estar trabalhando a todo vapor, pois é quando há maior demanda e o preço da matéria prima cai. Foi verificado o total de 2.582.227 minutos parados.

Esses dados são referentes a máquinas específicas de alguns setores, listados no diagrama direcionador ilustrado pela Figura 4. Um fator importante a ser considerado é que as máquinas que produzem mix e o quebrador de gelo foram consideradas à parte por não terem setor específico.



Figura 4. Diagrama direcionador de setor

Fonte: Autoras (2023)

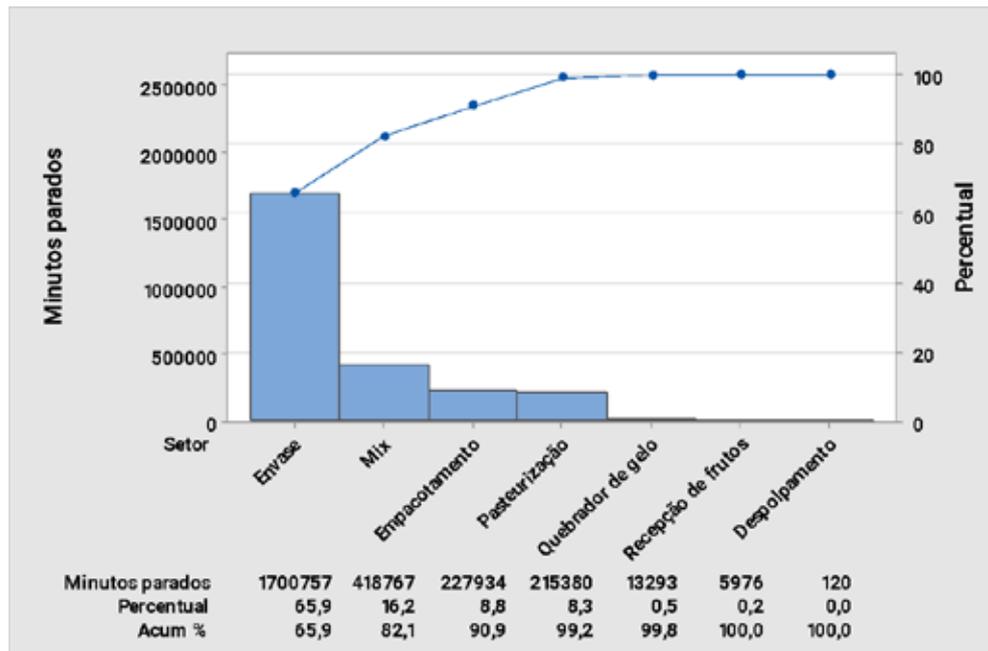


Figura 5. Diagrama de Pareto para setores
 Fonte: Autoras (2023)

O levantamento das paradas é apresentado por setor no Diagrama de Pareto da **Figura 5**, tornando possível identificar onde acontece a maior parada de máquinas.

A **Figura 5** apresenta as seguintes linhas principais, dispostas conforme o diagrama da **Figura 6**.

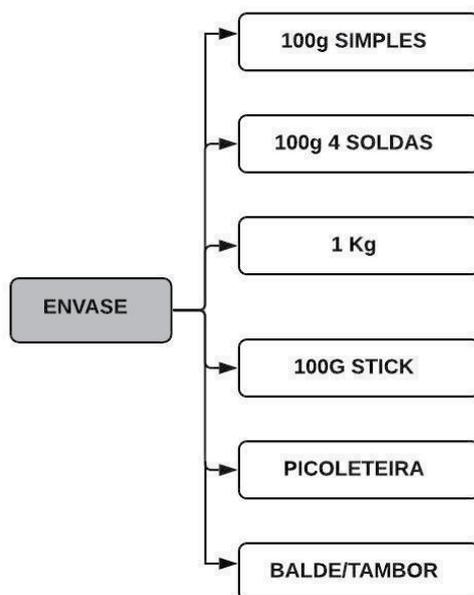


Figura 6. Diagrama direcionador de linhas do envase
 Fonte: Autoras (2023)

A partir disso foi elaborado um Diagrama de Pareto (**Figura 7**) para priorizar a linha que será o foco do trabalho, ou seja, aquela com mais registros de paradas.

A partir do gráfico observa-se que a linha de 100 g simples é a que apresenta maior tempo de parada, com 36,5% do total do setor. Numa análise geral, significa dizer que esta linha apresenta 24,06% do total de paradas registradas no período, conforme a **Figura 8**.

A linha de 100g simples é composta por 7 máquinas no setor de envase, conforme a **Figura 9**.

Para a análise, o ideal seria identificar se as máquinas apresentam variações de paradas entre si. Entretanto, como a linha analisada já corresponde ao percentual de melhoria que o estudo visa, foram analisadas todas as máquinas do setor, independentemente do comportamento. O gráfico da **Figura 10** ilustra como estão distribuídos o tempo de parada total, em minutos, por máquina.

Neste caso, nota-se que a máquina 3 apresenta maior tempo parado, com as máquinas 1 e 2 com valores próximos. Em média, cada máquina apresenta um total de 88.762,72 minutos parados. Considerando o número de dias de cada máquina parada, chega-se a uma média de 3 horas e 42 minutos por dia.

Para analisar a estabilidade das paradas, os dados coletados no período foram agrupados por mês e plotados numa carta de controle (**Figura 11**).

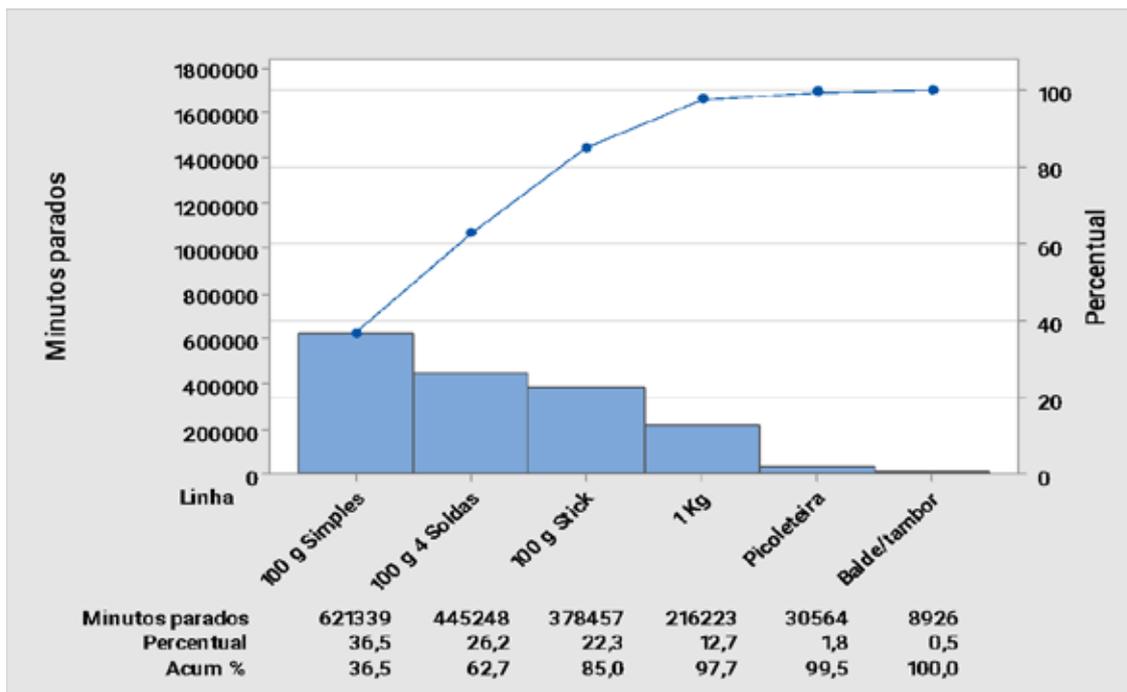


Figura 7. Diagrama de Pareto para linhas

Fonte: Autoras (2023)

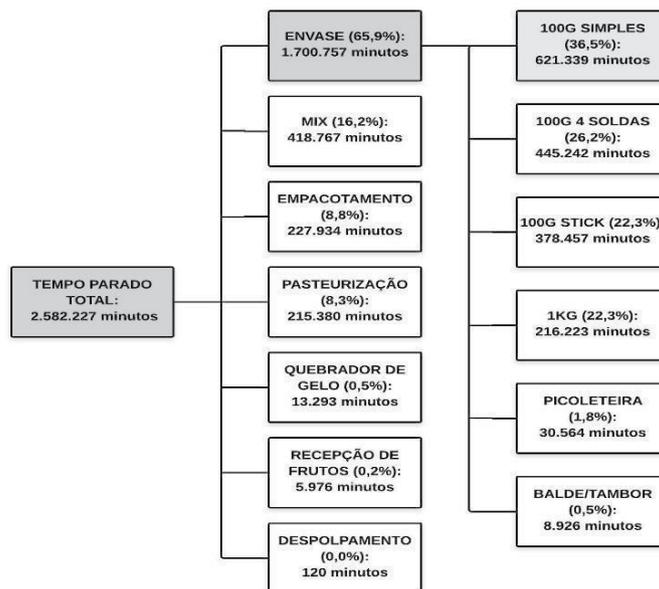


Figura 8. Resumo dos tempos por setor e por linha

Fonte: Autoras (2023)

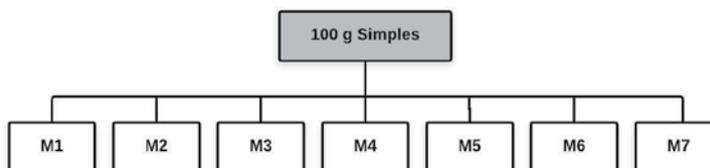


Figura 9. Diagrama direcionador de máquinas da linha 100 g simples

Fonte: Autoras (2023)

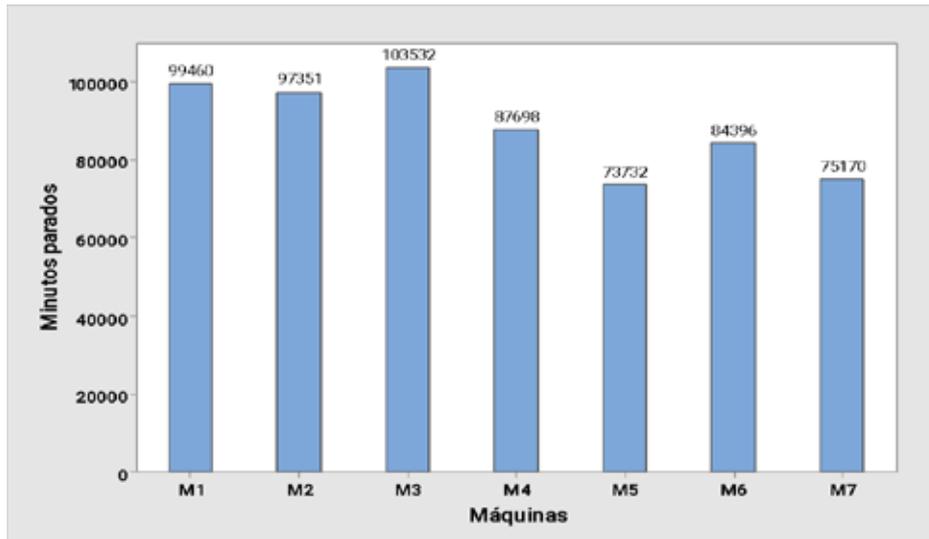


Figura 10. Minutos parados por máquina
 Fonte: Autoras (2023)

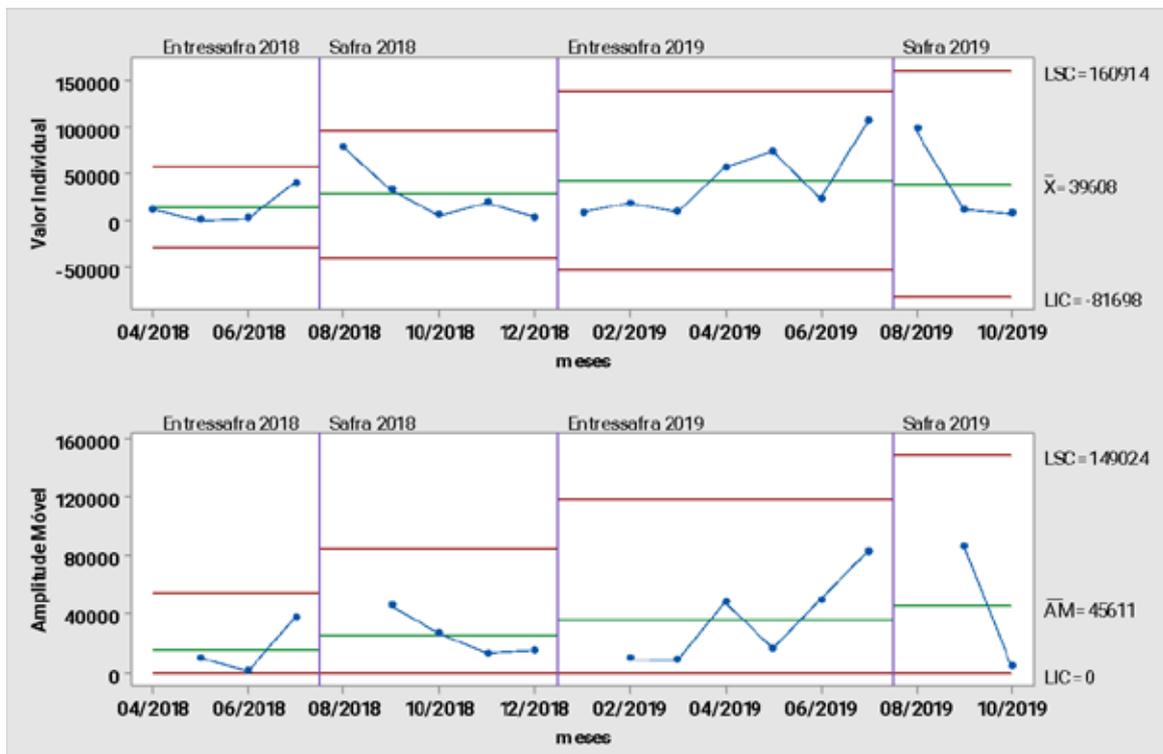


Figura 11. Carta de Controle de tempo parado das máquinas
 Fonte: Autoras (2023)

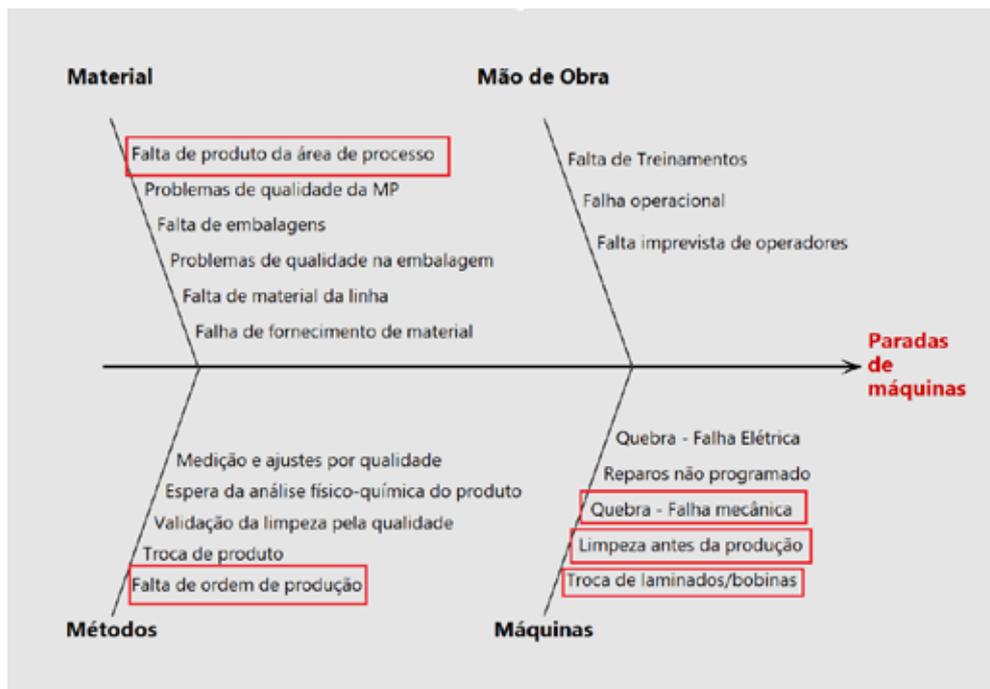


Figura 12. Diagrama de Causa e Efeito para Paradas de Máquinas
Fonte: Autoras (2023)

Para a construção do gráfico considerou-se os períodos de safra e entressafra em 2018 e 2019.

Analisando as duas safras e as duas entressafras separadamente, verifica-se que a média de tempo parado por mês é de 32.831,63 e 32.607,82 minutos, respectivamente. São valores muito próximos, visto que são períodos totalmente diferentes em termos de quantidade de pedidos e volume de produção. Isso cria a falsa sensação de que no período da safra está ocorrendo uma maior utilização das máquinas quando, na verdade, o tempo médio de ociosidade está próximo ao tempo do período da entressafra.

Etapa Analisar

Primeiro, realizou-se um *brainstorming* para identificar as possíveis causas, de acordo com material, método, máquina e mão de obra.

Quando ocorre uma parada em qualquer máquina, o colaborador registra o tempo de inatividade e especifica o motivo. Vale ressaltar que uma parada pode não ser relacionada somente a falhas ou defeitos mecânicos e/ou elétricos. Vários fatores podem influenciar para que haja esta interrupção, principalmente aqueles relacionados ao processo. Os vários motivos registrados foram agrupados e/ou consolidados para melhor análise, e estão dispostos no Diagrama de Ishikawa da **Figura 12**.

As **Figuras 13, 15 e 17** representam os Gráficos de Pareto para priorizar os motivos de paradas no geral, na safra e na entressafra, respectivamente.

Para validar os dados foi realizada uma análise de regressão múltipla, a fim de verificar se realmente as variáveis têm impacto sobre o problema. A análise foi realizada, conforme as **Figuras 14, 16 e 18**, para as cinco causas prioritárias encontradas nas **Figuras 13, 15 e 17**, e definidas as hipóteses nula – H0 (não há relação) – e alternativa – H1 (há relação).

Para as análises, considera-se que os motivos que exercem influência nos períodos analisados são os destacados em cor cinza, visto que o valor F de significância e o valor de P são menores que 0,05. Por este motivo, deve-se rejeitar a hipótese nula (de que não há relação) com um nível de confiança de 95%.

A mesma análise será feita para os gráficos da safra e da entressafra, nas **Figuras 15 a 18**.

Quando analisado somente o período da safra (**Figura 15**), o gráfico mostra que as cinco principais causas de paradas são: falta de produto na área de processo (31,39%), troca de laminados e bobinas (24,11%), quebra por falha

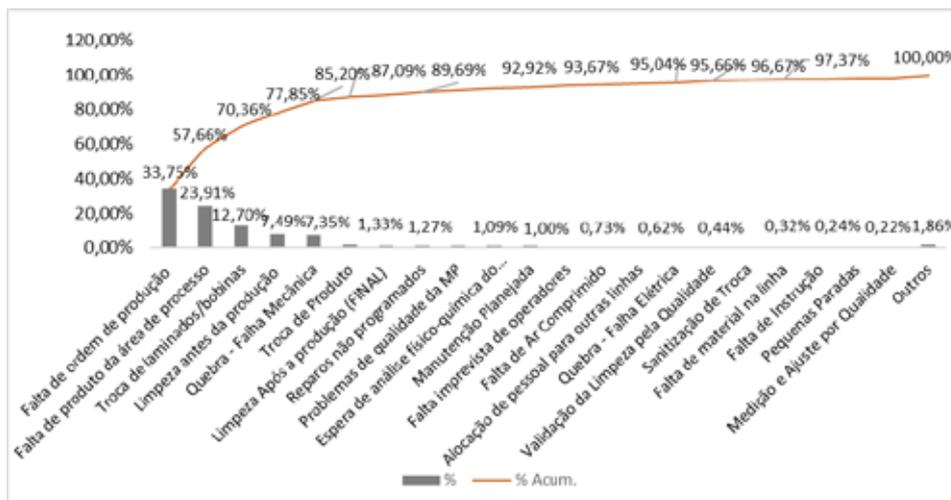


Figura 13. Diagrama de Pareto para motivos de paradas totais

Fonte: Autoras (2023)

ANOVA			
	gl	F	F de significação
Regressão	5	927,9965957	4,06022E-16
Resíduo	13		
Total	18		

	Coefficientes	valor-P	95% inferiores
Interseção	191,8408067	0,807466679	-1474,506652
Falta de ordem de produção	0,969986641	1,77301E-13	0,901232446
Falta de produto da área de processo	1,117057364	9,18894E-09	0,929202566
Troca de laminados/bobinas	1,287245381	1,21233E-08	1,065752606
Limpeza antes da produção	2,30649643	2,14026E-05	1,534885669
Quebra - Falha Mecânica	0,862848494	0,000593794	0,448905636

Figura 14. Análise de regressão múltipla para o período total

Fonte: Autoras (2023)

mecânica (12,07%), falta de ordem de produção (7,87%) e limpeza antes da produção (7,75%). Juntos somam 83,19% do tempo parado no período.

Pela análise de regressão, verifica-se que apenas a falta de produto na área de processo, a troca de laminados e bobinas e a quebra por falha mecânica têm influência.

Já quando analisado somente o período da entressafra (Figura 17), o gráfico mostra que as cinco principais causas de paradas são: a falta de ordem de produção (52,70%), a falta de produto na área de processo (18,44%), a limpeza antes da produção (7,30), a troca de laminados e bobinas (4,35%) e a quebra por falha mecânica (3,89%). Juntos somam 86,68% do tempo parado no período.

De forma resumida, o diagrama da Figura 19 apresenta a análise discutida anteriormente, na qual a linha de 100 g simples é responsável por 24,06% do tempo total de parada. Desses, 42,27% (262.640 min) correspondem ao período da safra, e 57,73% (358.699 min) correspondem à entressafra.

Para minimizar e/ou eliminar os cinco problemas destacados foram elaborados planos de ação para cada um.

Plano de ação

Diante dos dados coletados e a identificação dos problemas destacados, foram desenvolvidos planos de ação para: falta de ordem de produção (Quadro 2), troca de laminados e bobinas (Quadro 3), limpeza antes da produção (Quadro 4), quebra por falha mecânica (Quadro 5) e falta de produto na área de processo (Quadro 6). Também foi feito MFV atual e futuro do referido problema, conforme Figuras 20 e 21.

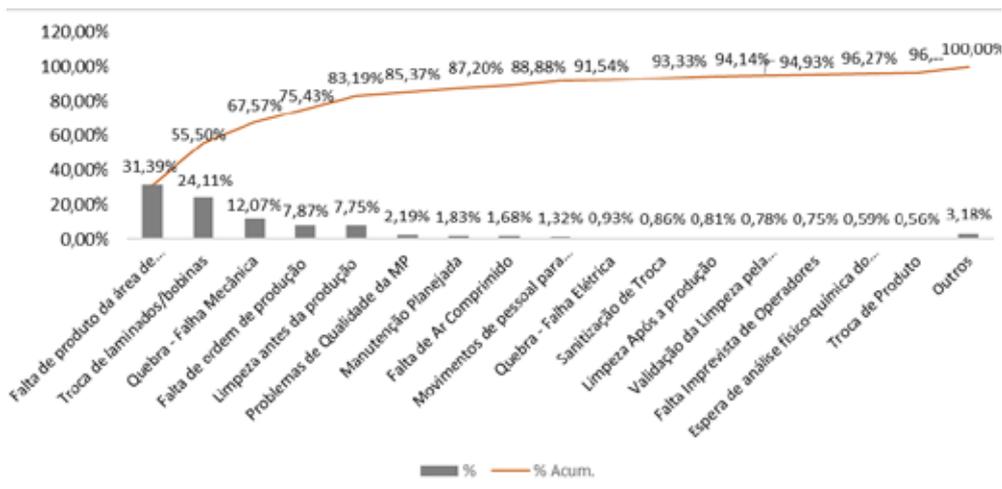


Figura 15. Diagrama de Pareto para motivos de paradas na safra

Fonte: Autoras (2023)

ANOVA			
	gl	F	F de significação
Regressão	5	695,8847705	0,001435575
Residuo	2		
Total	7		

	Coefficientes	valor-P	95% inferiores
Interseção	-1391,367266	0,365756368	-6551,505225
Falta de ordem de produção	1,074286158	0,109445362	-0,595166101
Falta de produto da área de processo	0,893224314	0,000120108	-0,574366844
Troca de laminados/bobinas	1,692588441	0,003054377	-0,097422988
Limpeza antes da produção	0,609655651	0,804246568	-8,682402975
Quebra - Falha Mecânica	1,840465714	0,005125882	-4,075543918

Figura 16. Análise de regressão múltipla para safra

Fonte: Autoras (2023)

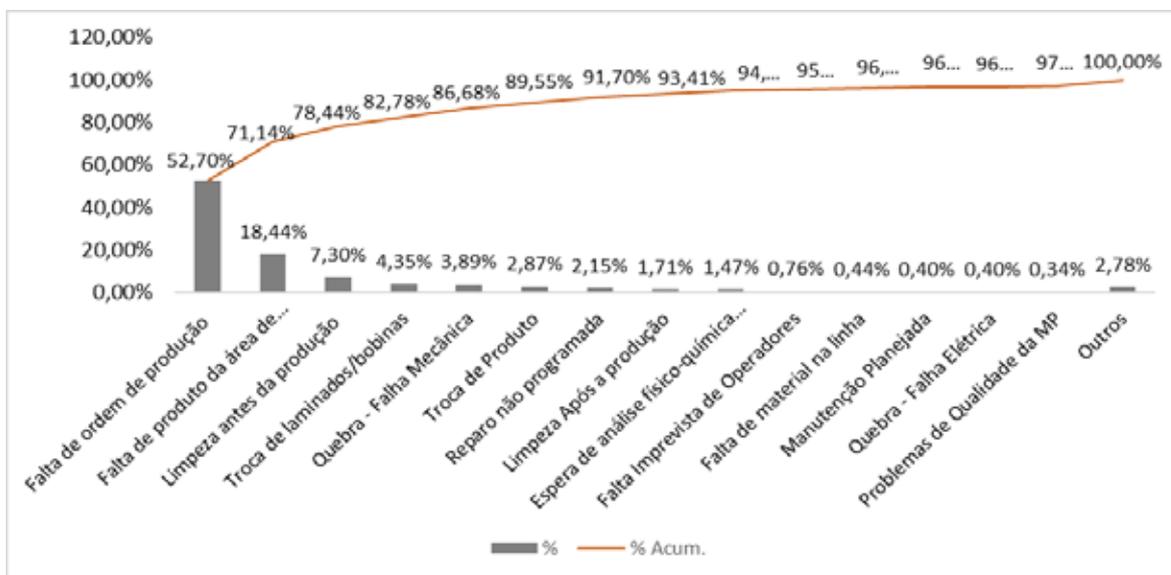


Figura 17. Diagrama de Pareto para motivos de paradas na entressafra

Fonte: Autoras (2023)

ANOVA			
	gl	F	F de significação
Regressão	5	625,926	5,51081E-07
Resíduo	5		
Total	10		

	Coefficientes	valor-P	95% inferiores
Interseção	1545,15152	0,19309	-1097,040165
Falta de ordem de produção	0,983851407	3,37E-06	0,870402958
Falta de produto da área de processo	1,06389043	0,006158	0,461749047
Troca de laminados/bobinas	1,179591508	0,324033	-1,593356622
Limpeza antes da produção	2,304875529	0,001637	1,343484021
Quebra - Falha Mecânica	0,474084419	0,507748	-1,235211101

Figura 18. Análise de regressão múltipla para entressafra
 Fonte: Autoras (2023)

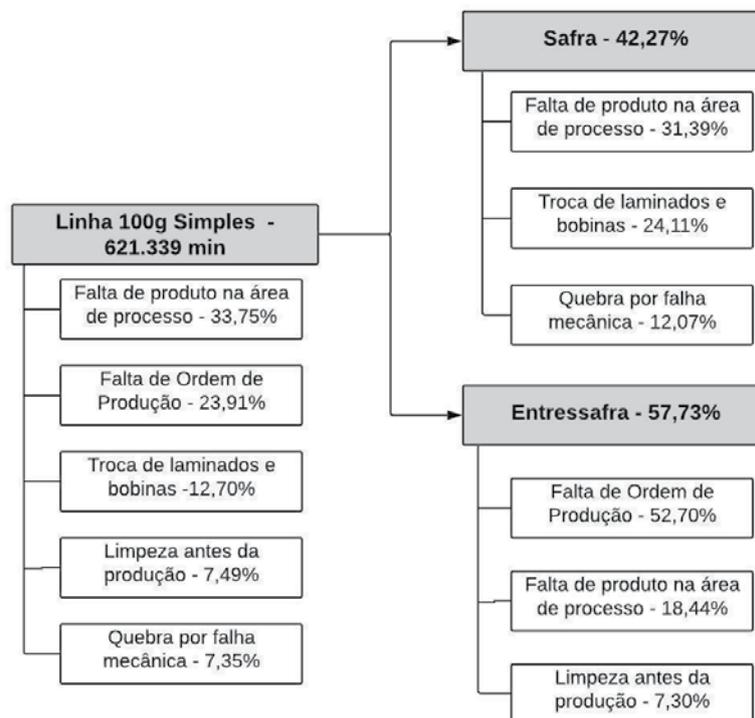


Figura 19. Diagrama direcionador para motivos por período
 Fonte: Autoras (2023)

Quadro 2. Plano de Ação para Falta de Ordem de Produção

Objetivo: Reduzir 23% do tempo parado na linha de 100 g por este motivo, tanto para safra quanto para entressafra.						
	O QUÊ?	COMO?	ONDE?	QUANDO?	QUEM?	POR QUÊ?
1	Desenvolver novos produtos	Por meio de pesquisas com clientes, acompanhamento dos produtos no mercado que atendam às necessidades dos clientes e sejam rentáveis à empresa	No setor da qualidade	Continuamente/até atingir os níveis estipulados de ocupação da fábrica	Diretor mercado-lógico, gerente de qualidade, comercial e assistente de P&D	Para melhor utilização da linha na entressafra
2	Alocar ou terceirizar a linha para envase de outros produtos	Buscar parcerias com empresas que tenham interesse em produzir ou utilizar a linha para envase de produtos terceirizados	Produção	Até o início da próxima entressafra	Diretor estratégico e operacional, gerente industrial, encarregados de produção e PCP	Manter a linha em operação, inclusive quando não houver produção interna ou de seus clientes firmados
3	Ampliar o mercado, desenvolver novos clientes para aumentar a demanda (setor comercial)	Através de um plano para aumentar a carteira de clientes e, conseqüentemente, a demanda. Buscar novos parceiros em feiras; Desenvolver os clientes atuais para que aumentem seus pedidos	Setor Comercial e Marketing	Continuamente/até atingir os níveis estipulados de ocupação da fábrica	Gerente e coordenador comercial e equipe de marketing	Aumentar a demanda de produtos que utilizam essa linha no período da entre safra

Fonte: Autoras (2023)

Quadro 3. Plano de Ação para Troca de Laminados e Bobinas

Objetivo: Reduzir 12% de parada na linha de 100 g por este motivo, tanto para safra quanto para entressafra.						
	O QUÊ?	COMO?	ONDE?	QUANDO?	QUEM?	POR QUÊ?
1	Elaborar procedimento operacional padronizado para troca de laminados e bobinas	In loco, observar como o procedimento é realizado, conversar com os envolvidos para coletar informações, dividir em etapas e cronometrar o tempo individual de execução, bem como a ordem e frequência em que devem ocorrer	Na produção	Até o final da safra	Equipe de gestão de processos	Estabelecer tempo padrão de troca para reduzir o tempo que consumido
2	Treinar os operadores conforme o Manual de Embalagens	Conforme procedimento padrão	Na sala de treinamentos e no chão de fábrica	Na entressafra	Equipe de gestão de processos	Garantir que os operadores executem o procedimento estabelecido de forma correta e a limpeza seja realizada em menos tempo
3	Analisar a viabilidade de trabalhar com rolos de filme (embalagens) modificando o compartimento onde as bobinas são alocadas nas envasadoras	A equipe de manutenção deverá conduzir tal análise e realizar os testes necessários para viabilizar, ou não, esta ação	Na manutenção	Até final de janeiro	Equipe de manutenção, gestão de processos e qualidade	Diminuir a quantidade e o tempo gasto para trocar embalagens

Fonte: Autoras (2023)

Quadro 4. Plano de Ação para Limpeza antes da Produção

Objetivo: Estabelecer um tempo padrão de limpeza de uma hora tanto para safra, quanto para entressafra.						
	O QUÊ?	COMO?	ONDE?	QUANDO?	QUEM?	POR QUÊ?
1	Elaborar Procedimento Operacional Padrão para o processo de limpeza	In loco, observar como o procedimento é realizado, conversar com os envolvidos para coletar informações, dividir em etapas e cronometrar o tempo individual de execução, bem como a ordem e frequência com que devem ocorrer; Analisar quais atividades agregam valor e eliminar as que não agregam	Na produção	Janeiro/2020	Equipe de gestão de processos e setor de qualidade	Estabelecer tempo padrão de limpeza (1 hora) para reduzir o tempo que essa atividade consome
2	Treinar os operadores conforme o Manual de Limpeza estabelecido	Conforme procedimento padrão	Na sala de treinamentos e no chão de fábrica	Ao final da safra	Equipe de gestão de processos	Garantir que os operadores executem o procedimento estabelecido de forma correta, realizando a limpeza em menos tempo

Fonte: Autoras (2023)

Quadro 5. Plano de Ação para Quebra por Falha Mecânica

Objetivo: Estabelecer tempo padrão de limpeza de 1 hora tanto para safra quanto para entressafra.						
	O QUÊ?	COMO?	ONDE?	QUANDO?	QUEM?	POR QUÊ?
1	Aplicar o plano de manutenção preventiva	Conforme estabelecido pela equipe de PCM e orientações do fabricante	Na fábrica	Na entressafra (janeiro a junho)	Equipe de gestão de processo	Garantir que o índice de paradas por quebra/falha mecânica diminua, evitando manutenções corretivas
2	Criar rotina/checklist de inspeção do Plano de Manutenção Preventiva	Com a liderança da fábrica, elaborar um checklist que contemple o cronograma de manutenção preventiva, os responsáveis pela realização em cada setor e a realização do plano de acordo com o estabelecido.	Na fábrica e na manutenção	Ao final da safra	Equipe de gestão de processo	Garantir a realização do plano de manutenção preventiva
3	Realizar análise de quebra de máquinas	Aplicar um PDCA para investigar de forma específica as quebras de máquinas	Manutenção, operadores e equipe de processos	Ao final da safra	Equipe de gestão de processo	Identificar, corrigir e controlar as paradas advindas desse motivo
4	Treinar operadores para realização da Manutenção Autônoma	Disponibilizar para o time cursos práticos e teóricos de inspeção, lubrificação, trocas e ajustes de acordo com o manual de instrução/operação elaborado pelo fabricante ou pela equipe de gestão de processos	Na fábrica	Na entre safra (janeiro a junho)	Gerentes e encarregados da manutenção e da produção, operadores de máquinas e equipe de gestão de processos	Capacitar os operadores (diretamente ligados ao processo) a realizarem manutenções rápidas em suas próprias máquinas
5	Trazer o fabricante para treinar a equipe	Agendar com o fabricante das máquinas uma visita técnica voltada à capacitação tanto de operadores como de manutentores sobre como proceder quanto à operação e manutenção do equipamento	Na fábrica	Na entressafra (janeiro a junho)	Gerentes e encarregados da manutenção e da produção, operadores de máquinas e equipe de gestão de processos	Capacitar os operadores e manutentores em manutenções rápidas em suas próprias máquinas

6	Listar peças que mais quebram e garantir seu suprimento no estoque	Via sistema, filtrar as peças mais solicitadas, classificar sua prioridade, organizar por setor e máquina; Analisar o número de vezes que são solicitadas para estabelecer a quantidade mínima cada uma em estoque; Atrelar a lista à perda financeira que sua falta pode trazer à empresa	Na manutenção		Gerente e encarregado da manutenção e equipe de gestão de processos	Garantir o suprimento das peças com maior consumo e evitar parada de máquina por quebras rotineiras; Possibilitar ao operador que a máquina retorne ao funcionamento no tempo necessário apenas para fazer a troca da peça
---	--	--	---------------	--	---	--

Fonte: Autoras (2023)

Quadro 6. Plano de Ação para Falta de Produto na Área de Processo

Objetivo: Redução de 33% de tempo parado por este motivo, tanto para safra quanto para entressafra.						
	O QUÊ?	COMO?	ONDE?	QUANDO?	QUEM?	POR QUÊ?
FALTA DE PRODUTO NA ÁREA DE PROCESSO						
1	Transferir o processo de padronização para o tanque de 10.000 kg após a etapa de pasteurização	Alterar o layout da tubulação, conectar os tanques de transferência aos pasteurizadores e estes aos tanques pulmão de 10.000 L da sala de envase; As conexões ocorrerão pela da placa de fluxo, que possibilita receber e direcionar o produto pelas tubulações de acordo com a necessidade da produção	Na produção	Ao final da safra	Gerente industrial, encarregados de produção, gerente e encarregado de manutenção, equipe de gestão de processos e qualidade	Eliminar etapas de estoque durante o processo, reduzir o tempo de espera entre a etapa de padronização e pasteurização, na qual o procedimento de análise de sólido poderá ocorrer após a pasteurização
2	Revisar procedimento que valida os insumos disponíveis para que a produção de um determinado produto ocorra	Reunião com um representante de cada setor, que deve preencher o checklist e atualizar as informações mediante problemas já detectados; Elaborar uma nova versão	Com todos os setores diretamente envolvidos com a produção	Até o final de dezembro	Equipe de gestão de processos	Eliminar erros de processos que ocasionam paradas na linha analisada do setor do envase
3	Analisar a viabilidade de alteração no layout entre os setores do envase e empacotamento	Fazer projeto contemplando os custos envolvidos na alteração do layout versus os ganhos de produtividade possíveis com a redução das paradas por falta de produto ocasionadas pelo layout atual (grandes distâncias de transporte); Analisar viabilidade e ações que possam tornar o projeto exequível	Na produção (setores de envase, empacotamento)	Antes do início da safra de 2020	Direção estratégica, equipe de manutenção, equipe de gestão de processos e qualidade	Reduzir o tempo das atividades que não agregam valor, como transporte (tubulações e manual) e estoques, e o cruzamento de fluxo entre setores
4	Analisar a viabilidade da programação de produção ser realizada levando em consideração produtos que tenham o mesmo padrão (puro ou com guaraná)	Reunião com os responsáveis pela produção (gerente e encarregados) para discutir a possibilidade de realizar a programação de produção de produtos com mesmo padrão que possam ser envasados em várias linhas	Setor de planejamento e controle de produção (PCP)	Até final da safra	Equipe de PCP	Reduzir a variedade de produtos produzidos no dia, evitando a espera de produto por necessidade de limpeza por mudança de tipo de produto (açai com guaraná x açai puro)

Fonte: Autoras (2023)

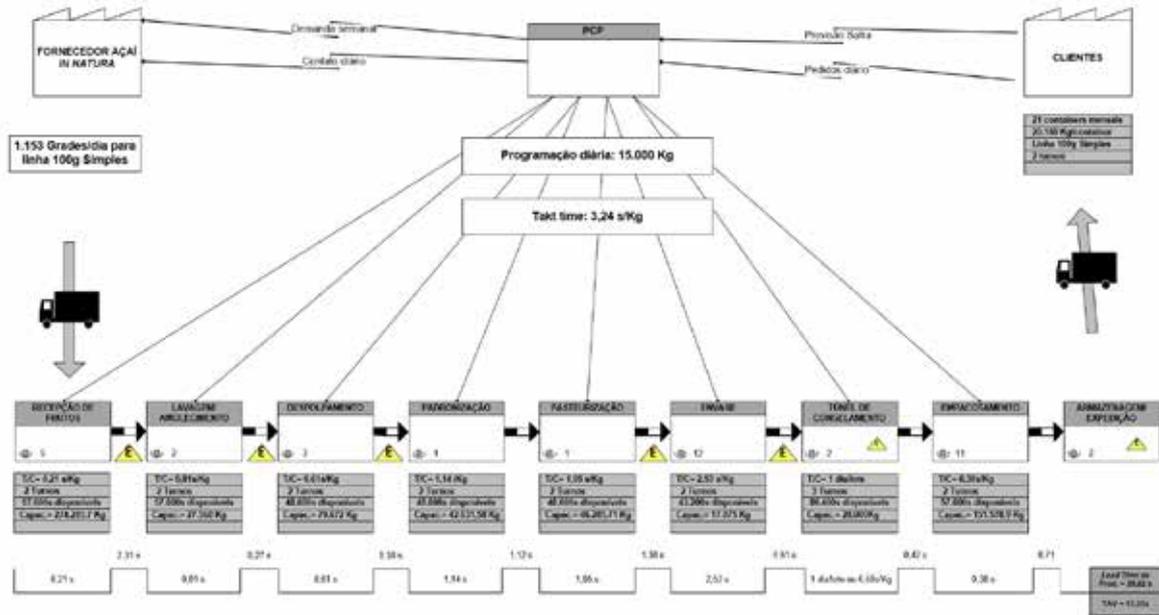


Figura 20. Mapa do Fluxo de Valor do estado atual da linha 100 g simples
 Fonte: Autoras (2023)

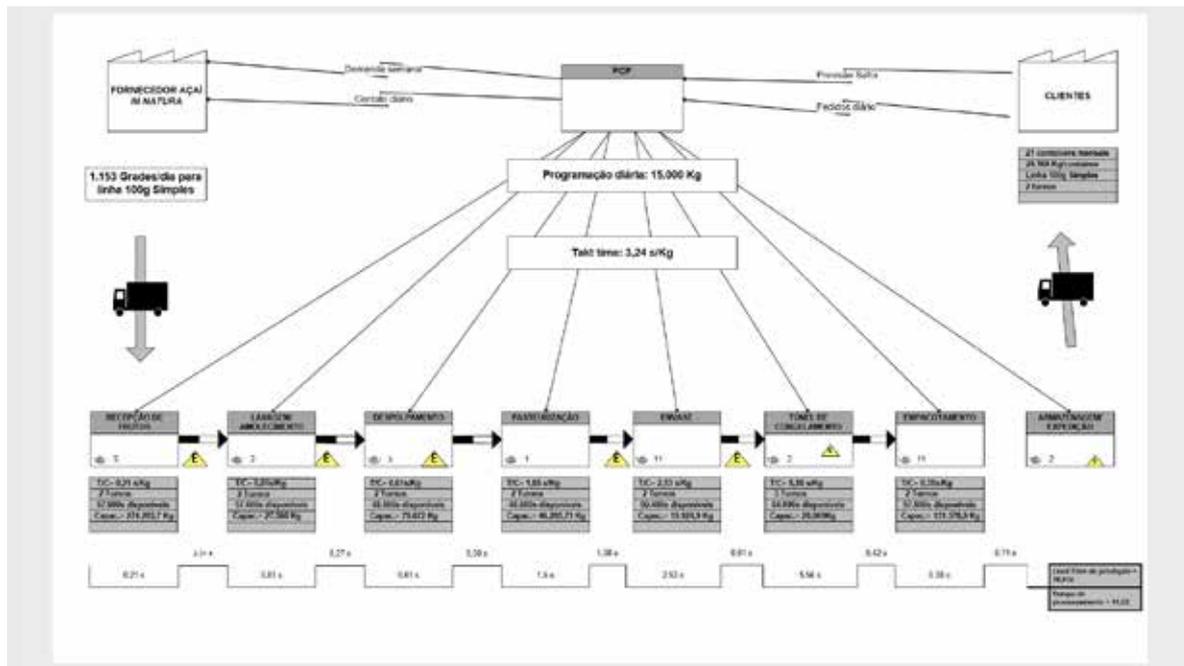


Figura 21. Mapa do Fluxo de Valor do estado futuro da linha 100 g simples
 Fonte: Autoras (2023)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo geral propor melhorias no processo de beneficiamento de polpas de açaí, utilizando princípios e métodos *Lean Seis Sigma*, no qual foram identificados os principais motivos de paradas e elaborado um plano de ação, considerando sua aplicação a curto, médio

e longo prazo, já visando a sua implementação para a próxima safra. Logo, pode-se considerar que o objetivo do trabalho foi alcançado. Assim, obteve-se conhecimento não só dos motivos que mais influenciam as paradas da linha analisada – que, possivelmente, são os mesmos que afetam as outras linhas –, mas também do tempo que cada um representa no total de paradas registradas ao longo dos meses analisados.

Este foi o primeiro projeto realizado na empresa com foco em melhoria utilizando ferramentas estatísticas. Cabe ressaltar que a sua realização só foi possível a partir dos registros coletados e após a implantação de um sistema de indicadores que permite o lançamento das informações, em tempo real, tanto de produtividade quanto de ociosidade de máquinas e equipamentos.

No entanto, por mais que registre informações cotidianamente, a empresa não faz uso de métodos de controle e gestão de dados como tratamento estatístico, mas por registro de formulários. Por outro lado, fatores preponderantes limitaram a pesquisa: a falta de incentivo da alta gerência na realização de projetos que visem a melhoria dos processos conforme exigências dos clientes, a falta de uma equipe qualificada para o tratamento das informações, a aplicação de testes que comprovem as melhorias e a cultura organizacional de centralização de decisões.

Logo, cabe destacar a importância da realização de trabalhos que comprovem estatisticamente a real eficácia das ações propostas. Como sugestão para trabalhos futuros, pode-se demonstrar quantitativamente, por meio da utilização de testes de experimentos, o impacto real na redução das paradas. Outra sugestão é um projeto que vise a implantação de um sistema de controle/medição de dados que retorne à empresa resultados plausíveis de seus processos, servindo como base para tomadas de decisões.

A cultura de qualidade e melhoria de processos deve ser incentivada e vista como ponto chave para o sucesso, tornando a empresa mais profissional e competitiva. A partir da utilização do método *lean* casado com as ferramentas do Seis *Sigma*, poderá desenvolver projetos que agreguem valor não só a ela, mas aos seus *stakeholders*, além de identificar os pontos de ineficiência do processo e eliminá-los.

REFERÊNCIAS

- Andreosi, C.A.C. (2018), Aplicação do mapeamento de fluxo de valor (MFV) no processo de liberação de leitões: um estudo de caso em um nosocômio com atendimento de urgência e emergência, Monografia em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Ouro Preto, João Monlevade, Ouro Preto, disponível em: <http://www.monografias.ufop.br/handle/35400000/1018> (acesso em: 4 jan. 2023).
- Balardim, E. (2019), Lean manufacturing: o que é objetivos e princípios, FIA - Fundação Instituto de Administração, disponível em: <https://fia.com.br/blog/lean-manufacturing/> (acesso em: 2 jan. 2023).
- Bugor, F., Lucca Filho, J. (2021), "Utilização da metodologia DMAIC para promover melhorias na qualidade em indústrias alimentícias: uma revisão de literatura", *Interface Tecnológica*, Vol. 18, No. 2, pp. 724-733, disponível em: <https://doi.org/10.31510/inf.v18i2.1280>
- Cabral, W., Geraldi, L.M.A. (2022), "Lean manufacturing aplicado à indústria de produção: um estudo na empresa WEG equipamentos elétricos S.A.", *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*, Vol. 01, Ano 7, pp. 65–83, disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-de-producao/lean-manufacturing> (acesso em: 4 jan. 2023).
- Cae Treinamentos (2021), *SIPOC*, Frons, disponível em: <https://caetreinamentos.com.br/blog/processos/mapeamento-processos/attachment/sipoc/> (acesso em: 4 jan. 2023).
- Conab - Companhia Nacional de Abastecimento (2019), *Açaí - Análise Mensal – Maio/2019*, Conab, Brasília, disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuário-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-acai/item/11564-acai-analia-mensal-maio-2019> (acesso em: 04 jun. 2019).
- Costa, L.B.M., Godinho Filho, M., Fredendall, L.D., Paredes, F.J.G. (2018), "Lean, Six Sigma and Lean Six Sigma in the food industry: a systematic literature review", *Trends in Food, Science & Technology*, Vol. 82, pp. 122-133, disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.10.002>
- Cruz, J.M.L.M. (2021), Melhoria de processo com recurso ao Lean Seis Sigma: caso de estudo, Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, Universidade Beira Interior, Covilhã, Portugal, disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.6/11599> (acesso em: 3 jan. 2023).
- Fernandes, A.P., Almeida, W.A.P. (2022), "Tecnologia e sustentabilidade: um estudo sobre a transformação da cadeia produtiva do açaí através da verticalização e alongamento de safra", artigo apresentado na XXIV ENGEMA: Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente da FEA/USP, São Paulo, 29-30 de nov. 2022, disponível em: <https://engemausp.submissao.com.br/24/anais/arquivos/569.pdf?v=1674592420> (acesso em: 5 jan. 2023).
- Ferreira, D.C. (2018), Otimização em processos hospitalares: metodologia Lean Six Sigma, Dissertação de Mestrado em Gestão e Inovação em Saúde, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Natal, Rio Grande do Sul, disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/26363>. (acesso em: 5 jan. 2023).
- Ferreira, G.L., Morgado, T.S.V. (2019), "Melhoria dos processos produtivos através da aplicação das ferramentas de gestão de produção: estudo de caso em uma empresa do ramo de navegação", *The Brazilian Journal of Development*, Vol. 5, No. 6, pp. 5700-5713, disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv5n6-094>
- Franco, M.S. (2021), Aplicação de ferramentas da qualidade na identificação de problemas relacionados à segurança dos alimentos em usina de beneficiamento de leite, Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia de Alimentos, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, GO, disponível em: <https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/2044> (acesso em: 4 jan. 2023).

- Godoy, L.P., Stefano, N.M., Bueno, W.P., Godoy, T.P., Wegner, R. da S. (2018), "O impacto do Lean Manufacturing como fator de melhoria no desempenho produtivo", *Revista Gestão da Produção, Operações e Sistemas*, Vol. 13, No. 2, pp. 69, disponível em: <https://doi.org/10.15675/gepros.v13i2.1844>
- Grandchamp, L. (2020), Seis Sigma: 5 benefícios que traz para a sua empresa, Rede Jornal Contábil, disponível em: <https://www.jornalcontabil.com.br/seis-sigma-5-beneficios-que-traz-para-a-sua-empresa/> (acesso em: 3 jan. 2023).
- Marcondes, J.S. (2020), *Diagrama ou Gráfico de Pareto: ferramenta da gestão da qualidade*, Blog Gestão de Segurança Privada, disponível em: <https://gestaodesegurancaprivada.com.br/diagrama-ou-grafico-de-pareto-conceito/> (acesso em: 4 jan. 2023).
- Pinho, F.C., Vilela, A.S., Barros, J.G.M., Almeida, M.G.D., Sampaio, N.A.S., Silva, J.W.J. (2020), "Proposta de melhoria da qualidade com a implantação da metodologia Seis Sigma", *Research, Society and Development*, Vol. 9, No. 10, e5969108445, disponível em: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i10.8445>
- Pinho, L. (2023), *Diagrama de Ishikawa ou Diagrama Espinha de Peixe: o que é e como fazer*, Siteware, disponível em: <https://www.siteware.com.br/metodologias/diagrama-de-ishikawa/> (acesso em: 15 jan. 2023).
- Santos, T.P., Kawakame, M.S. (2019), "Utilização do diagrama de pareto e outras ferramentas da qualidade para análise de não conformidade de uma indústria metalúrgica do Sul de Minas Gerais", artigo apresentado no XXXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Santos, SP, 15-18 de out. 2019, disponível em: https://www.google.com/url?sa=t,source=web,rct=j,url=https://abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_293_1656_38514.pdf,ved=2ahUKEwiFj7KLxuj8AhW0HrkGHQrhAQsQFnoECAkQAQ,usg=AOvVaw3774VMxN1cK8jFG5ZefcJe (acesso em: 4 jan. 2023).
- Silva, A.E., Santos, A.G., Fonseca, L.A., Lima, M.L. (2018), "Aplicação de ferramentas do controle estatístico de processo em uma empresa do setor de bebidas", artigo apresentado no II SIENPRO: Simpósio de Engenharia de Produção, Catalão, GO, 28-30 de ago. 2018, disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/1012/o/APLICA%C3%87%C3%83O_DE_FERRAMENTAS_DO_CONTROLE_ESTAT%C3%8DSTICO_DE_PRO-
- CESSO_EM_UMA_EMPRESA_DO_SETOR_DE_BEBIDAS.pdf?1536010816 (acesso em: 4 jan. 2023).
- Silva, E.M., Gonzalez Junior, I.P. (2022), "A importância do Lean Seis Sigma: um estudo de caso na Nestlé Brasil Ltda - unidade Feira de Santana/BA", *Revista Formadores: Vivências e Estudos*, Vol. 15, No. 1, pp. 43-57, disponível em: <https://doi.org/10.25194/rf.v15i1>
- Silva, M.C. (2021), Proposta de aplicação da metodologia DMAIC para melhoria de um processo no setor de transporte de uma instituição federal de ensino superior, Mestrado em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM, disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/8606> (acesso em: 4 jan. 2023).
- Silveira, S. (2022), *Diagrama SIPOC como ferramenta de descoberta de processos*, iprocess, disponível em: <https://blog.iprocess.com.br/2022/10/diagrama-sipoc-como-ferramenta-de-descoberta-de-processos/> (acesso em: 4 jan. 2023).
- Soluce (2020), O que é o Lean Six Sigma?, Soluce, disponível em: <https://www.soluce.com.br/post/o-que-e-lean-six-sigma> (acesso em: 4 jan. 2023).
- Stephani, I. S. (2020), Mapeamento do fluxo de valor aplicado à logística industrial: um estudo de caso, Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, SP, disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/28570> (acesso em: 4 jan. 2023).
- Torres, G.J.S., Coba, F.P.R. (2018), Aplicación de la metodología Lean Six Sigma en una empresa de lácteos: caso de estudio en la fabricación de quesos frescos, queso mozzarella y mantequilla, Mestrado em Engenharia Industrial, Menção Qualidade e Produtividade, Universidade São Francisco de Quito, Quito, Equador, disponível em: <https://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/7820>
- Vidal, B.P., Soler, V.G., Molina, A.I.P. (2018), "Metodología Six Sigma: comparación entre ciclo PDCA y DMAIC", *Cuadernos de Investigación Aplicada*, pp. 27-34, 2018, disponível em: <http://dx.doi.org/10.17993/EcoOrgyCso.2018.47>
- Zendesk (2022), *Guia completo: Diagrama de Causa e Efeito de A a Z*, Zendesk, disponível em: <https://www.zendesk.com.br/blog/diagrama-de-causa-e-efeito/> (acesso em: 4 jan. 2023).

Recebido: 14 jul. 2023

Aprovado: 20 nov. 2023

DOI: 10.20985/1980-5160.2023.v18n3.1890

Como citar: Carneiro, M., Alves, T., Monteiro, M.S., Ueoka, N.A., Silva, G.M. (2023). Proposta de melhorias no processo de beneficiamento de polpas de açaí: uma aplicação do Lean Seis Sigma. *Revista S&G* 18, 3. <https://revistasg.emnuvens.com.br/sg/article/view/1890>