UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

USO DE MÉTODOS E FERRAMENTAS DE QUALIDADE NA ANÁLISE DA PRODUÇÃO INDUSTRIAL DE UMA FÁBRICA DE DETERGENTE EM PÓ.

Marcela Coutinho Barreto Menezes

Orientadora: Profª Drª Daniella Carla Napoleão

Recife,
2024

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

MARCELA COUTINHO BARRETO MENEZES

USO DE MÉTODOS E FERRAMENTAS DE QUALIDADE NA ANÁLISE DA PRODUÇÃO INDUSTRIAL DE UMA FÁBRICA DE DETERGENTE EM PÓ.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Química.

Orientador(a): Prof.(a) Dr.(a) Daniella Carla Napoleão

Recife,
2024

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Menezes, Marcela Coutinho Barreto .
Uso de métodos e ferramentas da qualidade na análise da produção industrial de uma fábrica de detergente em pó / Marcela Coutinho Barreto Menezes. - Recife, 2024.
58p : il., tab.

Orientador(a): Daniella Carla Napoleão
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Engenharia Química - Bacharelado, 2024.
Inclui referências, anexos.

1. Controle de processo. 2. Detergente em pó. 3. Estratificação. 4. Ferramentas da qualidade. 5. Histogramas. I. Napoleão, Daniella Carla. (Orientação). II. Título.

620 CDD (22.ed.)

MARCELA COUTINHO BARRETO MENEZES

USO DE MÉTODOS E FERRAMENTAS DE QUALIDADE NA ANÁLISE E CONTROLE DA PRODUÇÃO INDUSTRIAL DE UMA FÁBRICA DE DETERGENTE EM PÓ

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Química da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química.

Aprovado em: 10/10/2024

BANCA EXAMINADORA

_____

Prof.(a) Dr.(a) Daniella Carla Napoleão (Orientadora)

Universidade Federal de Pernambuco

_____

Prof.(a) Dr.(a) Marta Maria Menezes Bezerra Duarte (Examinadora Interna)

Universidade Federal de Pernambuco

_____

Msc. Marina Gomes Silva (Examinadora Externa)

Universidade Federal de Pernambuco

EPÍGRAFE

"*Long story short, I survived*"
Taylor Swift, 2020.

AGRADECIMENTOS

Toda honra e glória seja dada a Deus.

A Ele, que me amou incondicionalmente, que me sustentou e me deu forças durante toda minha vida. A Deus, que é fiel e de promessas, que colocou o desejo no meu coração e me permitiu concluir o bacharelado em Engenharia Química.

Aos meus pais, Carmem Coutinho e Hélmiton da Silva, que me apoiaram e supriram todas minhas necessidades e anseios, antes mesmo do ensino superior. Agradeço em especial à minha mãe, que inúmeras vezes trouxe água e comida fresca enquanto estudava, independente da hora, e tantas outras formas que mostrava seu cuidado e suporte nas entrelinhas.

Aos meus irmãos, por trazerem descontração sempre que estamos juntos e por me ouvirem falar sobre inúmeras matérias, ainda que não estivessem compreendendo por completo. Agradeço às minhas irmãs, Maria Júlia, por ser minha confidente, especialmente em momentos de tensão, e Carolina, por ser um acervo de sabedoria.

À Maria José Francisca da Silva, carinhosamente apelidada de Mazé, minha segunda mãe. Agradeço por todo carinho, orações, inúmeras refeições e todas as vezes que fez questão de fazer um capricho meu por genuinamente me amar. Exemplo de benignidade, bondade, fidelidade e mansidão. Mulher de Deus.

Aos meus colegas de curso os quais tenho o privilégio de chamar de amigos: Isabella Santos, Júlia Cabral, Manuela Nader e Vinicius Moura. Obrigada por todas as noites em claro, drives compartilhados, inúmeras horas em vídeo chamada e incontáveis vezes mais risadas. Também, Moisés Hermínio com todos os conselhos e desesperos compartilhados. Vocês foram indispensáveis na minha jornada.

Às minhas irmãs de outra mãe, Júlia Santana e Manuela Dias. A elas que estavam presentes antes mesmo de me decidir em qual profissão seguir, que são benção e tão presentes em minha vida, ainda que separadas por um oceano.

Aos primeiros que incentivaram minha trajetória no universo da ciência e dos números: Eduardo Ervedosa, Peterson Silva e Felipe Borba. Agradeço em especial a Mauro Alexandre, cuja paixão pela química transbordava nos quadros e cativou-me.

À ASA Indústria e Comércio e meus colegas de trabalho, pelas oportunidades, ensinamentos e confiança em meu trabalho.

À Universidade Federal de Pernambuco e a todo o corpo docente pelos ensinamentos passados.

À Daniella Napoleão, minha orientadora, pela diretriz, paciência, compreensão, esmero e todo auxílio na construção desse longo trabalho.

RESUMO

O detergente em pó, introduzido na década de 1930, transformou os métodos de limpeza doméstica e industrial, criando um ambiente competitivo no mercado. Para se manter relevante, muitas empresas implementam o Sistema de Gestão Integrado (SGI), com foco no Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ), visando garantir a conformidade com normas, otimizar processos e aumentar a satisfação do cliente. No âmbito regional, a ASA Indústria e Comércio, referência no setor de detergentes em pó, demonstra um forte compromisso com a qualidade e enfrenta a necessidade de manter o peso dos pacotes dentro dos limites estabelecidos, a fim de evitar prejuízos e danos à sua reputação. Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo analisar o processo de envase do detergente em pó por meio do uso de ferramentas da qualidade e comparar os resultados com modelos teóricos, avaliando o comportamento da produção por máquina e identificando oportunidades de melhoria a partir dessas análises. Este estudo concentra-se no SGQ, destacando a importância das sete ferramentas da qualidade, que incluem: carta de controle, diagrama de Pareto, diagrama de dispersão, folha de estratificação, folha de verificação, histograma e diagrama de causa e efeito. Este último foi utilizado para determinar possíveis interferências operacionais nos dados e auxiliar na estratificação das informações. Dentre essas ferramentas, a construção do histograma se destaca, utilizando quatro métodos distintos para o cálculo do intervalo de classes (k): Raiz, Scott, Sturges e Freedman-Diaconis (FD). Essas ferramentas foram essenciais para a análise dos dados coletados, permitindo uma visualização clara da distribuição dos pesos dos sachês. A estratificação dos dados foi realizada com base na NBR 5426/1985, que define planos de amostragem, resultando na seleção de 9.664 dados iniciais distribuídos por quatro maquinários. A partir desses dados, foram elaborados histogramas comparativos, possibilitando a identificação da melhor conformidade com o modelo de FD. Ao analisar cada maquinário, apenas um foi aprovado, e o modelo de FD não se mostrou satisfatório para nenhum deles devido à menor quantidade de dados disponíveis. Contudo, foi possível avaliar o comportamento da produção com base na análise dos quartis e na natureza das amostras rejeitadas. Assim, a produção de sachês de detergente em pó da ASA indicou uma distribuição homogênea e alinhada às probabilidades estatísticas, embora tenha revelado algumas interferências operacionais e inconsistências na pesagem. As máquinas apresentaram tendência de superdosagem, mas é importante ressaltar que essa condição não apresenta risco ao consumidor. Diante disso, recomenda-se a implementação de um ciclo PDCA voltado para essas máquinas, com o objetivo de investigar as causas-raiz da superdosagem e promover um controle mais eficiente da produção, assegurando a competitividade da empresa e um aumento no retorno financeiro.

Palavras-chave: controle de processo, detergente em pó, estratificação, ferramentas da qualidade, histogramas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Portifólio do grupo ASA 13
Figura 2. Exemplo de gráfico de controle. 18
Figura 3. Esquematização do diagrama de Ishikawa 19
Figura 4. Gráfico de Pareto referente ao número de paradas de um maquinário (dados fictícios). 21
Figura 5. Folha de verificação por troca de turno. 22
Figura 6. Folha de estratificação de acompanhamento de consumo (modificado). ..23
Figura 7. Exemplo de diagrama de dispersão. 23
Figura 8. Esquema de ciclo PDCA. 28
Figura 9. Diagrama de Ishikawa sobre a interferência na amostragem. 37
Figura 10. Histograma total (Raiz). 42
Figura 11. Histograma total (Sturges). 42
Figura 12. Histograma total (Scott). 43
Figura 13. Histograma total (Freedman-Diaconis). 43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Modelo de relatório de dados da perfor (Máquina 01, turno 2) 33
Tabela 2 - Detalhamento da distribuição das amostras coletadas ……..... 41
Tabela 3 - Resultados dos métodos de determinação da quantidade de bins …..... 42
Tabela 4 - Parâmetros por máquina …….... 45
Tabela 5 - Parâmetros para cálculo do k_{FD} por máquina ……..... 46
Tabela 6 - Comparação do comportamento da amostragem por máquina 46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CEP	Controle estatístico do processo
CNPJ	Cadastro Nacional de Pessoas Jurídicas
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
LIC	Limite inferior de controle
LSC	Limite superior de controle
LTDA	Sociedade Limitada
MASP	Método de Análise e Solução de Problemas
PB	Paraíba
PDCA	*Plan, do, check, act*
PE	Pernambuco
SANBRA	Sociedade Algodoeira do Nordeste Brasileira
S/A	Sociedade Anônima
SGA	Sistema de gestão ambiental
SGI	Sistema de gestão integrada
SGRS	Sistema de gestão da responsabilidade social
SGSST	Sistema de gestão de saúde e segurança do trabalho
SGQ	Sistema de gestão da qualidade
SGSO	Sistema de gestão da saúde e segurança ocupacional
TQM	*Total Quality Management*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 9
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 12
2.1. A EMPRESA 12
2.2. DETERGENTES 14
2.2.1. Detergente em pó 15
2.3. ENVASE 15
2.4. SISTEMA DE GESTÃO INTEGRADA 16
2.4.1. Ferramentas da qualidade 17
2.4.1.1. Carta de controle 18
2.4.1.2. Diagrama de causa e efeito (Ishikawa) 19
2.4.1.3. Diagrama de Pareto 20
2.4.1.4. Folhas de estratificação e verificação 21
2.4.1.5. Gráficos ou diagramas de dispersão 23
2.4.1.6. Histogramas 24
2.4.2. Ciclo PDCA 27
3. METODOLOGIA 30
3.1. ENVASE DETERGENTE EM PÓ 31
3.2. PLANO DE AMOSTRAGEM 34
3.3. HISTOGRAMA 34
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO 36
4.1. DIAGRAMA DE ISHIKAWA 37
4.2. CONSTRUÇÃO DO HISTOGRAMA 40
4.3. ANÁLISE POR MAQUINÁRIO 44
5. CONCLUSÃO 48
REFERÊNCIAS 50
ANEXOS 57

1. INTRODUÇÃO

Com mais de 2.800 CNPJ ativos, o mercado de produtos de limpeza no Brasil vem se tornando cada vez mais competitivo. Itens como amaciantes, sabão em barra, lava-louças, água sanitária, desinfetantes, multiusos, detergente para roupa, entre outros, são alguns dos produtos que se enquadram neste setor. Este último, sendo líquido ou em pó, vem crescendo desde 2020, não só em volume de toneladas produzidas, mas também em reais comercializados. Cenário que não é visto em outros produtos de limpeza (ABIPLA, 2023).

Em prol de se manterem relevantes no comércio, as indústrias necessitam ser eficientes, com o menor custo de produção e perda mínima, além de garantir um produto de qualidade para o consumidor final. Diante disto, as empresas buscam ter um acompanhamento cada vez mais rigoroso em seus processos e rotinas a fim de monitorar o cenário da empresa com autenticidade, ter um controle assertivo de sua produção, além de ter uma visibilidade maior de oportunidades a serem abordadas, através de planos de ação traçados a partir de dados. Ou seja, deve-se propor uma melhor gestão da empresa. Nesse sentido, os conceitos de melhoria contínua e gestão da qualidade são ideais-chave para tais objetivos. Estas, são fundamentadas no funcionamento coeso entre todas as áreas da empresa, envolvendo desde matéria-prima até setores de suporte à produção, proporcionando um fluxo de processos sem falhas, adequação às normas e padrões internos e de mercado (Silva, 2019).

Neste contexto, existem várias metodologias/filosofias amplamente utilizadas tais como, gestão da qualidade total, do inglês *total quality manufacturing* (TQM); manufatura enxuta do inglês *lean manufacturing*, seis sigma, ciclo PDCA (sigla referente às etapas *Plan, Do, Check, Act*), Metodologia de Análise e Solução de Problema (MASP) e *kaizen*. Todas elas têm em comum o conceito de qualidade e melhoria contínua. Esses métodos têm como princípio prático o emprego de ferramentas básicas, onde são utilizadas de formas e maneiras diferentes a depender da metodologia seguida. São sete as ferramentas da qualidade: carta de controle, folha de estratificação, folha de verificação, diagrama causa-efeito (ou diagrama de Ishikawa), diagrama de Pareto, gráficos de dispersão e histogramas (Leite, 2019).

Com mais de 90 anos desde o início de sua atividade, a ASA Indústria e Comércio tem acompanhado a tendência do mercado de produtos de limpeza visto

que seu carro chefe do ramo é o detergente em pó. Embora, possua muito tempo de mercado e preze pela qualidade global, como toda indústria real, não está isenta de perdas em seus processos. Assim, conhecer as etapas do processo produtivo é fundamental para propor melhorias, reduzindo a presença de não conformidades (ASA, 2023).

O envase consiste no recebimento do produto acabado e acondicionamento em uma embalagem adequada à estocagem e transporte, que seja funcional e atrativa ao cliente, bem como mantenha as características iniciais do produto até o momento em que será utilizado. Em se tratando do envase, o detergente pronto é porcionado em embalagens plásticas, sachês, em papel, ou cartuchos. Normalmente as embalagens individuais são agrupadas em fardos, que fazem uso de uma segunda embalagem (Babak *et al*., 2022).

Apesar de existir a oportunidade de reprocessamento, de rejeitos ou de produto em não conformidade, como forma de minimizar as perdas totais, no envase do detergente em pó, esta possibilidade é restrita apenas para reaproveitamento do detergente em si, mas inexistente para reaproveitamento de insumos de embalagem. Uma vez a embalagem violada, não há formas de reutilizar o mesmo sachê/cartucho (Slomski *et al.,* 2012).

Desta maneira, é imprescindível haver um controle produtivo do envasamento do detergente em pó a fim de se ter um aumento de produtividade, garantia de qualidade de produto, satisfação do cliente juntamente com fortalecimento da marca, e, consequentemente, minimizar a quantidade de insumos perdidos no setor de envase e aumento de lucro. Como empresa relevante no mercado e competitiva com indústrias concorrentes, a utilização de metodologias e de ferramentas da qualidade no controle produtivo do envase da ASA Indústria e Comércio se faz necessário.

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo analisar a produção de detergente em pó por meio da utilização de ferramentas da qualidade no envase. Tendo ainda como objetivos específicos:

- Analisar o desempenho real do setor do envase e confrontá-lo com o teórico;
- Avaliar o controle dos maquinários na dosagem de detergente em pó por sachê/cartucho.
- Determinar o comportamento da produção por máquina;

- Identificar oportunidades para redução de perdas;
- Sugerir ação(ões) de melhoria contínua com base nos dados trabalhados para proporcionar uma maior qualidade.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A implementação eficaz de metodologias e ferramentas da qualidade desempenha um papel crucial na otimização dos processos de produção em indústrias de bens de consumo, como as fábricas de detergente em pó.

Com a crescente demanda e clientes cada vez mais exigentes, as empresas do setor enfrentam desafios constantes para melhorar sua eficiência operacional, garantir a consistência do produto e atender às expectativas dos consumidores. Neste contexto, a aplicação de ferramentas da qualidade para analisar e compreender o processo bem como metodologias para melhoria, tem sido amplamente explorada como uma abordagem estratégica para alcançar esses objetivos.

2.1. A EMPRESA

A ASA Indústria e Comércio LTDA é uma empresa consolidada no comércio, especialmente no Nordeste brasileiro. O grupo inicialmente teve origem em 1930 como Indústria Alimonda Irmãos S/A; neste período era realizada a produção de sabão em barra Bem-Te-Vi. Pouco tempo depois, em 1937, a empresa se estabeleceu no bairro de Afogados, no Recife, onde pôde aumentar seu portfólio (Figura 1) e consolidar um de seus complexos industriais que permanece em atividade até hoje (ASA, 2023).

A indústria Alimonda S/A foi adquirida no ano de 1982 pela Sociedade Algodoeira do Nordeste Brasileiro (SANBRA), empresa fundada pela BUNGE. Dez anos depois, foi adquirida pela S.A Moinho Santista Indústrias Gerais, também da BUNGE, tendo sua razão social alterada para Santista Alimentos em 1994. Em dezembro de 1996 a ASA Indústria e Comércio surgiu de fato, resultante de um investimento para ampliação da capacidade produtiva, aumento do portfólio e modernização da marca. Nesse momento, houve o aumento da produção do sabão em barra Bem-te-vi e o lançamento da linha Invicto (Bunge, 2018).

Figura 1. Portfólio do grupo ASA

Fonte: ASA (2023).

Como pode ser observado na Figura 1, as marcas Palmeiron e Vitamilho foram acrescidas ao grupo ASA, em 2002, totalizando as 4 frentes de atuação de mercado do grupo até hoje: higiene, produtos de limpeza, alimentos e bebidas.

Conta com 4 parques fabris: ASA Recife (Afogados, Recife-PE), Vitamilho Alimentos (São José, Campina Grande - PB), Palmeiron (Distrito Industrial, Belo Jardim - PE) e Casa de Vinhas (Portal da Cidade, Petrolina - PE) (ASA, 2022). Neles, são produzidos, respectivamente: produtos de higiene e saneantes; alimentos advindos do milho e misturas para bolo; sucos, extratos e atomatados; suco de uva integral.

Com mais de 200 produtos em seu catálogo, a ASA Indústria e Comércio é responsável pelas marcas Aliado, *Baby&Baby*, Bem-te-vi, Bomilho, Casa de Vinhas, Certo, Flamengo, Invicto, Palmeiron e Vitamilho e conta com uma extensa variedade de produtos com diferentes versões (ASA, 2023).

Com mais de 90 anos de atividade, a ASA Indústria e Comércio e é um competidor sólido, principalmente em se tratando do ramo de limpeza, produtos pioneiros em sua atividade. Posto isso a unidade responsável pela produção de detergente em pó é atualmente a fábrica que tem maior significância em termos de vendas/pedidos, faturamento, volume de produção e direcionamento de recursos humanos, físicos e financeiros (ASA, 2023).

2.2. DETERGENTES

O sabão é considerado um detergente, visto que este último é, conceitualmente, qualquer substância que pode ser utilizada como produto limpante. Os sabões advêm da reação de saponificação de ácidos graxos (gordura) e uma base forte, normalmente hidróxido de sódio ou potássio. Entretanto, o termo “detergente” é comumente empregado para indicar um sabão sintético, isto é, não proveniente de gorduras animais e vegetais (César *et al.,* 2021).

O sabão, em seus primórdios, era obtido artesanalmente a partir da fervura de sebo com cinza de faia. Seu local de origem é incerto, atribui-se aos franceses e alemães, apesar de ter se tornado mais conhecido pelos italianos por volta do século II. Foi somente no século quarto, em Marselha, na França, que este produto passou a ser manufaturado e comercializado. Não muito tempo depois, a Itália também entrou no ramo e estabeleceu outras saboarias (Gomes e Dantas Filho, 2021). Entretanto, a fabricação de sabão foi impulsionada no final do século XVII com a descoberta de Leblanc da produção de soda cáustica, simplificando o processo produtivo, aumentando a produtividade e melhorando o produto acabado (Castro, 2009).

Após a Primeira Guerra Mundial, o cenário era de escassez tanto alimentícia quanto de matéria-prima no geral. Deste modo, foi preciso desenvolver alternativas para a produção de sabão com outras matérias-primas, visto que se utilizava sebo ou banha animal. Assim, surgiram, em 1916, na Alemanha, os primeiros detergentes sintéticos (Felipe e Dias, 2017).

Como o sabão, os detergentes apresentam características polares e apolares em sua estrutura. Tal fato lhes conferem a capacidade de interagir, respectivamente, com a água e gordura (ou substâncias apolares) simultaneamente, ou seja, conseguem realizar a limpeza (Azme *et al.,* 2023). Além disso, podem ser adicionados aditivos em sua composição a fim de potencializam o efeito limpante, como os surfactantes, por exemplo. Estes, têm características dispersantes e promovem maior penetração nos tecidos ao reduzir a tensão superficial da água (Moura, 2021).

Além dos surfactantes, os detergentes podem conter outros ingredientes, como agentes alvejantes, enzimas, fragrâncias, corantes e estabilizantes. Esses ingredientes adicionais podem variar de acordo com a finalidade específica do detergente (Ribeiro, 2020).

2.2.1. Detergente em pó

Em 1916 se têm os primeiros registros de produção de detergentes sintéticos, isto é, não advindos da saponificação de um óleo animal/vegetal com água em meio ácido (Kowaga, 2017). Porém, somente a partir da metade do século XIX que o detergente em pó foi fabricado como adaptação do sabão em barra para uso nas máquinas de lavar (Araújo, 2020).

No Brasil, o primeiro detergente em pó lançado foi o RINSO, pela LEVER, no ano de 1953, porém não tinha uma boa solubilidade e dispersibilidade e, por isso, não teve boa aceitação no mercado. Quatro anos depois, o detergente OMO surgiu e foi o primeiro detergente em pó a se popularizar no país, tendo até hoje grande participação no mercado (Castro, 2009).

2.3. ENVASE

Diante de todo o processo produtivo, o envase do produto acabado pode não ser visto com a importância que lhe é devida. A embalagem é responsável por manter as características e qualidade do produto intactas até o consumidor final (Babak *et al*., 2022). Ela é a grande responsável pelo *shelf life* do produto, ou seja, o tempo de prateleira. A exemplo disso, são os produtos enlatados que podem conter conservantes nas paredes do recipiente (Santana *et al*., 2013). Também, a produção de leite em que as embalagens cartonadas são responsáveis pela conservação do estado de pasteurização, evitando o contato do produto com o oxigênio do meio, retardando o apodrecimento do alimento (Phamonpon, *et al*., 2022).

Além disso, as embalagens são grandes responsáveis pela atração de clientes. Estética atraente, facilidade de uso e reconhecimento de logotipo/marca são algumas das primeiras impressões que o cliente tem com a empresa e podem ser grandes aliados na fidelização destes (Wang *et al*., 2023). Para que o produto possa chegar até o cliente atendendo todas as expectativas é necessário um controle dentro da empresa que, por vezes, é obtido através de sistemas de gestão que garantem a eficiência do processo.

2.4. SISTEMA DE GESTÃO INTEGRADA

O sistema de gestão integrada (SGI) tem como objetivos principais: elevar o valor percebido dos produtos ou serviço pelo cliente, otimizar e maximizar o desempenho no segmento de mercado em que atua e fomentar a satisfação dos colaboradores e da sociedade em geral com a organização. Para tal, torna-se imperativo buscar a melhoria contínua e avaliar a contribuição social da empresa e as práticas de preservação ambiental (Chaib, 2005).

Em se tratando de um sistema de gestão, há diversas áreas que podem ser abrangidas a depender do objetivo, características e necessidades da instituição. O SGI contempla temas como qualidade, meio ambiente, segurança e saúde. O sistema de gestão da qualidade (SGQ), sistema de gestão ambiental (SGA), sistema de gestão da saúde e segurança ocupacional (SGSO) ou sistema de gestão de saúde e segurança do trabalho (SGSST) e sistema de gestão da responsabilidade social (SGRS), juntos formam o SGI (Fernandes *et al.,* 2015).

Um aspecto essencial do SGI é a busca pela qualidade através da melhoria contínua. Com a implementação do SGQ, a empresa estabelece metas e indicadores de desempenho para medir seu progresso e identificar oportunidades de aprimoramento. Pode-se fazer o uso de metodologias como o ciclo PDCA e a aplicação de diversas ferramentas, como cartas de controle, folhas de estratificação, folhas de verificação, diagramas, gráficos e histogramas. Desta forma, a empresa identifica e soluciona problemas, reduzindo custos, aumentando a eficiência operacional e aprimorando a qualidade dos produtos ou serviços (Seleme e Stadler, 2008).

O foco no cliente é um dos principais pilares do SGI. Por meio de uma análise contínua das necessidades, expectativas e feedback dos clientes, a empresa procura entender e superar suas expectativas, oferecendo serviços ou produtos que agreguem valor e satisfação. Através dessa abordagem, o objetivo é criar relacionamentos duradouros com os clientes, aumentando sua fidelidade e promovendo o crescimento do negócio (Rocha, 2019).

O SGQ é a base para todos os outros sistemas abrangidos pelo SGI. A noção de qualidade e visão de melhoria contínua são conceitos que norteiam

todos os outros sistemas e, consequentemente, contribuem e influenciam em uma gestão de qualidade (Chaib, 2005).

Desta forma, o SGI também enfatiza a responsabilidade social e o respeito ao meio ambiente pela implementação do SGRS e SGA. A empresa adota práticas sustentáveis, reduzindo ao máximo o impacto ambiental, além de definir ações preventivas para atividades que possam trazer risco ao meio ambiente. Consequentemente, promove a economia de recursos (como insumos e energia) e reaproveitamento destes (reciclagem, reaproveitamento energético, tratamento de resíduos). Não obstante, a empresa se envolve em iniciativas sociais, contribuindo para o desenvolvimento da comunidade e demonstrando seu compromisso com a responsabilidade corporativa (Billing; Camilato, 2008).

Além disso, o SGI considera a importância dos funcionários por meio do SGSO/SGSST, que vai desde sua segurança e bem-estar do colaborador, até o engajamento e satisfação com a organização. Com o SGSST a empresa é capaz de gerenciar riscos à saúde e segurança ao funcionário, identificar e traçar pontos de melhoria no desenvolvimento profissional destes. Ao investir no bem-estar e no crescimento pessoal dos colaboradores, a empresa reconhece a participação ativa dos colaboradores no processo de melhoria e busca criar um ambiente de trabalho saudável, motivador e produtivo (Chaib, 2005).

Em resumo, o sistema de gestão integrada busca a excelência em diversos aspectos, visando aumentar a satisfação do cliente, promover a melhoria contínua, reduzir custos e desperdícios, valorizar os funcionários e contribuir para a sociedade e o meio ambiente. Ao adotar esses objetivos como parte de sua estratégia, a empresa se posiciona para alcançar resultados sustentáveis e fortalecer sua posição competitiva no mercado (Fernandes *et al.,* 2015). É importante frisar que para o bom funcionamento dos sistemas de gestão diferentes ferramentas e metodologias são empregadas.

2.4.1. Ferramentas da qualidade

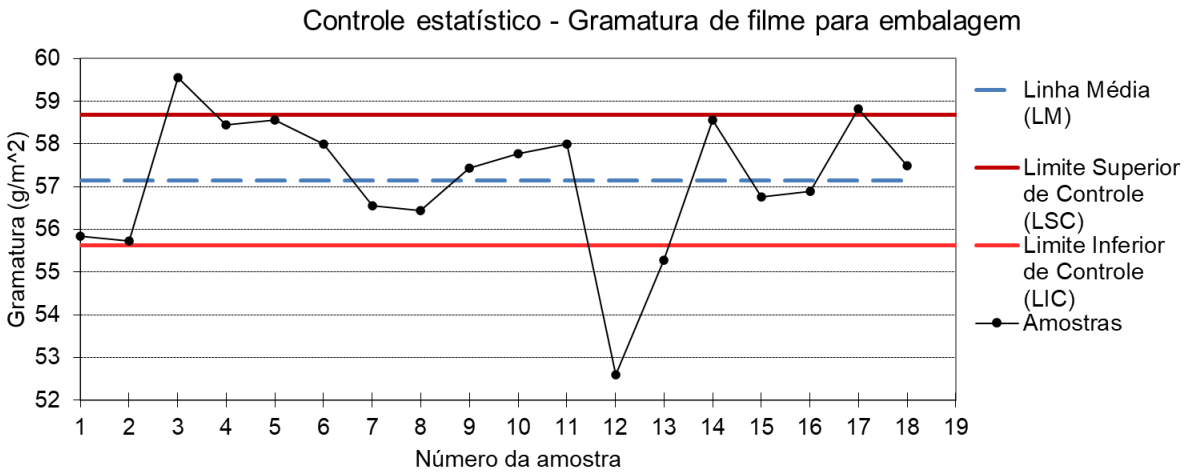
As ferramentas da qualidade, como o nome sugere, são recursos utilizados na implementação de um método. Com uma utilização efetiva, é possível identificar e eliminar falhas de processo. As sete ferramentas básicas da qualidade são amplamente empregadas nos diferentes ramos industriais, por isso

é importante compreender como cada uma delas funciona (Seleme e Stadler, 2008).

2.4.1.1. Carta de controle

Também conhecida como gráfico de controle, a carta de controle é uma das principais ferramentas empregadas no controle estatístico do processo (CEP), sendo utilizada para monitoramento de um atributo ou variável de processo ao longo do tempo. São compostas por uma linha central, que indica o valor médio ideal (linha média - LM), bem como outras duas linhas que indicam o limite superior de controle (LSC) e o limite inferior de controle (LIC). Os pontos de observação são computados ao longo do tempo e apontam a tendência do processo. Essa faixa de limites é determinada a partir de cálculos por fórmulas estatísticas padrões, considerando os dados do processo em questão (Montgomery, 2017). Na Figura 3 tem-se um exemplo de gráfico de controle.

Figura 2. Exemplo de gráfico de controle.



Fonte: a autora (2024).

Caso sejam observados pontos fora da zona de controle, indicada na Figura 3 pelas linhas vermelhas, estes são chamados de *outliers* e considera-se que o processo está fora de controle e que merece uma atenção. Ainda observando a Figura 3, tem-se que a maioria dos pontos se encontram entre os limites de controle (linhas vermelhas), com 4 pontos fora dos limites, indicando

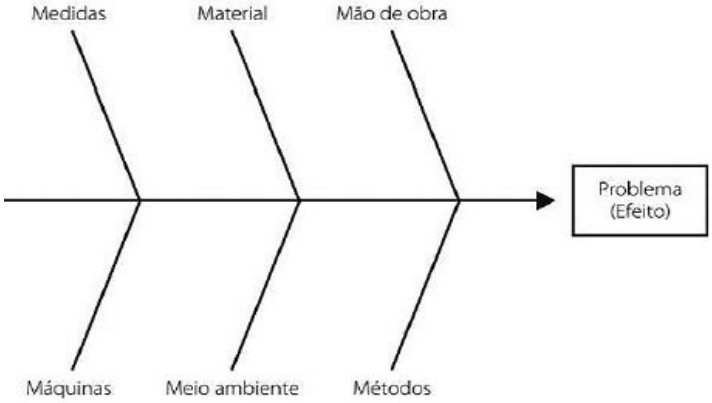
que há oportunidades de melhoria de processo para adequação de todas as amostras para dentro dos limites de controle. As características de qualidade de um produto são frequentemente avaliadas em relação a uma especificação, ou seja, medidas ou atributos ideais para aquele objeto denominado de valor nominal. Em se tratando de serviços, as especificações normalmente se referem a tempo de processamento ou espera (Montgomery, 2017).

No entanto, para que se possa ter sucesso na melhoria de um dado processo, a ferramenta carta de controle não deve ser utilizada de modo isolado. Outras ferramentas da qualidade, como o diagrama de Ishikawa, podem ser empregadas de modo a entender o que de fato está acontecendo no processo.

2.4.1.2. Diagrama de causa e efeito (Ishikawa)

O diagrama de causa e efeito foi desenvolvido por Kaoru Ishikawa, no ano de 1953 em Tóquio, a fim de relacionar o efeito ou problema identificado com todas suas possíveis causas. Em homenagem ao seu idealizador, é conhecido como diagrama de Ishikawa, sendo chamada popularmente como diagrama espinha de peixe pela sua semelhança visual, como pode ser observado na Figura 4 (Seleme e Stadler, 2008).

Figura 3. Esquematização do diagrama de Ishikawa



Fonte: Rocha (2019).

O diagrama de Ishikawa é fundamentado no *brainstorming*, do inglês “tempestade mental”, onde é feita uma reunião em grupo para gerar ideias. Há várias formas de se realizar um *brainstorming* como: livre, rodada, anotações em papel do

inglês *brainwriting*, dentre outros. Porém, o diagrama de Ishikawa se diferencia de um *brainstorming* qualquer por representar visual e logicamente as causas potenciais do problema/efeito, além de agrupar em 6 categorias fixas, “6M”: mão de obra, máquina, material, medida, meio ambiente e método (Rocha, 2019).

A mão de obra se refere às possíveis causas relacionadas à operação e ao fator humano. As causas relacionadas à máquina englobam todos os equipamentos envolvidos no processo, suas falhas, presença de sub/superdimensionamento e paradas. Os parâmetros de controle e medição, entretanto, fazem parte da categoria medida, onde ainda se considera a confiabilidade das medições realizadas. Não obstante, as falhas encontradas nas técnicas e procedimentos realizados para medições de acompanhamento ou qualquer realização de uma tarefa são consideradas como método. Em se tratando de material, compreende quaisquer componentes ou insumos utilizados no processo, sendo eles matéria prima, materiais secundários ou embalagens, dentre outros. Analisa causas sobre várias perspectivas como qualidade, manuseio e especificação destes. Por fim, a categoria meio ambiente diz respeito às condições ambientais, físicas e organizacionais do processo. Desde condições climáticas até layout e disposição da fábrica (Ferreira e Silva, 2016).

2.4.1.3. Diagrama de Pareto

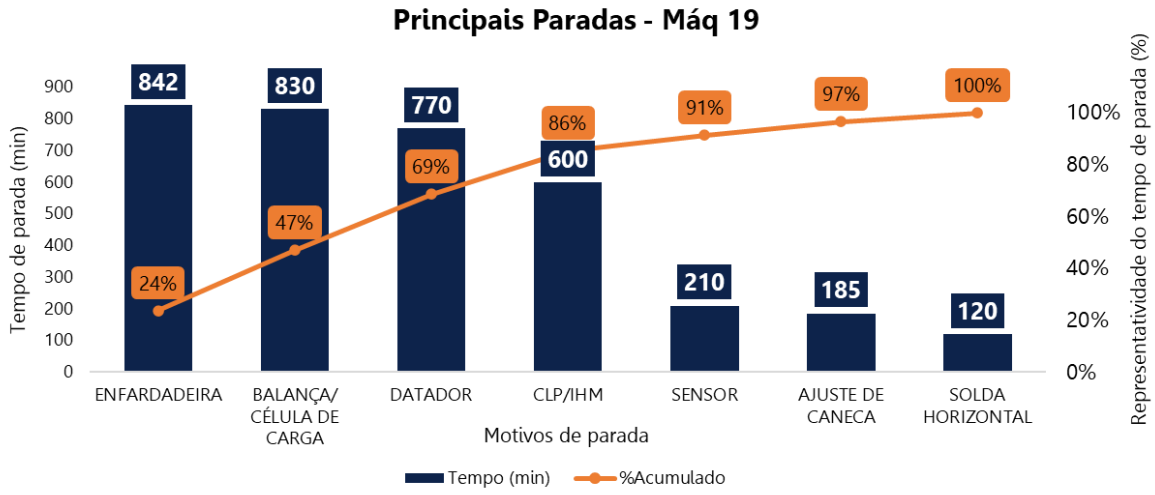
Vilfredo Pareto, um sociólogo e economista italiano, desenvolveu no século XIX um conceito que ficou conhecido como “regra do 80/20”. Esta regra afirma, por exemplo, que 80% da população detém 20% de toda riqueza. Apesar de inicialmente ter afirmado este princípio em relação à distribuição desigual de recursos na sociedade, o princípio é amplamente utilizado na gestão da qualidade. Isto proporciona a identificação das principais causas de um problema e determina, dentre elas, as mais significativas que, ao serem sanadas, terão o maior impacto na minimização da problemática estudada. Ou seja, auxiliam na priorização das causas a serem trabalhadas visto que 20% das causas são responsáveis por 80% dos efeitos/problemas (Seleme; Stadler, 2008).

O diagrama de Pareto é um gráfico de colunas onde, no eixo horizontal, são elencadas as causas e, no eixo vertical, a frequência e/ou impacto de tal problema na produção. As colunas são elencadas de forma decrescente, onde o problema com maior impacto está mais próximo do eixo vertical esquerdo. Ainda, é traçada, no eixo

secundário, uma curva da taxa/percentual acumulativo do impacto das causas sobre o efeito estudado (Rocha, 2019).

Na Figura 5 está representado o tempo em minutos das principais paradas de uma determinada máquina no período de um mês.

Figura 4. Gráfico de Pareto referente ao número de paradas de um maquinário (dados fictícios).



Fonte: a autora (2024).

Analisando a Figura 5, são elencados 7 motivos de parada em que o principal ofensor para essa máquina neste mês foi(ram) a(s) parada(s) referente(s) à enfardadeira, representando 24% de impacto. Neste cenário, as paradas a serem estudadas e/ou tratadas seriam, em ordem de prioridade: enfardadeira, balança/célula de carga, datador e CLP/IHM. Obedecendo, assim, a proporção de resolução de 80% dos problemas.

2.4.1.4. Folhas de estratificação e verificação

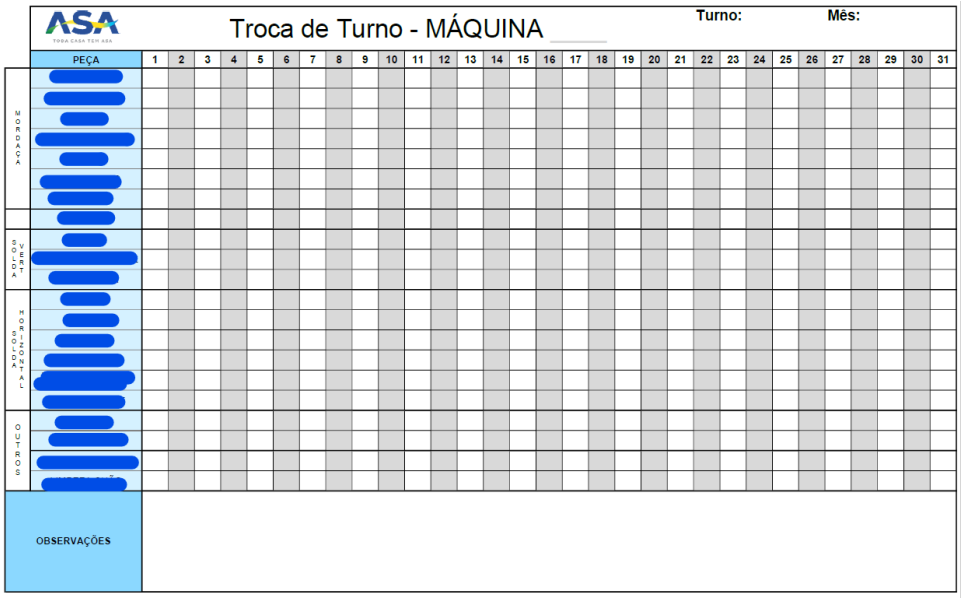
A folha de estratificação tem como objetivo analisar dados por meio de subgrupos significativos e/ou identificação de padrões. Os dados são subdivididos em categorias determinadas por algum critério específico propiciando uma análise mais detalhada dos dados (Rocha, 2019).

Em uma indústria de detergente em pó, por exemplo, pode-se coletar dados sobre a quantidade de sachês envasados no mês. A primeira base de dados consegue realizar a estratificação em relação a: quantidade de sachês dentro e fora do peso

ideal; produção por quinzena, semana ou dia; por hora ou turno; fragrância; versão (gramatura) produzida; maquinário; dentre outros. Vale ressaltar ainda que é possível analisar os dados combinados sob mais de uma ótica determinada, por exemplo, a quantidade de sachês fora do especificado por turno na semana. Por outro lado, as folhas de verificação são tabelas, planilhas ou *checklists* utilizados para padronizar e verificar atributos e/ou parâmetros no processo e organizar informações de forma sistemática. Têm a vantagem de facilitar a coleta de dados, economizando tempo com informações repetitivas, bem como na análise por proporcionarem informações de maneira concisa (Seleme e Stadler, 2008).

Considerando a Figura 5, tem-se um modelo de *checklist* utilizado para conferir a integridade e conformidade de várias peças no maquinário. Tem sua frequência diária, em colunas, sendo distribuída mensalmente para cada um dos turnos. Por meio deste registro, pode-se avaliar a frequência de desgaste de uma peça específica e avaliar o tempo de vida útil da peça ou a necessidade de manutenção preventiva.

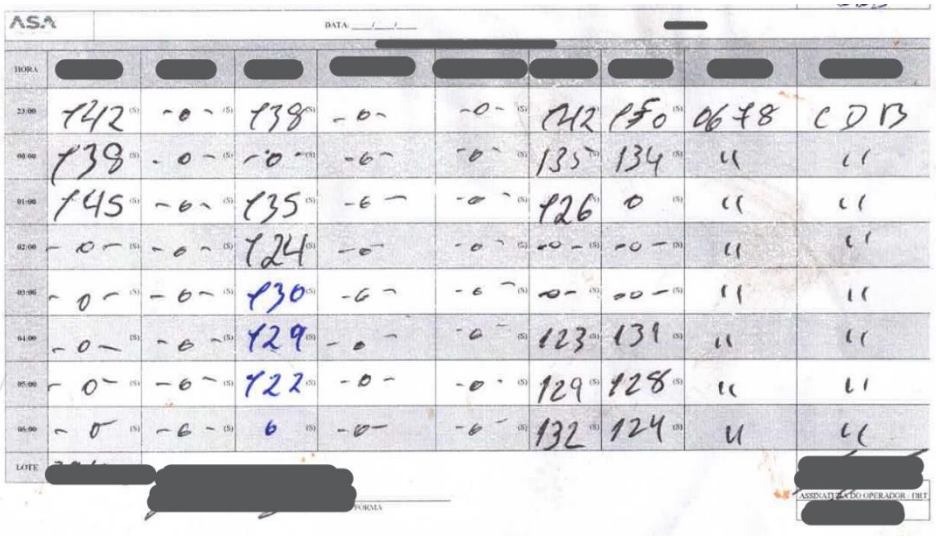
Figura 5. Folha de verificação por troca de turno.



Fonte: ASA (2023).

Em relação à Figura 6, há o registro de acompanhamento do consumo de vários insumos (colunas), ocultado para manutenção do sigilo da empresa, com frequência a cada hora (linhas) em que pode ser preenchido com a quantidade do insumo consumida.

Figura 6. Folha de estratificação de acompanhamento de consumo (modificado).



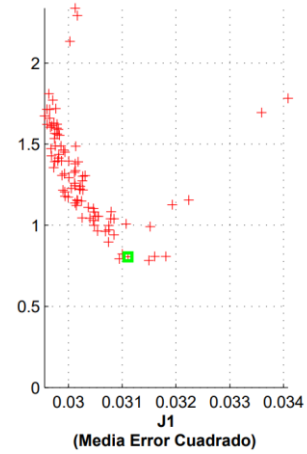
Fonte: ASA (2024).

Com esta folha de estratificação, é possível avaliar e determinar uma média de consumo ideal para a planta, comparar a velocidade de consumo de cada um dos insumos e, exemplo, relacionar com outras etapas do processo para buscar correlações e possíveis otimizações de produção.

2.4.1.5. Gráficos ou diagramas de dispersão

O gráfico de dispersão traz, visualmente, a correlação entre duas variáveis, o que acontece com uma quando a outra muda. É utilizada na identificação de padrões, tendências e possíveis relações de causa e efeito (Borges, 2013).

Figura 7. Exemplo de diagrama de dispersão.



Fonte: Reynoso-Meza, Blasco e Sanchis (2009).

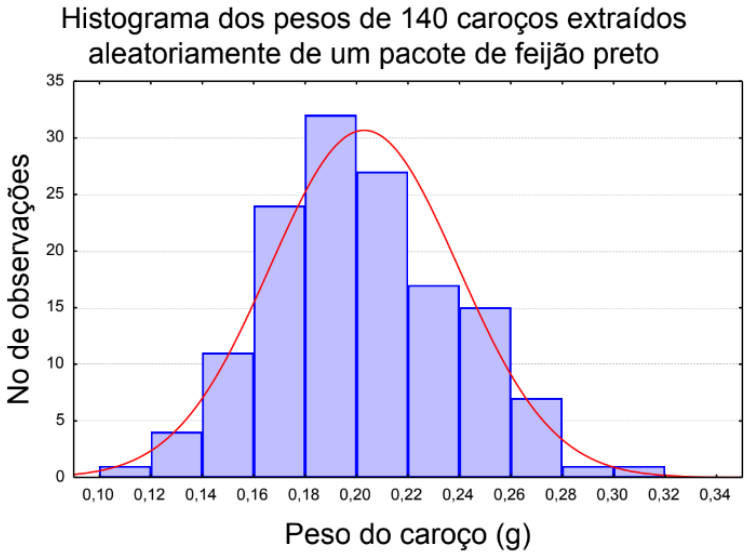
Na Figura 8 observa-se que os valores apresentam uma distribuição dos pontos de forma decrescente, indicando uma tendência negativa conforme avançam em relação ao eixo das abcissas (Reynoso-Meza, Blasco e Sanchis, 2009). Entretanto, os diagramas de dispersão podem demonstrar uma tendência positiva, quando as duas variáveis se comportam de modo análogo, ou ainda ausência de relação, quando se verifica uma dispersão dos valores obtidos. Isto é, quando não se é possível verificar a interferência direta de uma variável com a outra e os pontos estão distribuídos de maneira aleatória e sem uma tendência clara (Rocha, 2019).

2.4.1.6. Histogramas

São gráficos em colunas, adjacentes, que representam a distribuição de dados em um determinado intervalo de valores, conhecidos como "*bins*". Os histogramas convertem informações acerca de dados contínuos em valores numéricos e são frequentemente trabalhados atrelados ao diagrama de Ishikawa. É uma ferramenta de grande apelo visual, por mais que se perca parte da precisão dos dados, e permite identificar tendências e características dos dados, como a presença de *outliers*, ou "pontos fora da curva", e a distribuição dos dados (Rocha, 2019).

Diferente dos gráficos de barras, onde a largura das barras é arbitrária, a largura das colunas em um histograma corresponde a intervalos de dados específicos, proporcionando uma análise mais detalhada da distribuição dos dados, como pode ser observado na Figura 8 (Wu, 2021).

Figura 8. Exemplo de Histograma



Fonte: Pimentel (2020).

De acordo com Wu (2021), os histogramas são fundamentais na visualização de dados, pois auxiliam na compreensão de distribuições complexas e na detecção de padrões que não seriam facilmente identificados em tabelas de dados tradicionais. Além disso, a ferramenta é essencial na análise da variabilidade e da centralidade dos dados, possibilitando uma interpretação mais precisa das características da amostra analisada.

Para construção de um histograma, é necessário determinar o tamanho da amostra (n) que corresponde ao número total de observações disponíveis. Esse valor é obtido através da contagem dos pontos de dados presentes na amostra. Em seguida, calcula-se a média aritmética ($\overline{x}$) pelo somatório de cada valor individual na amostra (x_i) fornecendo uma medida central dos dados (NBR ISO 3534/2019).

Após a determinação da média, procede-se ao cálculo da variância (s^2), que indica, como o nome sugere, o grau de variação dos valores individuais em relação à média da amostra (Equação 1) (Arachchige *et al.* 2022).

$$s^2 = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2 \quad (1)$$

Com esses parâmetros calculados, é possível definir os intervalos de classe (k), também conhecidos como "*bins*". A determinação do número de intervalos pode

variar a depender da métrica utilizada. Dois métodos bastante populares são os da raiz (K_r) (Equação 2) e o de Sturges (K_{st}) (Equação 3) (Fushimi; Saito; Motoda, 2023).

$$k_r = \sqrt{n} \tag{2}$$

$$k_{st} = 1 + log_2(n) \tag{3}$$

Porém, para tamanhos de amostra grandes (na ordem de 10^6), alguns outros modelos são sugeridos como o método de Scott (K_s) (Equação 4) (Scott, 2011) e de Freedman-Diaconis (K_{fd}) (Equação 5) onde q_x é o xº quartil, determinado ao ordenar o conjunto de dados em ordem crescente em que o elemento de posição $\frac{n}{4}$ é o q_1, o q_2 é a mediana, e o elemento de posição $\frac{3\times n}{4}$ é o q_3 (Contreras-Reyes; Brito, 2022). Com o número de intervalos definido, calcula-se a amplitude (h) de cada intervalo (NBR ISO 3534/2019).

$$k_s = \frac{x_{máx} - x_{mín}}{3{,}5 \times s \times n^{-1/3}} \tag{4}$$

$$k_{fd} = \frac{x_{máx} \times n^{-1/3}}{2 \times (q_3 - q_1)} \tag{5}$$

Seguidamente realiza-se a determinação das frequências (f), ou seja, a contagem de vezes em que o valor de x_i, em toda a amostra, são englobados nos limites de cada intervalo específico. Esse processo resulta na frequência de cada intervalo de classe. Para cada intervalo, calcula-se também o ponto médio (m), utilizado em análises adicionais (NBR ISO 3534/2019).

Finalmente, o histograma pode ser construído com os intervalos de classe no eixo horizontal e as frequências no eixo vertical. O histograma permite analisar a distribuição dos dados, identificando características como simetria, dispersão e a forma geral da distribuição, possibilitando ainda comparações com distribuições teóricas, como a distribuição normal.

Para construção da curva de distribuição do histograma, foram utilizados softwares ou cálculo manual a partir da função densidade de probabilidade (FDP). Esta permitiu calcular a área infinitesimal sob a curva, para distribuições normais, representada pela Equação 6 (ABNT ISO 3534/2019).

$$FDP(x) = \frac{1}{s\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\bar{x}}{s}\right)^2} \tag{6}$$

Para este método pode-se haver a influência do erro quadrático médio, corrigido a partir da a normalização, de forma que a integral da curva some 1. Neste

caso, a FDP é multiplicada pelo tamanho do bin (h), conforme descrito por Scott (2015).

Os intervalos de confiança (IC) são uma medida importante para avaliar a dispersão dos dados em torno da média (μ), sendo expressos como a média acrescida ou subtraída de um múltiplo (a) do desvio padrão (σ). Em termos estatísticos, esses intervalos representam a probabilidade de que uma amostra pertença à distribuição padrão, considerando sua variabilidade. No modelo ideal de uma distribuição normal gaussiana, o intervalo de 1 sigma (μ ± 1σ) cobre aproximadamente 68,27%, o intervalo de 2 sigma (μ ± 2σ) inclui 95,45% dos dados, enquanto o intervalo de 3 sigma (μ ± 3σ) abrange 99,73% dos dados, refletindo a quase totalidade da amostra (Stoilov; Stoilova; Dimitrov, 2022).

Além de suas aplicações práticas na visualização de dados, os histogramas desempenham um papel crucial na análise estatística. Histogramas são frequentemente utilizados em estudos de controle de qualidade e em pesquisas científicas para ilustrar a distribuição de variáveis contínuas (Li *et al.* 2021). Através do ajuste de curvas, como a curva normal, sobre o histograma, é possível avaliar se os dados seguem uma distribuição normal. Assim, é possível identificar se os dados possuem simetria, dispersão e outras propriedades que podem influenciar a interpretação dos resultados (Ritchie; Engelbrecht; Booysen, 2023).

Uma vez compreendida algumas das ferramentas da qualidade utilizadas no dia a dia de uma indústria, é necessário entender que metodologias podem ser usadas para conduzir um processo a melhores patamares de qualidade.

2.4.2. Ciclo PDCA

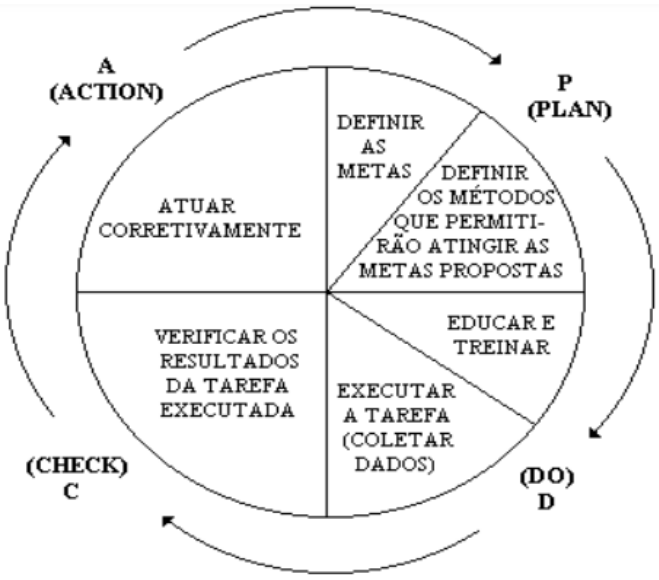
O ciclo PDCA é uma metodologia amplamente difundida em diversos âmbitos organizacionais e setores industriais devido à sua comprovada eficácia na promoção da melhoria contínua e na solução de problemas. Ele se mostra especialmente relevante em cenários nos quais as organizações enfrentam desafios como baixa produtividade, falhas em processos, insatisfação dos clientes e custos elevados, sendo aplicado sempre que se faz necessário aprimorar a qualidade, a eficiência de processos, produtos ou serviços. Essa metodologia oferece uma abordagem estruturada e sistemática para identificar, planejar, implementar e avaliar as mudanças

necessárias para alcançar metas e objetivos organizacionais, garantindo assim um ciclo de melhoria contínua (Fauzy *et al*. 2021).

Ao seguir os estágios do ciclo PDCA, as empresas podem identificar as causas-raiz dos problemas, implementar soluções efetivas e monitorar os resultados ao longo do tempo. Além disso, o PDCA promove a padronização de processos, a cooperação entre equipes e a cultura de responsabilidade pela qualidade, contribuindo significativamente para o êxito e a competitividade das organizações (Chen *et al.* 2020).

O ciclo PDCA, também conhecido como ciclo de Deming ou ciclo de melhoria contínua, consiste em quatro etapas interligadas e lógicas que guiam o processo de melhoria contínua em uma organização (Figura 9).

Figura 9. Esquema de ciclo PDCA.



Fonte: Albuquerque (2017).

Na Figura 9, tem-se que a primeira etapa, "p*lan*" (planejar), envolve o estabelecimento de metas e objetivos claros; identificação de problemas e oportunidades de melhoria; análise de dados e elaboração de um plano de ação detalhado. Nesta fase, as organizações definem estratégias, recursos necessários e prazos para alcançar os resultados desejados (Santos *et al*., 2023).

Na segunda etapa, "*do*" (fazer), o plano de ação é efetivamente executado de acordo com o planejado. Isso implica na implementação das mudanças propostas, no treinamento da equipe, na coleta de dados e no monitoramento do processo em tempo

real. Durante este estágio, é essencial assegurar que todas as atividades sejam realizadas conforme planejado e que quaisquer desvios sejam prontamente identificados e corrigidos a fim de garantir o andamento e sucesso da implementação da metodologia (Foulla, 2021).

A terceira etapa, "*check*" (verificar), concentra-se na avaliação dos resultados obtidos após a implementação das mudanças. Os dados são analisados para determinar o alcance das metas e a eficácia das melhorias propostas. Essa avaliação ajuda a identificar se o plano de ação foi bem-sucedido e se há necessidade de ajustes ou correções para alcançar os resultados desejados (Santos *et al.* 2023).

Por fim, na etapa "*act*" (agir), os aprendizados obtidos durante o processo são utilizados para padronizar as melhores práticas identificadas. As lições aprendidas são documentadas e incorporadas ao conhecimento organizacional, preparando a equipe para repetir o ciclo PDCA continuamente (Chen *et al.* 2020). Em se identificando na etapa anterior, *check*, a ineficiência parcial ou total do planejamento realizado, nesta última etapa são realizadas as modificações necessárias para aprimorar os planos de ação traçados e é dado início a um novo ciclo, com a definição de novos planos baseados nas inferências realizadas. Essa etapa incentiva a cultura da melhoria contínua e garante que a organização esteja sempre adaptando e aprimorando seus processos para atender às necessidades do mercado e alcançar seus objetivos estratégicos (Bai, 2023).

3. METODOLOGIA

Um dos grandes desafios da etapa de envase é manter o peso do sachê o mais perto e constante do valor nominal. O Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) determina um limite de variação de peso para cada categoria de produto com um dos principais intuitos de assegurar o consumidor que, de fato, está comprando o que se é indicado na embalagem. Ao comercializar um produto com peso abaixo do que o permitido, além de ser danoso ao consumidor, a empresa sofre risco de ser multada e receber reclamações de clientes, abalando a confiabilidade da marca. Porém, ao comercializar com peso acima do indicado, a empresa também é prejudicada pois arca com prejuízos financeiros.

Para analisar e propor melhorias em relação ao controle de peso, foi preciso definir os maquinários alvos baseados que apresentam maior semelhança, para ter o mínimo de variáveis externas possível. Em se tratando do acompanhamento do processo de envase do detergente em pó na ASA Indústria e Comércio, o principal registro de informações do maquinário e suas paradas é denominado “hora a hora”. Nele, constam diversas informações como a eficiência e o andamento do dia fabril. Este registro era preenchido diariamente e renovado a cada turno.

Cada operador de cada máquina ficou responsável por preencher com os dados da produção do turno, em sua maioria a cada hora, como o nome sugere: lista de verificação dos atributos do pacote; peso médio dos sachês; quantidade de produção; motivos de parada; conferência de peso. Além disso, a cada a hora foram coletadas as informações necessárias para garantir a rastreabilidade do processo, como dia, turno, máquina, versão (peso), fragrância, marca (Invicto ou Bem-te-vi) e lote de insumos utilizados.

Assim, obteve-se um registro físico, a fim de analisar os dados do envase por completo, sendo parte das informações imputadas em planilhas, para que a versão física original seja arquivada. As informações computadas foram: dia, turno, máquina, versão, motivos e tempo de paradas, produção total, rejeição por sobrepeso, rejeição por subpeso, média de peso dos sachês geral e conferência de peso.

O fator humano é extremamente presente na confiabilidade desses dados, visto que todas as informações escritas no documento eram feitas pelo operador de máquina e a computação dos dados feita pelos encarregados do turno ou outros

colaboradores. Há inúmeras informações de extrema importância para a análise do processo e de bastante detalhe, como o apontamento exato dos minutos e descrição correta e completa de uma parada de maquinário. Deste modo, os maquinários do envase foram equipados com o *software* de monitoramento “Perfor”, a fim de obter inúmeras informações com extrema confiabilidade.

A Perfor foi instalada em cada um dos maquinários e conta com um programa de computador na rede da empresa onde são compilados todos os dados obtidos e disponibilizados para análise. Desse modo foi possível analisar tempo, de segundo até dias; maquinário; turno; versão; peso médio abaixo, dentro da especificação e acima; quilogramas e unidades rejeitados por subpeso e sobrepeso, e quilogramas e unidades de produto envasado. Em seguida, foi gerado um relatório com a compilação dos dados gerados a cada turno e outro que analisa a produção “peso a peso”, ou seja, a cada sachê produzido.

3.1. ENVASE DETERGENTE EM PÓ

O envase do detergente em pó da ASA Indústria e comércio conta com uma grande variedade de maquinários que empacotam e enfardam, simultaneamente, detergentes de marcas, versões (peso) e fragrâncias diferentes, a depender da especificidade e configuração de cada uma.

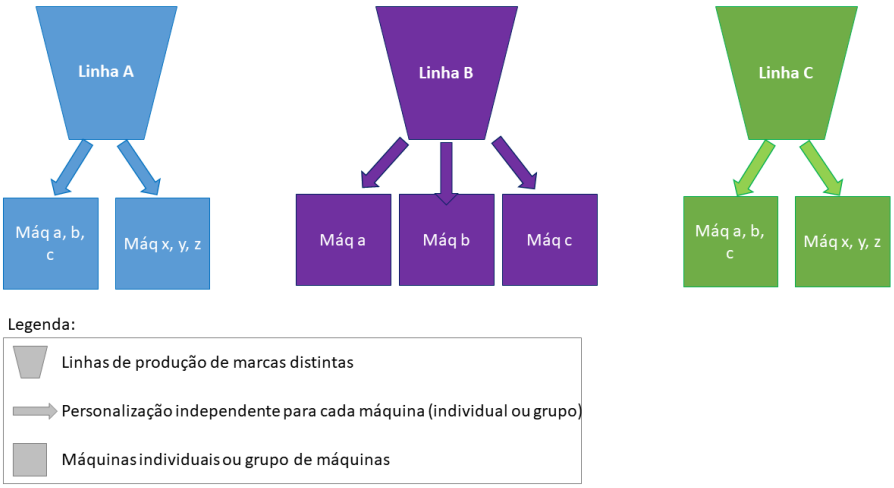
A planta é dividida em três principais linhas: A, produzindo Bem-te-vi; B, produzindo Invicto; e C, produzindo Aliado. O maior volume de produção advém da fabricação do detergente em pó Bem-te-vi, com ênfase na versão de 500g.

Todas as máquinas possuem a capacidade de produzir mais de um tipo de versão, tornando-as flexíveis em sua programação. Porém, há limitação física de cada um dos maquinários visto que foram projetadas para produzir, primordialmente, um *range* determinado de versões. A exemplo, a estrutura necessária para envasar 500 g difere da necessária para se envasar 4 kg. Ou seja, há a flexibilidade de versão, mas normalmente 2 a 3 versões com pesos próximos, tais como 800 g, 1 kg e 1,6 kg.

Ao observar a Figura 10, compreende-se que há 3 linhas distintas de produção em que cada uma delas produz uma formulação base de produto diferente e alimentam máquinas preestabelecidas. Há a possibilidade de customização para cada um dos maquinários (individual ou grupo) por meio de substâncias aditivas incorporadas no produto específico, representado pelas setas.

Desta forma, por mais que bastante comum variar a versão de cada um dos maquinários, a marca envasada em cada uma delas é, exceto raras exceções, constante.

Figura 10. Esquematização da configuração do envase.



Fonte: a autora (2024).

Um dos grandes desafios da empresa na etapa de envase é manter o peso do sachê o mais perto e constante do valor nominal. O controle é necessário a fim de não gerar prejuízo (sobrepeso), nem prejudicar o consumidor (sub peso), ainda que dentro do limite previsto pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO).

Para analisar e propor melhorias, é preciso definir os maquinários que serão objeto de estudo. A fim da análise ser relevante, foi escolhido o produto de maior volume de produção como premissa: Bem-te-vi 500g. Pela configuração da fábrica e dependências entre equipamentos, selecionou-se a linha A, com ênfase nas máquinas 1, 2, 5 e 6. Isto, com intuito de haver o mínimo de diferença entre os objetos de estudo para que a única variável relevante seja, de fato, a pesagem de cada sachê.

Cada dupla de máquinas empacota sachês que alimentam a enfardadeira, uma terceira máquina responsável por agrupar uma determinada quantidade de unidades de produto individual em uma embalagem secundária. Desta forma, cada operador monitora os dados de um par de máquinas e é o responsável pelo preencher de quaisquer registros necessários.

Há duas fontes de dados no envase, um *software* de monitoramento, Perfor, e o registro físico, “hora a hora”. Este último é o principal registro de informações do maquinário. Nele, constam diversas informações sobre a eficiência e o andamento do dia fabril acompanhados, como o nome sugere, a cada hora. Nele, há campos baseados nas ferramentas de qualidade, a exemplo, *cheklist* de atributos da embalagem. Também são registrados peso médio dos sachês, quantidade de produção, motivos de parada, bem como informações necessárias para garantir a rastreabilidade do processo, como dia, turno, máquina, versão (peso), fragrância, marca e lote de insumos utilizados. Este registro físico tem suas informações transferidas para planilhas, para que seja possível a análise posterior dos dados.

A fábrica de detergente em pó também conta com um *software* de monitoramento instalado nos maquinários, a Perfor. Com este sistema, é possível analisar os dados da produção com emissão de relatórios por meio de uma plataforma onde os dados são compilados e disponibilizados para análise.

São completamente adaptáveis os campos de pesquisa, podendo estratificar por intervalo de tempo; maquinário; turno; versão; peso; unidades produzidas/rejeitadas de forma detalhada. O relatório para análise do peso individual dos sachês é gerado de forma contínua, como pode ser observado na Tabela 1. Ou seja, toda a produção individual, por exemplo, das 3 h 0 min e 0 s do dia até às 23 h 45 min e 0 s do dia seguinte são gerados em sequência.

Tabela 1. Modelo de relatório de dados da Perfor (Máquina 01, turno 2).

Data e hora	Produto	Peso	Classificação
20/12/2023 16:25:01	BEM-TE-VI 500G	504,3	Aprovado
20/12/2023 16:25:02	BEM-TE-VI 500G	501,10	Aprovado
20/12/2023 16:25:02	BEM-TE-VI 500G	502,70	Aprovado
20/12/2023 16:25:03	BEM-TE-VI 500G	499,90	Aprovado
20/12/2023 16:25:03	BEM-TE-VI 500G	497,50	Aprovado
20/12/2023 16:25:03	BEM-TE-VI 500G	496,30	Aprovado
20/12/2023 16:25:04	BEM-TE-VI 500G	498,40	Aprovado

Fonte: a autora (2024).

3.2. PLANO DE AMOSTRAGEM

A produção de detergente em pó acontece no modelo 6:1, ou seja, produziu 24 h por dia por seis dias, de segunda a sábado, parando apenas no domingo para realizar manutenções preventivas e limpezas complexas, como as envolvendo espaço confinado e atividade em altura ou que necessitam do equipamento parado. Cada empacotadora operou com a velocidade nominal de 55 unidades por minuto e dosagem líquida de produto considerado conforme de 500 g ± 10 g por sachê. Em um intervalo de sete meses de produção, foram produzidos mais de 57 milhões de sachês. Assim, era inviável analisar todos os dados e se fez necessário determinar um plano para selecionar uma amostragem para inspeção das características da população toda.

Segundo a NBR 5425/1985 e a NBR 5426/1985, se fez necessário determinar uma quantidade de amostras para inspecionar um atributo ou variável de uma produção, principalmente se o tamanho da população (totalidade de unidades) for grande, que foi o caso do presente estudo. Inicialmente, determina-se o tamanho do lote a ser examinado e o nível de inspeção a ser seguido a fim de classificar a amostra. Em seguida, o Nível de Qualidade Aceitável (NQA) e o tipo de inspeção para ser determinado o tamanho da amostra e os valores de aceitação e rejeição do lote.

A inspeção da massa do produto é tida como inspeção de variável, visto que é uma grandeza contínua e que os produtos são classificados como aprovados ou reprovados baseado em um intervalo.

Os sachês foram avaliados somente em relação à variável de massa, sendo classificados como reprovados os que estiverem fora do intervalo determinado pela empresa (defeito crítico), o qual vai de 490 g a 510 g.

3.3. HISTOGRAMA

Foram testados os quatro tipos de cálculo de intervalo de classe ao calcular a FDP para a amostragem selecionada dos 7 meses. Foi analisado o desvio dos percentuais dos intervalos de confiança de cada método em relação à distribuição gaussiana e, selecionado assim, o modelo melhor adequado. Com o modelo de k

selecionado, são analisadas novamente os desvios, mas com ênfase em cada um dos maquinários.

Inicialmente, foi determinado o tamanho da amostra (n), a média aritmética ($\bar{x}$), variância (s^2), desvio padrão (s), intervalos de confiança (IC) e quartis (q_n). Assim, calculou-se os intervalos de classe (k) conforme as equações 2 a 5, detalhadas no item 2.4.1.6, sendo considerado o inteiro superior mais próximo. Foi então calculado a amplitude (h) dos intervalos, seguido do valor médio (m) e contagem das frequências (f) de amostras presente em cada um.

Assim, determinou-se a FDP, descrita na equação 6, para cada um dos intervalos. Com intuito de eliminar o erro quadrático médio, a FDP é multiplicada pela amplitude (h) dos intervalos.

Desta maneira, baseado no IC previamente definido, soma-se as probabilidades (FDP) de cada classe a fim de determinar o percentual de frequência de amostras no intervalo de ±1σ, ±2σ e ±3σ. Então, foi calculado o desvio de cada intervalo em relação à distribuição gaussiana.

O gráfico do histograma foi construído com os intervalos de classe no eixo horizontal, as frequências no eixo vertical primário e a FDP no eixo vertical secundário.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi determinado como objeto de estudo a produção da marca Bem-te-vi de versão 500 g da linha A1 considerando as máquinas 1, 2, 5 e 6. .Foi considerada a Perfor como fonte de dados, e gerados relatórios com filtro de data de produção, a hora e as máquinas determinadas acima. Foram coletados múltiplos relatórios, no mínimo dois dias por semana, entre julho/2023 e janeiro/2024. Por vezes, houve falha na conexão entre a Perfor e as máquinas, havendo uma ausência de dados em períodos específicos. Contudo, é importante frisar que esses lapsos foram compensados com outros dias coletados no mês em que se apresentou a falha.

Assim, mais de 5 milhões de dados brutos foram coletados seguindo a configuração demonstrados na Tabela 1 mencionada no item 3.1. A amostragem determinada contém diversas inconsistências, uma vez que é sabido que a realidade sempre difere da teoria. Assim, para minimizar a influência desses erros na construção do histograma e posterior análise, foi elaborado um diagrama de Ishikawa com as principais causas de interferências na pesagem para ser eliminado da amostra a ser analisada.

Segundo a NBR 5426, referente a planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos, classifica o sachê de detergente em pó como produto terminado. Os sachês cujo peso está dentro do intervalo de 490 g a 510 g, mas com peso diferente de 500 g foram considerados como aprovados, porém com defeito tolerável, visto que estão dentro da especificação da empresa e da legislação (INMETRO, 2008). Os sachês com peso de 500 g foram considerados aprovados sem defeitos.

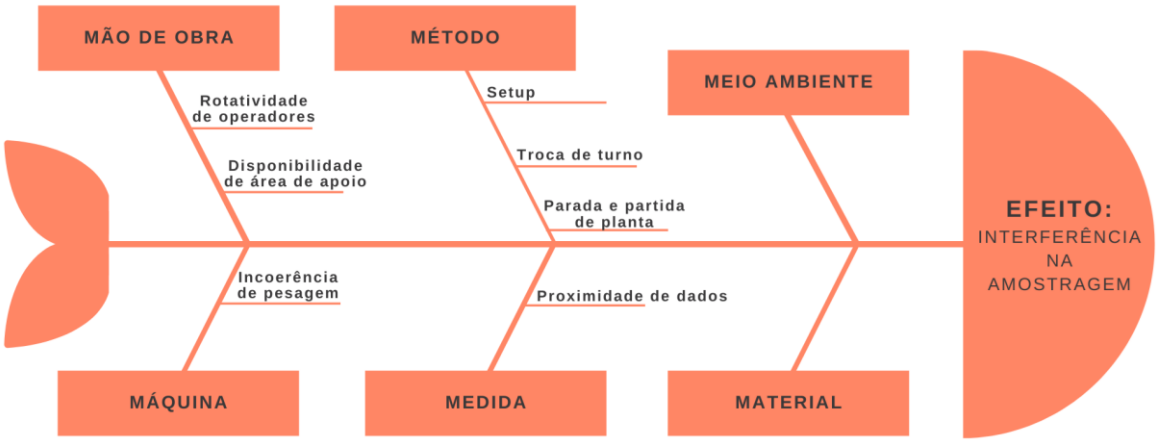
O tamanho do lote foi determinado como “Q” conforme a “Tabela 1 - Codificação de amostragem” (Anexo A), segundo a orientação da norma para nível geral de inspeção II e tamanho do lote acima de 500.001 unidades. Considerou-se um plano de amostragem simples com regime de inspeção normal, resultando em um tamanho de amostra de 1.250 unidades necessário para ser representativo da produção. Como o objetivo é analisar o comportamento da produção, considerou-se o nível de qualidade aceitável como sendo 1,0. Assim, segundo o Anexo A - Planos de amostragem para amostras de código ‘Q’, considerou-se o lote como aceito

aqueles que tiveram até 21 unidades de amostras reprovadas. Os com 22 amostras ou mais, foram rejeitados.

4.1. DIAGRAMA DE ISHIKAWA

Alguns fatores foram levados em consideração para estratificar amostras com a menor interferência de agentes externos possíveis: supervisão e disponibilidade de áreas de apoio, início e fim de turno, parada e partida de planta, horário de *setup*, proximidade de tempo entre amostras, incoerência de dados. Uma vez realizada a estratificação foi elaborado o diagrama de Ishikawa a fim de encontrar as causas da interferência na amostragem, conforme pode ser observado na Figura 8.

Figura 11. Diagrama de Ishikawa sobre a interferência na amostragem.



Fonte: a autora, 2024.

Analisando a Figura 8 tem-se que sete causas, distribuídas em 4 categorias podem conduzir a algum tipo de interferência na amostragem. Para entender melhor é preciso lembrar que o funcionamento da fábrica ocorre de segunda a sábado. Entretanto, a equipe industrial fica defasada nos finais de semana, uma vez que alguns colaboradores trabalham em escala diferente (horário administrativo) e que, durante a semana, conseguem dar apoio e intervir a qualquer intercorrência, o que não é tão simples nem recorrente aos finais de semana. Assim, na coleta de dados inicial, foi dada preferência aos dias entre terça-feira e sexta-feira.

A fábrica funciona em regime de turnos, com o turno “1” ou “A”, de início às 6 h até às 14 h; o turno “2” ou “B” das 14 h às 22 h, seguido do turno “3” ou “C”, das 22 h às 6 h do dia seguinte. Assim, a fim de evitar quaisquer interferências na estabilidade do processo, foram desconsiderados 45 min no período em que é realizada a troca de turno, uma vez que há mudança de todos os operadores e líderes de turno sendo um momento propício a desatenções, ainda que padronizado e com *checklist* de passagem de turno. Foram, então, desconsiderados os dados coletados entre 5 h e 45 min e 6 h e 30 min, 14 h e 45 min e 15 h e 30 min e 21 h e 45 min e 22 h e 30 min.

Outro fator relevante está relacionado ao método para a partida de planta, que normalmente ocorre na segunda-feira das 6 h às 8 h. Entretanto, excepcionalmente ocorreram momentos em que a fábrica partiu mais tarde, chegando no máximo a iniciar suas atividades às 12 h. Dessa forma, os dados entre esse intervalo de horas dos dias com presença de anormalidades foram desconsiderados no estudo.

De semelhante modo, a fábrica para às 6 h aos domingos e passa 24 h parada. Para isso, a fim de prevenir entupimentos de tubulações e garantir o bom funcionamento dos maquinários na retomada da produção, o processo produtivo precisa ser interrompido alguns minutos antes do final do turno para assegurar que não tem material intermediário ou acabado em linha. Assim, foram desconsideradas as últimas duas horas do turno C aos domingos.

No que se refere à causa descrita como *setup* de linha (Figura 8), uma ressalva se faz necessária. Por se tratar de um produto que conta com 6 variants, há a necessidade de realizar troca de insumos ao se produzir as variantes de Bem-te-vi 500 g conforme demanda de mercado.

Desse modo, é feito um ajuste em relação à formulação do produto em si, atrelado ao processo de fabricação, e, também, à mudança de arte da embalagem. Esse procedimento pode variar de minutos a horas, a depender: da disponibilidade do produto acabado; do restante de insumo em maquinário para ser consumido antes de trocar para uma nova fragrância, a fim de evitar desperdícios; da quantidade de máquinas que ficam ociosas à espera da finalização de filme de embalagem de outras máquinas, pois toda linha é alimentada com o mesmo produto pela mesma fonte; e da urgência de produção para atender os pedidos realizados.

Os *setups* em sua grande maioria foram realizados no início do turno A, mas podem acontecer no início de outros turnos também. Foram então desconsideradas

duas horas do início do turno da manhã a fim de contemplar os *setups* realizados e 30 min iniciais dos turnos B e C.

O envase de detergente em pó em sachês utiliza uma dosadora volumétrica. O filme da embalagem é alimentado entre os rolos de tensionamento, passa por um tubo formador onde suas laterais são sobrepostas e seladas verticalmente. Em seguida, é selado horizontalmente para fechar a base do sachê. Então, o produto é dosado e o sachê é selado novamente na horizontal na parte superior, formando o pacote final.

Apesar de trabalhar com um *software* extremamente preciso de medição, a Perfor não conta com um sistema de discriminação de informação. Absolutamente tudo que se é pesado, é computado.

Após o sachê confeccionado, o pacote cai sobre uma balança estática em que o peso do sachê é computado e o sachê é empurrado em uma esteira para seguir o percurso da produção. Entretanto, algumas vezes dois (ou mais) pacotes são pesados simultaneamente por diferentes erros de maquinário, a citar: o pacote enganchou no empurrador de embalagem e permaneceu na balança quando outro pacote foi dosado; um pacote apresentou peso muito abaixo e não tinha volume suficiente para ser empurrado na esteira, ficando na balança quando outro pacote era pesado; falha no empurrador de pacotes; esteira de saída sem comunicação com maquinário e, quando a rotação foi interrompida, a dosagem de produto continuou ocasionando na pesagem de múltiplos pacotes de uma vez.

Em relação aos relatórios obtidos pela Perfor, houve alguns valores iguais e/ou maiores que 600 g. Esses valores podem ser explicados pelas situações descritas acima em relação à dosagem de um ou mais sachês por vez. Por mais que esses erros não sejam frequentes na produção, são conhecidos. Contudo, é fisicamente impossível dosar mais do que 600 g de produto baseado nas dimensões do sachê. Ainda que o produto esteja com uma densidade muito alta, o que ajudaria na sua compactação, não há espaço suficiente para dosar mais 100 g de produto do que o determinado. De forma conservadora, foram ignorados os dados cujo peso foi acima de 650 g.

Após tais tratativas, a quantidade de dados ainda excedia o de 200 mil unidades, como o tamanho da amostra pela NBR 5426/1985 deve ser de 1.250, foi utilizado o Excel para refinar a amostragem. Nesta ferramenta, o tratamento de dados permite fixar certas categorias, como o código da máquina, a data e a hora da

medição, e variar outras, como o peso ou segundos. Esse processo de filtragem compara as linhas da base de dados e identifica se existem entradas que possuem os mesmos valores em todas as categorias especificadas. Quando se encontra uma correspondência exata em várias linhas, são mantidos apenas os registros únicos, eliminando as duplicatas. Por exemplo, se duas leituras de uma máquina no mesmo dia, hora, minutos e segundos apresentarem o mesmo valor de peso, apenas uma será mantida. Após a eliminação inicial das duplicatas em relação à categoria de segundos, a quantidade de dados foi reduzida significativamente, mas ainda restavam cerca de 30 mil registros. Para refinar ainda mais a amostragem, o processo foi repetido, desta vez fixando também a categoria de minutos. Assim, obteve-se a distribuição de dados conforme a Tabela 2.

Tabela 2. Detalhamento da distribuição das amostras coletadas.

Meses	**Quantidade (n)**	**Máquina**	**Quantidade (n)**
Julho 2023	1.732	Máquina 01	2.745
Agosto 2023	1.276	Máquina 02	2.674
Setembro 2023	1.132	Máquina 05	2.679
Outubro 2023	1.320	Máquina 06	1.866
Novembro 2023	1.528	**Total**	**9.964**
Dezembro 2023	1.575		
Janeiro 2024	1.401		

Fonte: a autora (2024).

Assim, os dados utilizados para o teste dos cálculos de intervalo de classes foram resultantes de 38 dias diferentes ao longo de sete meses, totalizando 9.964 dados, com cerca de 1.300 dados por mês e 2.500 dados por maquinário. Ou seja, a estratificação dos dados se mostrou uniforme e bem distribuída no intervalo de tempo determinado.

4.2. CONSTRUÇÃO DO HISTOGRAMA

A análise da amostra populacional foi inicialmente conduzida através da determinação de estatísticas descritivas fundamentais, incluindo a média, o desvio

padrão e a variância. A média dos dados foi de 494,82 g, enquanto o desvio padrão e a variância apresentam valores de 59,63 g e 3.555,61 g², respectivamente. Esses indicadores revelam uma relativa concentração dos dados em torno da média, embora alguns pontos de dispersão sejam evidentes, como os valores mínimo e máximo da amostra, que correspondem a 0 g e 647 g, respectivamente. Os quartis (q1, q2, e q3) são calculados como 499 g, 501 g e 505 g, respectivamente, confirmando a concentração da maioria dos dados em torno do ideal, 500 g.

Para determinar o número *bins* do histograma, são testados os quatro métodos da raiz quadrada (K_r), Sturges (K_{st}), Scott (K_s) e Freedman-Diaconis (K_{fd}) determinados pelas equações 2, 3, 4 e 5, respectivamente, detalhadas no item 2.4.1.6. Os resultados obtidos para a quantidade de bins (k), conforme demonstrado na Tabela 3, revelam variações significativas entre os métodos utilizados.

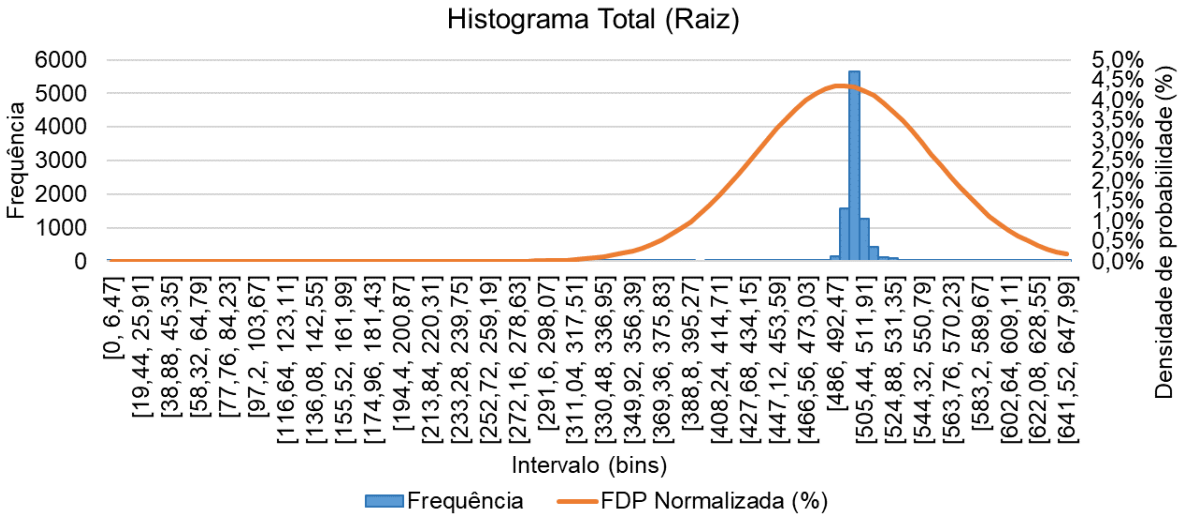
Tabela 3. Resultados dos métodos de determinação da quantidade de *bins*.

Parâmetro	Raiz	Sturges	Scott	FD
k	99,8198	14,2825	66,7100	1160,2038
k considerado	100	15	67	1061
h	6,48	45,3	9,66	0,56
1σ (%)	64,78%	84,13%	74,78%	68,50%
2σ (%)	96,06%	96,87%	96,13%	96,02%
3σ (%)	99,85%	100,00%	99,84%	99,87%
Desvio 1σ	5,11%	23,24%	9,54%	0,34%
Desvio 2σ	0,64%	1,48%	0,71%	0,60%
Desvio 3σ	0,12%	0,27%	0,11%	0,14%

Fonte: a autora (2024).

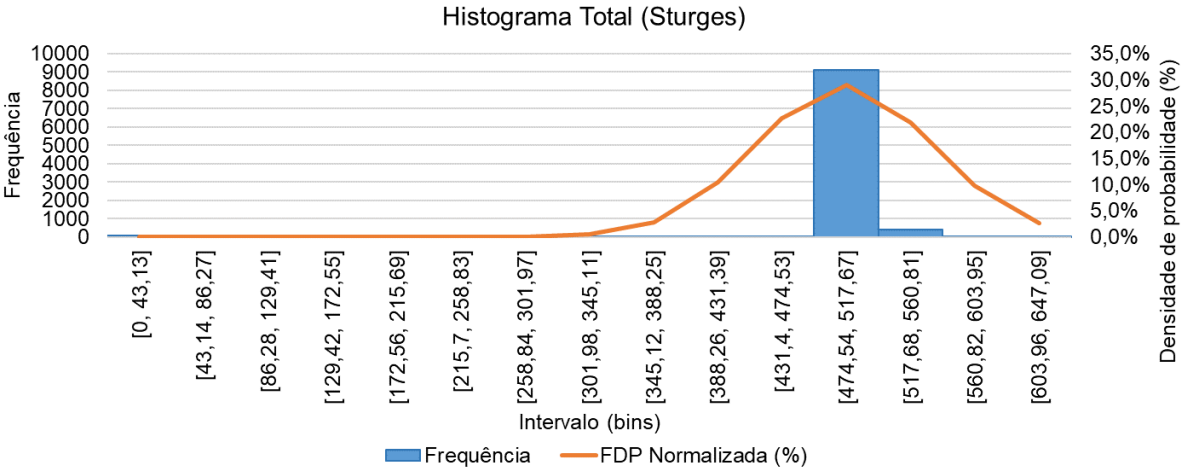
Com os valores de k estabelecidos, a amplitude (h) foi determinada, possibilitando a construção dos histogramas pelo cálculo da função de densidade de probabilidade (FDP) para cada intervalo, resultando na sua posterior normalização. Os histogramas construídos para as abordagens mencionadas estão apresentados nas Figuras 9, 10, 11 e 12.

Figura 12. Histograma total (Raiz).



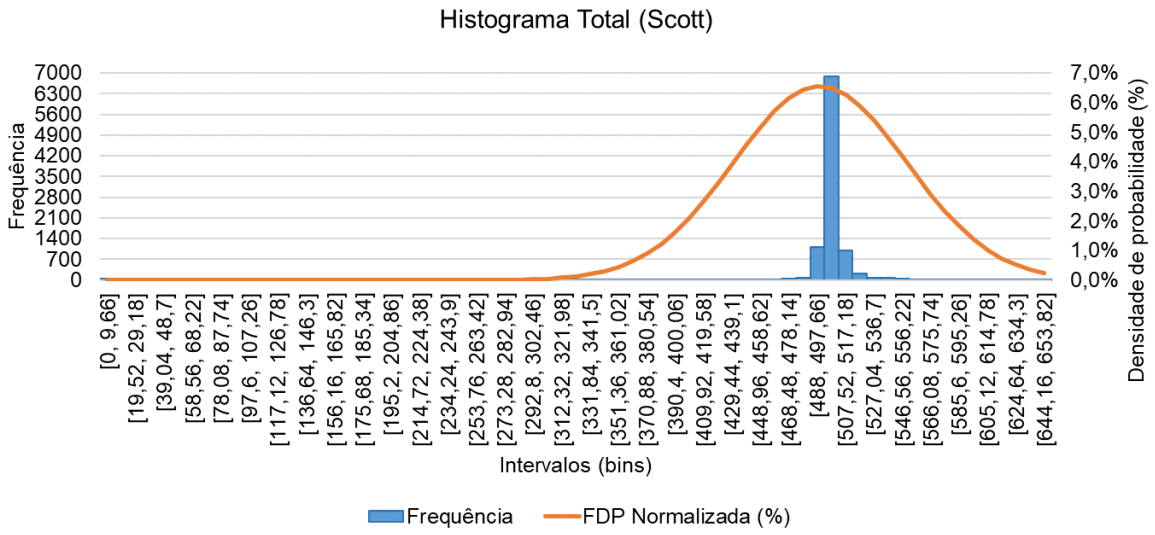
Fonte: a autora (2024).

Figura 13. Histograma total (Sturges).



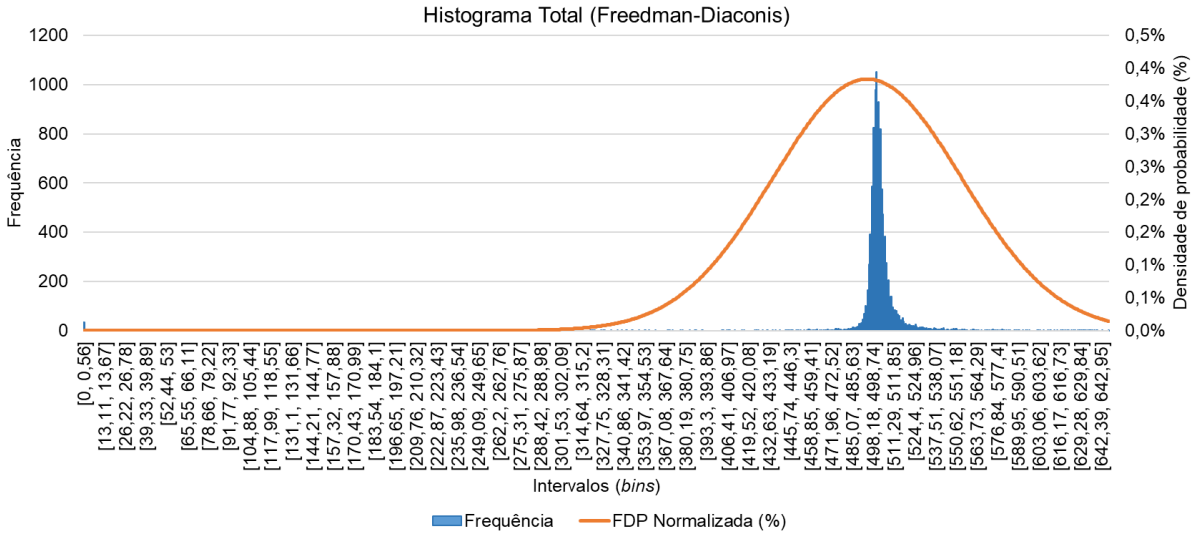
Fonte: a autora (2024).

Figura 14. Histograma total (Scott).



Fonte: a autora (2024).

Figura 15. Histograma total (Freedman-Diaconis).



Fonte: a autora, 2024.

Analisando a Tabela 3, os resultados evidenciam que o método de Freedman-Diaconis apresenta a menor discrepância em relação à distribuição teórica ideal (68,27%, 95,45% e 99,73% para 1σ, 2σ e 3σ, respectivamente), por meio do cálculo do desvio. Especialmente devido ao maior número de *bins*, o que possibilita uma análise mais minuciosa da distribuição dos dados. Consequentemente, o modelo de Freedman-Diaconis é então selecionado para a análise detalhada dos dados por maquinário.

Ao analisar as imagens 11, 12, 13 e 14, observa-se que, para todos os métodos, houve um desvio considerável para direita do histograma, acompanhado de uma longa cauda à esquerda com frequência próxima de zero. Isto é explicado pela presença de *outliers* com pesos muito abaixo da média, calculada anteriormente como 494,82g. Pela figura 12, observa-se com maior facilidade a maior concentração de dados variando de 470 g a 560 g, o que é repetido nos demais histogramas. Ainda, há um pico de frequência entre 498 g e 517 g (Figura 13) que demonstra que a maioria dos pacotes produzidos em sua totalidade, reprovados ou aprovados, estão, de fato, acima do mínimo (490 g) estipulado pela empresa e pelo INMETRO.

Apesar dos dados bastante deslocados para a direita, observa-se um formato de sino da curva da FDP. Ou seja, a produção, retiradas interferências, comporta-se em conformidade com modelo estatístico gaussiano previsto na literatura.

4.3. ANÁLISE POR MAQUINÁRIO

Para análise por maquinário, das 9.964 amostras iniciais é avaliado apenas as amostras classificadas como “Aprovadas” e pesos de até 540 g, visto que para garantir a representatividade da amostra, conforme estipulado pela NBR 5426/198, é necessário considerar um total de até 1.250 unidades por análise, o que levou à necessidade de refino dos dados e consequente exclusão dos que não se enquadraram nos critérios estabelecidos.

A Tabela 4 agrupa os parâmetros para o cálculo do K_{FD} e indica que, mesmo com o $n_{máximo}$ chegando até 40 g acima do peso ideal e o $n_{mínimo}$ somente 10 g a menos, a mediana de todas as máquinas se aproxima bastante do valor de 500 g, bem como o q_1 e q_2 ainda dentro do *range* especificado pela ANVISA. Sendo isto um possível indicativo de pequenas variações e desvios das pesagens dos maquinários.

Tabela 4. Parâmetros por máquina.

Parâmetro	Máquina 1	Máquina 2	Máquina 5	Máquina 6
n	1242	1245	1247	1223
n mínimo	490	490	490	490
n máximo	540	525	539	537
q_1	500	499	499	499
q_2	502	501	502	502
q_3	504	503	506	505

Fonte: a autora (2024).

Em seguida, foi realizado o cálculo do método de intervalo de classes determinado, o de Freedman-Diaconis. Seguindo o mesmo procedimento do que o utilizado para a consolidação dos dados obtidos no tópico anterior, é chegado aos resultados por maquinário descrito na Tabela 5.

No entanto, embora os resultados sejam satisfatórios em relação à amostragem anterior (9.664 dados), para a quantidade média de 1.250 dados por maquinário, o modelo de FD se mostra inadequado. Isto pode ser observado no desvio médio acima de 1% apresentado para todos os maquinários.

Para algumas máquinas, como as 1 e 2, resulta em uma amplitude de intervalo menor do que a própria variação das amostras, o que pode ocasionar intervalos com frequência nula, algo que não é apropriado. Assim, não são gerados histogramas para cada maquinário, mas, para fins comparativos, calcula-se a FDP e determina-se a probabilidade dos intervalos de 1, 2 e 3 sigmas para comparar com o modelo ideal.

Tabela 5. Parâmetros para cálculo do k_{FD} por máquina.

Parâmetro	Máquina 1	Máquina 2	Máquina 5	Máquina 6
k_{FD}	67,7188	47,0653	43,9512	41885
k considerado	68	48	44	42
h	0,74	0,73	1,11	1,12
1σ (%)	66,21%	63,75%	66,52%	69,92%
2σ (%)	96,54%	95,72%	96,26%	97,40%
3σ (%)	99,85%	99,83%	99,88%	99,88%
Desvio 1σ	3,02%	6,63%	2,57%	2,41%
Desvio 2σ	1,15%	0,29%	0,85%	2,04%
Desvio 3σ	0,12%	0,10%	0,15%	0,15%
Média desvios	1,43%	2,34%	1,19%	1,54%

Fonte: a autora (2024).

Porém, analisando os quartis descritos na tabela 4, verifica-se que todas as máquinas têm seu primeiro quartil em torno do valor ideal (500 g), com os quartis subsequentes apresentando valores superiores. Isso evidencia a tendência da produção de envasar pacotes com sobrepeso, o que é prejudicial à empresa, resultando em perdas financeiras.

Em relação à aprovação dos lotes do maquinário, é calculado a quantidade de defeitos críticos por maquinário e, ao observar a Tabela 5, nota-se que apenas a máquina 2 pode ter sua produção considerada como aprovada visto que apresentou apenas 10 pacotes com defeito crítico, menor que 22, o determinado como número de rejeição. Assim, as máquinas 1, 5 e 6 não podem ser consideradas dentro de controle.

Tabela 5. Comparação do comportamento da amostragem por máquina.

Parâmetro	Máquina 1	Máquina 2	Máquina 5	Máquina 6
Defeito crítico (unidade)	40	10	33	57
x > 515 g (unidade)	37	3	28	48
x > 515 g (%)	92,5%	30,00%	84,85%	84,21%
Média (g)	502,47	500,70	503,10	502,82

Fonte: a autora (2024).

Entretanto, ao detalhar os defeitos críticos de tais maquinários, percebe-se que mais de 84% das amostras criticamente defeituosas foram acima de 515g. Ou seja, ainda que fora de controle, de fato, a empresa não apresenta dano ao consumidor visto que, por mais que fora do *range* determinado, são apenas comercializados os pacotes com sobrepeso. Além de que as outras amostras críticas têm o peso de 490g, dentro do permitido por lei.

Apesar de ser um ganho para o consumidor, a empresa apresenta prejuízo com tal cenário, visto que tem expedido a maioria de seus sachês com mais produto do que o indicado na embalagem. A fim de se ter um maior controle da produção e redução de perdas, é indicado iniciar um ciclo de PDCA para junto com ferramentas da qualidade identificar e solucionar a(s) causa(s)-raiz(es) da superdosagem, com foco nas máquinas 1 e 6 que apresentaram maior quantidade de amostras rejeitadas e mais de 84% delas por sobrepeso.

Sugere-se iniciar a etapa *plan* com um *brainstorming* das possíveis causas, agrupá-las e categorizá-las em um diagrama de Ishikawa. Posteriormente, detalhar cada uma delas com a método de “5 Por quê” para encontrar causas em comum e resultar na(s) causa(s)-raiz(es), podendo ser priorizadas por meio de uma matriz GUT. Então, traçar os planos de ação.

5. CONCLUSÃO

A ASA, uma empresa forte no setor de detergentes em pó, destaca-se por sua qualidade e tem necessidade de manter o peso dos pacotes dentro dos limites especificados a fim de evitar prejuízos e danos à marca. Neste trabalho, foi analisada a produção do detergente em pó no período de Julho/2023 a Janeiro/2024 por meio do plano de amostragem estruturado de acordo com a NBR 5426/1985. A estratificação dos dados foi cuidadosamente realizada, resultando em 9.964 registros válidos, que foram analisados para verificar a conformidade com as especificações de peso. Para assegurar a mínima influência de falhas conhecidos, foram consideradas diversas condições operacionais, como a supervisão e disponibilidade de áreas de apoio, o início e fim de turno, e as paradas e partidas da planta.

Ao experimentar quatro tipos de determinação de k — Raiz, Scott, Sturges e Freedman-Diaconis — foi possível analisar como cada método impacta a representação dos dados ao longo da amostragem completa. A análise revelou que o método de Freedman-Diaconis se destacou, proporcionando a melhor representação dos dados, com desvios de 0,34%, 0,60% e 0,14% em relação à distribuição ideal de 68,27% (1σ), 95,45% (2σ) e 99,73% (3σ), respectivamente.

Ao analisar os histogramas foi possível observar uma longa cauda à esquerda e um desvio na produção para direita, o que indica a presença de diversos *outliers* de menor peso que a média das amostras. Apesar disto, todos apresentaram comportamento da curva da FDP em formato de sino. Comportamento este esperado ao ser comparado com modelo estatístico gaussiano previsto na literatura.

Foi, então, utilizado o modelo de Freediman-Diaconis para analisar o cenário por maquinário. Apesar de ter sido satisfatória para a amostragem total, observou-se que para os casos pontuais do maquinário, de amostragem menor, já não foi tão adequado visto que a amplitude calculada dos intervalos foi menor do que a própria variação das amostras.

Além disso, foram consideradas amostras rejeitadas as com peso abaixo de 490 g e acima de 515 g, uma vez que é o *range* estipulado pela ASA e de acordo com as normas da ANVISA. Os desvios médios calculados para as máquinas 1, 2, 5 e 6, respectivamente, foram de 1,43%, 2,34%, 1,19% e 1,54%, bem como a quantidade de amostras rejeitadas em 40, 10, 33 e 44 unidades. Apesar da máquina 5 ter

apresentado o menor desvio médio e a máquina 2 o mais distante, apenas a máquina 2 pode ser considerada dentro de controle, uma vez que o número de rejeição determinado pela NBR 5426/1985 para o tamanho do lote classificado como “Q” é de 22 unidades.

Apesar da maioria dos maquinários não se enquadrarem no modelo ideal, observou-se que desvio do peso ideal (500 g) é para a direita, indicando uma tendência de superdosagem, especialmente nas máquinas 1 e 6, que tiveram mais de 90% das amostras rejeitadas devido ao excesso de peso. Esse cenário representa um ganho para o consumidor, mas gera prejuízos para a empresa.

Assim, ao analisar a distribuição dos sachês advindos do envase do detergente em pó da ASA Indústria e Comércio observa uma distribuição homogênea e dentro das probabilidades estatísticas, porém com certa ineficiência na pesagem, ainda que dentro da legislação e não prejudicial ao consumidor, com tendência de superdosagem dos sachês. Com todo o cenário avaliado, as principais máquinas que contribuem para tal são as máquinas 1 e 6, sendo sugerido iniciar, com foco inicial nestas, um ciclo PDCA para propor solução(ões) da(s) causa(s)-raíz(es) de superdosagem para diminuir os impactos negativos à empresa e ter um controle eficiente da produção, conferindo competitividade para a companhia perante o mercado.

REFERÊNCIAS

ABIPLA, Associação Brasileira das Indústrias de Produtos de Higiene, Limpeza e Saneantes de Uso Doméstico e de Uso Profissional. **Anuário 2023**, 18º Edição, 2023. Disponível em: <https://abipla.org.br/2023/>. Acesso em: 04 jul. 2023.

ABNT NBR 5425:1985. Guia para inspeção por amostragem no controle de qualidade. Rio de Janeiro: ABNT, 1985.

ABNT NBR 5426:1985. Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos. Rio de Janeiro: ABNT, 1985.

ABNT NBR ISO 3534-1:2019. Estatística: vocabulário e símbolos — Parte 1: Termos gerais e termos utilizados em probabilidade. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

ALBUQUERQUE, A. C. **Avaliação da aplicação do ciclo PDCA na tomada de decisão em processos industriais**. Belém, UFPA, 107f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos), 2015.

ANDRADE, E. O. **Avaliação de desempenho de blends enzimáticos na formulação de detergente em pó.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Pernambuco, Química Industrial, 2020.

ARACHCHIGE, Chandima NPG; PRENDERGAST, Luke A.; STAUDTE, Robert G. **Robust analogs to the coefficient of variation.** Journal of Applied Statistics, v. 49, n. 2, p. 268-290, 2022.

ARAÚJO, Francisco Jonathan dos Santos. **Avaliação de proteases e biossurfactantes produzidos por Bacillus subtilis TIM27 como aditivos em detergente**. 2020. 71 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia de Recuros Naturais) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.

ARAÚJO, André Fellipe Queiroz. **Ensino e aprendizagem de amostragem, curva normal e suas relações no 3º ano do ensino médio**. 2024. Tese (Doutorado em Educação Matemática e Tecnológica) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2024.

AZME, Siti Nurdiyanah Kamarul; MOHD YUSOFF, Nur Sofea Insyirah; CHIN, Lim Ying; MOHD, Yusairie; DOL HAMID, Rossuriati; JALIL, Muhammad Noor; MOHD ZAKI, Hamizah; SALEH, Sabiha Hanim; AHMAT, Norizan; ABDUL MANAN, Mohd Abdul Fatah; YURY, Nurjanah; HUM, Nurul Nadiah Firdaus; LATIF, Famiza Abd; ZAIN, Zainiharyati Mohd. **Recycling waste cooking oil into soap: Knowledge transfer through community service learning.** Cleaner Waste Systems, v. 4, 2023.

ASA. **Sobre a Asa**. Disponível em: <https://www.asanet.com.br/sobre/>\. Acesso em: 13 de junho, 2023.

BABAK, Nemat; RAZZAGHI, Mohammad; BOLTON, Kim; ROUSTA, Kamran. **Design affordance of plastic food packaging for consumer sorting behavior**. Resources, Conservation and Recycling, v. 177, 2022.

BAI, Xue. **Application of the PDCA Cycle for Nursing Safety Management in Radiology Department**. Journal of Radiology Nursing, v. 42, n. 2, p. 241-244, 2023. ISSN 1546-0843.

BILLIG, Osvaldo Alencar; CAMILATO, Sérgio Paulo. **Sistema de gestão integrada de qualidade, segurança, meio-ambiente e saúde.** Unisinos. São Leopoldo, 2008.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Resolução da Diretoria Colegiada - RDC n° 47**, de 25 de outubro de 2013. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Brasília, DF, 2013.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Resolução da Diretoria Colegiada - RDC n° 55**, de 11 de dezembro de 2015. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Brasília, DF, 2015.

BRITO, Fabiano Roberto; BRITO, Max Leandro de Araújo. **Impacto do ciclo PDCA no processo de atendimento aos clientes em empresa de aviamentos**. E-Acadêmica, v. 1, n. 3, p. e10-e10, 2020.

BORGES, M. C. Bruna. **Aplicação do TQM e TPM para redução de perdas e alcance de vantagens competitivas:** Um estudo de caso em uma fábrica de detergente em pó. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Pernambuco, 2013.

BUNGE. Centro de Memória Bunge, 2018. **Linha Bem-te-vi.** Disponível em: <https://hugepdf.com/download/linha-bem-te-vi-2_pdf>\. Acesso em 18 de agosto, 2023.

CASTRO, Heizir F. 18f. 2009. **Sabão e Detergentes**. Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de Lorena. Manual de Processos Químicos Industriais II, Apostila 6. 2009.

CÉSAR, Eloi Teixeira; LUDWIG, Zélia Maria da Costa; ESCHER, Marco Antônio; CARNEIRO, Leonardo de Oliveira; SOLDATI, Gustavo Taboada. **Ciência em dia: Jornadas de divulgação científica - Bioeconomia: Diversidade e Riqueza para o Desenvolvimento Sustentável** - Editora Livraria da Física, 1ª Edição. São Paulo, 2021.

CHAIB, Erick Brizon DAngelo. P**roposta para implementação de sistema de gestão integrada de meio ambiente, saúde e segurança do trabalho em empresas de pequeno e médio porte: um estudo de caso da indústria metal-mecânica**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

CHEN, Y., ZHENG, J., WU, D., ZHANG, Y., & LIN, Y. **Application of the PDCA cycle for standardized nursing management in a COVID-19 intensive care unit.** Annals of Palliative Medicine, 9(3), 1198-1205. 2020. DOI: 10.21037/apm-20-1084

CONTRERAS-REYES, Javier E.; BRITO, Alejandro. **Refined Cross-sample Entropy based on Freedman-Diaconis Rule**: Application to Foreign Exchange Time Series. Journal of Applied and Computational Mechanics, v. 8, n. 3, p. 1005-1013, 2022.

DANIEL, Erica A.; MURBACK, Fábio Guilherme Ronzelli. **Levantamento bibliográfico do uso das ferramentas da qualidade**. Gestão & conhecimento, v. 8, n. 2014, p. 1-43, 2014.

DEVORE, J. L. **Probability and Statistics for Engineering and the Sciences.** 8. ed. Boston: Cengage Learning, 2011.

FAUZY, R.; FEBRIDIKO, E.; PURBA, H. H. **Implementasi Metode PDCA di Berbagai: Implementasi Metode PDCA di Berbagai**. Journal of Industrial and Engineering System (JIES), v. 2, n. 1, p. 21-28, 2021.

FELIPE, L de Oliveira; DIAS, S. de Cássia. **Surfactantes sintéticos e biossurfactantes: vantagens e desvantagens**. Química Nova na Escola, São Paulo, v. 39, n. 3, p. 228-236, 2017.

FERNANDES, J. L. S., BUSANELLO, F., POLACINSKI, E., GODOY, L. P., LOSEKANN, A. G., LORENZETT, D. B. **Etapas necessárias para a implantação de um sistema de gestão integrado**. Revista de Administração da Universidade Federal de Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 60-72, 2015.

FERREIRA L; SILVA, E B. **Gerenciamento e controle de qualidade**; Londrina Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2016, 256 p.

FOULLA, Boulesnane. **Quality problem solving with PDCA cycle**. Journal of Excellence for Economics and Management Research, [S.l.], v. 5, n. 2, p. 249-268, 2021. ISSN 2572-0171.

FUJISAWA, Marie Suzuki. **A evolução do papel da mulher nas campanhas publicitárias de detergente em pó no Brasil**. 2004. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004. . Acesso em: 03 jul. 2023.

FUSHIMI, Takayasu; SAITO, Kazumi; MOTODA, Hiroshi. **Constructing outlier-free histograms with variable bin-width based on distance minimization**. Intelligent Data Analysis, v. 27, n. 1, p. 5-29, 2023.

GALDINO, Luciene de Lima; DA SILVA, Jucyara Gomes. **Qualidade no atendimento ao cliente: um estudo de caso na empresa Marcelo Cabeleireiro e Cosméticos**. Revista Gestão e Organizações, [S.l.], v. 3, n. 2, fev. 2019. ISSN 2526-2289

GARCIA, Y. de M.; BRITO, M. L. de A. **Vendas externas no mercado de maquinetas**. E-Acadêmica, v. 1, n. 2, p. e7, 2020.

HE, Y.; CHEN, J.; SHEN, J. *et al*. **Density estimation-based method to determine sample size for random sample partition of big data**. Frontiers of Computer Science, v. 18, p. 185322, 2024. DOI: 10.1007/s11704-023-2356-x.

HUBBE, Martin A.; SZLEK, Dorota B.; VERA, Ramon E. **Detergency Mechanisms and Cellulosic Surfaces: A Review**. BioResources, v. 17, n. 4, 2022.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL - INMETRO. **Portaria nº 248**, de 17 de julho de 2008. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 jul. 2008. Seção 1, p. 76-77

KOGAWA, Ana Carolina; CERNIC, Beatriz Gamberini; COUTO, Leandro Giovanni Domingos do; SALGADO, Hérida Regina Nunes. **Synthetic detergents: 100 years of history.** Saudi Pharmaceutical Journal, v. 25, n. 6, 2017, p. 934-938.

LARSON, Ron; FARBER, Betsy. **Estatística aplicada**. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 6º ed. 2015.

LEITE, José Manoel Ferreira. **As Sete Ferramentas Da Qualidade Aplicáveis No Processo Organizacional**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 04, Ed. 04, Vol. 01, pp. 28-41. Abril de 2019. ISSN: 2448-0959

LI, Qin; XIAO, Qin; YANG, Meng; CHAI, Qinghuan; HUANG, Yan; WU, Pu-Yeh; NIU, Qingliang; GU, Yajia. **Histogram analysis of quantitative parameters from synthetic MRI:** Correlations with prognostic factors and molecular subtypes in invasive ductal breast cancer. European Journal of Radiology, v. 139, p. 109697, 2021. DOI: 10.1016/j.ejrad.2021.109697.

LIGUORI, C.; RUGGIERO, A.; SOMMELLA, P.; RUSSO, D. **Choosing Bootstrap Method for the Estimation of the Uncertainty of Traffic Noise Measurements**. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, v. 66, n. 5, p. 869-878, maio 2017. DOI: 10.1109/TIM.2016.2627260

MONTEIRO, Rebeca Ramos. **Aplicação do roteiro Kaizen para redução de retrabalho na produção de biscoitos de uma indústria de classe mundial**. 2022. 43 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2022.

MONTGOMERY, Douglas C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade.** 7ª edição. Rio de Janeiro: Grupo Editorial Nacional (GEN), Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda (LTC), 2017, 856 p.

MOTA, Julio César; SANTOS, Renato Márcio dos; RAYMUNDO, Julio Cesar. **Logística e o diferencial nas organizações**. 1. ed. Belo Horizonte: Poisson, 2019.

MOURA, M. W. de Carvalho Soares. **Desenvolvimento do detergente líquido (sabão) para roupas denominado "Limpamax Quadruplação" (amacia a roupa, limpa, perfuma e tira manchas)**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) - Universidade Federal da Paraíba, Departamento de Engenharia Química.

PALISKA, Glorija PAVLETIC, D. SOKOVIC, M. **Quality tools–systematic use in process industry**. Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, v. 25, n. 1, p. 79-82, 2007.

PHAMONPON, Wisarttra, PROMPHET, Nadtinan, UMMARTYOTIN, Sarute, RODTHONGKUM, Nadnudda. **A dual-lactate sensor for milk spoilage based on modified recycled UHT milk carton cellulose surface**. Journal of Cleaner Production, v. 363, p. 132519, 2022.

PEREIRA GOMES, Jacqueline; DANTAS FILHO, Francisco. Ensino de Química na Educação Básica: **Construindo Conhecimentos a Partir da Produção do Sabão**. Revista Insignare Scientia - RIS, v. 4, n. 4, p. 249-269, junho 20, 2021.

PINO, José Claudio Del; ZAGO NETO, Odone Gino. **Trabalhando a química dos sabões e detergentes**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Química. 2011.

PINTO, A. C. L.; REIS, A. H. S. L. R.; GERÓS, A. I. S.; SILVA, A. S. M.; PINTO, A. J. A. R.; MOREIRA, C. S. 25f. 2012. **Sabão, detergentes e glicerina.** Relatório de Graduação. Porto, POR: FEUP, 2012.

RABELO, M. M. S. **Mapeamento de processos e padronização de documentação numa fábrica do detergente em pó.** Relatório de Estágio Curricular. Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Engenharia Química, 2022.

REYNOSO-MEZA, Gilberto; BLASCO, Xavier; SANCHIS, Javier. **Diseño multiobjetivo de controladores PID para el benchmark de control 2008–2009.** Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial RIAI, v. 6, n. 4, p. 93-103, 2009. DOI: 10.1016/S1697-7912(09)70112-8.

RIBEIRO, Davi Matheus Freire de Araújo. **Desenvolvimento de produto Sabão Tripla Ação (Limpa, amacia e perfuma)**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) - Universidade Federal da Paraíba, Departamento de Engenharia Química.

RITCHIE, M. J.; ENGELBRECHT, J. A. A.; BOOYSEN, M. J. **Predicting residential water and electricity usage profiles with a temporal histogram model.** Sustainable Cities and Society, v. 99, p. 104884, 2023. DOI: 10.1016/j.scs.2023.104884.

ROCHA, Henrique Martins. **Controle Estatístico de Qualidade.** Volume único. Fundação Cecierj / Consórcio Cederj, Rio de Janeiro, 2019.

SANTANA, Maria Cecília; MACHADO, Bruna; SILVA, Tamara; NUNES, Itaciara; DRUZIAN, Janice. **Incorporação de urucum como aditivo antioxidante em embalagens biodegradáveis a base de quitosana.** Ciência Rural, v. 43, n. 3, p. 544-550, mar, 2013.

SANTOS, S. M. A. V.; ARAUJO, C. S. de; NASCIMENTO, C. E. do; SANTOS FILHO, E. B. dos; TIMOTEO, L. C. da S. O. **Ciclo PDCA aplicado à educação: uma revisão de literatura**. Revista Amor Mundi, v. 4, n. 4, p. 15–21, 2023.

SCOTT, David .W. **Sturges' and Scott's Rules**. In: LOVRIC, M. (ed.). International Encyclopedia of Statistical Science. Berlin, Heidelberg: Springer, 2011. DOI: 10.1007/978-3-642-04898-2_578

SCOTT, David W. ***Multivariate density estimation:*** *theory, practice, and visualization.* John Wiley & Sons, 2015.

SELEME, Robson; STADLER, Humberto. **Controle da qualidade: as ferramentas essenciais**. Editora Ibpex, 2008.

SILVA, Jâmerson Jácome da. **Acompanhamento do controle de qualidade e desenvolvimento de novas formulações para produtos saneantes na empresa Marilux Indústria e Comércio Ltda em Mossoró - RN**. 2021. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Química) - Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), Campus Mossoró.

SILVA, Paulo Américo Landucci da. **Satisfação e retenção de clientes em serviços: estratégias para construção de fidelidade.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Comunicação Social – Habilitação em Relações Públicas) - Universidade de São Paulo, Escola de Comunicações e Artes, Departamento de Relações Públicas, Publicidade e Propaganda e Turismo, São Paulo, 2019.

SILVA, Paulo Romualdo; BARBOSA, Reginaldo José; MICHEL, Murillo. **A importância da qualidade dos produtos para manter a competitividade das organizações**. In: Revista Científica Eletrônica de Administração, v. 6, n. 10, p. 1-6, 2006.

SLOMSKI, Valmor; SLOMSKI, Vilma Geni; KASSAI, José Roberto; MEGLIORINI, Evandir. **Sustentabilidade nas organizações: a internalização dos gastos com o descarte do produto e/ou embalagem aos custos de produção.** Revista de Administração, v. 47, n. 2, 2012, p. 275-289.

SOARES, J. D.; BRITO, M. L. A. **Análise do processo produtivo: a realidade de um abatedouro municipal**. Revista de Casos e Consultoria, v. 10, n. 1, p. e10118, 20 dez. 2019.

SOUSA, Áurea. **O papel da distribuição normal na Estatística**. Correio dos Açores: Matemática, 10 de outubro de 2019, p. 14.

STOILOV, Todor; STOILOVA, Krasimira; DIMITROV, Stanislav. **Planning resource allocation for husbandry management by portfolio optimization**. Heliyon, v. 8, n. 10, 2022.

TAKENAKA, Renan Ryuji Murashita. **Estudo comparativo entre o gráfico de controle simultâneo (X-barra, S) e os gráficos de Shewhart para média e desvio-padrão.** 2023. 50 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2023.

TRIOLA, M. F. **Elementary Statistics.** 13. ed. Boston: Pearson, 2018.

UCHA, M. C. 123f. 2012. **Contribuição na avaliação de desempenho de tensoativo isento de nonilfenol etoxilado utilizado em processos de beneficiamento têxtil, como alternativa para atenuação de impacto ambiental**. Dissertação de Mestrado. São Paulo, SP: IPT, 2012.

VITERBO JÚNIOR., Ênio, 1998, **Sistema Integrado de Gestão Ambiental**, 2 ed., São Paulo: Editora Aquariana, 224 p *apud* CHAIB, Erick Brizon DAngelo. P**roposta para implementação de sistema de gestão integrada de meio ambiente, saúde e segurança do trabalho em empresas de pequeno e médio porte: um estudo de caso da indústria metal-mecânica**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

WALPOLE, R. E.; MYERS, R. H.; MYERS, S. L.; YE, K. **Probability & Statistics for Engineers & Scientists.** 9. ed. Boston: Pearson, 2012.

WANG, Yan; JIANG, Jing; GONG, Xiushuang; WANG, Jie. **Simple = Authentic:** The effect of visually simple package design on perceived brand authenticity and brand choice. Journal of Business Research, Volume 166, 2023.

WU, Y.N. **Histogram**. In: IKEUCHI, K. (ed.). Computer Vision. Cham: Springer, 2021.

ZENKEVICH, I. G.; BABUSHOK, V. I.; LINSTROM, P. J.; WHITE V, E.; STEIN, S. E. Application of histograms in evaluation of large collections of gas chromatographic retention indices. **Journal of Chromatography A**, v. 1216, n. 38, p. 6651-6661, 2009.

ANEXOS

Anexo 1 - Codificação de amostragem

Tabela 1 - Codificação de amostragem

Tamanho do lote	Níveis especiais de inspeção				Níveis gerais de inspeção		
	S1	S2	S3	S4	I	II	III
2 a 8	A	A	A	A	A	A	B
9 15	A	A	A	A	A	B	C
16 25	A	A	B	B	B	C	D
26 50	A	B	B	C	C	D	E
51 90	B	B	C	C	C	E	F
91 150	B	B	C	D	D	F	G
151 280	B	C	D	E	E	G	H
281 500	B	C	D	E	F	H	J
501 1200	C	C	E	F	G	J	K
1201 3200	C	D	E	G	H	K	L
3201 10000	C	D	F	G	J	L	M
10001 35000	C	D	F	H	K	M	N
35001 150000	D	E	G	J	L	N	P
150001 500000	D	E	G	J	M	P	Q
Acima de 500001	D	E	H	K	N	Q	R

Fonte: NBR 5426/1985.

Anexo 2 - Planos de amostragem para amostras de código “Q”

Tabela 63 - Planos de amostragem código: Q

Tipo de inspeção	Tamanho da amostra	Nível de qualidade aceitável (Inspeção normal)																	Tamanho da amostra
		x	0,010	0,015	x	0,025	0,040	0,065	0,10	0,15	0,25	x	0,40	x	0,65	x	1,0	> 1,0	
		Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	
Simples	1250	Utilizar letra-código R	0 1	Utilizar letra-código P	Utilizar letra-código S	Utilizar letra-código R	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	8 9	10 11	12 13	14 15	18 19	21 22	Δ	1250
Dupla	800		*				0 2	0 3	1 4	2 5	3 7	3 7	5 9	6 10	7 11	9 14	11 16	Δ	800
	1600						1 2	3 4	4 5	6 7	8 9	11 12	12 13	15 16	18 19	23 24	26 27		1600
Múltipla	315		*				• 2	• 2	• 3	• 4	0 4	0 4	0 5	0 6	1 7	1 8	2 9	Δ	315
	630						• 2	0 3	0 3	1 5	1 6	2 7	3 8	3 9	4 10	6 12	7 14		630
	945						0 2	0 3	1 4	2 6	3 8	4 9	6 10	7 12	8 13	11 17	13 19		945
	1260						0 3	1 4	2 5	3 7	5 10	6 11	8 13	10 15	12 17	16 22	19 25		1260
	1575						1 3	2 4	3 6	5 8	7 11	9 12	11 15	14 17	17 20	22 25	25 29		1575
	1890						1 3	3 5	4 6	7 9	10 12	12 14	14 17	18 20	21 23	27 29	31 33		1890
	2205						2 3	4 5	6 7	9 10	13 14	14 15	18 19	21 22	25 26	32 33	37 38		2205
		0,010	0,015	x	0,025	0,040	0,065	0,10	0,15	0,25	x	0,40	x	0,65	x	1,0	x	> 1,0	
		Nível de qualidade aceitável (Inspeção severa)																	

Fonte: NBR 5426/1985.