

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MINAS GERAIS
UNIDADE FRUTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM CIÊNCIAS
AMBIENTAIS**

**O CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO COMO
FERRAMENTA PARA A MINIMIZAÇÃO DO IMPACTO
AMBIENTAL: ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DE
BEBIDAS**

**Ana Paula Garrido de Queiroga
Engenheira de Produção**

**FRUTAL-MG
2021**

ANA PAULA GARRIDO DE QUEIROGA

**O CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO COMO
FERRAMENTA PARA A MINIMIZAÇÃO DO IMPACTO
AMBIENTAL: ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DE
BEBIDAS**

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Minas Gerais, Unidade Frutal, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, para a obtenção do título de Mestre

Orientador

Dr. Maurício Bonatto Machado de Castilhos

**FRUTAL-MG
2021**

Q3c Queiroga, Ana Paula Garrido de
O controle estatístico do processo como ferramenta para a
minimização do impacto ambiental: estudo de caso em uma empresa
de bebidas / Ana Paula Garrido de Queiroga. – 2021.
120 f. : il. , tabs., gráficos, quadros

Orientador: Maurício Bonatto Machado de Castilhos.

Dissertação (mestrado) – Universidade do Estado de Minas Gerais,
Unidade Frutal, 2021.

Bibliografia: 97-100

1. Resíduos. 2. Produção Industrial. I. Castilhos, Maurício Bonatto
Machado de. II. Universidade do Estado de Minas Gerais, Unidade Frutal.
III. Título.

CDD - 661
CDU - 504.5



GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS

ANA PAULA GARRIDO DE QUEIROGA

O CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO COMO FERRAMENTA PARA MINIMIZAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL: ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DE BEBIDAS

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Minas Gerais, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, área de concentração Multidisciplinar, Linha de Pesquisa Tecnologia, Ambiente e Sociedade, para à obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 07 de junho de 2021.

Profa. Dra. Lídia Maria de Almeida Plicas UNESP São José do Rio Preto

Profa. Dra. Vanesca Korasaki UEMG

Prof. Dr. Maurício Bonatto Machado de Castilhos

Orientador



Documento assinado eletronicamente por **Maurício Bonatto Machado de Castilhos, Professor de Educação Superior**, em 10/06/2021, às 10:40, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).

Documento assinado eletronicamente por **Lídia Maria de Almeida Plicas, Usuário Externo**, em 10/06/2021, às 11:09, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do



[Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017.](#)



Documento assinado eletronicamente por **Vanesca Korasaki, Coordenadora de Curso**, em 17/06/2021, às 11:27, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017.](#)



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.mg.gov.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **30618667** e o código CRC **612CA73E**.

Referência: Processo nº 2350.01.0006265/2020-30

SEI nº 30618667

“Quanto a mim, só sou verdadeiro quando estou sozinho. Quando eu era pequeno pensava que de um momento para outro eu cairia para fora do mundo. Por que as nuvens não caem, já que tudo cai? É que a gravidade é menor que a força do ar que as levanta. Inteligente, não é? Sim, mas caem um dia em chuva. É a minha vingança.”

Clarice Lispector

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Dr. Maurício Bonatto Machado de Castilhos, deu-me parte do seu valioso tempo, além de compartilhar seu conhecimento e me desafiar com seus questionamentos, mostrou-se um homem de grande inteligência e valor.

À Universidade do Estado de Minas Gerais, Unidade Frutal pela assessoria deste trabalho, sempre apoiando em altíssimo nível minha formação acadêmica.

Aos docentes e companheiros de turma que percorreram comigo esse caminho.

À Poty e seus colaboradores pela confiança, por aceitar o desafio e manter a parceria, sempre apoiando o desenvolvimento do trabalho e disponibilizando além do tempo as informações necessárias e imprescindíveis, em especial a Sandra e Alexandra pela generosidade e confiança, ao Luís Carlos (Pitico), Marcel e Tainan pelo apoio singular durante todo o tempo da execução do projeto.

À banca de qualificação deste trabalho, Profa. Dra. Lidia Maria de Almeida Plicas e Profa. Dra. Vanesca Korasaki, pelos questionamentos e sugestões que se transformaram em grandes contribuições para a construção e finalização do trabalho.

A todos meus poucos e grandes amigos pelos diálogos e apoio.

Aos meus pais e irmãos que me deram a base para o todo.

As sobrinhas e sobrinhos que me inspiram a acreditar na continuidade.

À Luciene pelo afeto e paciência que norteiam minha existência.

RESUMO

A indústria de alimentos e bebidas tem crescido nos últimos anos, bem como as normas e regulamentações de órgãos governamentais acerca da fabricação de seus produtos. Nestas empresas devem ser realizados controles de todas as etapas do processo, desde a aquisição da matéria-prima até a entrega do produto final aos revendedores. Algumas empresas utilizam a ferramenta do Controle Estatístico de Processo (CEP) para minimização de perdas e retrabalho, priorizando o lucro. Estudos que utilizam esta ferramenta como direcionadora do controle de geração de resíduos com viés ambiental são escassos e, neste contexto, faz-se necessário o estudo do uso do CEP como forma de minimizar o impacto ambiental gerado por empresas. O objetivo deste trabalho foi verificar a eficiência e a eficácia da aplicação de ferramentas do CEP para controlar e minimizar o descarte de resíduos de Polietileno Tereftalato (PET) no processo de produção em uma empresa de bebidas. O processo de produção das bebidas utilizando PET foi mapeado e todos os pontos críticos de controle foram identificados a fim de observar possíveis causas especiais responsáveis por causar geração de resíduos do tipo PET ou causas que maximizavam a geração desses resíduos. Foram analisados dados pré, durante e pós-intervenção do CEP, a fim de elaborar os diagramas de causa e efeito e as cartas controle para avaliar as linhas de produção de uma empresa de bebidas. Os resultados obtidos com as análises do CEP demonstraram a redução de resíduos sólidos gerados pela indústria, afirmando assim que o uso de tal ferramenta pode nortear o controle de resíduos sólidos em indústrias de bebidas, podendo gerar impacto positivo na qualidade do meio e de todo ecossistema que o cerca. Em algumas máquinas específicas que foram avaliadas, o tempo de análise do pós-intervenção foi insuficiente para a consolidação do controle estatístico do processo; entretanto, na maioria dos casos, houve redução da geração de resíduos. Em termos de gestão, o monitoramento e análise estatística reduziu a variação da geração de resíduos, além disso, permitiu à empresa visualizar a importância do uso de um sistema de controle de processo que permite a oportunidade de melhorar a consciência da qualidade em aspectos dos processos, em vez de se concentrar apenas no qualidade do produto.

Palavras-chave: Ambiente. Produção. Resíduos.

STATISTICAL PROCESS CONTROL AS A SUITABLE TOOL FOR THE DECREASE OF THE ENVIRONMENT IMPACT: the case of a beverage industry

ABSTRACT

The food and beverage industry has grown in recent years, as well as the rules and regulations of government agencies regarding the manufacture of their products. In these companies, the control must be performed in all stages of the process, from the acquisition of raw materials to the delivery of the final product to retailers. Some companies use the Statistical Process Control (SPC) tool to minimize losses and rework, prioritizing profit. Studies that have been used this tool to control waste generation with an environmental bias are scarce and, in this context, it is necessary to study the use of SPC as a way to minimize the environmental impact generated by companies. The aim of this work was to verify the efficiency and effectiveness of applying SPC tools to control and minimize the disposal of Polyethylene Terephthalate (PET) waste in the production process of a beverage company. The beverage production process using PET was mapped and all critical control points were identified to observe possible special causes responsible for causing PET waste generation or causes that maximized PET waste generation. Pre, during and post-intervention SPC data were analyzed to elaborate cause and effect diagrams and control charts to evaluate the production lines of a beverage company. The results obtained with the analysis of SPC showed the reduction of solid waste generated by the industry, thus stating that the use of this tool can guide the control of solid waste in beverage industries, and it can generate positive impact on the quality of the environment and the entire ecosystem that surrounds it. In some specific machines that were evaluated, the post-intervention analysis time was insufficient for the consolidation of the statistical process control; however, in most cases, there was a reduction in waste generation. In terms of management, the statistical monitoring and analysis reduced the variation in waste generation; moreover, it allowed the company to visualize the importance of using a process control system that allows the opportunity to improve quality awareness in aspects of the processes, rather than focusing only on product quality.

Keywords: Environment. Production. Waste.

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 - Esquema Planejamento e Controle	30
Figura 2 - Pessoas Recursos X Pessoas Colaboradoras e parceiras da organização	33
Figura 3 - Relacionamento entre a Função produção e outras Funções de apoio	34
Figura 4 - Prejuízo causado por problemas na execução do processo produtivo	36
Figura 5 - Diagrama de causa e efeito	42
Figura 6 - Variação da qualidade ao longo do tempo.....	45
Figura 7 - Alimentação da máquina com as Pré-formas de PET.....	49
Figura 8 - Máquina Sopradora Sidel SOB.....	50
Figura 9 - Etapas do Processo de Sopro	51
Figura 10 - Saída da garrafa	52
Figura 11 - Retirada das garrafas sopradas.....	52
Figura 12 - Linha - Sopro	55
Figura 13 - Linha - PET 45 e PET 54.....	56
Figura 14 - Exemplo de Carta de Controle Xbarra-S	59
Figura 15 - Diagrama de Causa e Efeito (Sopro)	63
Figura 16 - Diagrama de Causa e Efeito (PET 45 e PET 54).....	65
Figura 17 - Diagrama de Causa e Efeito (Sopro) Durante da Intervenção	66
Figura 18 - Interface inicial do sistema	73
Figura 19 - Interface com os dados gerais do registro de manutenção de máquina	74
Figura 20 - Campos para justificativas sobre as alterações	75
Figura 21 - Campos para inserção de dados dos parâmetros.....	76
Figura 22 - Interface para filtragem dos dados.....	76
Figura 23 - Gráficos comparativos PET 45 pré-intervenção, durante e pós-intervenção.....	78
Figura 24 - Gráficos comparativos PET 54 pré-intervenção, durante e pós-intervenção.....	80
Figura 25 - Gráficos comparativos SBO10-2 pré-intervenção, durante e pós-intervenção.....	82
Figura 26 - Gráficos comparativos SBO10UN pré-intervenção, durante e pós-intervenção ...	84
Figura 27 - Gráficos comparativos SBO6 pré-intervenção, durante e pós-intervenção	86
Figura 28 - Gráficos comparativos sopradora SBO10-2 pré-intervenção, durante e pós-intervenção.....	88
Figura 29 - Gráficos comparativos sopradora SBO10UN pré-intervenção, durante e pós-intervenção.....	90

Figura 30 - Gráficos comparativos sopradora SBO6 pré-intervenção, durante e pós-intervenção..... 92

LISTA DE QUADROS

	Página
Quadro 1 - Anexo H da ABNT NBR nº 10.004 de 2004	20
Quadro 2 - Categorias principais dos CEs.....	24
Quadro 3 - Padrões de pontos que sinalizam a existência de causas especiais.	48
Quadro 4 - Detalhamento de Causas (Sopro)	64
Quadro 5 - Detalhamento de Causas (PET 45 e PET 54).....	65
Quadro 6 - Detalhamento de Causas (Sopro) Durante da Intervenção.....	67
Quadro 7 - Detalhamento de Causas (PET 45 e PET 54) Durante da Intervenção	70

LISTA DE GRÁFICOS

	Página
Gráfico 1 - Dados da geração de resíduos de PET em toda linha de produção da empresa referente ao 1º. Semestre de 2018.....	57
Gráfico 2 - Dados da geração de resíduos de PET em toda linha de produção da empresa referente ao 2º. Semestre de 2018.....	58

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1 - Comparação de custos com a redução da geração de resíduos	94

LISTA DE ABREVIATURAS

5W1H – Plano de Ação

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

APPCC – Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle

BCP – Bifenil Policlorados

CEP – Controle Estatístico do Processo

CEs – Contaminantes Emergentes

CL₅₀ – Concentração Letal Média (50%)

CLPs – Controladores Lógico Programáveis

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

COVs – Compostos Orgânicos Voláteis

CSS – Cascade Style Sheet

DL₅₀ – Dose Letal Mediana (50%)

DMT – Dimethyl Terephthalate

ERP – Enterprise Resource Planning

HTML – HypeText Markup Language

ISO – Organização Internacional de Normalização

LIC – Limite Inferior de Controle

LSC – Limite Superior de Controle

MaB – Programa Homem e a Biosfera

NBR – Norma Técnica Brasileira

ONU – Organização das Nações Unidas

P+L – Produção mais Limpa

PCB – Polychlorinated Biphenyl

PCP – Planejamento e Controle da Produção

PET – Polietileno Tereftalato

PHP – Hypertext Preprocessor

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

POPs – Poluentes Orgânico Persistentes

PTA – Purified Terephthalic Acid

UNESCO – Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO.....	17
1.1 Objetivo Geral.....	18
1.1.1 Objetivos Específicos.....	18
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	19
2.1 Meio Ambiente	19
2.1.1 Legislação.....	19
2.1.2 Contaminação industrial.....	23
2.2 Revoluções Industriais	27
2.3 Planejamento e Controle da Produção (PCP)	29
2.3.1 Capacidade Produtiva, demanda e estoque	31
2.4 O colaborador no contexto industrial.....	32
2.5 Controle Estatístico do Processo.....	35
2.5.1 Aplicação do Controle Estatístico do Processo.....	37
2.5.2 Mapeamento do Processo.....	39
2.5.3 Subgrupos racionais	40
2.5.4 Fluxograma.....	40
2.5.5 Diagrama de Causa e Efeito.....	40
2.5.6 Carta de Controle	44
2.6 Processo de Moldagem por Sopro de Pré-forma	49
3. MATERIAL E MÉTODOS	54
3.1 A empresa	54
3.2 A linha de produção.....	54
3.2.1 Histórico da geração de resíduos de PET.....	57
3.3 Ferramentas.....	58
3.4 Coleta e análise dos dados.....	59
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	62
4.1 Diagrama de Causa e Efeito.....	62
4.1.1 Diagrama de Causa e Efeito – pré-intervenção.....	62
4.1.2 Diagrama de Causa e Efeito – durante intervenção.....	66
4.2 Considerações relativas à intervenção	72
4.2.1 Sistema Sopro.....	72
4.3 Cartas de Controle e Estatística	77
4.3.1 Resíduos de garrafas.....	77

4.3.1.1 PET 45	77
4.3.1.2 PET 54	79
4.3.1.3 Sopradora SBO10-2	81
4.3.1.4 Sopradora SBO10UN	83
4.3.1.5 Sopradora SBO6.....	85
4.3.2 Resíduos de pré-formas.....	87
4.3.2.1 Sopradora SBO10-2	87
4.3.2.2 Sopradora SBO10UN	89
4.3.2.3 Sopradora SBO6.....	91
4.4 Estimativa do impacto financeiro	94
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	96
REFERÊNCIAS	97
ANEXOS	101
APÊNDICES	103

1. INTRODUÇÃO

Os ambientes naturais não possuem mais capacidade para absorver ou regenerar os impactos causados por resíduos descartados diariamente pelas empresas, residências e órgãos públicos. Os resíduos descartados no ambiente produzem líquidos que contaminam o solo e a água e liberam gases tóxicos que emitem grandes quantidades de metano e provocam o aquecimento global.

No Brasil, as empresas seguem critérios e definições da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), bem como da Política Nacional de Resíduos Sólidos Lei nº 12.305 (BRASIL, 2010) que trata sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos. Em se tratando do controle de resíduos descartados por indústrias, é importante salientar a grande produção de alimentos e bebidas e o descarte de material do processo produtivo no meio ambiente, tendo em vista que durante todo o processo de fabricação, são gerados resíduos, desde a extração da matéria-prima que será utilizada até a embalagem. Neste trabalho serão analisadas as etapas de fabricação das linhas de sopro e envase em uma empresa de bebidas, visando o emprego da ferramenta do Controle Estatístico de Processo (CEP) para melhoria e controle de qualidade de produtos e serviços. Com sua utilização é possível monitorar atividades da manufatura, possibilitando a diminuição ou mitigação de não conformidades no processo.

As saídas que apresentam não conformidade quando resultam em descarte, geram prejuízo financeiro (custos com mão de obra, máquinas, matéria-prima, insumos, entre outros) e ambiental (resíduos descartados). A utilização de uma ferramenta como o CEP contribui para a minimização da incidência de não conformidades, pois contribui diretamente com a diminuição da geração de resíduos, seja pela liberação da matéria-prima na dimensão correta e/ou pela fabricação correta do produto em todas suas etapas.

As variações são inerentes em processos produtivos, tendo em vista que com a utilização do CEP é possível realizar medições durante e não somente no final do processo. A manufatura de produtos passa por processos diferenciados de fabricação e isso aumenta a probabilidade de tipos diferentes de variações, que, quando demonstrados no Diagrama de Causa e Efeito, conhecido também como Diagrama de Ishikawa ou Diagrama Espinha de Peixe, é possível analisar quais causas poderiam ser relacionadas ao tema, ou seja, que poderiam ser responsáveis pelo problema ou efeito detectado.

As ferramentas do CEP utilizadas neste trabalho trarão luz a novas aplicações e

demonstrarão que é possível aplicar tais ferramentas como contribuintes para a diminuição do impacto ambiental gerado pelas indústrias, neste caso, mais especificamente, na indústria de bebidas.

1.1 Objetivo Geral

Verificar a eficiência e a eficácia da aplicação de ferramentas do CEP para controlar e minimizar o descarte de resíduos de Polietileno Tereftalato (PET) no processo de produção em uma empresa de bebidas.

1.1.1 Objetivos Específicos

- Identificar as linhas de produção com maiores índices de produção de resíduos de PET;
- Mapear o processo produtivo para aplicação das ferramentas do CEP;
- Aplicar as ferramentas do CEP com o objetivo de minimizar gaps do processo e, por conseguinte, minimizar a produção de resíduos de PET;
- Realizar análise comparativa entre o antes e depois da aplicação do CEP com a finalidade de avaliar a viabilidade da utilização dessa ferramenta na minimização do impacto ambiental.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Meio Ambiente

A ABNT NBR ISO 14001:2015 (ABNT, 2015) descreve o conceito de meio ambiente como sendo a circunvizinhança em que uma organização opera, incluindo ar, água, solo, recursos naturais, flora, fauna, seres humanos e suas inter-relações, também descreve o conceito de desempenho ambiental como sendo os resultados mensuráveis da gestão de uma organização sobre seus aspectos ambientais.

Arenhardt (2019) indica que a partir do século XX, houve um aumento da visibilidade dos cuidados com o meio ambiente e sustentabilidade ambiental, também iniciaram-se as manifestações das forças regulatórias, dos clientes, da comunidade e do benefício financeiro, tendo então o estudo de algumas estratégias que passaram a ser delineadas em eventos como o Clube de Roma, Conferência Mundial sobre Meio Ambiente promovido pela Organização das Nações Unidas (ONU) e o lançamento pela Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura (UNESCO) do Programa Homem e a Biosfera (MaB) visando aperfeiçoar um plano de utilização racional para a conservação dos recursos naturais.

2.1.1 Legislação ambiental

No estado de São Paulo, a legislação pertinente a efluentes se torna questão importante em 1976 quando da publicação da Lei nº 997, de 31 de maio de 1976 (BRASIL, 1976), aprovado pelo Decreto nº 8.468, de 8 de setembro de 1976 (BRASIL, 1976) que posteriormente sofreu acréscimos e atualizações pelo Decreto 54.487, de 26/06/09 e passou a vigorar 180 dias após sua publicação em 27/06/09 (BRASIL, 2009). Existe ainda a Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011 publicada em 16/05/2011 que complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005.

A ABNT por meio da Norma Técnica Brasileira (NBR) nº 10.004 de 2004 classifica os resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, definindo-os como:

Resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de

controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível (ABNT NBR 10.004:2004, p.1).

Arenhardt (2019) cita que a classificação segundo a norma envolve a constituição, a característica e a identificação do processo ou atividade produtora do resíduo, relacionado com as matérias-primas, os insumos, e o processo.

A ABNT NBR nº 10.004 de 2004 também classifica os resíduos quanto à periculosidade, toxicidade, agente tóxico, toxicidade aguda, agente teratogênico, agente mutagênico, agente carcinogênico, agente ecotóxico, DL₅₀ (oral, ratos), CL₅₀ (inalação, ratos) e DL₅₀ (dérmica, coelhos). Para os efeitos desta Norma, os resíduos são classificados em:

- a) resíduos classe I - Perigosos;
- b) resíduos classe II – Não perigosos;
 - resíduos classe II A – Não inertes.
 - resíduos classe II B – Inertes (ABNT NBR 10.004:2004, p. 3).

Para fins deste trabalho serão abordados os resíduos sólidos classe II A – não perigosos e não inertes, A007 = Resíduos de plástico polimerizado. Alguns destes materiais podem ser observados no Anexo H constante na ABNT NBR 10004:2004 (Quadro 1).

Quadro 1 - Anexo H da ABNT NBR nº 10.004 de 2004

Código de identificação	Descrição do resíduo
A001	Resíduo de restaurante (restos de alimentos)
A004	Sucata de metais ferrosos
A005	Sucatas de metais não ferrosos (latão etc.)
A006	Resíduo de papel e papelão
A007	Resíduos de plástico polimerizado
A008	Resíduos de borracha
A009	Resíduo de madeira
A010	Resíduo de materiais têxteis
A011	Resíduos de minerais não-metálicos
A016	Areia de fundição
A024	Bagaçõ de cana
A099	Outros resíduos não perigosos
<i>NOTA: Excluídos aqueles contaminados por substâncias constantes nos anexos C, D ou E e que apresentem características de periculosidade.</i>	

Fonte: ABNT NBR 10.004:2004, p. 71

No Brasil, a ABNT, por meio de sua norma NBR 13.230 de 2008, preconiza informações sobre a identificação e as simbologias indicadas na reciclagem de plásticos. Neste trabalho serão tratados os plásticos do tipo PET, classificação 1 = Poli (tereftalato de etileno).

De acordo com Nunes (2018) é possível observar que várias pesquisas mostram que a reciclagem é a melhor aplicação após o uso dos resíduos plásticos, considerando, assim, uma das formas encontradas de solucionar a redução do descarte inadequado de plásticos presentes nos resíduos sólidos, indicando também o uso da logística reversa.

A Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 (BRASIL, 2010), dispondo sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis. As pessoas físicas ou jurídicas, de direito público ou privado, responsáveis, direta ou indiretamente pela geração de resíduos sólidos e as que desenvolvam ações relacionadas à gestão integrada ou ao gerenciamento de resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

O Artigo 2 da Lei nº 12.305 dispõe que tais implicações aplicam-se:

aos resíduos sólidos dispostos nesta Lei, nas Leis nos 11.445, de 5 de janeiro de 2007, 9.974, de 6 de junho de 2000, e 9.966, de 28 de abril de 2000, as normas estabelecidas pelos órgãos do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS), do Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária (SUASA) e do Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (SINMETRO) (BRASIL, 2010, p. 3).

Ainda, de acordo com a Lei 12.305, são princípios da Política Nacional de Resíduos Sólidos:

- I - a prevenção e a precaução;
- II - o poluidor-pagador e o protetor-recebedor;
- III - a visão sistêmica, na gestão dos resíduos sólidos, que considere as variáveis ambiental, social, cultural, econômica, tecnológica e de saúde pública;
- IV - o desenvolvimento sustentável;
- V - a ecoeficiência, mediante a compatibilização entre o fornecimento, a preços competitivos, de bens e serviços qualificados que satisfaçam as necessidades humanas e tragam qualidade de vida e a redução do impacto ambiental e do consumo de recursos naturais a um nível, no mínimo, equivalente à capacidade de sustentação estimada do planeta;
- VI - a cooperação entre as diferentes esferas do poder público, o setor empresarial e demais segmentos da sociedade;
- VII - a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos;
- VIII - o reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania;
- IX - o respeito às diversidades locais e regionais;

X - o direito da sociedade à informação e ao controle social;
 XI - a razoabilidade e a proporcionalidade (BRASIL, 2010, p. 3).

O artigo 13 da Lei 12.305 classifica os resíduos sólidos quanto à origem da seguinte forma:

- a) resíduos domiciliares: os originários de atividades domésticas em residências urbanas;
- b) resíduos de limpeza urbana: os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana;
- c) resíduos sólidos urbanos: os englobados nas alíneas “a” e “b”;
- d) resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos nas alíneas “b”, “e”, “g”, “h” e “j”;
- e) resíduos dos serviços públicos de saneamento básico: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos na alínea “c”;
- f) resíduos industriais: os gerados nos processos produtivos e instalações industriais;
- g) resíduos de serviços de saúde: os gerados nos serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e do SNVS;
- h) resíduos da construção civil: os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis;
- i) resíduos agrossilvopastoris: os gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades;
- j) resíduos de serviços de transportes: os originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira;
- k) resíduos de mineração: os gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios (BRASIL, 2010, p. 4)

Zeferino (2019) avalia alguns aspectos da referida lei e cita que de acordo com os princípios da aludida política, destacam-se a visão sistêmica impressa à gestão, levando-se em consideração aspectos ambientais, sociais, culturais, de saúde, bem como os aspectos econômicos e tecnológicos.

Na avaliação de Zeferino (2019) no que se refere aos objetivos da PNRS:

Referentemente aos objetivos da PNRS, urge destacar a redução na geração de resíduos insculpido junto ao artigo 7º, inciso II da Lei 12.305/2010, bem como o estímulo à adoção de padrões sustentáveis de produção e consumo e a redução do volume e da periculosidade de resíduos perigosos. Portanto, a referida legislação estabelece diretrizes voltadas à redução na geração dos resíduos e concomitantemente, no estabelecimento de padrões sustentáveis de consumo que possibilitem a economia e a preservação de recursos naturais e a decorrente diminuição da quantidade disposta de resíduos sólidos no ambiente (BRASIL, 2010 apud ZEFERINO, 2019, p.45)

Nunes (2018) e Silva, Damasceno, Kawamoto Júnior (2016) citaram que a PNRS/2010, regulamentada pelo Decreto nº 7.404, sancionado em dezembro de 2010 (BRASIL, 2010), tem como finalidade dispor sobre princípios, objetivos e instrumentos da gestão dos resíduos sólidos no Brasil, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao seu gerenciamento, de forma a estabelecer as responsabilidades dos geradores, na perspectiva do poluidor-pagador e da responsabilidade compartilhada, desde o poder público/empresariado até a sociedade.

2.1.2 Contaminação industrial

Com a produção industrial em larga escala, observa-se também o aumento de resíduos descartados no meio ambiente. As indústrias produzem diversos tipos de produtos, como equipamentos pesados, máquinas, produtos de higiene pessoal, limpeza e alimentos, cujo processo produtivo utiliza produtos químicos em sua formulação ou para higienização dos recipientes utilizados para o envase.

Segundo Vélez et al. (2019):

Essas substâncias são rigorosamente controladas durante a produção para que o produto final possa ser consumido com segurança. Na maioria dos casos, os constituintes dos produtos comerciais acabam em águas residuais os quais não são controlados. Esses poluentes não controlados, de diferentes naturezas químicas, são conhecidos como "Contaminantes Emergentes" (CEs). Pesquisas em todo o mundo encontraram CEs em várias matrizes ambientais, especialmente na água. (VÉLEZ et al., 2019, p.2)

As águas residuais das atividades industriais e minerais, assim como a gestão de dejetos sólidos também podem conter compostos tóxicos como hidrocarbonetos, bifenil policlorados (BCP sigla em português e PCB, sigla em inglês de Polychlorinated Biphenyl), poluentes orgânicos persistentes (POPs), compostos orgânicos voláteis (COVs), e solventes clorados, sendo que quantidades muito pequenas de certos compostos orgânicos podem contaminar grandes volumes de água (WWAP, 2017).

Os CEs são de origem principalmente orgânica, agrupados em medicamentos, produtos de higiene pessoal, filtros ultravioletas, hormônios, drogas ilícitas, aditivos alimentares, metabólitos, retardadores de chama, pesticidas, aditivos plásticos, estimulantes e nanopartículas, entre outros, que podem ser lançados no sistema de esgoto diretamente ou, quando ingeridos por humanos e animais, por meio de seus excrementos. Os compostos que

fazem parte de produtos comerciais voltados à limpeza de equipamentos, utilizados nas indústrias para criação de produtos ou mesmo os produtos de limpeza geral, como os surfactantes, são liberados pela água usada na limpeza da casa ou no enxágue após o banho (VÉLEZ et al., 2019).

Para WWAP (2017), os CEs podem ser definidos como qualquer substância química sintética ou natural ou qualquer micro-organismo que não possa ser detectado comumente no meio ambiente, mas que possa ser depositado e causar efeitos adversos ao meio ambiente e à saúde humana. As categorias principais dos CEs presente nas águas residuais são:

- Produtos farmacêuticos (por exemplo, antibióticos, analgésicos, antiinflamatórios, medicamentos psiquiátricos, entre outros);
- Esteróides e hormônios (anticoncepcionais);
- Produtos para cuidados pessoais (perfumes, filtros solares, repelentes de insetos e antisépticos);
- Pesticidas e herbicidas;
- Tensioativos e metabólitos de surfactantes;
- Extintores de chamas, aditivos industriais, produtos químicos, plastificantes e aditivos de gasolina. (WWAP, 2017)

O Quadro 2 explicita fontes de água residuais e seus componentes típicos.

Quadro 2 - Categorias principais dos CEs.

Fontes de águas residuais	Componentes típicos
Água residuais domésticas	Excrementos humanos (micro-organismos patógenos), nutrientes e matéria orgânica. Também podem conter contaminantes emergentes (por exemplo, produtos farmacêuticos, fármacos e disruptores endócrinos).
Água residuais municipais	Elevada gama de contaminantes, tais como micro-organismos patógenos, nutrientes e matéria orgânica, metais pesados e contaminantes emergentes.
Escoamento urbano	Elevada gama de contaminantes, incluídos produtos de combustão incompleta (por exemplo, hidrocarbonetos aromáticos policíclicos e carvão negro procedentes da combustão de combustíveis fósseis, borracha, óleo de motor, metais pesados, lixo não degradável/orgânico (especialmente plásticos de estradas e estacionamento), partículas suspensas e fertilizantes e pesticidas.
Escoamento agrícola (fluxo superficial)	Micro-organismos patógenos, nutrientes dos fertilizantes aplicados ao solo e pesticidas e inseticidas derivados das práticas agrícolas.
Aquicultura terrestre	Os efluentes das lagoas de assentamento são tipicamente ricos em matéria orgânica, sólidos em suspensão (partículas), nutrientes dissolvidos e metais pesados e contaminantes emergentes.
Águas residuais industriais	Os contaminantes dependem do tipo de indústria.
Atividades de mineração	O dreno de rejeitos geralmente contém sólidos em suspensão, alcalinidade, acidez (necessita ajuste de pH), sais dissolvidos, cianureto e metais pesados. Pode conter também elementos radioativos, dependendo da atividade da mina.
Geração de energia	A água gerada no setor energético costuma ser uma fonte de contaminação térmica (água quente) e normalmente contém nitrogênio (por exemplo, amoníaco, nitrato), total de sólidos dissolvidos, sulfatos e metais pesados.
Lixiviados de aterro sanitário	Contaminantes orgânicos e inorgânicos, com concentrações potencialmente altas de metais e químicos orgânicos perigosos.

Fonte: WWAP, 2017

A prevenção e cuidado com o meio ambiente passa também pela redução da contaminação industrial, mantendo o volume e a toxicidade da contaminação ao mínimo em seu ponto de origem, tornando-se parte da concepção das indústrias, conceito este que faz parte da engenharia industrial verde (WWAP, 2017).

Segundo Arenhardt (2019), são considerados resíduos industriais os resíduos gerados nos processos produtivos e instalações industriais, desta forma os estabelecimentos industriais estão obrigados a elaborar e apresentar o plano de gerenciamento dos resíduos com conteúdo mínimo estabelecido e que:

- O plano de gerenciamento de resíduos sólidos atenderá ao disposto no plano municipal de gestão de resíduos sólidos do respectivo Município, sem prejuízo das normas estabelecidas pelos órgãos do Sistema Nacional do Meio Ambiente, do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária e do Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária.
- Que a inexistência do plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos não impede a elaboração, a implementação ou a operacionalização do plano de gerenciamento de resíduos sólidos.
- O empreendimento industrial deverá designar responsável técnico devidamente habilitado para a elaboração, implementação, operacionalização e monitoramento de todas as etapas do plano de gerenciamento de resíduos sólidos, nelas incluído o controle da disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.
- Os responsáveis por plano de gerenciamento de resíduos sólidos manterão atualizadas e disponíveis ao órgão municipal competente, ao órgão licenciador do Sisnama e a outras autoridades, informações completas sobre a implementação e a operacionalização do plano sob sua responsabilidade e que será implementado sistema declaratório com periodicidade, no mínimo, anual.
- O plano de gerenciamento de resíduos sólidos é parte integrante do processo de licenciamento ambiental.
- Que nos empreendimentos e atividades não sujeitos a licenciamento ambiental, a aprovação do plano de gerenciamento de resíduos sólidos cabe à autoridade municipal competente.
- No processo de licenciamento ambiental a cargo de órgão federal ou estadual do Sisnama será assegurada oitiva do órgão municipal competente, em especial quanto à disposição final ambientalmente adequada de rejeitos.
- Que serão estabelecidos em regulamento normas sobre a exigibilidade e o conteúdo do plano de gerenciamento de resíduos sólidos relativo à atuação de cooperativas ou de outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis e critérios e procedimentos simplificados para apresentação dos planos de gerenciamento de resíduos sólidos para microempresas e empresas de pequeno porte (PNRS, 2010 *apud* ARENHARDT, 2019, p. 77).

Donaire (2013) *apud* Paiva e Giesta (2019) cita que:

dentre as ações que podem ser desenvolvidas pelas organizações com base na gestão ambiental de seus recursos naturais, podem ser citadas a reciclagem de materiais, que traz uma economia de recursos para as empresas; reaproveitamento interno de resíduos ou sua posterior venda; o

desenvolvimento de novas tecnologias ou processos produtivos com base na produção mais limpa; desenvolvimento de novos produtos voltados para o mercado ecológico e suas novas demandas; dentre outros. (PAIVA; GIESTA, 2019, p. 4)

Paiva e Giesta (2019) descreveram o conceito de desenvolvimento sustentável a partir dos relatos de três diferentes autores, sendo então descrito que este conceito possui um tripé que engloba os aspectos econômicos, sociais e ambientais, podendo ser aplicado tanto no nível macro quanto micro, ou seja, indicações para um país (macro) ou para uma residência, escola ou empresas (micro), independentemente do porte.

Maciel e Freitas (2019) observaram que os impactos ambientais mais significativos encontram-se nas regiões industrializadas, oriundos das atividades produtivas desses tipos de organizações, pois geram impacto ambiental desde a sua instalação em um dado espaço geográfico até a sua possível desativação.

O que precisa ser salientado é que qualquer organização, independentemente de setor, local de atuação ou do seu porte, deve nortear-se na observação de seu impacto à sociedade e ao meio ambiente, seja do ponto de vista estratégico ou no âmbito interno de sua atuação, pois interage o tempo todo, seja com os seus *stakeholders*, seja com o meio social ou natural, que, direta ou indiretamente, refletem e são refletidos em suas ações (PAIVA; GIESTA, 2019).

Historicamente é possível notar que as indústrias possuem papel fundamental na geração de emprego e renda, no avançar tecnológico e na promoção do bem-estar social, aliadas principalmente à ciência e tecnologia. O desafio das empresas é harmonizar crescimento econômico com a preservação do meio ambiente e a melhoria da qualidade de vida das pessoas (PAIVA; GIESTA, 2019).

Paiva e Giesta (2019) atrelaram estes desafios ao processo de industrialização do Brasil:

No Brasil, sua fase de industrialização se inicia basicamente a partir dos anos 1930. No entanto, até por volta da década de 1970, o desenvolvimento do Brasil esteve praticamente desconectado das ideias de sustentabilidade. Por essa época, a partir da Conferência de Estocolmo em 1972, os debates mundiais sobre o meio ambiente começavam a ganhar voz e empolgavam as discussões em todo o planeta, acerca do futuro do planeta e da humanidade. Entretanto, esse debate só veio a ter alcance no Brasil na década de 1980, marcado com a aprovação da Política Nacional do Meio Ambiente (Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981). A importância do meio ambiente considerado nesse período culminou com a dedicação ao tema de um capítulo da Constituição de 1988 (PAIVA e GIESTA, 2019, p. 7).

O alcance do desempenho ambiental para Freire (2019) é consequência de uma responsabilidade compartilhada em todo o ciclo de vida dos produtos ou serviço, contendo

metas que são realizadas em conjunto, ou seja, com atribuições individualizadas e encadeadas entre fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, para minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, e reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos.

No tocante às normas e leis brasileiras, Freire (2019) destaca que:

Percebe-se, com essas normas e legislações, que o Brasil apresenta condições favoráveis para uma gestão eficaz no que tange à gestão e ao gerenciamento de resíduos industriais e, conseqüentemente, à preservação do meio ambiente. A fiscalização, porém, ainda não acontece de forma efetiva, ficando muitas vezes a critério da conscientização dos gestores e da maturidade das organizações o desempenho ambiental (FREIRE, 2019, p. 93).

Os conceitos importantes para o gerenciamento de resíduos industriais podem ser baseados ao se desenvolver uma produção mais limpa, ter ecoeficiência, ter responsabilidade social empresarial, e utilizar marketing verde ou ecológico. Tais estratégias proporcionam a melhoria contínua, contribuindo para a redução de resíduos nos processos industriais e, conseqüentemente, a melhoria da imagem das empresas no mercado (FREIRE, 2019).

2.2 Revoluções Industriais

A evolução industrial ocorreu em paralelo com a evolução da sociedade e as Revoluções Industriais contam a história. Segundo Schwab (2019), a palavra “revolução” denota mudança abrupta e radical. Em nossa história, as revoluções têm ocorrido quando novas tecnologias e novas formas de perceber o mundo desencadeiam uma alteração profunda nas estruturas sociais e nos sistemas econômicos.

A Inglaterra, no século XVIII, protagonizou o advento da Indústria no mundo, a grande abundância financeira existente no país contribuiu para o início da mecanização na indústria local e mundial, até aquele momento a economia mundial era baseada basicamente na mão de obra animal e humana nas lavouras, deu-se então início à Primeira Revolução Industrial ou era das máquinas, a expansão de ferrovias, dos navios movidos a vapor, e de outras máquinas que criaram a necessidade crescente por ferro e aço, novos métodos de produção foram desenvolvidos para atender a demanda.

Na sequência se deu a Indústria 2.0 – Segunda Revolução Industrial, nesse ponto surgiram as esteiras para transporte, o uso da eletricidade se tornou comum com a introdução

de máquinas, surgiu assim a produção em massa e a linha de produção. Já a Terceira Revolução Industrial se consolidou como a era da eletrônica, o uso de Controladores Lógicos Programáveis (CLPs) as máquinas passaram a ser programadas, o que possibilitou maior confiabilidade na fabricação de produtos. A introdução da tecnologia contribuiu para o aumento do uso de sistemas *Enterprise Resource Planning* (ERP) que facilitam a integração nas organizações. Para Schwab (2019), a terceira revolução industrial que iniciou na década de 1960, é tratada como revolução do computador ou revolução digital já que foi impulsionada pelo desenvolvimento da tecnologia criada para expandir o uso destas tecnologias, são exemplos: a computação pessoal e a internet. Já a Quarta Revolução Industrial (Indústria 4.0) promoveu uma evolução exponencial no desenvolvimento de tecnologia, de produtos e nos processos de fabricação.

Zeferino (2019) após realizar um levantamento sistemático sobre as revoluções industriais concluiu que:

Sob o prisma ambiental, a revolução industrial europeia representou um período de grandes alterações em seus biomas sob o paradigma do progresso científico e tecnológico como premissas ímpares ao desenvolvimento de suas sociedades. Neste introito, a preocupação com a produção e com o desenvolvimento de novas tecnologias e novos processos produtivos alijava o meio ambiente das discussões e preocupações da sociedade europeia à época, possibilitando uma maior produção às custas da poluição e drenagem de cursos d'água, bem como pela poluição atmosférica e dos solos europeus (ZEFERINO, 2019, p. 22).

Freire (2019) descreveu que para atender a uma demanda crescente em função do consumismo, do crescimento populacional e das áreas urbanas, o setor produtivo precisa aumentar sua produção, tendo como consequência o aumento de resíduos gerados em seus processos produtivos. Desta forma, surgem problemas oriundos da má gestão dos resíduos sólidos e, conseqüentemente, a destinação ou disposição inadequada de resíduos.

No Brasil, a preocupação das indústrias no tocante ao aspecto ambiental iniciou-se na década de 1980, marcada pela aprovação da Política Nacional do Meio Ambiente (Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981), culminando com a inclusão de um capítulo sobre o tema na Constituição de 1988.

Paiva e Giesta (2019) observaram que:

... não foi somente o fator legislação e exigências ambientais que impulsionaram a busca por padrões de produção sustentáveis a partir desse período. A promoção de estratégias baseadas na competitividade ambiental cumpriu um papel significativo na inserção das indústrias brasileiras no novo ambiente econômico, contribuindo para a melhoria da ecoeficiência das empresas. Foi neste sentido que as empresas passaram a adotar medidas para

redução de consumo de energia e de insumos produtivos, diminuição de desperdícios, reaproveitamento e reciclagem de materiais, conservação e aumento da eficiência operacional. A partir daí, verificou-se que as empresas industriais na década de 1990 passaram a investir na sustentabilidade ambiental nos seus negócios, adotando algum procedimento relacionado à gestão ambiental, que, no primeiro momento, eram investimentos ligados à redução de perdas e refugos de materiais e produtos acabados, havendo também investimentos no tratamento e controle de efluentes, redução de ruídos e controle de energia (PAIVA; GIESTA, 2019, p. 7-8).

2.3 Planejamento e Controle da Produção (PCP)

Os gestores industriais devem se preocupar com a melhoria da produtividade empresarial dentro de uma perspectiva mais abrangente, a qual considere, além da maximização e otimização de seus recursos, a prevenção ambiental (MACIEL e FREITAS, 2019).

Oliveira Neto et al. (2015) indicaram que na indústria manufatureira, a transformação de recursos em produtos finais para a comercialização consome recursos advindos da natureza, transforma o produto básico, agregando valor econômico e gerando prosperidade ao setor. Em contrapartida, este ciclo não se aplica ao meio ambiente, já que este funciona com equilíbrio próprio, reciclando o *output* de biosistemas em *input* de outros. Desta forma, não se pode esperar que a manufatura se torne totalmente sustentável, mas é possível adotar princípios que tornem a produção industrial menos agressiva ao meio ambiente.

O planejamento e controle da produção é responsável pela organização da transformação de uma necessidade em resultado, ou seja, relaciona a capacidade de produção com a demanda que é a solicitação do cliente, seja ele interno ou externo. De acordo com Banzato, Mendes e Moura (2015), entende-se planejamento como sendo o processo de coordenar ações futuras, determinar políticas e estratégias, que visam aumentar a probabilidade de acerto e alcance dos resultados programados. Cabe também ao controle acompanhar o progresso das atividades, visando identificar não conformidades que acionam ações corretivas e adequação no processo.

A adoção de princípios/ferramentas da produção mais limpa (P+L) consiste na incorporação de ideias sobre sustentabilidade na produção, transformando-as em procedimentos e práticas com o objetivo de reduzir desperdícios, atender com maior eficácia às normas e requisitos ambientais, promover tratamento dos resíduos gerados, resultando na minimização de custos (BOYLE, 1999).

Para Slack, Brandon-Jones e Johnston (2018), o PCP é responsável por gerenciar as

atividades produtivas e estas atividades devem ser planejadas ainda que exista variação entre produtos. Alguns processos possuem maior nível de dificuldade para planejamento e controle, principalmente aqueles com maior urgência para entrega. Não importa o tipo de processo ou aspecto específico para determinado produto, todos devem ser conciliados na organização e controlados com padronização, a administração da produção centraliza a inter-relação dos setores envolvidos a entrega final (Figura 1).

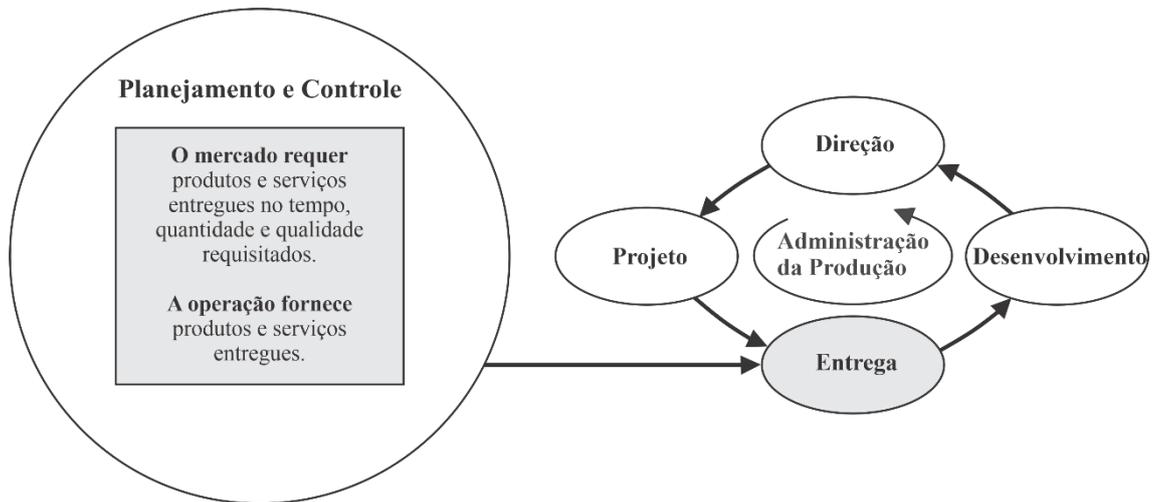


Figura 1 - Esquema Planejamento e Controle

Fonte: Adaptado de Slack, Brandon-Jones e Johnston, 2018

Ao relacionarmos os setores envolvidos com o PCP é possível compreender o planejamento como essencial ferramenta para a obtenção de resultados que impactem positivamente a organização. Slack, Brandon-Jones e Johnston (2018) afirmaram que o planejamento e controle conciliam as demandas do mercado e os recursos da produção com a habilidade de entregar o que foi solicitado ao cliente. Groover (2017) reportou que o planejamento do processo envolve padronização de sequências para realização de produtos e deve ser executado por engenheiros conhecedores do processo. Para Laugeni e Martins (2015), planejamento é a área de decisão na manufatura e deve planejar e controlar os recursos do processo para gerar bens e serviços. Adicionalmente, reportaram que o PCP é responsável por administrar o planejamento à gestão de suprimentos e atividades da organização, utilizando métodos específicos para atender ao mercado.

Para Oliveira Neto et al. (2015), a aceitação de princípios ambientais na gestão da cadeia de suprimentos com o objetivo de viabilizar a efetividade da prática de produção mais limpa por meio de seleção de materiais e de fornecedores ambientalmente corretos, processos

produtivos, entrega de produtos finais aos consumidores e gestão do fim da vida útil dos produtos é fundamental para se obter um planejamento viável e que atenda às condições reais do processo. Neste âmbito, o planejamento e controle da produção ajuda na gestão da capacidade para evitar desperdícios de recursos produtivos e naturais e estruturação da logística reversa de pós-consumo e pós-venda para a gestão dos resíduos sólidos.

Na pesquisa realizada por Oliveira Neto et al. (2015) com 130 empresas selecionadas, representando amostra de 19 % da população de associados ao Instituto Ethos¹, observou-se que o princípio da produção mais limpa adotado por 102 empresas (80 %), visa estabelecer o planejamento e controle da produção com educação ambiental. Esse resultado indica a necessidade de as empresas desenvolverem matérias-primas ecológicas considerando que não é possível processar produção mais limpa se os insumos produtivos são poluentes.

2.3.1 Capacidade Produtiva, demanda e estoque

A capacidade produtiva é a disponibilidade de recursos para transformação de entradas em saídas, da matéria-prima à mão de obra disponível. A definição de capacidade produtiva caracteriza o grau máximo de atividades de valor agregado em um tempo que o processo pode estabelecer sob condições operacionais normais, qualquer dimensão desta deve representar a habilidade de uma operação ou processo em atender a demanda. De acordo com Slack, Brandon-Jones e Johnston (2018), prover capacidade física suficiente para satisfazer a demanda atual e futura é responsabilidade fundamental da administração da produção. Já para Paranhos Filho (2012), a capacidade precisa ser dimensionada para evitar o subdimensionamento que levará a operação a períodos longos na capacidade máxima, gerando custos adicionais e queda na produtividade, além da deterioração de equipamentos por dificuldades na manutenção preventiva, já que as máquinas estarão sempre em atividade.

As necessidades de produtos e/ ou serviços são entendidas como demanda. Para Simchi-Levi e Kaminsky (2010), mesmo que a demanda seja conhecida, o PCP não pode desconsiderar parâmetros que podem influenciá-la ao longo do tempo, como por exemplo flutuações sazonais, promoções e publicidade. Parâmetros variáveis dificultam estratégias eficientes, é de suma importância a utilização de dados históricos que permitam a previsão à organização.

¹ O Instituto Ethos de Empresas e Responsabilidade Social é uma OSCIP (Organização da Sociedade Civil de Interesse Público) cuja missão é mobilizar, sensibilizar e ajudar as empresas a gerirem seus negócios de forma socialmente responsável, tornando-as parceiras na construção de uma sociedade justa e sustentável.
Fonte: <https://www.ethos.org.br/conteudo/o-instituto/>

O equilíbrio entre a capacidade e a demanda faz com que a organização satisfaça seus clientes em relação ao custo-benefício, o desequilíbrio entre ambos gera custos excessivos. Em síntese, o planejamento de controle da capacidade busca conciliar o suprimento da capacidade física com o nível da demanda que deve ser efetuada, isto é, a tarefa de estabelecer a prática efetiva da operação de modo que possa responder às demandas colocadas sobre ela e, geralmente, isso significa decidir como a operação deve reagir às flutuações da demanda.

A manutenção de estoques é sempre algo discutível nas organizações e em algumas delas é algo necessário. Para Slack, Brandon-Jones e Johnston (2018), estoque é o termo utilizado para descrever a acumulação de materiais, clientes ou informações à medida que fluem do processo ao cliente. A gestão desses recursos é denominada gestão de estoque e em algumas organizações representa parte do capital de giro por ter valor financeiro vinculado à avaliação da empresa.

Grande parte das organizações apresentam contraposição em relação a gestão de estoque, no entanto, a ausência deste controle pode depreciar as mesmas, a insuficiência de acuracidade pode ocasionar o atraso nas entregas e ainda, a elevação dos custos, em decorrência destas falhas o consumidor pode revogar-se do fornecedor vigente. Além disso, estoques não planejados podem gerar quantidade significativa de resíduos, aumentando o descarte e o impacto ambiental.

2.4 O colaborador no contexto industrial

A produtividade é o resultado do empenho de colaboradores na transformação de recursos em produtos. O comprometimento com a organização na qual exercem a atividade remunerada é o diferencial no que tange às entregas finais, produtos ou serviços. Para Chiavenato (2014) não pode existir dissonância entre os objetivos da empresa e a cultura do comprometimento e engajamento dos colaboradores, todos precisam se sentir parte do todo, empreendedores no contexto organizacional. Não há mais espaço para organizações que entendem pessoas como recursos isolados, estes devem ser considerados os principais atores no desenvolvimento industrial, essa transição da “coisificação” para a parceria pode ser observada na Figura 2.

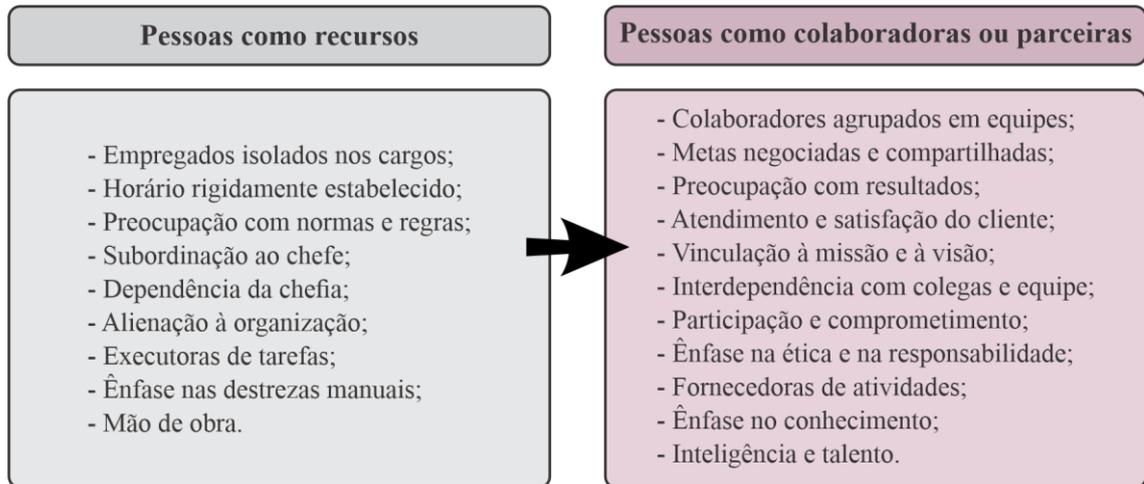


Figura 2 - Pessoas Recursos X Pessoas Colaboradoras e parceiras da organização
 Fonte: Adaptado de Chiavenato, 2014.

Ainda que o colaborador deva manter o empenho na atividade que executa e pela qual teoricamente é justamente remunerado e treinado para execução, a organização não deve se manter passiva. Neste contexto, a busca pela excelência deve estar atrelada às inter-relações entre setores e o foco no bom relacionamento para impulsionar a produção e manter a estrutura organizacional. Segundo Dias (2018) o termo estrutura é utilizado para identificar a distribuição, em determinada ordem, das diversas partes que compõem o todo. Assim, quando nos referimo-nos à estrutura de algo, estamos nos referindo à inter-relação das diversas partes que o compõem.

Slack, Brandon-Jones e Johnston (2018) ilustraram (Figura 3) as inter-relações presentes desde a organização de setores, com foco na Função Produção, defenderam que a administração moderna não pode atrapalhar a eficiência dos processos, ou seja, mesmo que as funções tenham relacionamentos diferentes, estes necessitam de um fluxo contínuo para satisfazer as necessidades. Essas relações são definidas como funções essenciais e de apoio, os colaboradores estão inseridos neste ambiente.

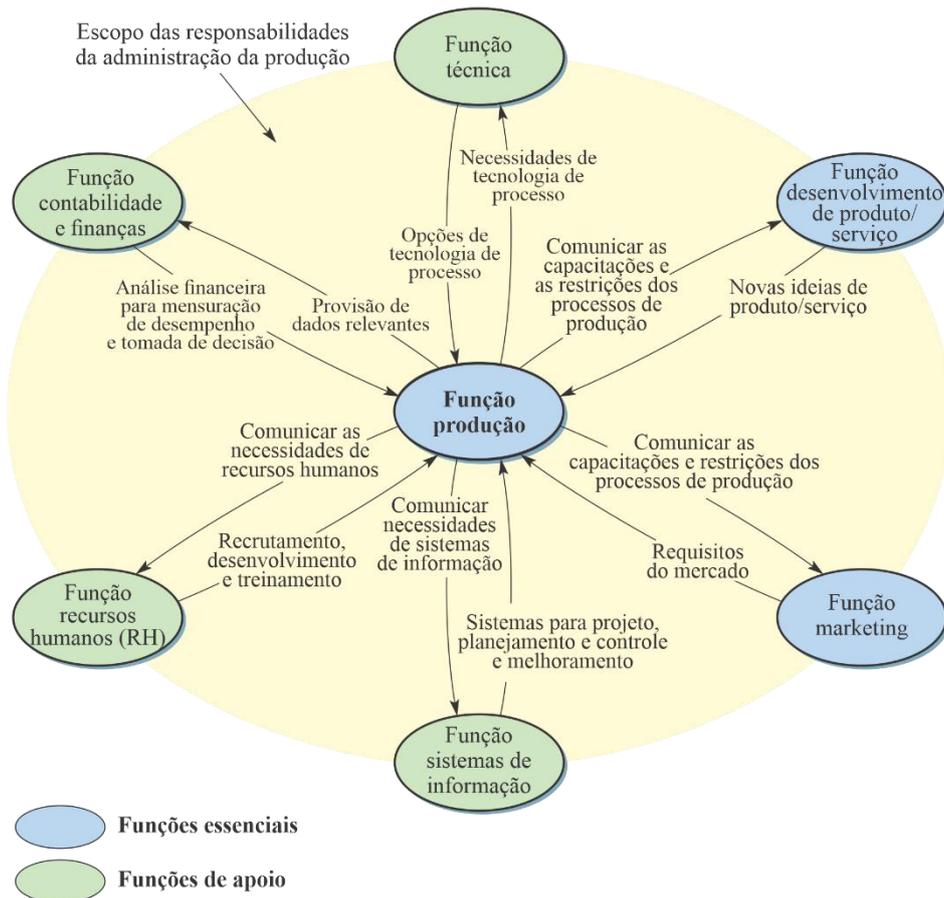


Figura 3 - Relacionamento entre a Função produção e outras Funções de apoio
 Fonte: Adaptado de Slack, Brandon-Jones e Johnston, 2018

A percepção do comprometimento da empresa pelo olhar do colaborador pode ser o diferencial entre ganho e perda na produtividade, o descontentamento gera ausência de engajamento que é responsável por grandes perdas, tanto matéria-prima quanto de horas homem/ máquina (somatória dos custos da máquina com a mão de obra). Esse comprometimento, segundo Edmondson (2020) pode ser a percepção de que o lugar recebe bem novas ideias, que não haverá ridicularização, o ambiente não permite constrangimento ou punição na apresentação de visões diferentes e que a admissão de não entendimento não desabonará a atuação profissional.

As relações desenvolvidas dentro do ambiente organizacional entre colaboradores, gestores e gerentes não podem ser embasadas no medo, algumas empresas mantêm a cultura do medo para manter o controle, no entanto, essa forma de supervisão vem na contramão dos conceitos da evolução industrial. Para Edmondson (2020) nenhum indivíduo consegue saber ou fazer tudo aquilo que é exigido na realização do seu trabalho, assim, é importante que tenham

liberdade para se expressar, compartilhando informações e experiência, como consequência construirão relacionamentos de confiança duradouros e neste contexto deve ser considerada a segurança psicológica.

Segundo Edmondson (2020):

A segurança psicológica descreve uma crença que nem a consequência formal nem a informal dos riscos interpessoais, como pedir ajuda ao admitir a falha, será punitiva. Em ambientes psicologicamente seguros, pessoas acreditam que, se cometerem um erro ou pedirem ajuda, outros não vão reagir de forma negativa. Ao contrário, a sinceridade é tanto permitida como esperada. Segurança psicológica existe quando as pessoas sentem que seu local de trabalho é um ambiente em que elas podem se expressar, dar ideias e fazer perguntas sem medo de serem punidas ou envergonhadas. (EDMONDSON, 2020, p. 15-16)

Colaboradores com medo tendem a esconder ou maquiar não conformidades, quando não se sabe o que controlar, o processo e o produto final ficam comprometidos, acrescentado tempo, afetando parâmetros e por consequência omitindo aspectos que podem impedir o correto funcionamento do produto. É importante manter colaboradores que façam parte da equipe em sua totalidade, que entendam o seu papel, sua importância no processo e o impacto de sua atividade na qualidade do produto e na manutenção da organização.

Para Dias (2018):

Nas organizações empresariais, é fundamental um elevado capital social para manter a coesão da organização e a intensidade do compartilhamento interno de informações. No caso das organizações como foco nos objetivos, como é o caso das organizações empresariais, é necessário haver equilíbrio entre as relações baseadas em contatos informais e formais, e um nítido predomínio destas últimas, o que fortalecerá a ideia de coletividade agrupada em função de um determinado objetivo.

Na nova sociedade do conhecimento que está se constituindo neste início de século XXI, os fatores intangíveis do capital estão se tornando cada vez mais importantes como fonte de competitividade para as organizações. (DIAS, 2018, p. 261)

2.5 Controle Estatístico do Processo

O Controle Estatístico do Processo surgiu durante a segunda Revolução Industrial. Em 1924, Walter Andrew Shewart (1891-1967) criou o modelo que introduziu o uso de técnicas de amostragem e outras técnicas estatísticas, inicialmente nos Estados Unidos. Segundo Paranhos Filho (2012), estudos de aplicação da estatística foram inicialmente aplicados e aprimorados por japoneses após a Segunda Grande Guerra, depois com apoio e consultoria de norte-americanos, como Joseph M. Juran (1904 - 2008) e W. Edwards Deming (1900-1993), e de

japoneses, como Taiichi Ohno (1912-1990) e Kaoru Ishikawa (1915-1989), a utilização destas técnicas foi possível, principalmente as técnicas de identificação da causa e efeito na mitigação de não conformidades e o CEP. Samohyl (2009) afirmou que Shewart iniciou a aplicação de técnicas básicas de Estatística e Metodologia Científica em fábricas nos Estados Unidos, sendo conhecido como o primeiro a consultar a área de controle estatístico.

Ainda de acordo com Samohyl (2009), Shewart foi pioneiro ao perceber que variabilidade e qualidade são antagônicas, ou seja, onde existe excesso de um terá necessariamente falta do outro. A ideia é aplicável tanto para produtos quanto para serviços. A aplicação da estatística mostrou que erros durante o processo e tempos irregulares das etapas de fabricação são tão impactantes quanto dimensões não conformes nos produtos. Assim, no processo produtivo, o importante é a padronização. Para Slack, Brandon-Jones e Johnston (2018), o foco do CEP é a checagem dos produtos e serviços durante sua criação, e caso exista algum problema no processo este deve ser interrompido e a correção dos problemas deve ser executada. Segundo Rosa (2016), a correção de um problema deve ser feita exatamente após o surgimento do mesmo, caso contrário acarretará em prejuízo de tempo e dinheiro. A Figura 4 ilustra o prejuízo causado por problemas na execução do processo produtivo.

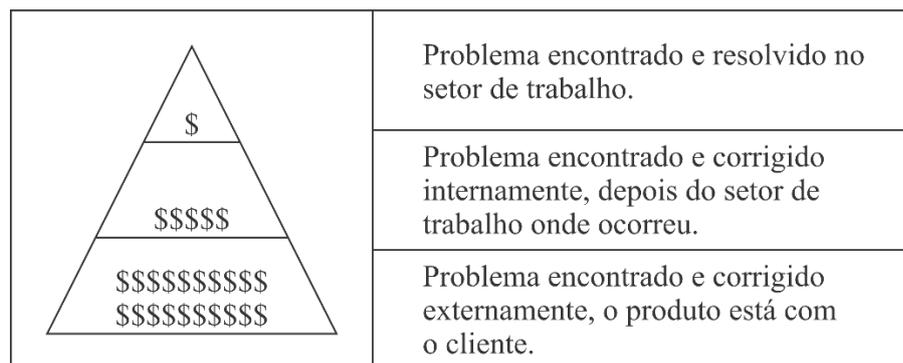


Figura 4 - Prejuízo causado por problemas na execução do processo produtivo
Fonte: Adaptado de Rosa, 2016

Para Silva et al. (2019), o Controle Estatístico do Processo é uma metodologia que atua preventivamente sobre o processo produtivo, utilizando a estatística como instrumento básico para avaliar suas alterações, em busca do aperfeiçoamento contínuo da qualidade, baseado em técnicas estatísticas amplamente utilizadas para descrever e interpretar a variabilidade, que é o agente causador de produtos defeituosos.

Rosa (2016) afirmou ainda que processo é a transformação de entradas em produtos

acabados (saídas), e esse resultado deve manter características da qualidade que atendam às necessidades do cliente e para isso é necessário controle. Considerando que alguns processos são de difícil controle, a utilização do CEP objetiva entender o processo e monitorá-lo do início ao fim.

2.5.1 Aplicação do Controle Estatístico do Processo

Moro et al. (2018) salientaram a importância da indústria alimentícia brasileira e a relevância do uso de técnicas e estatística para monitorar, gerir e analisar o desempenho de processos produtivos visando realizar melhorias, citando o uso do CEP para análise de gráficos de controle oriundos das operações produtivas na verificação de falhas e prevenção de defeitos. Para esta análise foram utilizados os gráficos de controle Shewhart (\bar{X} -s), CUSUM, EWMA e o diagrama de causa e efeito, visando identificar as causas de variação do peso dos pacotes de salsicha, tendo concluído que a variabilidade observada durante a coleta de dados e observação do andamento do processo ocorre por três motivos: ajuste ou controle impróprio das máquinas, erro de operadores e defeito de matéria-prima.

Substancialmente a utilização do gráfico de controle EWMA no monitoramento do processo de empacotamento da salsicha é julgado como eficiente e proveitoso, visto que esta metodologia pode auxiliar na garantia de qualidade dos processos produtivos, refletindo na qualidade dos produtos, implicando na redução de prejuízos e, conseqüentemente, o aumento da produtividade e lucratividade. (MORO et al., 2018, p. 64)

Fonseca et al (2020) abordaram de maneira conjunta a engenharia de métodos e o controle estatístico do processo nas atividades manuais que compõem a linha de produção do pão de forma, com o uso da ferramenta da qualidade 5W1H para o mapeamento de todos os procedimentos de produção do pão de forma, tal levantamento foi realizado *in loco* observando-se os operadores em seus postos de trabalho e aplicação de entrevistas com o supervisor de produção e com os próprios operadores da fábrica. De posse do fluxograma do processo produtivo foi possível evidenciar as atividades manuais para a aplicação do estudo de tempos e movimentos e gráficos de controle para variáveis, baseando-se na visão macro das operações obtidas pela ferramenta 5W1H. Os gráficos de controle da amplitude e da média foram realizados tendo como base a cronometragem das atividades manuais antes e após treinamento, sendo elas: recebimento de matéria-prima, dosimetria/dosagem, distribuição, embalagem, paletização e estocagem.

Fonseca et al (2020) concluíram que:

Na comparação dos tempos cronometrados pré- e pós-treinamento, o estudo alcançou uma redução do tempo total do processo. O tempo do processo produtivo do pão de forma passou de 372,92 segundos para 313,97 segundos, uma redução de aproximadamente 16%, destacando-se as atividades de recebimento de matéria-prima e de dosimetria/dosagem, pois apresentaram amplas melhorias em seus tempos padrões. Essa redução foi possibilitada por meio de um treinamento, durante o qual foi possível observar os movimentos realizados, eliminar aqueles que eram desnecessários e padronizar a sequência das operações por meio de dez repetições, características estas que fortalecem e difundem o potencial do estudo de tempos e movimentos em tempos atuais. (FONSECA et al, 2020, p. 264)

Para Lim, Antony e Arshed (2016) muitas indústrias estão colhendo benefícios da implementação do CEP, principalmente as indústrias automotivas, entretanto a taxa de adoção do CEP em indústrias de alimentos ainda é baixa e mais lenta se comparada a outras indústrias de manufatura, o que sugere a necessidade de entendimento acerca das razões para a não implementação do CEP como técnica de controle de processo e melhoria da qualidade. Ainda para os autores a principal razão pela qual as empresas de alimentos não aplicam o CEP se deve ao desconhecimento dos benefícios do CEP e a falta de conhecimento estatístico para sua aplicação.

Em sua pesquisa Lim, Antony e Arshed (2016) procuraram diferenciar as vantagens de performance entre companhias que implementam o CEP e as que não a implementam. As métricas de desempenho mais aplicadas na indústria de alimentos são a satisfação do consumidor (64%) e as reclamações dos clientes (63%), os resultados demonstraram que a maioria das empresas pesquisadas concordaram que a redução de resíduos foi a maior vantagem obtida com a implementação do CEP, seguida pela melhoria na consistência do produto. Os resultados mostram também que houveram diferenças significativas entre empresas pesquisadas no tocante às taxas de defeitos, produtividade, porcentagens de retrabalho e conscientização da qualidade.

Ainda segundo os mesmos autores, para as empresas que utilizam CEP, os gráficos mais comuns implementados são Shewhart's -R and -S, que são também os mais úteis, em relação à sua implementação, o compromisso da gestão da empresa mostrou-se o fator mais importante para o sucesso da implementação do CEP.

2.5.2 Mapeamento do Processo

De acordo com ABNT NBR ISO 9000:2015 (ABNT, 2015), organizações possuem processos que podem ser definidos, medidos e melhorados. Os processos interagem para entregas consistentes com o objetivo da organização. Alguns processos podem ser ou não críticos, as entradas devem prover saídas. Ainda de acordo com a ABNT NBR ISO 9000:2015, a definição de processo é:

conjunto de atividades inter-relacionadas ou interativas que utilizam entradas para entregar um resultado pretendido.

NOTA 1 O “resultado pretendido” do processo é chamado de saída, produto ou serviço, dependendo do contexto da referência.

NOTA 2 As entradas para um processo são geralmente saídas de outros processos e as saídas de um processo são geralmente as entradas para outros processos.

NOTA 3 Dois ou mais processos inter-relacionados ou que interagem em série também podem ser referidos como processos.

NOTA 4 Processos em uma organização são geralmente planejados e realizados sob condições controladas para agregar valor.

NOTA 5 Um processo para o qual não for possível validar prontamente ou economicamente a conformidade da saída é frequentemente chamado de “processo especial”.

NOTA 6 Este termo é um dos termos comuns e definições fundamentais das normas ISO de sistemas de gestão. (ABNT, 2015, p. 17)

O mapeamento do processo é essencial para definições de ações que devem ser tomadas na organização das atividades. Para Rosa (2016), a intenção no controle de processos é minimizar índices de variabilidade e assim melhorar a qualidade nos produtos. Não conformidades geram retrabalhos e estes acarretam em custos maiores.

O controle de qualidade é um instrumento vital para controlar o processo de fabricação de sistemas mecatrônicos. O controle estatístico do processo é uma forma comum de controle de qualidade das empresas, podendo complementar o processo do controle do mecanismo baseado na qualidade visando a prevenção para melhorar o processo de fabricação (WOHLERS et al, 2019).

O CEP permite prever tendências negativas ou mudanças no processo de fabricação antes que elas resultem em produtos com não conformidade ou paradas indesejadas na produção. Os especialistas em qualidade devem definir quais dados coletar, analisar e avaliar para controlar adequadamente o processo de fabricação (WOHLERS et al, 2019).

2.5.3 Subgrupos racionais

No tocante à coleta de dados amostrais para o uso de gráficos de controle, utiliza-se o conceito de subgrupo racional, que significa que tais amostras devam ser selecionadas de modo que a variabilidade das observações dentro de um subgrupo deva incluir toda a variabilidade casual ou natural e excluir a variabilidade atribuída, fazendo com que os limites de controle representem fronteiras para a variabilidade casual e não para a variabilidade atribuída (MONTGOMERY, 2012).

Para a finalidade deste estudo os subgrupos racionais seguem o princípio de que cada subgrupo consiste em unidades produzidas ao longo do tempo, tendo em vista detectar mudanças no processo, minimizando a variabilidade devido às causas atribuídas dentro de uma amostra e maximizando a variabilidade entre amostras, fornecendo melhores estimativas do desvio-padrão do processo.

2.5.4 Fluxograma

Fluxogramas são utilizados para ilustrar o processo produtivo nas organizações, essa ilustração facilita a compreensão do passo a passo que deve ser executado. Fusco (2007) define o fluxograma como sendo o detalhamento das etapas do processo graficamente, com padronização de elementos operacionais que mesmo sendo uma ferramenta antiga, ainda hoje apresenta vantagens diversas. Para Slack, Brandon-Jones e Johnston (2018) fluxogramas detalham a compreensão das partes do processo e de que maneira o fluxo produtivo ocorre.

2.5.5 Diagrama de Causa e Efeito

Diagramas são demonstrações gráficas utilizadas para facilitar a compreensão do que está expresso. Segundo Montgomery (2012), Kaoru Ishikawa propôs em 1943 e foi aperfeiçoado nos anos seguintes. O Diagrama de Causa e Efeito é utilizado para apresentar as causas que geraram o efeito. As causas, que podem ou não ser diversas, podem agir de forma concomitante no processo e mais de uma causa pode ser responsável pelo efeito. O efeito é o problema ou questão que deve ser analisada. Rosa (2016) afirmou que dados apoiam o estudo do processo, que objetiva analisar as características do processo para que este se comporte corretamente. Uma das vantagens da utilização do CEP durante a execução do processo é o

monitoramento pelo colaborador que executa a atividade, o que acrescenta qualidade ao resultado e diminuição de custos.

A utilização do Diagrama de Causa e Efeito permite a definição de causas para efeitos e esta atividade deve ser executada sem preconceitos, ou seja, não descartando qualquer causa possível, considerando todas as possíveis causas geradoras do referido efeito. Normalmente a primeira opção é culpar o colaborador, ou seja, a falta de treinamento ou a não adequação do colaborador à política da empresa ou à falta de conhecimento do mesmo em relação ao processo. De fato, essa causa pode ocorrer, mas considera-se instintivo encontrar um culpado e isso não pode ocorrer no CEP. Todas as alternativas devem ser consideradas para facilitar e direcionar a tomada de decisão no que concerne ao efeito. Paranhos Filho (2012) afirmou que um erro na avaliação de responsabilidade pode gerar prejuízos à organização e a tendência da gerência é apontar um responsável pelo erro, o que normalmente não funciona, já que o raciocínio linear resulta normalmente na indicação de culpa. Em organizações que se satisfazem apenas com a responsabilização, sem analisar profundamente as causas, é comum além das não conformidades futuras que serão geradas, um clima organizacional ruim, já que a mensagem veiculada pela gerência será de injustiça.

Para Montgomery (2012), uma vez que um efeito (defeito, erro ou problema) tenha sido identificado e isolado para estudos posteriores, inicia-se a análise das possíveis causas desse efeito. Em situações em que as causas não são óbvias (às vezes são), o diagrama de causa e efeito é uma ferramenta formal frequentemente útil em causas potenciais problemáticas. Ainda de acordo com Montgomery (2012) existem etapas que devem ser cumpridas para construção do diagrama, estas são:

1. Definir o problema ou efeito a ser analisado.
2. Formar a equipe para realizar a análise. Muitas vezes, a equipe descobre possíveis causas através do brainstorming.
3. Desenhar a caixa de efeitos e a linha central.
4. Especificar as principais categorias de causas potenciais e unir a elas como caixas conectadas à linha central.
5. Identificar as possíveis causas e classificá-las nas categorias da etapa 4. Criar novas categorias, se necessário.
6. Classificar as causas para identificar as que parecem mais suscetíveis de impactar o problema.
7. Tomar uma ação corretiva (MONTGOMERY, 2012, p. 211).

Segundo Imai (2012), esse tipo de diagrama é chamado de diagrama de Ishikawa, em homenagem ao seu desenvolvedor, Professor Kaoru Ishikawa. Por causa de sua forma também é chamado de diagrama de espinha de peixe. O efeito é o resultado, as causas (processos) são

Máquinas, Métodos, Materiais, Mão de obra e Medidas (os cinco Ms). Dependendo das circunstâncias, mais causas podem ser adicionadas ao diagrama, normalmente é adicionado o M correspondente ao Meio Ambiente (Figura 5).

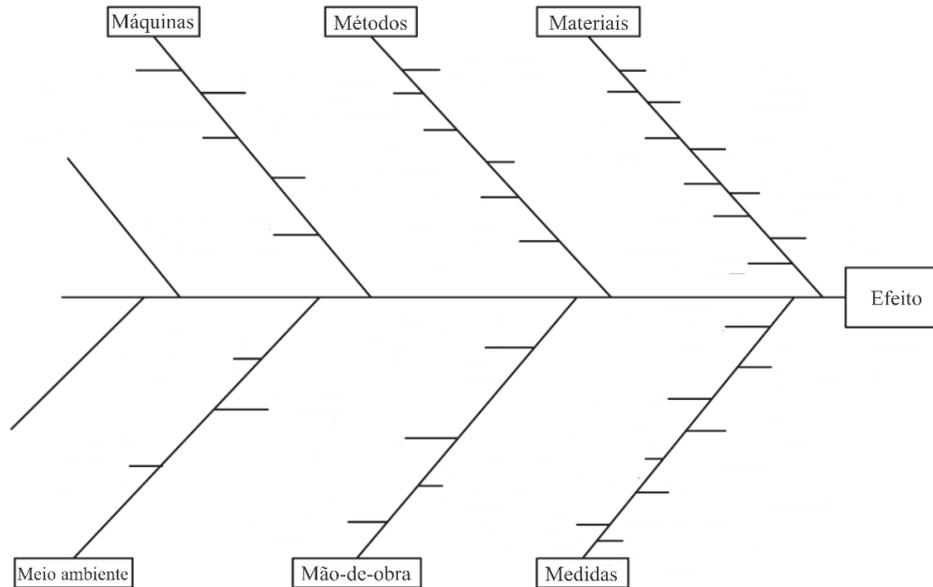


Figura 5 - Diagrama de causa e efeito

Fonte: Adaptado de Imai, 2012

Gerenciando as causas, os responsáveis pela análise do diagrama encontram as razões que levaram ao efeito. O diagrama mostra a importância de gerenciar todos os Ms, ou seja, não existe um M mais importante que o outro, todos devem ser analisados com a mesma precisão. Os seis Ms são variáveis causa e cada um deles é acompanhado de outras causas. Paranhos Filho (2012) definiu cada M como:

M1. Máquinas: das causas é a mais fácil de ser identificada e detalhada. Normalmente o equipamento passa por manutenções preventivas que identificam as falhas, no entanto, em organizações em que a demanda pela máquina é elevada, é complexo pará-la para manutenção, o que resulta na falha.

M2. Métodos: sequência em que o processo é executado, ordem de execução das etapas com detalhamento do que deve ser feito.

M3. Materiais: a matéria-prima utilizada para transformação, sendo necessário considerar como falhas os aspectos mecânicos, armazenamento entre outros.

M4. Meio ambiente: tudo aquilo que influencia no ambiente, desde meio ambiente

físico, como temperatura e sujidades, até meio ambiente organizacional, como racismo e homofobia por exemplo.

M5. Mão de obra: causa operacional, é normalmente a primeira a ser considerada. Existe uma tendência em culpar o colaborador pelo erro, a análise deve ser precisa e relacionar outras causas que podem ter levado ao erro, como ausência de treinamento, por exemplo.

M6. Medidas: durante o processo, diversos instrumentos de medição são utilizados, como termômetro por exemplo. A falta de calibração destes itens acarretam erros de medição e o mau uso também deve ser considerado.

Como complemento dos Ms de Causas padrão, Imai (2012) afirmou que qualquer anormalidade relacionada às condições dos cinco Ms deve ser exibida visualmente. Segue uma visão das questões que devem ser abordadas para detalhamento das cinco áreas.

Máquinas

- Como você sabe que a máquina está produzindo produtos com qualidade? Se os dispositivos, comparadores e calibradores estiverem conectados, a máquina para imediatamente após algo dar errado? Quando vemos uma máquina parada, precisamos saber o porquê. Isto é, parou por causa do tempo de inatividade programado? Mudança na configuração? Problemas de qualidade? Máquina quebrada? Manutenção preventiva?
- Níveis de lubrificação, frequência de troca e tipo de lubrificante devem ser indicados.
- Existe possibilidade de adicionar tampas transparentes em locais específicos, para que os operadores possam ver quando ocorre um mau funcionamento dentro da máquina.

Métodos

- Como o gerente sabe se as pessoas estão fazendo seu trabalho corretamente? Isso fica claro pelos padrões disponíveis em cada estação de trabalho. Os padrões devem mostrar a sequência do trabalho, o tempo do ciclo, os itens de segurança, os pontos de verificação da qualidade e o que fazer quando ocorrer variabilidade.

Materiais

- Como você sabe que os materiais estão fluindo sem problemas? Como você sabe se você está utilizando mais materiais do que deveria? A utilização de lotes controlados e cartões de identificação facilitam o acompanhamento do fluxo de materiais durante o processo.
- O local em que o material está armazenado deve ser visível, qualquer alteração de estoque de materiais deve constar em cartões de identificação, sinais luminosos podem ser implantados para avisar quando um material específico está acabando.

Mão de obra

- Como está a moral do colaborador? Isso pode ser medido pelo número de sugestões feitas, pelas participações em atividades internas e absenteísmo. Como você sabe que colaborador faltou e se existe algum colaborador substituindo o outro? Isso deve estar visível na linha de produção.
- Como sabe as habilidades dos colaboradores? Documentos disponíveis podem ilustrar que colaboradores são treinados para determinadas atividades e quais precisam de treinamento.

- Como você sabe que o colaborador está desempenhando o trabalho corretamente? Os padrões que mostram a maneira correta para realizar o trabalho - por exemplo, o plano de processo, devem ser exibidos.

Medidas

- Como você verifica se o processo está funcionando sem problemas? Os medidores devem estar identificados mostrando para qual atividade ele deve ser utilizado. Fitas com sensor de temperatura devem ser conectadas aos motores para mostrar se estão gerando excesso de calor.
- Como você sabe se uma melhoria foi feita e se está a caminho de atingir a meta?
- Como você descobre se o equipamento de precisão está adequadamente calibrado?
- Os gráficos de tendências devem ser exibidos na linha de produção para mostrar os cronogramas de produção, metas para melhoria da qualidade, melhoria da produtividade, tempos e acidentes de trabalho (IMAI, 2012, p. 106-108).

Silva et al. (2019) afirmaram que as causas de variação na qualidade dos produtos provenientes de um processo são classificadas em causas comuns que são “o efeito acumulativo de causas não controláveis, com pouca influência individualmente” e as causas especiais que “são consideradas falhas ocasionais que ocorrem durante o processo, com grande influência individualmente”. Para análise destas variações é criada uma carta de controle que permite a distinção entre os dois tipos de causas de variação, ou seja, ela nos informa se o processo está ou não sob controle estatístico.

2.5.6 Carta de Controle

O CEP monitora amostras em um intervalo de tempo, para essa análise a utilização de carta de controle é essencial, o uso dos gráficos permite verificar o desempenho do processo, caso o processo saia do controle, ações são necessárias antes que a variação gere resultados catastróficos.

Todos os processos são variáveis, essa variação normalmente ocorre dentro de uma margem previamente estabelecida. É possível utilizar gráficos de desempenho em qualquer atividade fabril, ainda que esta esteja dentro da margem de erro estabelecida. Segundo Slack, Brandon-Jones e Johnston (2018) a maioria das operações geram gráficos de alguma maneira, a oscilação é encontrada em grande parte das operações. A Figura 6 ilustra a variação da característica de um item ao longo do tempo.

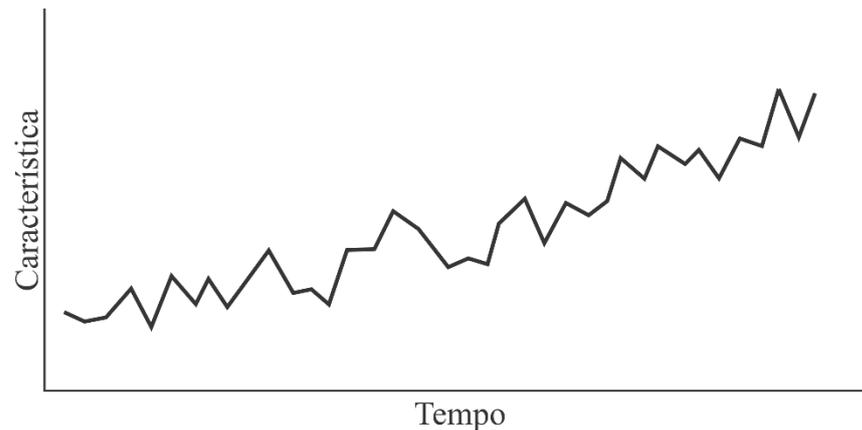


Figura 6 - Variação da qualidade ao longo do tempo

Fonte: Adaptado de Slack, Brandon-Jones e Johnston, 2018

Em qualquer processo produtivo é possível a ocorrência de variabilidade, seja ela uma variabilidade natural ou “ruído de fundo”, geralmente oriundo de causas pequenas e inevitáveis. Se o ruído de fundo for relativamente pequeno, geralmente é considerado dentro de um nível aceitável de desempenho. Tal variabilidade natural é chamada de “sistema estável de causas casuais” dentro do controle estatístico da qualidade, tendo em vista que as causas casuais são parte inerente do processo, tais variações permitem que o sistema ainda permaneça sob controle estatístico.

Outros tipos de variabilidade também podem comprometer a saída de um processo, geralmente oriundas de três fontes: máquinas não ajustadas corretamente, erros dos operadores ou matérias-primas defeituosas, a estas fontes de variabilidade dá-se o nome de causas atribuídas, sendo consideradas fora do controle. Para Montgomery (2012), um objetivo importante de controle estatístico da qualidade é detectar rapidamente a ocorrência de causas atribuídas ou mudanças no processo, de modo que uma investigação do processo e uma ação corretiva possam ser empreendidas antes que muitas unidades não-conformes sejam fabricadas, sendo a carta de controle uma técnica de monitoramento em tempo real do processo largamente utilizado para essa finalidade.

Todos os processos estão sujeitos à variação, máquinas podem sofrer alterações internas durante a execução dos processos e pessoas executam atividades de forma diferente umas das outras, uma mesma pessoa pode executar a mesma atividade com variações em um mesmo período. Segundo Slack, Brandon-Jones e Johnston (2018), estas variações são resultado de causas comuns e não podem ser eliminadas totalmente, mas podem ser reduzidas. Algumas variações no processo não resultam de causas comuns e isso indica que existe algo de errado

no processo, desde a ausência de treinamento até a equivocada regulagem de máquinas. Segundo Paranhos Filho (2012), as características de produtos vêm acompanhadas de faixas admissíveis de variações, apresentando um limite inferior e outro limite superior de controle e especificação e espera-se que o comportamento da variação de determinada causa esteja localizada entre os limites pré-determinados, sendo considerada conforme às especificações.

De acordo com Montgomery (2012), gráficos de controle podem também ser usados para estimar parâmetros de um processo de produção, de forma a determinar a capacidade de um processo atingir as especificações ou também fornecer informações que sejam úteis na melhoria de um processo. Tais gráficos demonstram uma característica que foi medida ou calculada a partir de uma amostra, sendo estas frequentemente selecionadas em intervalos periódicos. O gráfico possui uma linha central que representa o valor médio da característica da qualidade correspondente ao estado sob controle (causas casuais), uma linha acima chamada limite superior de controle (LSC) e uma linha abaixo chamada limite inferior de controle (LIC), tendo em vista que, se o processo estiver sob controle, praticamente todos os pontos da amostra estarão entre o LSC e LIC, não necessitando de ações corretivas. A partir do momento que algum ponto da amostra estiver fora dos limites é iniciado o processo de investigação e ação corretiva para encontrar e eliminar as causas deste comportamento.

Para Slack, Brandon-Jones e Johnston (2018), gráficos de controle devem possuir limites que indiquem as extensões esperadas na variação, estes limites são os definidos a partir de causas comuns. Quando pontos ficam fora dos limites preestabelecidos deve-se considerar que o processo está fora de controle e as definições destes limites podem ser executados de maneira intuitiva ou baseada em informações, referências ou normas existentes. É importante considerar as causas assinaláveis que são variações excepcionais, ou seja, se em algum processo que está dentro dos limites surge um ponto fora da curva, este pode ser algum evento corrigível. Paranhos Filho (2012) afirmou que gráficos de controle apresentam limites naturais do processo, estes são chamados de Limite Superior de Controle e Limite Inferior de Controle.

Na análise de Silva et al. (2019) a respeito do controle estatístico do processo é possível dizer que:

um processo está sob controle estatístico quando são encontradas apenas causas comuns ou aleatórias. Quando temos a ocorrência de causas especiais ou assinaláveis no processo, dizemos que o processo está fora de controle estatístico. É importante destacar, que um gráfico de controle não permite a identificação de quais são as causas especiais de variação que estão atuando em um processo fora de controle estatístico, apenas processa e exibe informações que podem ser utilizadas para o encontro delas (SILVA et al.,

2019, p.103).

Diante destas afirmações, Haber, Megliorini e Oliveira (2018) citaram que o gráfico mais comum utilizado para o controle de variáveis é o gráfico $\bar{x} - R$, onde o gráfico \bar{x} controla a média da amostra e o gráfico R controla a variação (amplitude) da amostra em relação à medida. Para se determinar os limites de controle, considera-se a média da população ($\bar{\bar{x}}$) e a faixa média (\bar{R}), a partir de m amostras de tamanho n – equações [1] e [2] respectivamente.

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \dots + \bar{x}_m}{m}$$

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \dots + \bar{X}_m}{m} \quad [1]$$

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_m}{m} \quad [2]$$

E os limites de controle para a média da amostra são, sendo A_2 uma constante fixada:

$$\text{Limite superior de controle} = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R}$$

$$\text{Limite inferior de controle} = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R}$$

Já os limites de controle para o gráfico de faixa são, sendo D_4 e D_3 constantes fixadas:

$$\text{Limite superior de controle} = D_4\bar{R}$$

$$\text{Limite inferior de controle} = D_3\bar{R}$$

Silva et al. (2019) afirmaram que

quando analisamos uma característica da qualidade que é uma variável, em geral, controlamos o valor médio da característica da qualidade e sua variabilidade. O valor médio é controlado através do gráfico da média denominado gráfico de \bar{x} . Enquanto que a variabilidade do processo pode ser acompanhada através do gráfico do desvio padrão denominado gráfico S , ou o gráfico da amplitude denominado gráfico R . Os gráficos de \bar{x} e R são geralmente usados quando temos um subgrupo de tamanho $n \leq 6$. Para amostras de tamanho maiores ou variáveis são usados os gráficos de \bar{x} e S (SILVA et al., 2019, p.105).

Ainda que o gráfico mais comum utilizado para o controle de variáveis seja o $\bar{x} - R$, o gráfico $\bar{x} - S$ (Figura 14, item 3.3) é o indicado quando o objetivo é verificar o desvio padrão, cujo cálculo pode ser demonstrado pelas equações 3 e 4.

Segundo Siqueira (1997):

Comparando a Carta R com a Carta S, pode-se dizer que a primeira é mais fácil de ser construída e aplicada. Todavia, observa-se que a segunda é mais precisa, pois no cálculo do desvio padrão são utilizados todos os dados dos subgrupos, então apenas o maior e o menor valor. Os passos necessários para a construção das Cartas são semelhantes, mudando apenas as fórmulas utilizadas. (SIQUEIRA, 1997, p.22)

Ainda segundo os mesmos autores, para cálculo do valor central:

$$\bar{S} = \frac{\sum_{i=1}^g S_i}{g} \quad [3] \quad \bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^g \bar{X}_i}{g} \quad [4],$$

e para o cálculo dos limites de controle:

$$\begin{aligned} LSC\bar{X} &= \bar{\bar{X}} + A_3 \bar{S} & LSCS &= B_4 \bar{S} \\ LIC\bar{X} &= \bar{\bar{X}} - A_3 \bar{S} & LICCS &= B_3 \bar{S} \end{aligned}$$

onde:

S_i = desvio padrão do i -ésimo subgrupo;

\bar{S} = média dos desvios padrões dos subgrupos;

A_3, B_3, B_4 = fatores retirados de tabela para cartas de controle por variáveis.

De acordo com o estudo de Silva et al. (2019), ao analisar os gráficos de controle é necessário observar se os pontos plotados exibem um comportamento sistêmico ou não-aleatório em sua distribuição, pois a ocorrência de alguns padrões pode indicar a ação das causas especiais no processo, conforme descritos no Quadro 3.

Quadro 3 - Padrões de pontos que sinalizam a existência de causas especiais.

1 - Um ou mais pontos fora dos limites de controle.
2 - Dois ou três pontos consecutivos fora dos limites de alerta dois – sigma (2σ).
3 - Quatro ou cinco pontos consecutivos além dos limites um-sigma(1σ).
4 - Uma sequência de 8 pontos consecutivos de um mesmo lado da linha central.
5 - Seis pontos em uma sequência sempre crescente ou decrescente.
6 - Quinze pontos em sequência na zona C (tanto acima quanto abaixo da linha central).
7 - Quatorze pontos em sequência alternadamente para cima e para baixo.
8 - Oito pontos em sequência de ambos os lados da linha central com nenhum na zona C.
9 - Um padrão não usual ou não aleatório nos dados. 10 - Um ou mais pontos pertos de um limite de alerta ou de controle.

Fonte: Adaptado de Silva et al. (2019)

2.6 Processo de Moldagem por Sopro de Pré-forma

A fabricação de garrafas é um processo de transformação em duas etapas, uma Pré-forma de PET é aquecida em um forno com lâmpadas distribuídas dentro de uma máquina sopradora. Estas máquinas geram calor que aquecem e tornam a Pré-forma maleável, sendo esta colocada dentro de um molde gelado, possibilitando o sopro da Pré-forma. Segundo Lopes e Nunes (2014), as Pré-formas são injetadas separadamente, com espessuras previamente calculadas para uniformizar o sopro quando submetidas ao estiramento. É possível encontrar no mercado máquinas com capacidade de sopro de 2.500 a 80.000 peças por hora, apresentando alta produtividade.

A Figura 7 ilustra a alimentação da máquina com as Pré-formas de PET, o corpo sofre aquecimento e em seguida é estirado na cavidade do molde. Mateus e Moreira (2007) afirmaram que ao aquecer a Pré-forma de PET, as longas cadeias poliméricas passam a ter maior mobilidade e o material se torna flexível e moldável. Por ser inflado em um molde gelado, enrijece. O formato do molde e as características do PET fazem com que as moléculas sejam direcionadas ao longo do eixo da Pré-forma e em volta, com comportamento radial, fazendo com que a resistência e transparência sejam melhoradas.



Figura 7 - Alimentação da máquina com as Pré-formas de PET

Fonte: A autora, 2020

Existem máquinas de sopro semiautomáticas e automáticas, para Brandau (2012), as máquinas semiautomáticas precisam que o operador coloque as Pré-formas nos mandris girando no forno ao mesmo tempo em que tira Pré-formas que saem do forno e as coloca dentro do molde de sopro aberto. Normalmente, o fechamento do grampo de sopro exige que uma combinação de dois botões seja pressionada para proteger o operador de ferimentos. O molde fecha e estira a garrafa, o operador retira as garrafas sopradas e começa a operação novamente.

Nas máquinas automáticas o ciclo é totalmente automatizado (Figura 8), neste caso o operador alimenta a caçamba com Pré-formas (A) de onde são colocadas nas esteiras aéreas (B), passam pelo conjunto de alimentação (C), depois são direcionadas para o forno (D). Após este processo, o conjunto de alimentação (C) transporta as Pré-formas para a roda de sopro (E), assim o sopro é executado e as garrafas são direcionadas para a linha de envase pelo transportador (F). O posicionamento das outras partes da máquina podem ser observados nos itens G a J.

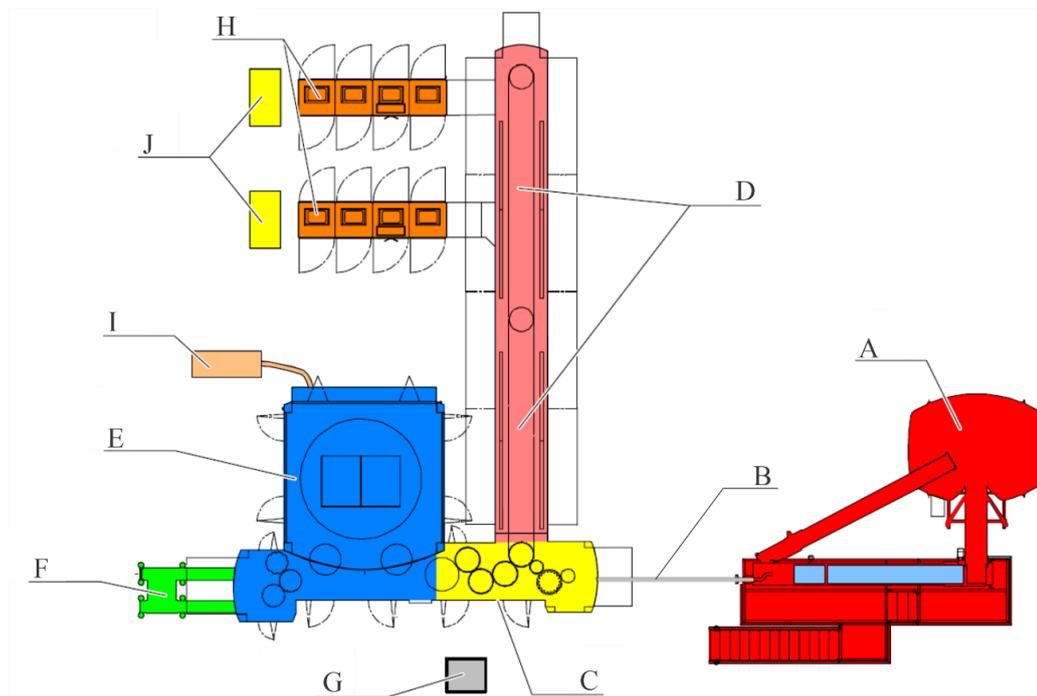


Figura 8 - Máquina Sopradora Sidel SOB

Fonte: Adaptado de Sidel (2000)

Sendo:

A) Conjunto distribuidor de Pré-forma;
 B) Esteiras aéreas;
 C) Conjunto de alimentação/ transporte da Pré-forma;
 D) Fornos infravermelhos lineares;
 E) Roda de sopro;
 F) Transportador;
 G) Estação de instrumentação e controle;
 H) Painel elétrico da máquina;
 J) Autotransformador.

B) Esteiras aéreas;
 D) Fornos infravermelhos lineares;
 E) Roda de sopro;
 G) Estação de instrumentação e controle;
 I) Termorregulador;

Segundo Sidel (2000), o pré-sopro inicia-se na fase de alongamento (alongamento axial – com haste). O alongamento e o sopro são executados simultaneamente e são sincronizados de acordo com o processo de fabricação. A Pré-forma é parcialmente inflada, após a conclusão do pré-sopro é realizado um sopro para expandir as garrafas radialmente e que dê a elas sua forma final. A pressão de sopro expande a Pré-forma contra a superfície interna do molde (Figura 9).

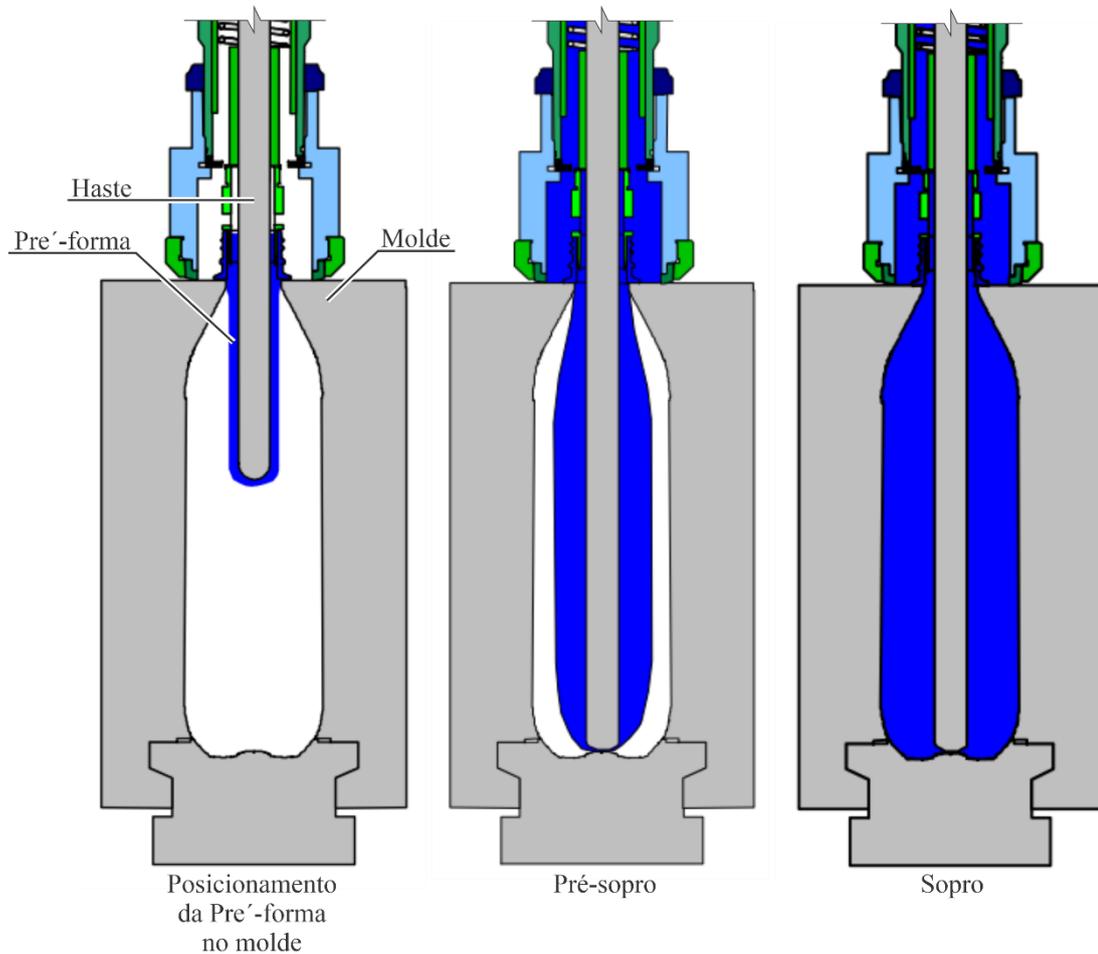


Figura 9 - Etapas do Processo de Sopro

Fonte: Adaptado de Sidel (2000)

Ainda segundo Sidel (2000), após o sopro a haste utilizada para alongamento axial sobe, o pescoço da garrafa é encaixado em uma pinça/ suporte (Figura 10), o molde abre e a garrafa é retirada (Figura 11).

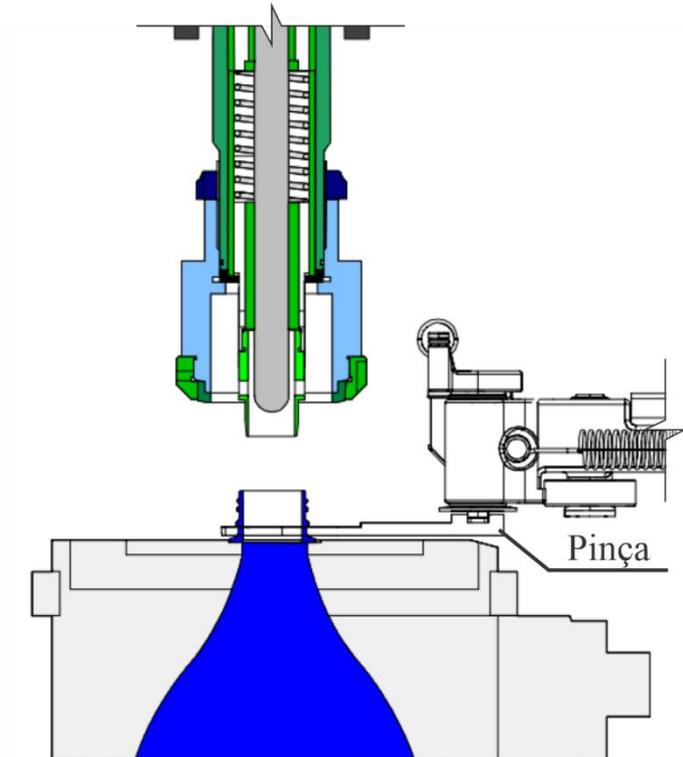


Figura 10 - Saída da garrafa
Fonte: Adaptado de Sidel (2000)



Figura 11 - Retirada das garrafas sopradas
Fonte: Adaptado de Sidel (2000)

2.5.1 Material

O poliéster saturado polietileno tereftalato (PET), segundo SENAI-SP (2017), é muito conhecido atualmente por sua utilização na produção de garrafas para o envase de água e refrigerante, entre outros segmentos em que o polímero substituiu com inúmeras vantagens o vidro, apesar de ser um material de aplicações diversas. Esse material exige cuidados especiais e proporciona excelente barreira a gases e alta transparência, que são alcançados com o auxílio de técnicas especiais de processo, sendo um dos polímeros mais reciclados no Brasil.

O polietileno tereftalato é obtido por uma reação de policondensação. Tal reação pode ser concretizada via PTA (*purified terephthalic acid*), reação entre um ácido tereftálico e o etileno glicol, formando o éster tereftálico com liberação de água e acetaldeído, resultando em um polímero com alto grau de impureza, ou via DMT (*dimethyl terephthalate*), reação entre o dimetil tereftalato e o etileno glicol, formando o éster tereftálico, liberando metanol e acetaldeído (SENAI-SP, 2017).

A cristalização do PET pode ser térmica ou induzida por tensão, a térmica ocorre pelo resfriamento lento do PET fundido. Já a cristalização induzida por tensão ocorre pelo estiramento da Pré-forma, mecanicamente por meio do ar de sopro. O desenvolvimento de técnicas apropriadas para o sopro de pré-formas amorfas transformou o PET em um material bastante viável na fabricação de embalagens para bebidas com CO₂, tais como refrigerantes, água e sucos que desenvolvem pressões internas da ordem de 3,5 kgf/cm² a 7,0 kgf/cm² (SENAI-SP, 2017).

Lopes e Nunes (2014) afirmaram que a utilização do PET alterou o perfil de uso de embalagens no mercado, com a substituição de grande parte das embalagens de vidro por PET. A facilidade de transformação das características como cor e formato, com a manutenção da uniformidade de espessura e fechamento com rosca fez com que o uso se consolidasse.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 A empresa

Foi realizado um estudo de caso analítico exploratório iniciado em 14 de agosto de 2019 na empresa “Poty Cia. de Bebidas” em Potirendaba - SP. A empresa foi fundada em 1951. Em 1977, a família Franzzoti assumiu a administração, iniciando uma trajetória de sucesso. A organização possui um mix de mais de 80 produtos entre refrigerantes, sucos, água e outras bebidas (Poty Cia. de Bebidas, 2019).

3.2 A linha de produção

As linhas tratadas nesse trabalho foram definidas em comum acordo entre os pesquisadores e a empresa, considerando além da aplicabilidade das ferramentas escolhidas a necessidade da organização e o volume de resíduo gerado, apresentado nos Gráficos 1 e 2. Dentre as possibilidades, foi definida que a linha de Sopro seria a mais indicada. A linha do Sopro é composta por três máquinas diferentes, a identificação ocorre pelo processo e modelo, que são respectivamente: Sopradora SBO6, Sopradora SBO10UN e Sopradora SBO10-2 (Figura 12). O Sopro é responsável pela produção de garrafas poliméricas utilizadas em alguns dos 80 produtos da empresa, por exemplo, a Linha de Pet Carbonatado. Outras linhas definidas posteriormente e com impacto relevante são as envasadoras PET 45 e PET 54, responsáveis pelo envase (o decimal indica a quantidade de garrafas envasadas ao mesmo tempo), a planta das linhas pode ser observada na Figura 13.

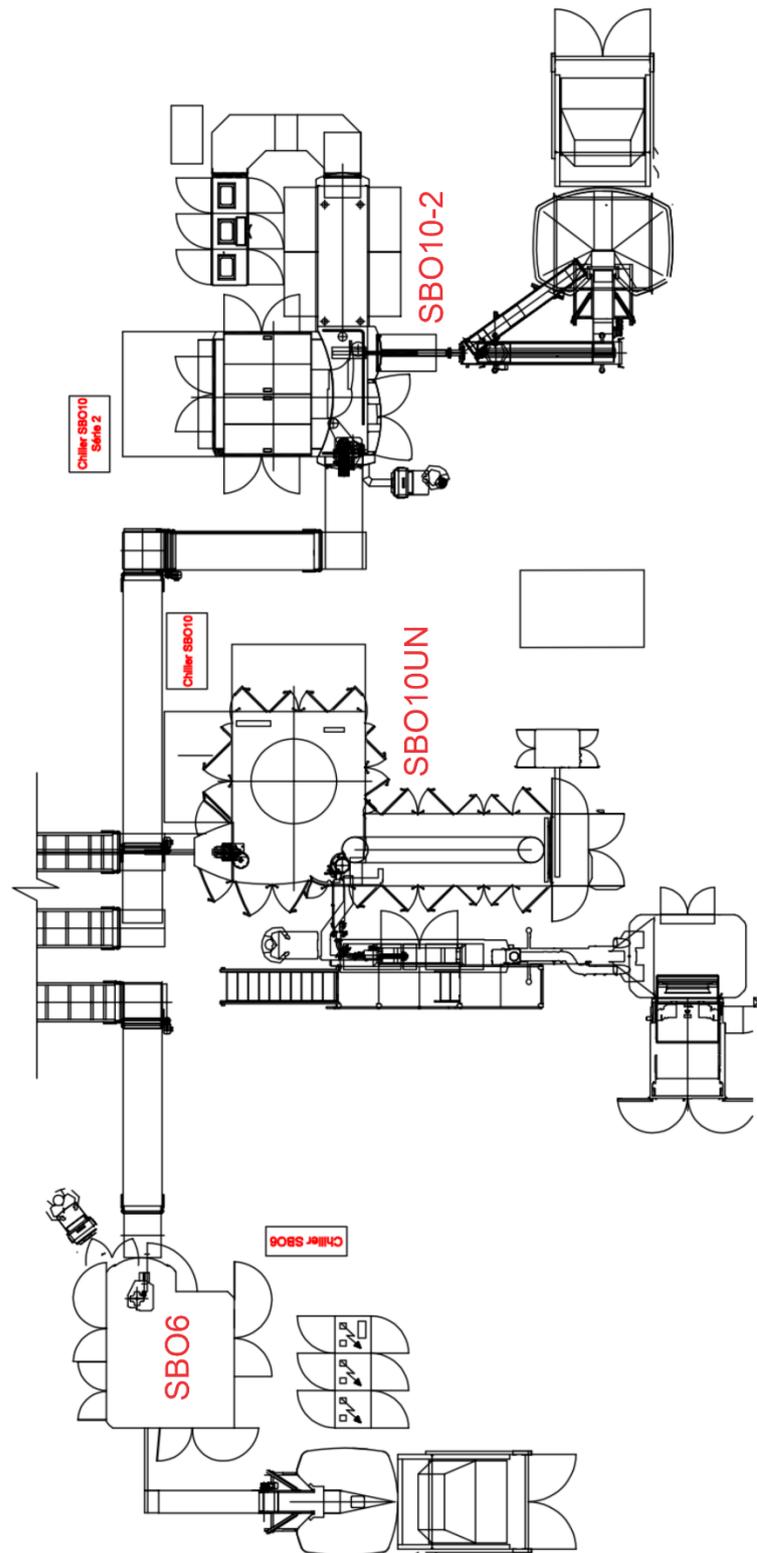


Figura 12 - Linha - Sopros

Fonte: Adaptado de Poty Cia. De Bebidas, 2020

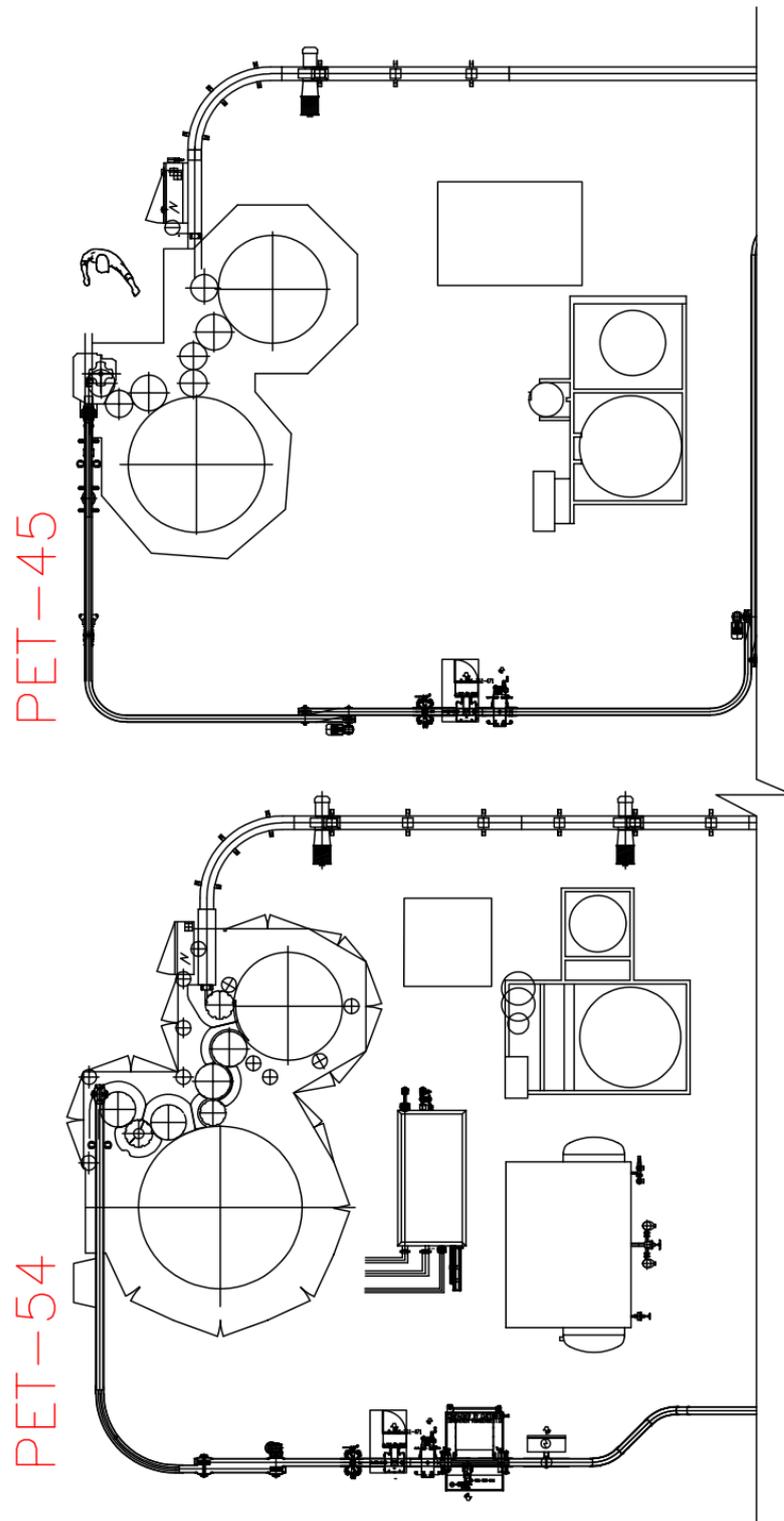


Figura 13 - Linha - PET 45 e PET 54
Fonte: Adaptado de Poty Cia. De Bebidas, 2020

3.2.1 Histórico da geração de resíduos de PET

Em reunião com a equipe gestora da empresa foi possível analisar dados referentes à geração de resíduos por linha de produção no ano de 2018. No Gráfico 1 é possível verificar que a linha de Sopro é a linha que gerou a maior quantidade de resíduos no ano, tendo o total de 62.999 unidades que corresponde a 38,75 % de todo resíduo gerado no primeiro semestre de 2018. As linhas de envase PET 45 e PET 54 também merecem atenção por apresentarem altos índices de geração de resíduos em relação às demais, Gráfico 1.

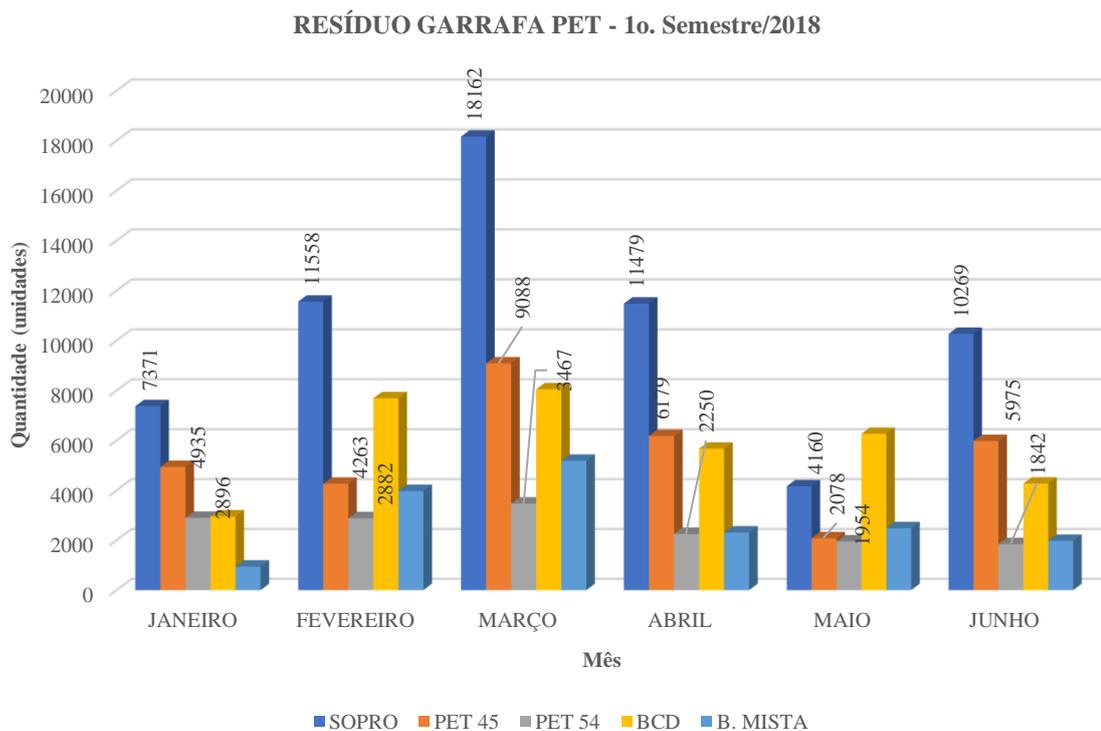


Gráfico 1 - Dados da geração de resíduos de PET em toda linha de produção da empresa referente ao 1º. Semestre de 2018

BCD: Blokada, B. Mista: Blokada Mista

Os números acima das colunas representam as respectivas quantidades dentro de cada mês observado.

Fonte: Adaptado de Poty Cia. de Bebidas, 2020

A mesma análise foi realizada no 2º. Semestre de 2018 (Gráfico 2), sendo que a linha de Sopro continuou demonstrando valores superiores, representando 27,45 % dos resíduos. Notando-se também alto índice nas linhas de PET 45 e PET 54.

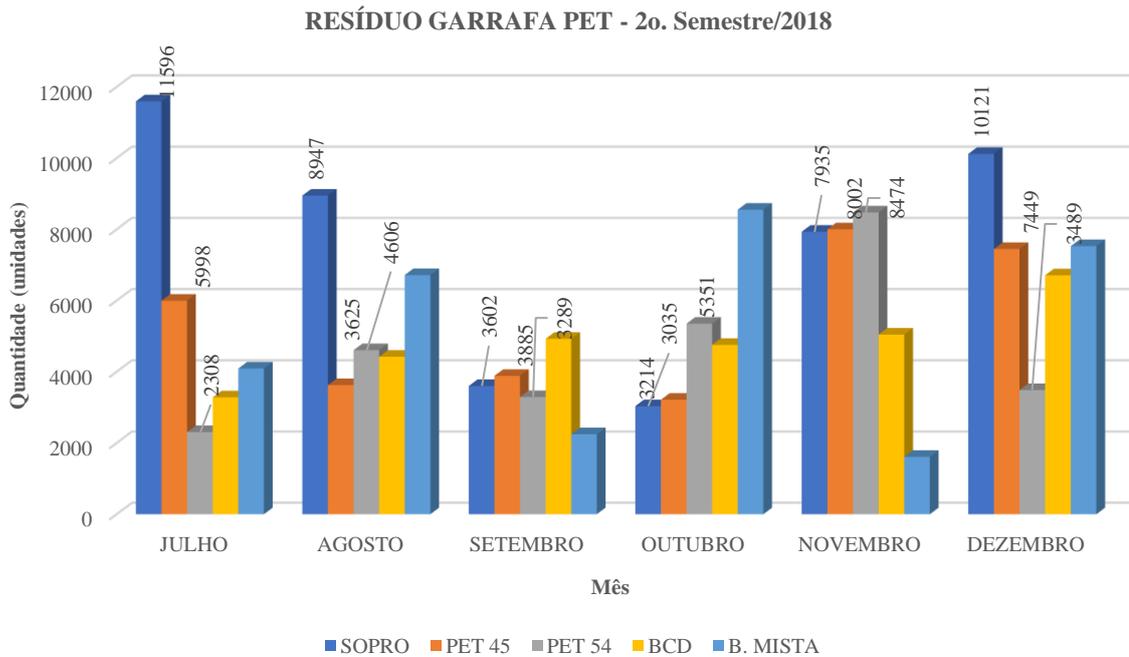


Gráfico 2 - Dados da geração de resíduos de PET em toda linha de produção da empresa referente ao 2º. Semestre de 2018

BCD: Blocada, B. Mista: Blocada Mista

Os números acima das colunas representam as respectivas quantidades dentro de cada mês observado.

Fonte: Adaptado de Poty Cia. de Bebidas, 2020

3.3 Ferramentas

O Controle Estatístico do Processo foi utilizado como principal ferramenta para análise de causas na geração de resíduos da organização.

De acordo com o conceito do CEP, a primeira etapa realizada foi o uso do mapeamento do processo para montar o Diagrama de Causa e Efeito e assim observar as possíveis causas para o efeito observado. Como observamos que o efeito é a geração de resíduos na linha, foram listadas as possíveis causas deste efeito. A fim de auxiliar a montagem do Diagrama foi utilizada a Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) disponibilizado pela empresa, apresentado no Anexo 1, que detecta causas especiais nos pontos críticos do controle.

Após a realização do Diagrama de Causa e Efeito foi realizada a análise pelo Método da Carta de Controle. Neste momento foram analisadas as variações do processo, visando verificar se são decorrentes de causas comuns e assim, com pouca significância ou se são decorrentes de causas especiais, neste caso de alta significância.

Um exemplo de carta de controle Xbarra-S pode ser observada na Figura 14.

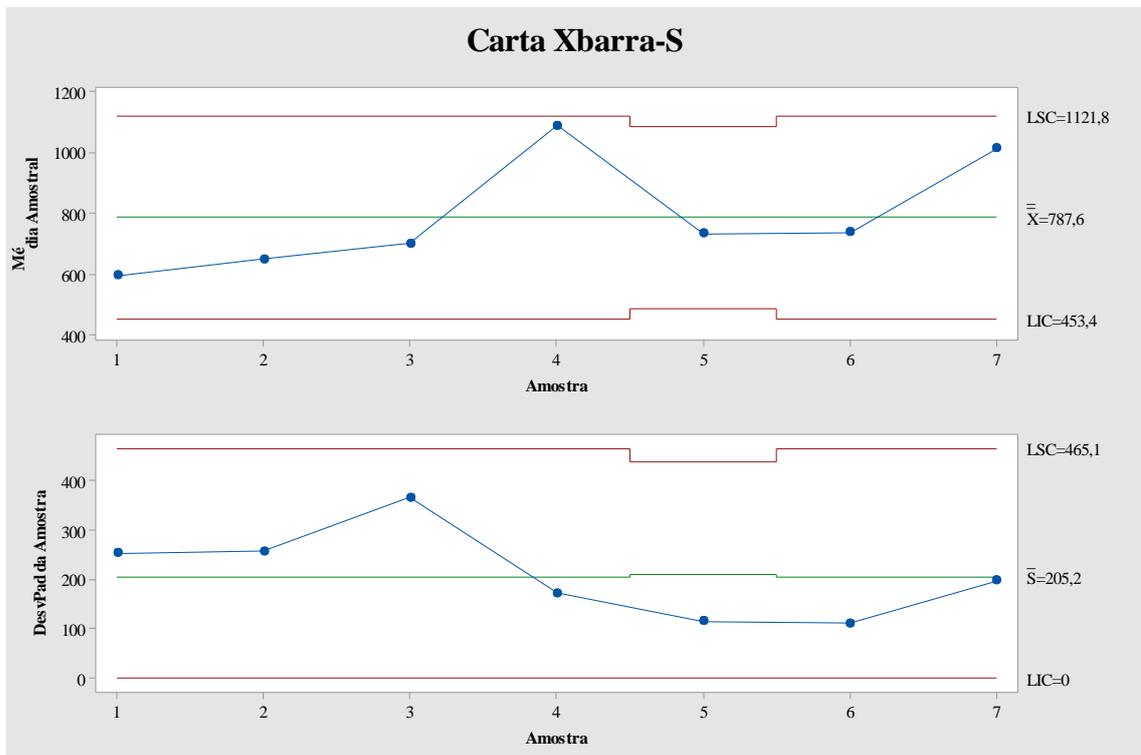


Figura 14 - Exemplo de Carta de Controle Xbarra-S

Fonte: A autora, 2020

A carta de controle tem como função fornecer informações, que segundo Siqueira (1997) são:

- 1º) Para melhoria da qualidade;
- 2º) Sobre a capacidade do processo;
- 3º) Para tomada de decisões relativas às especificações do produto;
- 4º) Para tomada de decisões sobre o processo de produção;
- 5º) Para tomada de decisão sobre peças recém-produzidas.” (SIQUEIRA, 1997, p. 10-11)

3.4 Coleta e análise dos dados

As informações deste tópico foram organizadas em pré-intervenção, durante intervenção e pós-intervenção e a elaboração dos gráficos de controle foram realizados com uso do software estatístico Minitab 18® (Minitab Inc.), o tratamento dos dados são apresentados nos Apêndices 1 e 2. Vale ressaltar que os dados de produção de garrafas PET e pré-formas não

apresentaram forte correlação com o número de garrafas ou pré-formas refugadas, justificando o uso dos dados absolutos de produção, sem necessidade de uso de dados relativos (percentuais). A grande maioria dos resultados apresentaram valores P de correlação de Spearman superiores ao nível de significância adotado para o teste ($P > 0,05$) pressupondo ausência de correlação significativa entre os dados de produção e os dados de refugo. Em alguns casos, a correlação foi considerada significativa ($P < 0,05$), entretanto a correlação foi considerada fraca a moderada com valores de coeficiente de correlação abaixo de 0,500.

3.4.1 Coleta e análise dos dados pré-intervenção

Após a escolha das linhas contempladas pelo projeto, foi realizado levantamento de dados e informações pertinentes às linhas. Foi elaborado o Diagrama de Causa e Efeito (informações qualitativas) tendo como base a análise realizada. Os dados foram organizados em planilhas, contendo a quantidade de resíduos gerados de julho de 2019 a dezembro de 2019. Tais dados são responsáveis pelo estudo do comportamento das máquinas de sopro e dos diferentes volumes de resíduos gerados antes de ocorrer a intervenção do CEP.

A classificação foi separada por máquina, sendo as três máquinas sopradoras (garrafas e pré-formas), as envasadoras PET 45 e PET 54. Foram considerados os meses de julho a dezembro, que são responsáveis pelos 7 pontos na carta de controle, os quais foram divididos em subgrupos racionais de semelhante número de dias. Em cada um destes subgrupos racionais, os dados de resíduos gerados foram tabulados e plotados na carta de controle \bar{x} -S e posteriormente analisados.

3.4.2 Coleta e análise dos dados durante-intervenção

Com o acompanhamento da produção e discussão de resultados obtidos com a equipe da empresa foram realizadas novas análises de causas com o Diagrama de Causa e Efeito (informações qualitativas). Os dados foram organizados e resultaram em planilhas com resíduos gerados de janeiro de 2020 a novembro de 2020. Esses dados são responsáveis pelo estudo do comportamento das máquinas de sopro e dos diferentes volumes de resíduos gerados durante a intervenção do CEP. A intervenção foi executada considerando a troca de informações durante visitas com detalhamento das possíveis melhorias. Os resultados finais do acompanhamento do processo foram apresentados para a empresa em novembro de 2020.

A classificação foi executada por máquina, sendo as três máquinas sopradoras (garrafas e pré-formas), as envasadoras PET 45 e PET 54. Neste grupo, os meses de janeiro a novembro, que são responsáveis pelos 11 pontos na carta de controle, foram divididos em subgrupos racionais de semelhante número de dias. Em cada um destes subgrupos racionais, os dados de resíduos gerados foram tabulados e plotados na carta de controle \bar{x} -S e posteriormente analisados.

3.4.3 Coleta e análise dos dados pós-intervenção

Após aceitação das considerações resultantes das análises pela empresa, os dados quantitativos foram filtrados e resultaram em planilhas com resíduos gerados de dezembro de 2020 a abril de 2021. Esses dados são responsáveis pelo estudo do comportamento das máquinas de sopro e dos diferentes volumes de resíduos gerados após a intervenção do CEP. A classificação foi executada por máquina, ou seja, as três máquinas sopradoras (garrafas e pré-formas), e as PET 45 e PET 54. Neste grupo, os meses de dezembro de 2020 a abril de 2021, que são responsáveis pelos 5 pontos na carta de controle, foram divididos em subgrupos racionais de semelhante número de dias. Em cada um destes subgrupos racionais, os dados de resíduos gerados foram tabulados e plotados na carta de controle \bar{x} -S e posteriormente analisados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo Abteu (2017), as ferramentas de controle estatístico do processo são apropriadas no controle dos processos devido a diferentes vantagens, pois fornece indicações de quando a ação deve ser tomada, indica a seleção dos tipos necessários de ação corretiva, apresenta indicadores de estado do processo: quando deixar um processo sem monitoramento, monitorando e quando controlar. Gráficos de controle foram implementados para compreender e melhorar o desempenho dos processos de fabricação e consistência dos produtos finais de forma mais econômica. O gráfico X-bar e os gráficos de controle foram considerados os melhores para implementação em linhas de produção.

Os resultados apresentados neste tópico estão organizados em: Diagrama de Causa e Efeito, Considerações relativas à intervenção e Cartas de Controle e Estatística.

4.1 Diagrama de Causa e Efeito

De acordo com Imai (2012), o diagrama mostra que da mesma forma que os supervisores devem gerenciar materiais e máquinas, eles também devem gerenciar a força de trabalho (colaboradores). Para fazer isso, eles devem gerenciar vários “ossos” menores da espinha de peixe (diagrama de causa e efeito), tais como: treinamento, comunicação, círculos de qualidade, sugestões, recompensas e prêmios, absenteísmo e moral.

4.1.1 Diagrama de Causa e Efeito – pré-intervenção

O diagrama de causa e efeito (Figura 15) foi utilizado para detalhar as possíveis causas da geração de resíduos no processo de Sopro das garradas PET. Os detalhamentos dessas causas são apresentados no Quadro 4.

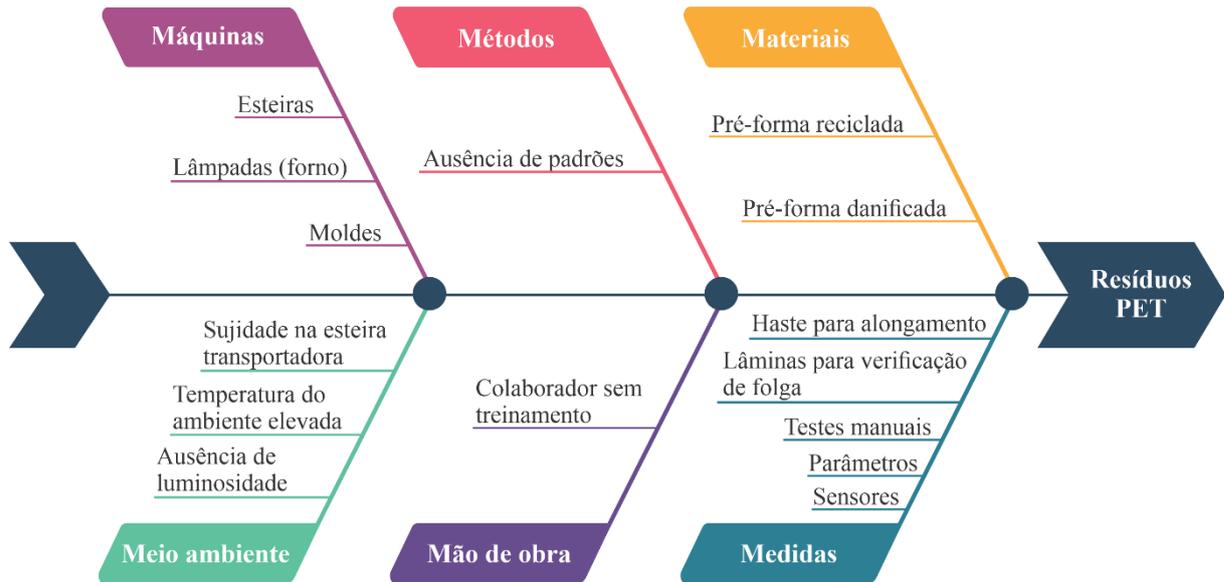


Figura 15 - Diagrama de Causa e Efeito (Sopro)
 Fonte: A autora, 2020

Quadro 4 - Detalhamento de Causas (Sopro)

Família de Causas	Causas	Detalhamento
Máquinas	Esteiras	As esteiras são responsáveis pelo transporte das Pré-formas e garrafas sopradas, sua falha pode acarretar bloqueio das partes e parada de máquina.
	Lâmpadas	Lâmpadas queimadas interferem na temperatura das Pré-formas que serão estiradas.
	Moldes	A máquina possui moldes intercambiáveis, ou seja, é possível utilizar a máquina com diversos moldes diferentes.
Métodos	Ausência de padrões	Não existem padrões para nenhum dos parâmetros.
Materiais	Pré-forma reciclada	Pré-formas recicladas não são padronizadas.
	Pré-forma danificada	Pré-formas podem apresentar defeitos de fabricação.
Meio ambiente	Sujidade na esteira transportadora	Ausência de controle para manutenção (limpeza) das esteiras.
	Temperatura do ambiente elevada	Ausência de conforto térmico para o colaborador, diminuição da concentração e interferência no foco.
	Ausência de luminosidade	Visualização comprometida, principalmente durante <i>setup</i> de máquina.
Mão de obra	Colaborador sem treinamento	Colaborador sem treinamento prévio.
Medidas	Haste para alongamento da Pré-forma	A haste é utilizada para estirar o material, alongando a Pré-forma durante o sopro, esta precisa estar dentro das tolerâncias dimensionais, caso contrário, pode interferir no alongamento da Pré-forma durante o sopro.
	Lâminas para verificação de folga	Durante a troca dos moldes são utilizadas lâminas para controle do espaçamento entre componentes. Existe um desgaste natural do atrito entre as lâminas os componentes do molde, podendo acarretar em dimensionamento incorreto.
	Testes Manuais	Durante o <i>setup</i> da máquina são executados diversos testes pelos colaboradores, na tentativa e erro.
	Sensores	A máquina possui diversos sensores para controlar desde a temperatura até a interferência entre componentes.
	Parâmetros	A máquina possui uma estação de instrumentação e controle, nesse equipamento são configurados todos os parâmetros da máquina, entre eles a pressão, temperatura das lâmpadas, entre outros.

Fonte: A autora, 2020

O Diagrama de Causa e Efeito (Figura 16) foi utilizado para detalhar as possíveis causas da geração de resíduos nas máquinas de envase PET 45 e PET 54, os detalhes dessas causas são apresentados no Quadro 5.



Figura 16 - Diagrama de Causa e Efeito (PET 45 e PET 54)

Fonte: A autora, 2020

Quadro 5 - Detalhamento de Causas (PET 45 e PET 54)

Família de Causas	Causas	Detalhamento
Máquinas	Esteiras	As esteiras são responsáveis pelo transporte das garrafas, sua falha pode acarretar em congestionamento e parada de máquina.
	Rotuladeira	Falha de parâmetros acarreta em erro de posicionamento do rótulo e/ou congestionamento de garrafas.
	Posicionadores	Os posicionadores mantêm as garrafas nas posições, a falha pode acarretar em congestionamento e parada de máquina.
Métodos	Ausência de padrões	Não existem padrões para parâmetros.
Materiais	Garrafa danificada	Garrafas podem ser danificadas na armazenagem e transporte.
Meio ambiente	Sujidade na esteira transportadora	Ausência de controle para manutenção (limpeza) das esteiras.
	Temperatura do ambiente elevada	Ausência de conforto térmico para o colaborador, diminuição da concentração e interferência no foco.
	Ausência de luminosidade	Visualização comprometida, principalmente durante setup de máquina.
Mão de obra	Colaborador sem treinamento	Colaborador sem treinamento prévio.
Medidas	Testes Manuais	Durante o setup da máquina são executados diversos testes pelos colaboradores, na tentativa e erro.
	Sensores	A máquina possui diversos sensores para controlar desde o preenchimento das garrafas até posicionamento para rotulagem.
	Parâmetros	Parâmetros como velocidade da esteira e controle de tempos devem ser controlados.

Fonte: A autora, 2020

4.1.2 Diagrama de Causa e Efeito – durante intervenção

Os resultados apresentados neste tópico detalham informações validadas com a equipe da empresa, durante a análise de Relatório com informações relativas às Causas apontadas como possíveis responsáveis pela geração de resíduos na Linhas: Sopro, PET45 e PET 54 (Apêndice 3). Considerando os resultados da pré-intervenção, os Diagramas de Causa e Efeito (Sopro) e Quadros 4 e 5 com detalhamentos sofreram acréscimo de informações (Sopro, Pet 45 e PET 54), além disso, foram acrescentadas novas colunas que tratam de: Diagnóstico da Empresa e Sugestões para Intervenção a estes Quadros.

O diagrama de causa e efeito (Figura 17) apresenta as possíveis causas da geração de resíduos no processo de Sopro das garradas PET, as causas em negrito foram acrescentadas em relação ao gráfico pré-intervenção. Os detalhamentos dessas causas, assim como o Diagnóstico da Empresa para cada causa e as Sugestões para Intervenção, são apresentados nos Quadro 6 e 7, informações em negrito foram acrescentadas.



Figura 17 - Diagrama de Causa e Efeito (Sopro) | Durante da Intervenção
Fonte: A autora, 2021

Quadro 6 - Detalhamento de Causas (Sopro) | Durante Intervenção

Família de Causas	Causas	Detalhamento	Diagnóstico da Empresa	Sugestão para Intervenção
Máquinas	Esteiras	As esteiras são responsáveis pelo transporte das Pré-formas e garrafas sopradas, sua falha pode acarretar bloqueio das partes e parada de máquina.	São executadas manutenções corretivas.	Implantar Manutenção Preditiva.
	Lâmpadas	Lâmpadas queimadas interferem na temperatura das Pré-formas que serão estiradas.	Lâmpadas são trocadas quando queimadas.	Implantar Manutenção Preditiva.
	Moldes	A máquina possui moldes intercambiáveis, ou seja, é possível utilizar a máquina com diversos moldes diferentes.	Moldes são trocados somente em manutenções corretivas, não são executadas manutenções periódicas.	Implantar Manutenção Preditiva.
	Roda de Sopro	É nas rodas de sopro que ocorre todo o processo, sua falha pode acarretar bloqueio das partes e parada de máquina.	São executadas manutenções corretivas.	Implantar Manutenção Preditiva.
	Correias sincronizadas	A máquina possui diversas correias que trabalham de forma sincronizada, sua falha pode acarretar bloqueio das partes e parada de máquina.	Correias são trocadas somente em manutenções corretivas, não são executadas manutenções periódicas.	Implantar Manutenção Preditiva.
Métodos	Ausência de padrões	Não existem padrões para nenhum dos parâmetros.	Os parâmetros existem, ficam armazenados no HD da máquina e são alterados conforme necessidade (Pré-forma utilizada pela primeira vez/ temperatura ambiente).	Não aplicável. (o método existe; os parâmetros também – só não estão impressos).
Materiais	Pré-forma reciclada	Pré-formas recicladas não são padronizadas.	A empresa está iniciando a utilização desse tipo de pré-formas, estão adaptando parâmetros e entendendo o comportamento do sopro nesse tipo de matéria-prima.	Não aplicável.
	Pré-forma danificada	Pré-formas podem apresentar defeitos de fabricação.	São executados testes previstos nos procedimentos internos, problemas em Pré-formas são raríssimos.	Não aplicável.
Meio ambiente	Sujidade na esteira transportadora	Ausência de controle para manutenção (limpeza) das esteiras.	Existem procedimentos de limpeza que são executados periodicamente.	Não aplicável.
	Temperatura do ambiente elevada	Ausência de conforto térmico para o colaborador, diminuição da concentração e interferência no foco.	Existe interferência no conforto térmico do colaborador.	Não aplicável.

Meio ambiente	Ausência de luminosidade	Visualização comprometida, principalmente durante <i>setup</i> de máquina.	Existe boa iluminação.	Não aplicável.
	Poeira	As máquinas não possuem espaço específico, ficam expostas.	Existem procedimentos de limpeza que são executados periodicamente.	Não aplicável.
Mão de obra	Colaborador sem treinamento	Colaborador sem treinamento prévio.	Colaboradores são treinados na prática, os operadores estão sempre acompanhados pelo líder da linha.	O colaborador deve passar por treinamento antes de ingressar na linha, apresentação teórica do Sistema de Qualidade da Empresa.
	Colaborador sem treinamento específico para a linha	Colaborador sem treinamento prévio na linha de Sopro.	Colaboradores são treinados na prática, os operadores estão sempre acompanhados pelo líder da linha.	O colaborador deve passar por treinamento antes de ingressar na linha, apresentação teórica do funcionamento da mesma.
Medidas	Haste para alongamento da Pré-forma	A haste é utilizada para esticar o material, alongando a Pré-forma durante o sopro, esta precisa estar dentro das tolerâncias dimensionais, caso contrário, pode interferir no alongamento da Pré-forma durante o sopro.	Hastes são trocadas somente em manutenções corretivas, não são executadas manutenções periódicas.	Implantar Manutenção Preditiva (calibração).
	Lâminas para verificação de folga de compensação dos moldes	Durante a troca dos moldes são utilizadas lâminas para controle do espaçamento entre componentes. Existe um desgaste natural do atrito entre as lâminas os componentes do molde, podendo acarretar em dimensionamento incorreto.	Lâminas não são calibradas periodicamente. São utilizadas para apoiar a montagem e ajustes dos moldes, pouco provável que impacte na geração de resíduos.	Implantar Manutenção Preditiva (calibração).
	Testes Manuais	Durante o <i>setup</i> da máquina são executados diversos testes pelos colaboradores, na tentativa e erro.	Não aplicável.	Não aplicável.
	Sensores	A máquina possui diversos sensores para controlar desde a temperatura até a interferência entre componentes e para garantir a segurança da máquina/colaborador.	Os sensores só são substituídos quando param de funcionar.	Implantar Manutenção Preditiva.

<p>Medidas</p>	<p>Parâmetros</p>	<p>A máquina possui uma estação de instrumentação e controle, nesse equipamento são configurados todos os parâmetros da máquina, entre eles a pressão, temperatura das lâmpadas, entre outros (Processo= receita para cada garrafa).</p>	<p>Os parâmetros existem, ficam armazenados no HD da máquina e são alterados conforme necessidade (Pré-forma utilizada pela primeira vez/ temperatura ambiente).</p>	<p>Os parâmetros precisam existir digitalmente, é necessária a criação de documento interno que apresente todos os dados e estes precisam estar disponíveis para os colaboradores (a receita precisa existir como documento). Também é necessário manter um documento/ sistema em que toda variabilidade seja anotada; assim, sempre que as adaptações forem feitas se manterá a rastreabilidade e as lições aprendidas de cada ocorrência.</p>
-----------------------	-------------------	---	--	---

Fonte: A autora, 2021

Quadro 7 - Detalhamento de Causas (PET 45 e PET 54) | Durante Intervenção

Família de Causas	Causas	Detalhamento	Diagnóstico da Empresa	Sugestão para Intervenção
Máquinas	Esteiras	As esteiras são responsáveis pelo transporte das garrafas, sua falha pode acarretar em congestionamento e parada de máquina.	Garrafas amassadas são resultado da elevada temperatura no Silo, normalmente são a consequência de não conformidades nestes itens.	Controle de temperatura no Silo.
	Rotuladeira	Falha de parâmetros acarreta em erro de posicionamento do rótulo e/ou congestionamento de garrafas.		
	Posicionadores	Os posicionadores mantêm as garrafas nas posições, a falha pode acarretar em congestionamento e parada de máquina.		
Métodos	Ausência de padrões	Não existem padrões para parâmetros.	Os parâmetros existem, ficam armazenados no HD da máquina e são alterados conforme necessidade.	Não aplicável. (o método existe; os parâmetros também – só não estão impressos).
Materiais	Garrafa danificada	Garrafas podem ser danificadas na armazenagem e transporte.	É possível, principalmente considerando o armazenamento no Silo, o mesmo é extremamente quente e como consequência, garrafas podem ficar deformadas.	Controle de temperatura no Silo.
Meio ambiente	Sujidade na esteira transportadora	Ausência de controle para manutenção (limpeza) das esteiras.	Existem procedimentos de limpeza que são executados periodicamente.	Não aplicável.
	Temperatura do ambiente elevada	Ausência de conforto térmico para o colaborador, diminuição da concentração e interferência no foco.	Existe interferência no conforto térmico do colaborador.	Verificar com a empresa.
	Ausência de luminosidade	Visualização comprometida, principalmente durante <i>setup</i> de máquina.	Existe boa iluminação.	Não aplicável.
Mão de obra	Colaborador sem treinamento	Colaborador sem treinamento prévio.	Colaboradores são treinados na prática, os operadores estão sempre acompanhados pelo líder da linha.	O colaborador deve passar por treinamento antes de ingressar na linha, apresentação teórica do funcionamento da mesma.
Medidas	Testes Manuais	Durante o <i>setup</i> da máquina são executados diversos testes pelos colaboradores, na tentativa e erro.	Não aplicável.	Não aplicável.

Medidas	Sensores	A máquina possui diversos sensores para controlar desde o posicionamento para rotulagem até a paletização.	Os sensores só são substituídos quando param de funcionar.	Implantar Manutenção Preditiva.
	Parâmetros	Parâmetros como velocidade da esteira e controle de tempos devem ser controlados.	Os parâmetros existem, ficam armazenados no HD da máquina e são alterados conforme necessidade.	Os parâmetros precisam existir digitalmente, é necessária a criação de documento interno que apresente todos os dados e estes precisam estar disponíveis para os colaboradores (as informações precisam ser detalhadas em um documento).

Fonte: A autora, 2021

4.2 Considerações relativas à intervenção

O Relatório discutido com a Empresa (Apêndice 3) apresenta em seu conteúdo o detalhamento das Sugestões para Intervenção, diante do exposto, as informações foram analisadas e as sugestões elencadas como intervenções, todas vistas como promissoras. No que tange às medidas relacionadas à Manutenção Preditiva (recuperação ou substituição de um item com finalidade de previsão da falha), foi dada atenção imediata, a empresa possui procedimentos rígidos que podem estar falhando, manutenções preditivas já estão previstas em procedimentos e podem minimizar falhas. Com relação às causas relativas ao M, Mão de obra, foi sugerido que a empresa realize um treinamento inicial sobre a máquina e mantenha treinamentos periódicos com os colaboradores, a fim de minimizar os erros de procedimentos que ocasionam paradas na planta da fábrica.

Ainda como sugestão, dentre os M's, mais especificamente o Medidas, salientam-se os parâmetros apontados como possíveis causas, pertinente a este item, foi apresentado um documento para que os colaboradores pudessem registrar parâmetros de máquinas da linha Sopro, esses parâmetros poderiam apoiar o rastreamento de não conformidades comuns e minimizar os resíduos gerados em razão de ocorrências semelhantes.

Em razão do volume de dados e possibilidades, a ideia do documento que precisaria ser impresso se mostrou morosa, então foi desenvolvido um sistema web para lançamento de parâmetros e filtragem de dados lançados. O sistema web foi apresentado à Empresa e implantado, as informações relativas ao mesmo, constam no tópico 4.2.1.

4.2.1 Sistema Sopro

Para a melhoria da qualidade de registro dos processos que envolvem o sopro foi desenvolvido um sistema computacional em ambiente web que conta com: controle de acesso (Figura 18), inserção de registros referentes ao processo (Figuras 18 a 21), listagem de dados e filtragem (Figura 22).

De forma a não ocasionar problemas para a empresa no tocante ao acesso ao seu servidor, foi registrado um domínio (anaqueiroga.com.br) e o sistema foi implantado em uma área denominada Sopro, ficando então acessível em anaqueiroga.com.br/sopro/.

O sistema foi desenvolvido utilizando a linguagem de programação PHP (Hypertext Preprocessor), juntamente com HTML (HyperText Markup Language) e CSS (Cascade Style

Sheet), a base de dados está sendo gerenciada pelo MySQL.

A interface de acesso ao sistema pode ser visualizada na Figura 18, tendo três níveis de acesso, sendo: Administrador (usuário que pode incluir, excluir e editar os parâmetros de todos os lançamentos), Manutenção (usuário que pode incluir e alterar apenas o último lançamento), Visitante (usuário que pode apenas visualizar os dados e realizar filtrações).

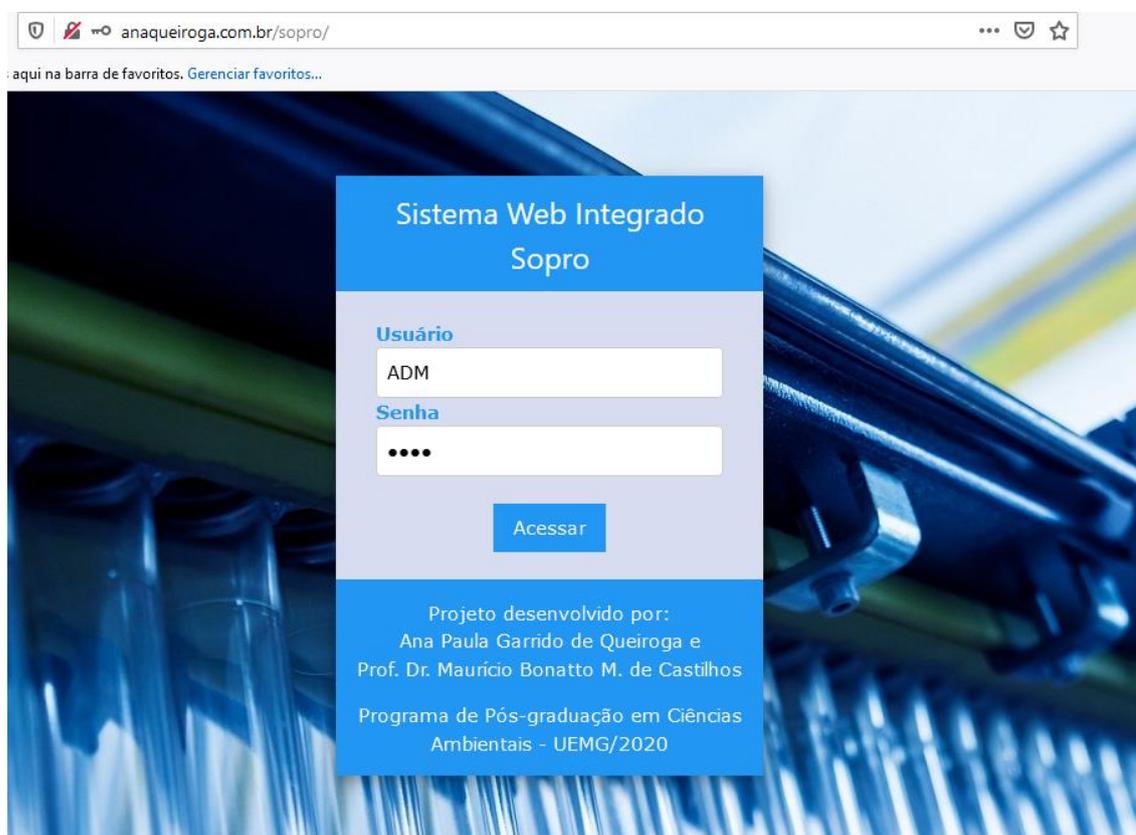


Figura 18 - Interface inicial do sistema

Fonte: A autora, 2021

O cadastramento dos parâmetros segue o modelo disponibilizado pela empresa e foi validado juntamente aos profissionais responsáveis antes do início do lançamento diário da fábrica. A Figura 19 demonstra como são solicitadas as informações gerais.

Sistema Web Integrado - Sopro

Cadastro de Parâmetros de Sopro

Neste sistema devem ser registradas as razões para ajustes nos parâmetros.

Informações Gerais

Data: <input style="width: 95%;" type="text" value="dd/mm/aaaa"/>	Garrafa: <input style="width: 95%;" type="text" value="GARRAFA SOPRADA CRISTAL 350 ml"/>
Lote: <input style="width: 95%;" type="text" value="Digite o lote"/>	Lote pré-forma: <input style="width: 95%;" type="text" value="Digite o lote"/>
Resina: <input style="width: 95%;" type="text" value="Digite o tipo de resina"/>	Gramatura: <input style="width: 95%;" type="text" value="Digite a gramatura"/>
Operador: <input style="width: 95%;" type="text" value="Digite o nome"/>	Máquina: <input style="width: 95%;" type="text" value="SBO06"/>

Figura 19 - Interface com os dados gerais do registro de manutenção de máquina
Fonte: A autora, 2021

Na segunda etapa do registro (Figura 20) devem ser selecionadas as razões para ajuste dos parâmetros, divididos nas categorias Garrafas apresentaram problemas de Qualidade (Garrafa PET soprada; Pressão; Stress cracking² (soda); Queda; Distribuição de Material) ou Garrafas apresentaram outros problemas (Temperatura ambiente; Pré-forma nunca utilizada; Troca de componente (manutenção); Setup de máquina; Outros (detalhar)).

² Fissuramento decorrente do contato com fluídos.

Qual foi a razão para ajustes nos parâmetros?

Garrafas apresentaram problemas de Qualidade:

- Garrafa PET soprada;
- Pressão;
- Stress cracking (soda);
- Queda;
- Distribuição de Material.

Garrafas apresentaram outros problemas:

- Temperatura ambiente;
- Pré-forma nunca utilizada;
- Troca de componente (manutenção);
- Setup de máquina;
- Outros (detalhar).

Figura 20 - Campos para justificativas sobre as alterações
Fonte: A autora, 2021

Na terceira etapa são registrados os valores que foram colocados na máquina para cada parâmetro (Figura 21).

Registre os valores para os parâmetros.

Ventilação	Valor final: <input type="text" value="Digite o valor"/>
Temperatura de Carregamento	Valor final: <input type="text" value="Digite o valor"/>
Temperatura do forno	Valor final: <input type="text" value="Digite o valor"/>
Arranque de produção (%)	Valor final: <input type="text" value="Digite o valor"/>
Temperatura da pré-forma	Valor final: <input type="text" value="Digite o valor"/>
Pressão no pré-sopro	Valor final: <input type="text" value="Digite o valor"/>
Distribuição de lâmpadas	Observação: <input type="text"/>

Figura 21 - Campos para inserção de dados dos parâmetros
Fonte: A autora, 2021

Ao cadastrar estes valores serão exibidos automaticamente na listagem (Figura 22), sendo disponibilizadas as opções de filtragem dos dados para fins de observação dos parâmetros utilizados para solução dos mesmos problemas em outras datas.

Listagem de Parâmetros de Sopro Cadastrados

Selecione os filtros:

Garrafa:

Garrafas que apresentaram problemas de Qualidade (Garrafa PET soprada, Análise Visual, Finish, Pressão, Stress cracking [soda], Queda)

Garrafas que apresentaram outros problemas (Temperatura ambiente, Pré-forma nunca utilizada, Troca de componente, Outros)

Id	Data	Garrafa	Lote	Lote de pré-forma	Resina	Gramatura	Operador	Máquina	Razão para ajustes nos parâmetros		Parâmetros alterados
									Problemas de Qualidade	Outros Problemas	
82	2021-04-20	GARRAFA SOPRADA POTY CRISTAL 2000 ml	202128714	3201892MAX8785	RAMAPET	44	JUVENAL	SBO10			Ventilação: 50 Temperatura de Carregamento: 145 Temperatura do forno: 230 Arranque de Produção: 80 Temperatura da pré-forma: 94 Pressão do pré-sopro: 11
83	2021-04-20	GARRAFA SOPRADA POTY VERDE 2000 ml	202128715	3202802MAX8789	RAMAPET	44	WAGNER	SBO10			Ventilação: 50 Temperatura de Carregamento: 180 Temperatura do forno: 243 Arranque de Produção: 99 Temperatura da pré-forma: 97 Pressão do pré-sopro: 11

Figura 22 - Interface para filtragem dos dados
Fonte: A autora, 2021

4.3 Cartas de Controle e Estatística

Os resultados e análises demonstradas estão organizadas por máquina, considerando a geração de resíduos de garrafas e Pré-formas de maneira separada.

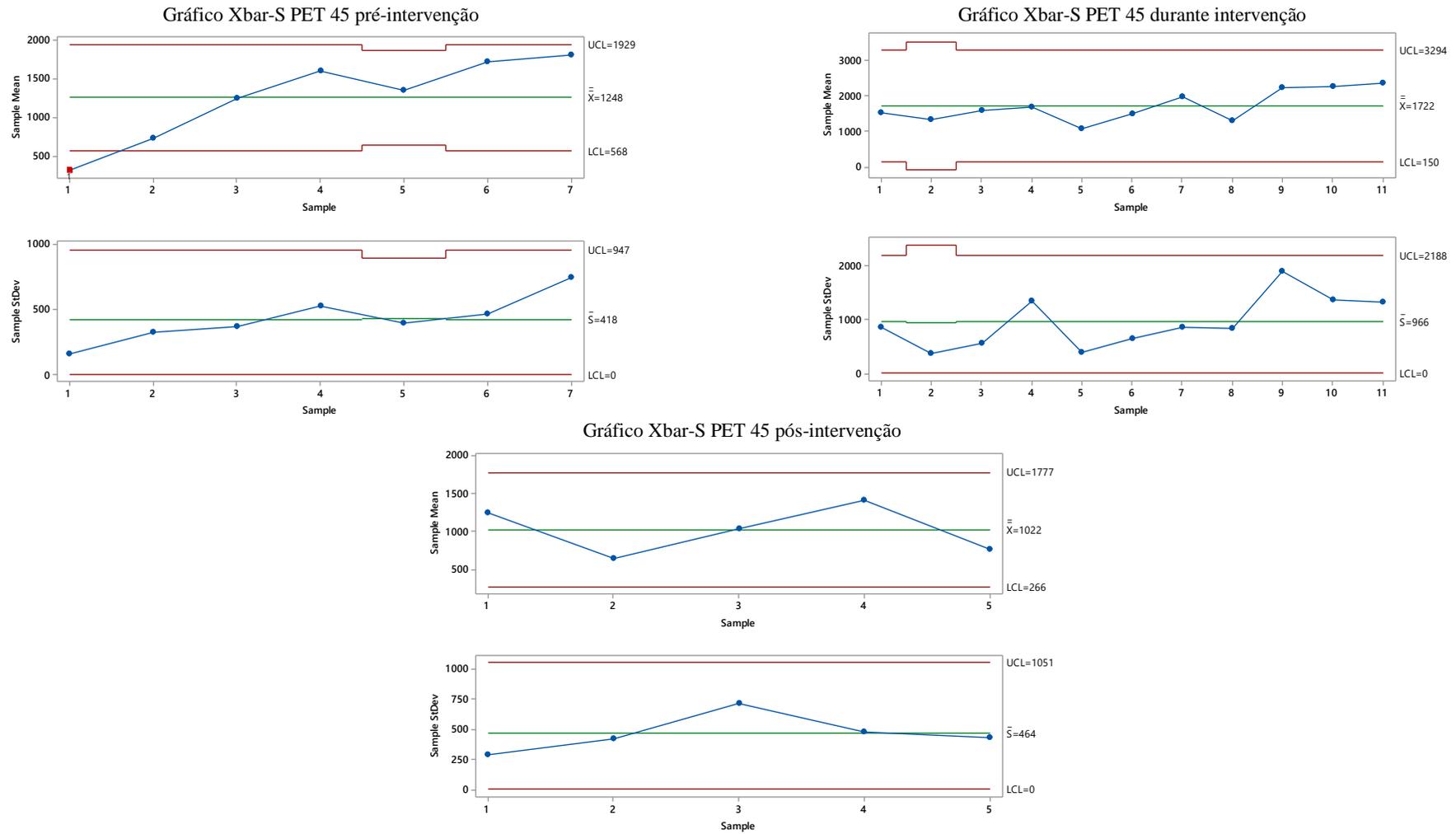
4.3.1 Resíduos de garrafas

4.3.1.1 PET 45

Analisando as cartas de controle para a máquina PET 45, observou-se que a média das médias das amostras foi igual a 1.248 unidades, enquanto que o desvio padrão médio foi igual a 418 unidades (Figura 23). Ao comparar a evolução do processo, tanto a média quanto o desvio padrão das medidas possuem tendência de crescimento, sugerindo que o processo está fora de controle. Quando analisou-se os dados durante a intervenção, a média das médias das amostras foi igual a 1.722 unidades, com desvio padrão médio igual a 966. Nesse caso, todos os pontos se encontraram dentro dos limites de controle, sendo que houve uma leve tendência de aumento dos valores. Com relação aos dados pós-intervenção, média das médias foi igual a 1.022 unidades e desvio padrão médio de 464 unidades. Observou-se que todos os pontos se encontraram dentro dos limites de controle e que tanto a média quanto o desvio das amostras se localizaram em torno da média geral. Ao comparar os três períodos, houve uma piora no processo durante a intervenção, e que o pós-intervenção apresentou a menor média refugada e desvio padrão intermediário.

As cartas de controle dos períodos pré-intervenção, durante e pós-intervenção podem ser analisados na Figura 23.

Figura 23 - Gráficos comparativos PET 45 pré-intervenção, durante e pós-intervenção



Fonte: A autora, 2021

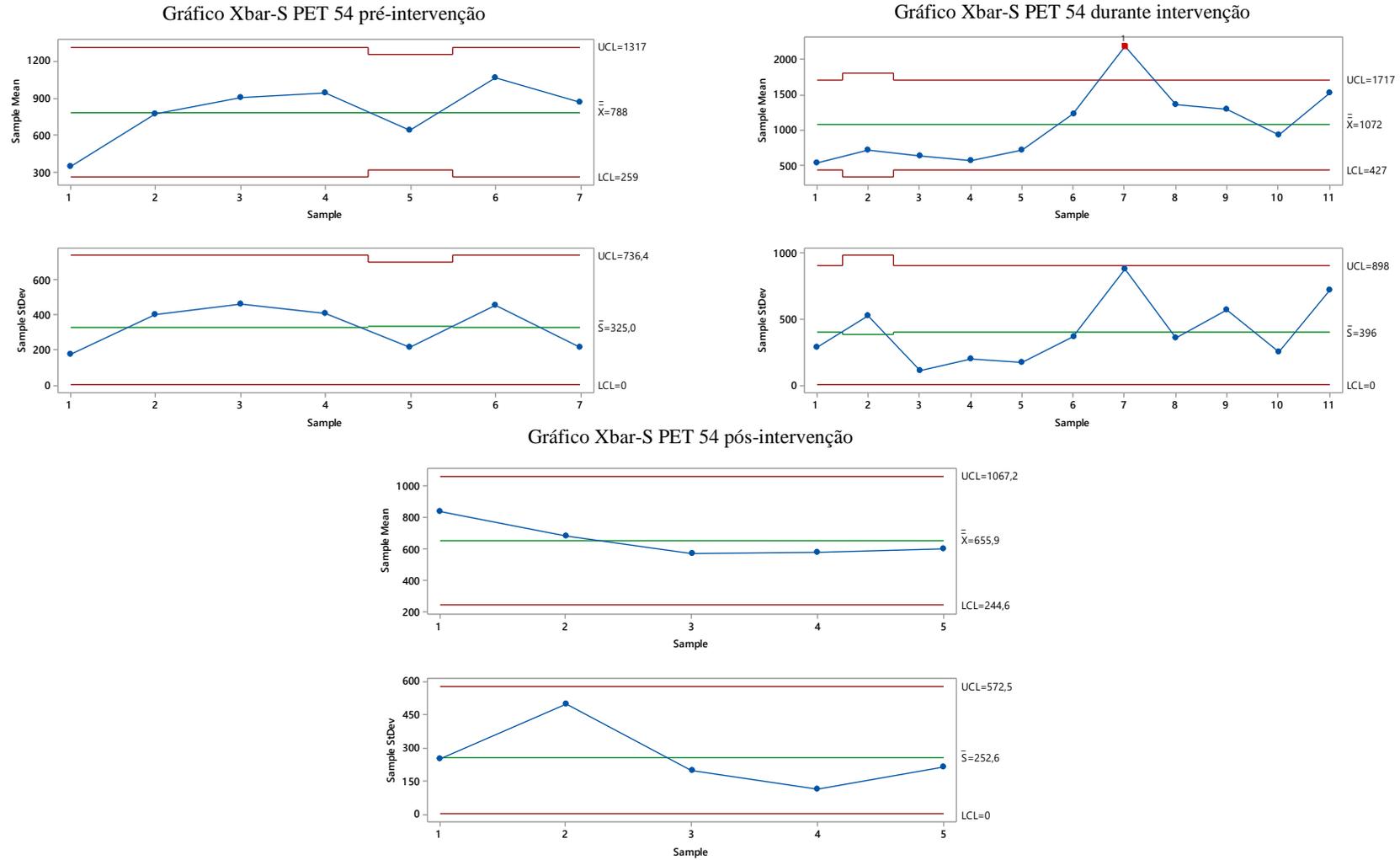
4.3.1.2 PET 54

Quanto aos gráficos da máquina PET 54, no período pré-intervenção as medidas das médias e desvio padrão estão dentro dos limites de controle, sendo que para este período, a média das médias e dos desvios foram iguais a 788 e 325, respectivamente. Observou-se que a primeira amostra do estudo apresentou a menor média geral e que ambas as medidas avaliadas (média e desvio) apresentaram comportamento similares. Com relação ao período durante a intervenção, a média das médias foi igual a 1.072 unidades, com desvio padrão médio de 396 unidades. Nesse caso, destacou-se um ponto fora dos limites de controle para a média, observado na amostra 7, havendo tendência de crescimento no refugo, mesmo se considerarmos que teve uma queda após o pico. O desvio padrão apresentou comportamento similar à média, mas com todos os pontos dentro dos limites. Enfim, quanto aos dados pós-intervenção, a média das médias e o desvio médio foram os menores de todo o estudo e iguais a 655,9 e 252,6, respectivamente.

De modo geral, houve uma redução no refugo com o tempo, assim como o desvio padrão das amostras, e que em ambos os casos todos os pontos estão dentro dos limites de controle. Ao compararmos a evolução das medidas nos períodos, tanto média quanto desvio padrão, destacou-se que o refugo e variabilidade piorou do pré para a intervenção e melhorou no fim do estudo, cujo valor é o menor dentro de todo o período.

As cartas de controle dos períodos pré-intervenção, durante e pós-intervenção podem ser analisados na Figura 24.

Figura 24 - Gráficos comparativos PET 54 pré-intervenção, durante e pós-intervenção



Fonte: A autora, 2021

4.3.1.3 Sopradora SBO10-2

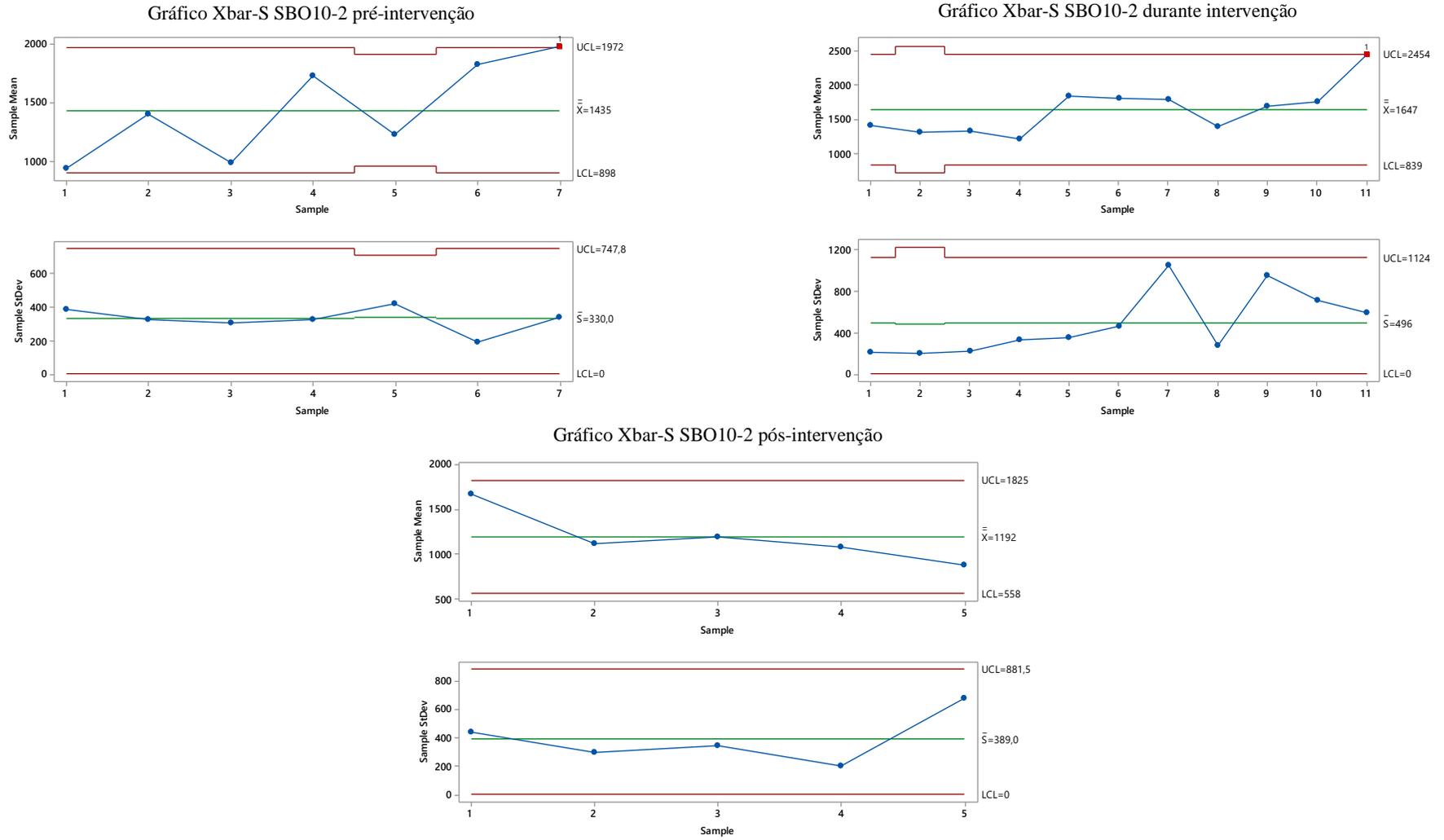
Analisando as medidas da sopradora SBO10-2, observou-se que a média das médias amostrais antes da intervenção foi igual a 1.435 refugos e o desvio padrão médio igual a 330 unidades refugadas. Em geral, o desvio padrão das amostras apresentou controle, sendo que os pontos se apresentaram próximos ao desvio padrão médio. Entretanto, ao analisar a média, foi possível observar um ponto fora de controle, acima do limite superior, na última amostra. Além disso, observou-se uma tendência de crescimento das medidas de refugo, indicando que com o passar do tempo os valores das amostras coletadas aumentaram, resultando no processo fora do controle ao final do estudo.

Quando os valores obtidos durante a intervenção foram analisados, notou-se que a média das médias amostrais foi igual a 1.647 refugos e o desvio padrão médio igual a 496 unidades. Assim como no primeiro período, o desvio padrão das amostras se manteve dentro das bandas de controle, enquanto ao analisar a média das médias também houve um ponto fora de controle na última amostra. Houve uma tendência de aumento do desvio padrão ao longo do tempo, com um pico na sétima amostra, e tendência de aumento na média a partir da oitava amostra. Além disso, foi possível observar uma sequência de valores abaixo da média, seguido de valores acima da média nas primeiras amostras.

Finalmente, ao analisar os resultados depois da intervenção, a média das médias foi igual a 1.192 unidades refugadas, com desvio padrão médio de 389 unidades. Nesse período, tanto a média das médias quanto o desvio padrão apresentaram controle, com valores bem próximos às médias (exceto para a média da primeira amostra e desvio padrão da última). Ao comparar os períodos de avaliação, houve aumento de refugo entre antes e durante a intervenção e queda após a intervenção. Para essa máquina, a média das médias de unidades refugadas após a intervenção apresentou os menores valores do período em estudo, com desvio padrão médio intermediário.

As cartas de controle dos períodos pré-intervenção, durante e pós-intervenção podem ser analisados na Figura 25.

Figura 25 - Gráficos comparativos SBO10-2 pré-intervenção, durante e pós-intervenção



Fonte: A autora, 2021

4.3.1.4 Sopradora SBO10UN

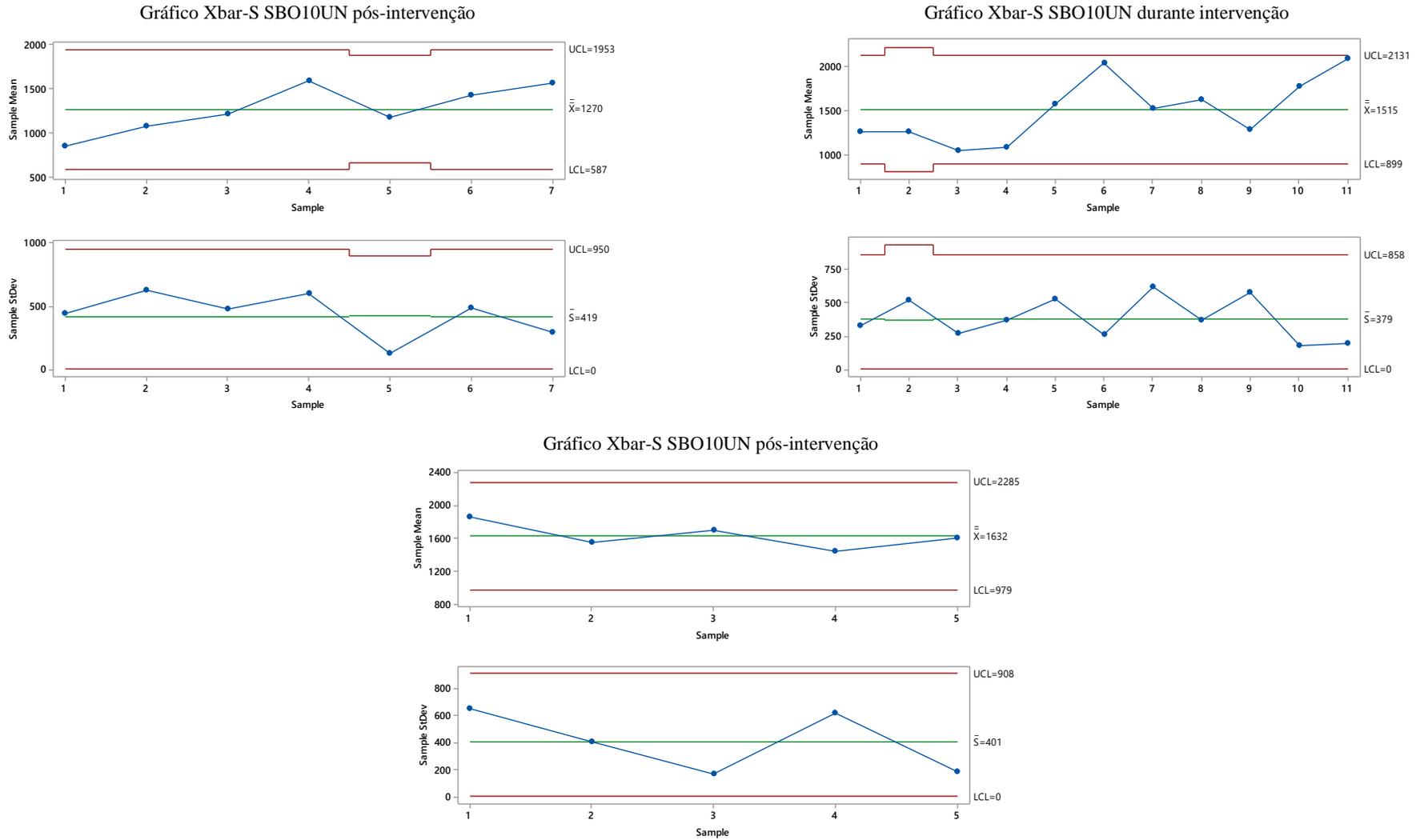
Com relação à sopradora SBO10UN, a média das médias das amostras antes da intervenção foi igual a 1.270 refugos, com desvio médio de 419 unidades de refugo. Analisando as medidas ao longo das amostras, observou-se que tanto a média quanto o desvio de refugos estavam dentro dos limites de controle. No entanto, a média apresentou tendência de crescimento, sendo um sinal de alerta para avaliação do processo. Ainda, os quatro primeiros desvios médios estavam acima da média (do mesmo lado do gráfico) e o quinto apresentou média bem inferior aos demais.

Analisando os valores obtidos durante a intervenção, houve aumento na média das médias refugadas, sendo que este valor foi igual a 1.515 unidades, e redução do desvio padrão médio, que foi igual a 379 unidades. Quando comparamos as amostras dessa intervenção, notou-se um padrão não definido para a média e um padrão aleatório para o desvio padrão, sendo que ambos estavam dentro das bandas de controle. No caso da média, observou-se que as amostras iniciais tiveram menor número de refugo, com crescimento e pico na sexta amostra. A partir de então, os valores diminuíram e voltaram a crescer a partir da nona amostra, atingindo maior número médio de refugo na última amostra.

Analisando os resultados depois da intervenção, a média das médias de refugo foi igual a 1.632 e desvio padrão médio de 401 unidades. No caso da média, todos os pontos amostrais estavam próximos à média geral, enquanto que o desvio padrão não apresentou padrão definido. Ao comparar os períodos, houve tendência de crescimento constante da média, com maior valor após intervenção e uma redução da variabilidade das amostras, com menor valor durante a intervenção e valor intermediário depois da intervenção.

As cartas de controle dos períodos pré-intervenção, durante e pós-intervenção podem ser analisados na Figura 26.

Figura 26 - Gráficos comparativos SBO10UN pré-intervenção, durante e pós-intervenção



Fonte: A autora, 2021

4.3.1.5 Sopradora SBO6

Por fim, analisando os dados da sopradora SBO6, antes da intervenção, o respectivo processo apresentou maior descontrole estatístico em todo o estudo. No início, as médias das médias de refugo foram bastante baixas, enquanto que no final foram altas, sendo que seis dos sete pontos analisados estavam fora dos limites de controle. Destacou-se que as médias dessa sopradora foram inferiores que as anteriores (média geral 379,7), assim como o desvio padrão (média 158,5). Quanto ao desvio padrão, houve grande oscilação e presença de tendência crescente.

Para o período durante a intervenção, a média das médias apresentou uma sequência de queda, crescimento e novamente queda, com destaque para um ponto fora do limite de controle na sétima amostra e valores abaixo da média nas amostras finais. Além disso, a média das médias geral foi igual a 336 unidades. Do ponto de vista do desvio padrão, uma amostra com valor muito superior às outras na amostra 7 foi observada, a qual teve o pico na média. Enquanto que o desvio padrão médio foi igual a 340 unidades, para essa amostra foi próximo a 2.000 unidades. Quando analisamos o pós-intervenção, notamos padrão similar entre a média e desvio padrão, com tendência de queda ao longo do tempo. No entanto, a primeira amostra desse período se destacou dos demais por estar com valor médio fora do limite de controle. Ao comparar todos os períodos, observou-se uma redução nas médias de refugo durante a intervenção e ligeiro aumento em seguida.

As cartas de controle dos períodos pré-intervenção, durante e pós-intervenção podem ser analisados na Figura 27.

Figura 27 - Gráficos comparativos SBO6 pré-intervenção, durante e pós-intervenção

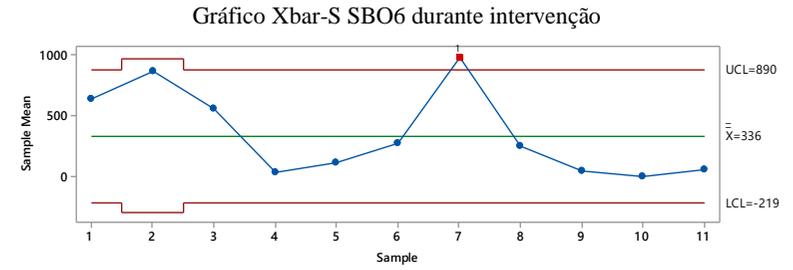
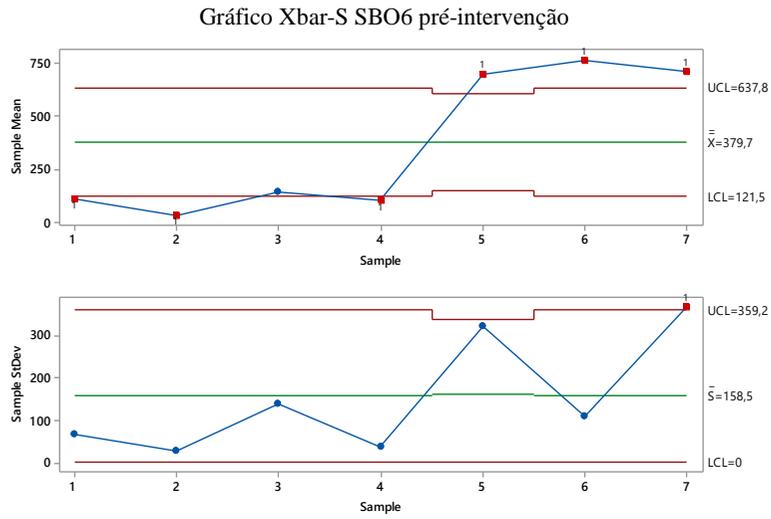
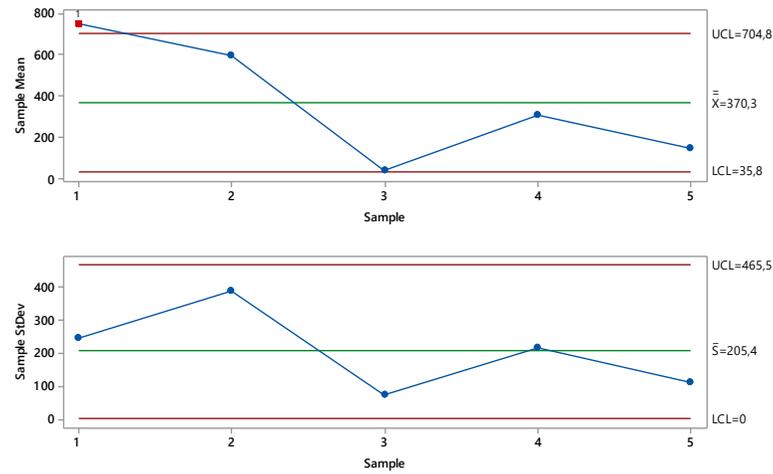


Gráfico Xbar-S SBO6 pós-intervenção



Fonte: A autora, 2021

4.3.2 Resíduos de pré-formas

4.3.2.1 Sopradora SBO10-2

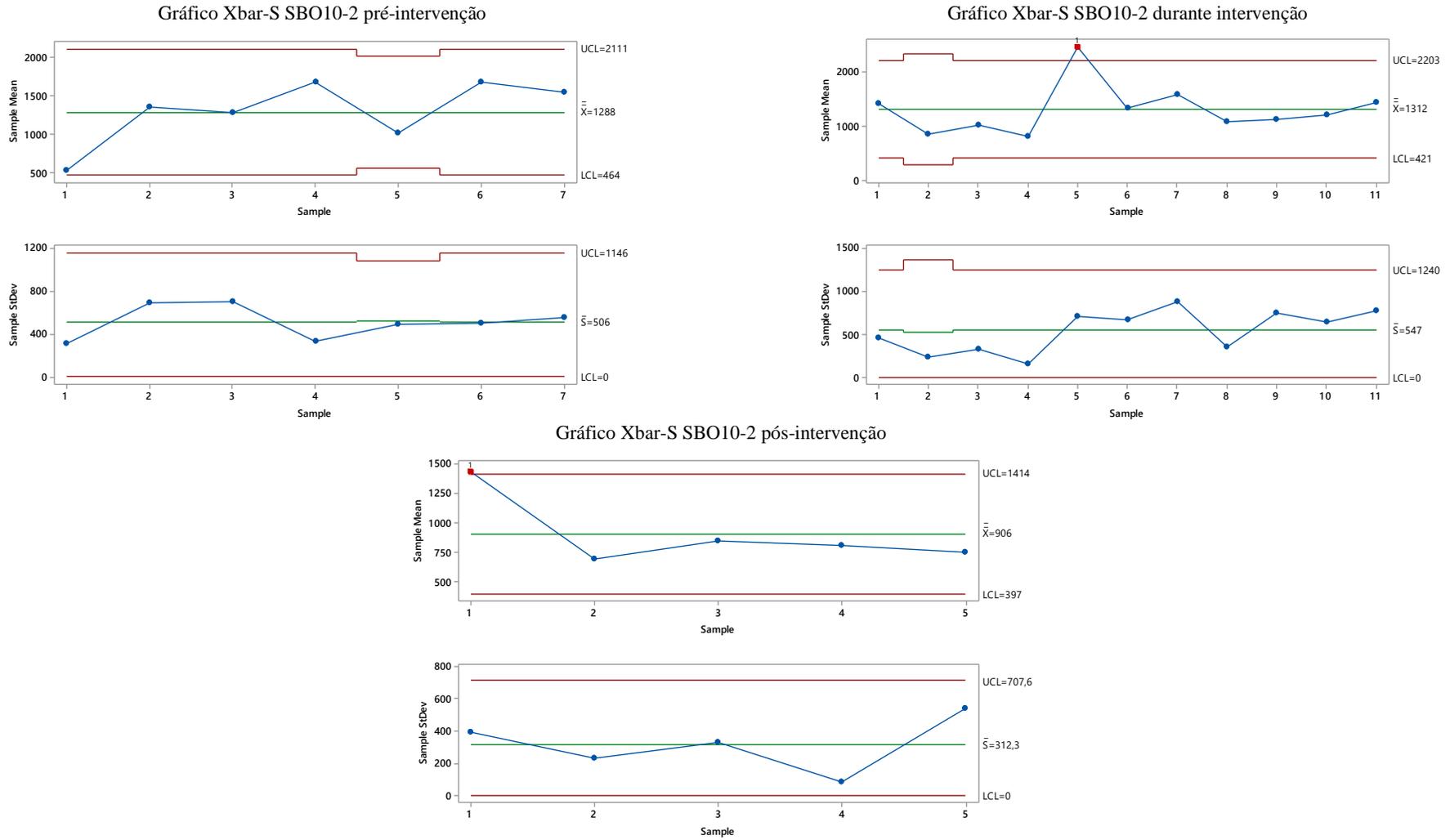
A partir dos resultados de refugos de pré-forma da sopradora SBO10-2, observou-se que no pré-intervenção, de modo geral, tanto as medidas das médias das médias amostrais quanto dos desvios padrões apresentaram-se dentro dos limites de controle. Nesse caso, a média geral foi igual a 1.288 refugos e o desvio padrão médio associado igual a 506 unidades. Observamos que o desvio padrão das últimas medidas analisadas foram bastante similares, sendo muito próximos ao desvio médio. Ainda, ressaltamos que a média de refugos da primeira amostra foi bastante inferior às demais, podendo ter sido um ponto influente na construção do gráfico.

Analisando os dados da intervenção, notou-se que os valores da média das médias e desvio flutuaram em torno da média geral e o ponto 5 localizou-se fora do controle, havendo uma sequência de pontos tanto abaixo e quanto acima da média com ausência de aleatoriedade, mostrando que há algum tipo de viés. Nesse período, a média das médias foi igual a 1.312 unidades e o desvio médio igual a 547 unidades. Com relação ao pós-intervenção, destacou-se inicialmente que a média das médias da primeira amostra apresentou-se fora dos limites de controle, consequência do último ponto relativo ao durante a intervenção, enquanto que todas as demais apresentaram-se abaixo da média, que foi igual a 906 unidades refugadas. Para o desvio padrão, houve oscilação em torno da média, tanto para cima quanto para baixo, considerando o desvio médio igual a 312,3 unidades.

Ao compararmos a evolução dos refugos médios, houve aumento do pré para o período de intervenção e queda na última avaliação, sendo que esse comportamento ocorreu nas duas médias avaliadas.

A Figura 28 representa as médias e desvio padrão analisados.

Figura 28 - Gráficos comparativos sopradora SBO10-2 pré-intervenção, durante e pós-intervenção



Fonte: A autora, 2021

4.3.2.2 Sopradora SBO10UN

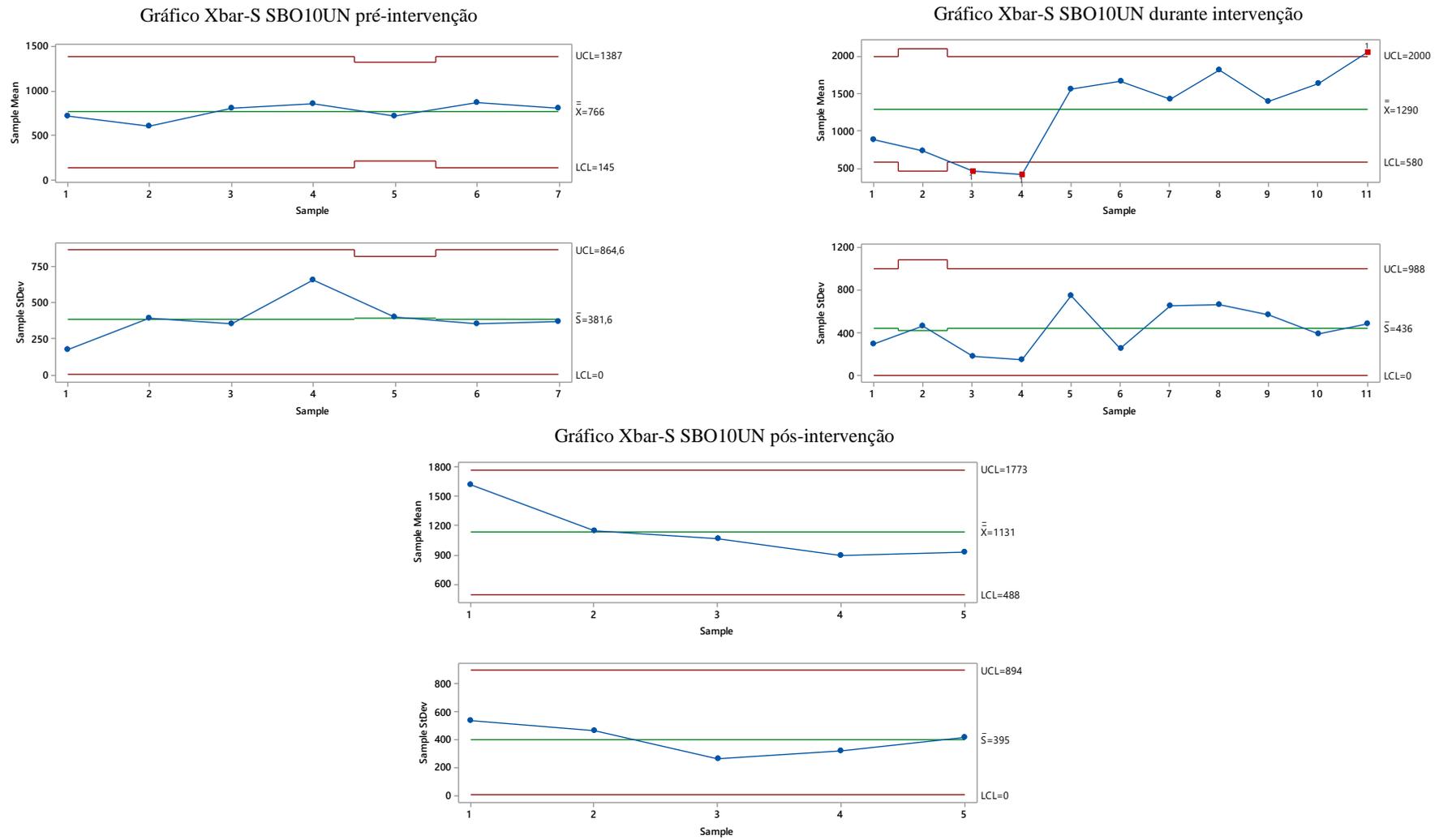
Com relação à sopradora SBO10UN, a média das médias de refugos de pré-forma no pré-intervenção foi igual a 766 unidades, com desvio padrão médio de 381,6. Para essa carta de controle, observou-se valores estáveis tanto para as médias quanto desvio padrão, com destaque para o desvio padrão da quarta amostra sugerindo que, apesar da estabilidade da média, os valores variaram acima do normal (mas ainda dentro dos limites) para essas amostras.

Durante a intervenção, destacou-se três pontos fora do limite de controle, nas amostras três e quatro, com valores médios bem abaixo dos demais, e na amostra onze, com valor bem superior. Nesse caso, a média das médias foi igual a 1.290 unidades refugadas e o desvio médio de 436 unidades. Avaliando o comportamento das médias, houve tendência de crescimento para os valores médio e estabilidade para o desvio, sugerindo que a variabilidade das amostras foi estável, mas o número de refugo não.

Por fim, analisando o pós-intervenção, foi possível observar comportamentos parecidos da média e desvio padrão, sendo que o valor médio da média e desvio nesse caso foram iguais a 1.131 e 395, respectivamente. Em geral, as medidas se iniciaram acima da média e oscilaram ao seu redor com o tempo. Ao comparar a evolução das medidas ao longo do tempo, houve aumento do pré para durante a intervenção e queda logo em seguida, sendo que o pós-intervenção foi superior ao pré-intervenção, independentemente da análise da média ou do desvio. Comportamento semelhante ocorreu com esta sopradora na análise de resíduos de garrafas, ainda que o volume tenha aumentado a redução da variabilidade, o comportamento dos dados indicou melhora no controle estatístico.

A Figura 29 representa as médias e desvio padrão analisados.

Figura 29 - Gráficos comparativos sopradora SBO10UN pré-intervenção, durante e pós-intervenção



Fonte: A autora, 2021

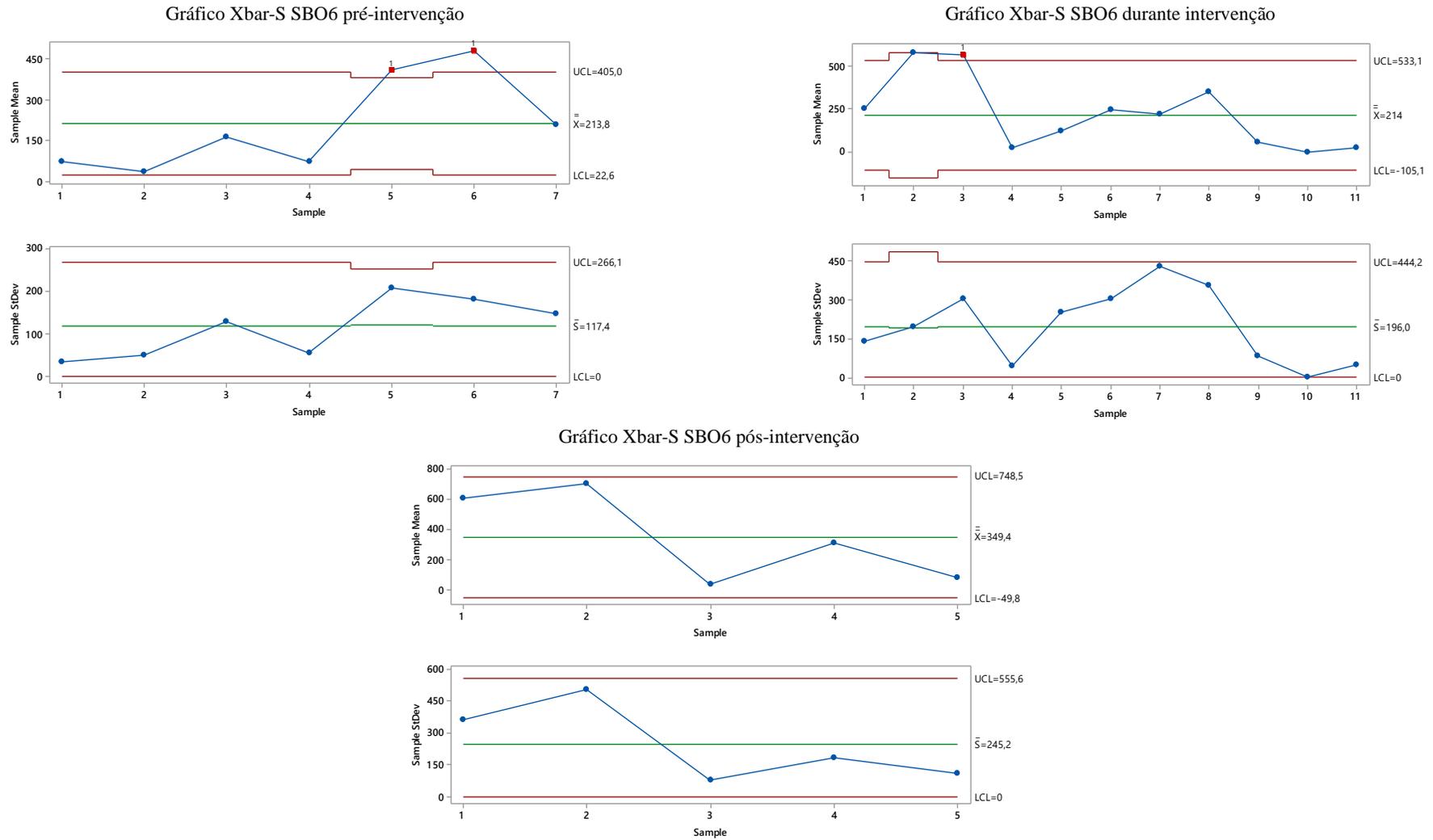
4.3.2.3 Sopradora SBO6

Por fim, temos as cartas de controle para os refugos de pré-forma da sopradora SBO6. No período pré-intervenção, as médias das médias dessa sopradora foram menores que as demais, com valores médios iguais a 213,8 refugos e desvio padrão médio de 117,4 unidades. No entanto, dois pontos do gráfico foram superiores ao limite superior de controle (amostras cinco e seis) e tanto a média quanto o desvio padrão apresentaram uma grande oscilação em geral. Nesse caso, verificamos que as medidas iniciais foram menores que as finais, justificando uma necessidade de ajuste no processo.

Com relação ao durante a intervenção, constatou-se oscilação parecida entre média e desvio, com média das médias igual a 214 unidades e desvio médio de 196 unidades. Além disso, houve um ponto fora do limite superior para a média e outro muito próximo do limite, aos quais foram observados nas amostras três e dois, respectivamente. Em geral, as médias oscilaram numa tendência de crescimento e queda cíclica, indicando instabilidade do processo. Quando analisamos o pós-intervenção, novamente verificou-se comportamento similar entre média e desvio padrão, com tendência de queda das medidas. Nesse caso, a média das médias foi igual 349,4 unidades e desvio médio igual a 245,2 unidades. Ao compararmos as médias ao longo do tempo, temos que os dois primeiros períodos apresentaram médias próximas e o último médias superiores.

A Figura 30 representa as médias e desvio padrão analisados.

Figura 30 - Gráficos comparativos sopradora SBO6 pré-intervenção, durante e pós-intervenção



Fonte: A autora, 2021

Abtew (2017) descreve os benefícios da implementação do CEP em empresa analisada em estudo de caso específico, sendo eles: conscientização geral da qualidade entre os colaboradores, melhora dos conceitos de qualidade com o treinamento em CEP, melhor compreensão de processos e a análise dos processos usando métodos estatísticos tornou os colaboradores parte do processo de melhoria da qualidade. Após a implementação dos gráficos de controle para os parâmetros críticos selecionados e da análise de dados de três meses foi possível evidenciar que a implementação de CEP reduziu a taxa média de alteração para as características de qualidade (não conformidades) de 9,14 % para 6,4 %.

De uma forma geral, a aplicação das ferramentas de Controle Estatístico de Processo foi eficaz na redução da formação de unidades não conformes em garrafas e pré-formas. Em algumas máquinas específicas como a PET 54, PET 45 e SBO10-2 a intervenção do CEP foi eficaz e eficiente, atingindo o seu objetivo e excedendo as expectativas, diminuindo de forma significativa a formação de garrafas não conformes. Esta diminuição significativa foi possível pelo fato de o processo estar em controle estatístico.

De outro lado, algumas máquinas como a SBO10UN e SBO6 apresentaram certo aumento nas unidades não conformes quando comparado ao pré-intervenção, o que pode pressupor a falta de eficiência da aplicação das ferramentas do CEP nestas máquinas específicas. Entretanto, é possível observar que o processo necessita de um tempo para ser controlado e esse tempo varia de caso a caso. Neste contexto, para as máquinas mencionadas acima, seria necessário um tempo maior de análise para verificarmos a consolidação do CEP, a fim de analisar os dados de refugo em maior número de subgrupos racionais. Além disso, os gráficos de controle no pós-intervenção apresentaram-se controlados estatisticamente de forma mais efetiva quando comparados aos gráficos de controle do pré-intervenção. Sendo assim, independentemente de haver maior quantidade de refugo no pós-intervenção, considerou-se que esta etapa está na iminência do controle estatístico.

Corroborando o fato de que o processo toma tempo para se tornar controlado em termos estatísticos, verificou-se que os dados durante a intervenção se apresentaram fora de controle estatístico e este comportamento é esperado em um processo que está sob intervenção. Espera-se que o processo tenha esta desordem durante a intervenção para que apresente controle estatístico no pós-intervenção.

Segundo Abtew (2017), a implementação do CEP é mais difícil nas indústrias na fase inicial devido ao envolvimento de diferentes colaboradores e setores no processo. Treinamento

adequado e a colaboração de todos na utilização do CEP é uma das principais questões que contribuem muito durante sua implementação. O treinamento aumenta o nível de conhecimento e compreensão dos colaboradores sobre quando, onde e como aplicar as ferramentas e técnicas. Ações adequadas, focadas e imediatas são as mais importantes no processo de implementação.

Já de acordo com Lim, Antony e Arshed (2016), empresas enfrentam desafios diferentes na implantação do CEP e as abordagens podem variar de acordo com as necessidades, no entanto, ainda que existam parâmetros diferentes e/ ou exclusivos em relação a empresas alimentícias, os resultados obtidos em empresas que optam pelo uso da ferramenta apresentam redução na variabilidade do processo. Afirmam ainda que empresas que objetivam crescimento precisam pensar em investimentos para capacitação e implantação de métodos estatísticos.

4.4 Estimativa do impacto financeiro

Tendo os resultados a respeito da quantidade de resíduos gerada pela empresa no período estudado, foi possível afirmar que houve redução, minimizando além do impacto ambiental, o custo total de matéria-prima. Na Tabela 1 são apresentadas quantidades de resíduos de garrafas e pré-formas gerados no pré-intervenção, que compreendeu o período dos meses de junho a dezembro de 2019, com a estimativa de redução das máquinas PET 45, PET 54 e SBO10-2 foram aplicadas taxas de redução para quantificar o impacto financeiro da aplicação do CEP.

Tabela 1 - Comparação de custos com a redução da geração de resíduos

Resíduo	Quantidade pré-intervenção	Custo Total pré-intervenção	Redução do pós aplicada no pré-intervenção	Diferença
Garrafas				
PET 45	36.200	R\$ 32.580,00	18,1%	R\$ 5.896,98
PET 54	22.856	R\$ 20.570,40	16,8%	R\$ 3.455,82
SBO10-2	41.619	R\$ 37.457,10	16,9%	R\$ 6.330,24
Pré-formas				
SBO10-2	37.345	R\$ 29.876,00	29,7%	R\$ 8.873,17
Total		R\$ 120.483,50		R\$ 24.556,21

Fonte: A autora, 2021

Visando obter uma estimativa de redução de custos, foi levantado um valor médio por garrafa (R\$ 0,90) e pré-formas (R\$ 0,80) tendo como base o valor de mercado de cada item, demonstrando assim que a aplicação do CEP afetou positivamente a minimização dos custos de produção, totalizando R\$ 24.556,21 que corresponde a 20,38% do custo total.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo a aplicação de ferramentas do CEP para controlar e minimizar o descarte de resíduos de Polietileno Tereftalato no processo de produção de uma empresa de bebidas. A intervenção no processo consistiu na aplicação das ferramentas do CEP para controle do processo de produção de garrafas PET e minimização da geração dos seu respectivo resíduo. Três etapas foram comparadas: pré, durante e pós-intervenção. As máquinas PET 45, PET 54, SBO10-2 e SB06 apresentaram diminuição no número de resíduos de garrafas e pré-formas e consequente melhora no controle estatístico. A máquina SBO10UN apresentou aumento no número de resíduos de garrafas e pré-formas, no entanto, melhora no controle estatístico com valores dentro dos limites e mais próximos da média. Já a máquina SB06 apresentou aumento nos resíduos de pré-formas, mas com hipótese de igualdade nas distribuições.

Em algumas máquinas específicas, os valores observados de média de produção de resíduos foi superior aos valores pré-intervenção, o que caracteriza um comportamento normal em se tratando de um processo que está na iminência do controle estatístico. Nestas máquinas, o tempo de pós-intervenção deveria ser estendido com o objetivo de observar de forma pontual e expressiva a evolução da intervenção e a consolidação do controle estatístico do processo que, por sua vez, resultaria em menores gerações de resíduos do tipo PET.

Diante o exposto, vale afirmar que foi possível demonstrar que a utilização do CEP contribuiu para a redução dos resíduos sólidos de PET gerados pela empresa de bebidas analisada durante o período de estudo, consequentemente acredita-se que novas análises devem ser realizadas ao longo dos próximos anos para que este processo se torne parte do cotidiano da empresa. Com este estudo foi possível demonstrar que o uso de ferramentas CEP como o Diagrama de Causa e Efeito e as Cartas de controle foram satisfatoriamente competentes na redução de resíduos industriais de PET, objetivo principal deste projeto.

Em termos de gestão, o monitoramento e análise estatística reduziu a variação da geração de resíduos, além disso, permitiu à empresa visualizar a importância do uso de um sistema de controle de processo que permite a oportunidade de melhorar a consciência da qualidade em aspectos dos processos, em vez de se concentrar apenas na qualidade do produto.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Norma Técnicas. **NBR 10.004**: Resíduos Sólidos – Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ABNT - Associação Brasileira de Norma Técnicas. **NBR 13.230**: Embalagens e acondicionamento plásticos recicláveis - Identificação e simbologia. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

ABNT - Associação Brasileira de Norma Técnicas. **NBR ISO 9.000:2015**: Sistemas de gestão da qualidade — Fundamentos e vocabulário. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ABNT - Associação Brasileira de Norma Técnicas. **NBR ISO 14.001**: Sistemas de gestão ambiental - Requisitos com orientações para uso. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ABTEW, M. A.; Kropi, S.; Hong, Y.; PU, L. Implementation of Statistical Process Control (SPC) in the Sewing Section of Garment Industry for Quality Improvement. **AUTEX Research Journal**, [s.l.], v. 18, n. 2, pp.160-172. 2018.

ARENHARDT, V. **Geração de indicadores ambientais para a gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos conforme a PNRS e com base no marco ordenador Força motriz-Pressão-Estado-Impacto-Resposta (FPEIR)**. 2019. Tese (Doutorado em Tecnologia Ambiental) – Universidade de Ribeirão Preto-UNAERP, Ribeirão Preto: 2019.

BANZATO, E.; MENDES, J.; MOURA, R. A. **Gestão de Estoques na Cadeia de Suprimentos**. São Paulo: Imam, 2015.

BOYLE, C. Education, sustainability and cleaner production. **Journal of Cleaner Production**, [s.l.], v.7, n. 1, p. 8387. 1999.

BRANDAU, O. **Stretch Blow Molding**. 2 ed. Oxford: Elsevier, 2012.

BRASIL. Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010. Regulamenta a Lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, Edição Extra - 23/12/2010, Página 1 (Publicação Original) e Edição Extra - 24/12/2010, Página 63 (Retificação).

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, p. 3, 2 ago. 2010.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, n. 167, p. 16509, 2 set. 1981.

CHIAVENATO, I. **Gestão de pessoas**: o novo papel dos recursos humanos nas organizações.

4 ed. Barueri: Manole, 2014.

Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, nº 92, pág. 89, de 16/05/2011.

Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA Nº 357/2005, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, nº 053, p. 58-63. de 18/03/2005.

DIAS, R. **Sociologia das organizações**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2018.

EDMONDSON, A. C. **A organização sem medo**: criando segurança psicológica no local de trabalho para aprendizado, inovação e crescimento. Rio de Janeiro: 2020.

FONSECA, L. P.; DOS SANTOS, A. C. S. G.; FERREIRA, L. A. F.; REIS, A. C.; PIZETTA, L. M. Aplicação integrada do controle estatístico de processo e engenharia de métodos em uma indústria alimentícia. **Exacta**, v. 18, n. 1, p. 459-483, jan./mar. 2020.

FREIRE, J. E. **Desenvolvimento de um sistema eletrônico de gestão ambiental de resíduos sólidos - SISCORS - para empresas de pequeno porte alinhados com a estratégia**. 2019. Tese (doutorado em Tecnologia Ambiental) - Universidade de Ribeirão Preto, UNAERP, Ribeirão Preto, 2019.

FUSCO, J. P. A. **Operações e gestão estratégica da produção**. São Paulo: Arte & Ciência 2007.

GROOVER, M. P. **Fundamentos da moderna manufatura**. 5 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017.

HABER, J.; MEGLIORINI, E.; OLIVEIRA, M. C. Controle estatístico de processo: estudo de caso em uma indústria de alimentos. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 4, n. 7, Edição Especial, p. 3911-3925, nov. 2018.

IMAI, M. **Gemba Kaizen**: A Commonsense Approach to a Continuous Improvement Strategy. 2 ed. New York: McGraw-Hill Education, 2012.

LAUGENI, F. P.; MARTINS, P. G. **Administração da produção**. 3 ed. São Paulo: Saraiva, 2015.

LIM, S. A. H.; ANTONY, J.; ARSHED, N. A Critical Assessment on SPC Implementation in the UK Food Industry. **Systemics, Cybernetics and Informatics**, [s.l.], v.14, n. 1, p. 37-42, 2016.

LOPES, F. R. S.; NUNES, E. C. D. **Processos de moldagem por Sopro: Conceitos, técnicas**

e aplicações em peças plásticas. 1 ed. São Paulo: Editora Érica. 2014.

MACIEL, D. S. C.; FREITAS, L. S. Mensurando a Produtividade Verde: uma proposta de métrica. 2019. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 26, n. 1, e1618, 2019.

MATEUS, A. L.; MOREIRA, M. G. **Construindo com PET: como ensinar truques novos com garrafas velhas.** 2 ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2007.

MONTGOMERY, D. C. **Introduction to Statistical Quality Control.** 7 ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2012.

MORO, M. F.; REIS, C. C. C.; FLORES, S. A.; PIZZOLATO, M.; WEISE, A. D. Monitoramento estatístico do processo de acondicionamento de embutidos por meio de gráficos de controle. **Exacta – EP**, São Paulo, v. 16, n. 2, p. 43-66, 2018.

NUNES, A. C. T. **Estudo de proposta alternativa para redução do impacto do uso de plástico no contexto ambiental no Brasil.** 2018. Dissertação (mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

OLIVEIRA NETO, G. C.; FILHO, M. G.; GANGA, G. M. D.; NAAS, I. A.; VENDRAMETTO, O. Princípios e ferramentas da produção mais limpa: um estudo exploratório em empresas brasileiras. 2015. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 22, n. 2, p. 326-344, 2015.

PAIVA, F. C. S., GIESTA, L. C. Gestão socioambiental em micro e pequenas indústrias de Pau dos Ferros - RN. **Gestão & Produção**, v. 26, n. 2, e2984, 2019.

PARANHOS FILHO, M. **Gestão da produção industrial.** Curitiba: Ibpex, 2012.
POTY CIA. DE BEBIDAS. Disponível em: <http://www.bebidaspoty.com.br/apoty/>. Acesso em: 28 out. 2019.

ROSA, L. C. **Introdução ao controle estatístico de processos.** Editora UFSM, 2016.

SÃO PAULO (ESTADO). **Decreto nº 54.487.** Altera a redação e inclui dispositivos e anexos no Regulamento da Lei nº 997, de 31 de maio de 1976, aprovado pelo Decreto nº 8.468, de 8 de setembro de 1976, que dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente e dá outras providências. São Paulo (ESTADO). Diário Oficial: Poder Executivo - Seção I São Paulo, SP, ano 119, p. 7, 7 jun. 2009.

SÃO PAULO (ESTADO). **Decreto nº 8468/76.** Aprova o Regulamento da Lei nº 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente. São Paulo (ESTADO). Diário Oficial: Poder Executivo - Seção I São Paulo, SP, 9 set. 1976.

SÃO PAULO (ESTADO). **Lei nº 997 de 31/05/1976.** Dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente. São Paulo (ESTADO). Diário Oficial: Poder Executivo - Seção I São Paulo, SP, 1 jun. 1976.

SAMOHYL, R. W. **Controle Estatístico de Qualidade**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

SCHWAB, K. **A Quarta Revolução Industrial**. Editora EDIPRO, 2019.

SENAI. Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. **Ciência e Caracterização dos materiais plásticos**. São Paulo: SENAI, 2017.

SIDEL. **Machine Description Manual for SBODC 16/SBO18/SBO20(SERIES 2)**. 2000.

SILVA, A. L. F.; NOQUEIRA, E. L.; CAMPOS, W. S.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. B.; ALBUQUERQUE, M. M. Using control charts for variables (\bar{x} and R): study on the diameter of screws using the Minitab® software. **Journal of Engineering and Technology for Industrial Applications**, v. 9, n. 18, p. 105-112, 2019.

SILVA, E. F.; DAMASCENO, L. F. F.; KAWAMOTO JÚNIOR, L. T. The reverse logistics importance in the management of residues of plastic packaging of lubricants and the program jogue limpo. **Independent Journal of Management & Production**, [s.l.], v. 8, n. 5, p. 105-112, 2016.

SIMCHI-LEVI, D.; KAMINSKY, P. **Cadeia de Suprimentos Projeto e Gestão: Conceitos, Estratégias e Estudos de Caso**. Porto Alegre: Editora Bookman, 2010.

SIQUEIRA, L. G. P. **Controle Estatístico do Processo**. Biblioteca Pioneira, 1997.

SLACK, N.; BRANDON-JONES, A.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 2018.

VÉLEZ, V. P. P.; ESQUIVEL-HERNÁNDEZ, G.; CIPRIANI-AVILA, I.; MORA-ABRIL, E.; CISNEIROS, J. F.; ALVARADO, A.; ABRIL-ULLOA, V. Emerging Contaminants in Trans-American Waters. **Ambiente & Água**, Taubaté, v. 14, n. 6, 2019.

WOHLERS, B.; DZIWOK, S.; SCHMELTER, D.; LORENZ, W. Improving Quality Control of Mechatronic Systems Using KPI-Based Statistical Process Control. In: Karwowski W., Trzcielinski S., Mrugalska B., Di Nicolantonio M., Rossi E. (Org.) **Advances in Manufacturing, Production Management and Process Control**. New York: Springer Nature, 2019.

WWAP (Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas). 2017. **Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017**. Aguas residuales: El recurso desaprovechado. París, UNESCO.

ZEFERINO, M. A. P. **Proposta de controle jurídico a partir das perspectivas de mitigação da obsolescência programada frente à Política Nacional dos Resíduos Sólidos**. 2019. Tese (doutorado em Tecnologia Ambiental) - Universidade de Ribeirão Preto, UNAERP, Ribeirão Preto, 2019.

ANEXO

Anexo 1. ANÁLISE DE PERIGOS E PONTOS CRÍTICOS DE CONTROLE (APPCC) ... 102

APÊNDICE

Apêndice 1. SUBGRUPOS REFUGOS DE GARRAFAS	104
Apêndice 2. SUBGRUPOS REFUGOS DE PRÉ-FORMAS.....	109
Apêndice 3. RELATÓRIO	112

Apêndice 1
SUBGRUPOS REFUGOS DE GARRAFAS

	C1	C2	C3	C4
	replicata 45 antes	refugo 45 antes	replicata 45 durante	refugo 45 durante
1	1	244	1	1979
2	1	299	1	1171
3	1	172	1	519
4	1	521	1	2446
5	2	470	2	1639
6	2	568	2	1452
7	2	681	2	943
8	2	1191	3	1992
9	3	923	3	1858
10	3	944	3	760
11	3	1475	3	1742
12	3	1630	4	841
13	4	2280	4	533
14	4	1085	4	1853
15	4	1685	4	3526
16	4	1297	5	960
17	5	1805	5	1229
18	5	1583	5	1472
19	5	1413	5	593
20	5	987	6	1208
21	5	896	6	1469
22	6	1348	6	947
23	6	1730	6	2418
24	6	1413	7	2335
25	6	2356	7	2247
26	7	1151	7	721
27	7	1177	7	2629
28	7	2366	8	361
29	7	2510	8	2205
30			8	896
31			8	1737
32			9	1119
33			9	542
34			9	2449
35			9	4787
36			10	4247
37			10	1738
38			10	1918
39			10	1143
40			11	4223
41			11	1267
42			11	2331
43			11	1591

	C5	C6	C7	C8
	replicata 45 pós	refugo 45 pós	refugo54 antes	refugo54 durante
1	1	1321	206	869
2	1	1245	304	175
3	1	877	289	561
4	1	1569	606	527
5	2	490	370	1305
6	2	407	590	448
7	2	1266	868	369
8	2	403	1286	559
9	3	539	844	722
10	3	1924	660	527
11	3	1304	1575	733
12	3	403	555	620
13	4	800	1446	798
14	4	1535	793	534
15	4	1345	486	317
16	4	1945	1063	786
17	5	1219	550	808
18	5	363	505	796
19	5	433	589	451
20	5	1047	521	1043
21			1019	902
22			1676	1269
23			1146	1725
24			709	2429
25			741	1460
26			1102	1571
27			988	3334
28			697	1531
29			672	902
30				1714
31				1301
32				1176
33				794
34				1091
35				2096
36				1257
37				980
38				731
39				748
40				950
41				1226
42				1393
43				2573

	C9	C10	C11	C12
	refugo54 pós	refugo 02 antes	refugo 02 durante	refugo 02 pós
1	910	886	1147	2229
2	569	1444	1491	1794
3	743	502	1655	1459
4	1150	928	1395	1229
5	436	1134	1522	679
6	252	1178	1265	1260
7	1384	1455	1136	1296
8	667	1844	1648	1251
9	376	1049	1228	802
10	588	663	1240	1509
11	492	874	1182	1020
12	833	1381	847	1464
13	502	1440	1129	1180
14	500	1830	1653	819
15	584	1501	1218	1277
16	739	2145	1453	1033
17	897	580	2291	754
18	396	1480	1933	0
19	523	1443	1699	1246
20	577	1593	2099	1533
21		1023	1592	
22		1792	1290	
23		1621	2282	
24		2074	3282	
25		1824	891	
26		2072	1321	
27		2299	1661	
28		2063	1003	
29		1501	1414	
30			1613	
31			1535	
32			1091	
33			865	
34			1862	
35			2977	
36			2831	
37			1409	
38			1419	
39			1402	
40			2613	
41			1670	
42			2454	
43			3104	

	C13	C14	C15	C16
	refugo uni antes	refugo uni durante	refugo uni pós	refug 06 antes
1	363	1455	2365	60
2	821	1108	2143	63
3	790	885	922	198
4	1441	1605	2021	123
5	1086	1207	1907	65
6	503	1798	1616	38
7	778	769	979	0
8	1939	1170	1692	35
9	1093	991	1453	0
10	774	703	1815	55
11	1890	1317	1726	276
12	1094	1276	1798	248
13	2184	1256	1023	142
14	903	1290	1664	74
15	1285	537	887	66
16	2001	830	2215	124
17	971	1935	1564	857
18	1189	1960	1819	342
19	1307	1581	1648	1061
20	1238	2214	1385	869
21	1194	1726		388
22	1293	1933		716
23	1106	2291		924
24	1160	2448		752
25	2138	1302		680
26	1833	1106		1234
27	1160	1276		686
28	1683	1626		391
29	1614	1509		543
30		1261		
31		2138		
32		734		
33		1051		
34		1270		
35		2088		
36		2046		
37		1722		
38		1710		
39		1643		
40		2018		
41		1864		
42		2276		
43		2225		

	C17	C18
	refug 06 durante	refug 06 pós
1	716	630
2	659	1113
3	427	570
4	753	715
5	847	834
6	1235	808
7	536	718
8	729	24
9	720	6
10	639	150
11	149	0
12	0	0
13	145	200
14	0	222
15	0	191
16	0	635
17	0	160
18	0	170
19	440	260
20	610	0
21	471	
22	0	
23	0	
24	3928	
25	36	
26	0	
27	0	
28	0	
29	164	
30	284	
31	561	
32	0	
33	0	
34	129	
35	50	
36	0	
37	0	
38	0	
39	0	
40	200	
41	0	
42	0	
43	0	

Tabela 1Ap. Subgrupos refugos de garrafas

Apêndice 2
SUBGRUPOS REFUGOS DE PRÉ-FORMAS

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
	replicata a >>	replicata durante	replicata >>	10502 antes	10502 durante	10502 pós
1	1	1	1	412	869	1815
2	1	1	1	929	1230	1323
3	1	1	1	192	1812	939
4	1	1	1	575	1766	1647
5	2	2	2	702	991	400
6	2	2	2	959	987	892
7	2	2	2	1478	583	620
8	2	3	2	2267	1216	850
9	3	3	3	2301	1365	502
10	3	3	3	816	755	652
11	3	3	3	836	739	1200
12	3	4	3	1148	796	1043
13	4	4	4	2075	967	909
14	4	4	4	1333	851	724
15	4	4	4	1486	611	761
16	4	5	4	1793	1497	852
17	5	5	5	392	3208	1114
18	5	5	5	654	2590	0
19	5	5	5	1344	2509	711
20	5	6	5	1147	1719	1158
21	5	6		1569	1869	
22	6	6		2298	386	
23	6	6		1786	1387	
24	6	7		1117	2622	
25	6	7		1528	849	
26	7	7		1211	855	
27	7	7		2109	1995	
28	7	8		1918	684	
29	7	8		970	927	
30		8			1264	
31		8			1479	
32		9			352	
33		9			641	
34		9			1861	
35		9			1636	
36		10			2036	
37		10			1026	
38		10			1240	
39		10			509	
40		11			1020	
41		11			716	
42		11			1545	
43		11			2473	

	C7	C8	C9	C10	C11
	10UN antes	10UN durante	10UN pós	SBO6 antes	SBO6 durante
1	544	1028	1961	58	134
2	922	842	1686	54	450
3	625	497	844	122	245
4	790	1181	1976	55	174
5	908	590	1261	103	463
6	554	1236	1249	38	803
7	65	361	504	0	471
8	876	278	1580	0	839
9	583	693	894	0	711
10	1111	408	1450	154	593
11	1113	461	968	188	141
12	438	452	961	309	0
13	424	544	664	0	90
14	777	453	1339	120	0
15	418	208	677	62	0
16	1798	490	896	109	0
17	770	1707	1376	309	0
18	680	1913	1148	171	0
19	234	2170	722	361	500
20	1327	1566	458	497	620
21	562	1613		714	359
22	1221	1448		455	0
23	479	2022		671	0
24	672	2244		562	862
25	1086	1595		246	25
26	1253	778		321	0
27	472	1075		292	0
28	966	1457		230	0
29	548	2100		0	130
30		1123			479
31		2596			788
32		814			0
33		1286			0
34		1303			180
35		2171			50
36		1730			0
37		1331			0
38		1348			0
39		2138			0
40		1492			95
41		2354			0
42		1825			0
43		2548			0

	C12
	SBO6 pós
1	320
2	1136
3	530
4	452
5	846
6	1175
7	801
8	0
9	0
10	150
11	0
12	0
13	150
14	320
15	221
16	566
17	90
18	0
19	230
20	0
21	
22	
23	
24	
25	
26	
27	
28	
29	
30	
31	
32	
33	
34	
35	
36	
37	
38	
39	
40	
41	
42	
43	

Tabela 2Ap. Subgrupos refugos de pré-formas

Apêndice 3

RELATÓRIO

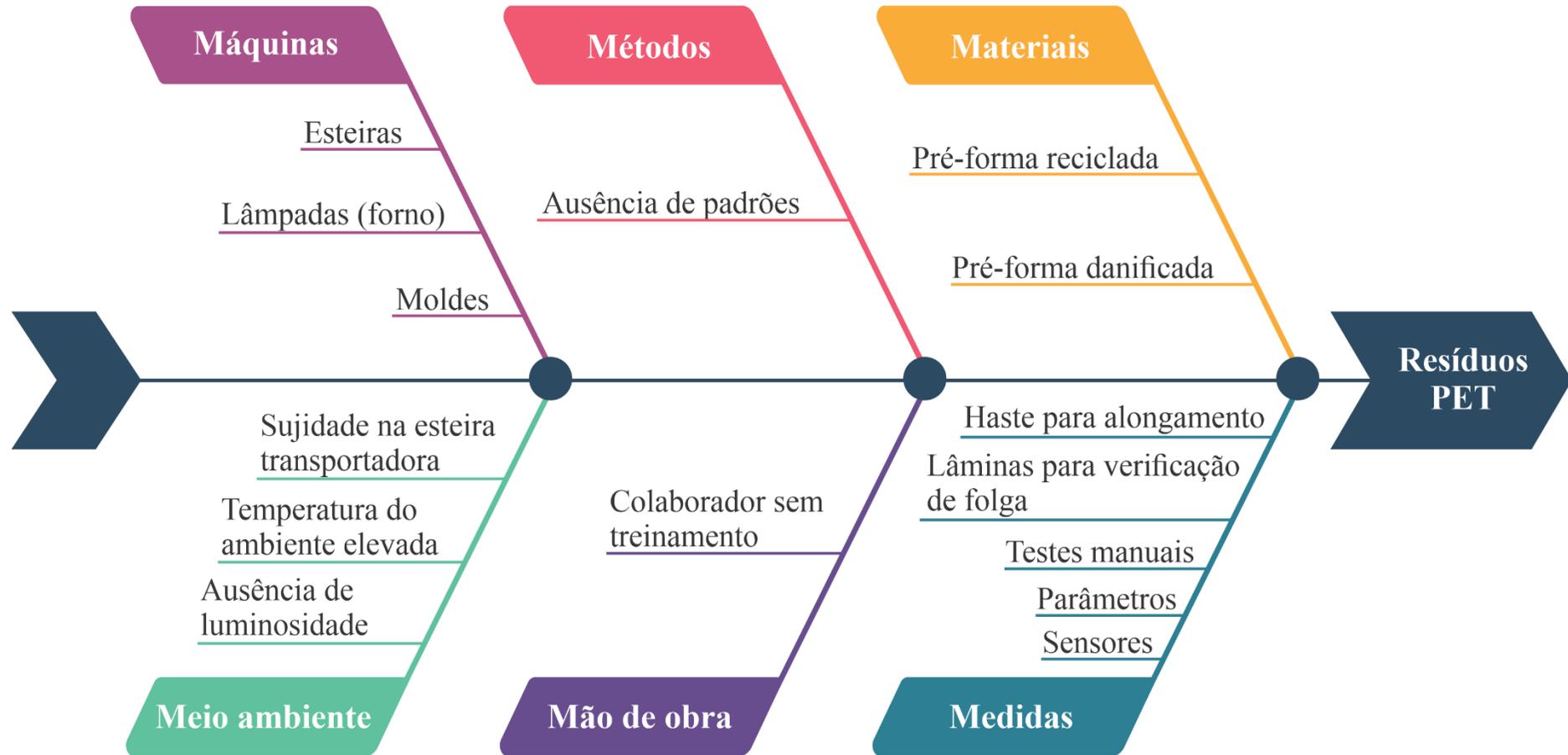
Este Relatório tem como objetivo apresentar informações relativas às Causas apontadas como possíveis responsáveis pela geração de resíduos na Linhas: Sopro, PET45 e PET 54.

As análises realizadas levaram em consideração os dados levantados, entrevistas e questionamentos relativos à execução das atividades e processos da empresa. Na Figura 1 e Quadro 1 estão as informações relativas ao processo de Sopro, já na Figura 2 e Quadro 2 as informações pertinentes a PET45 e PET54.

Nas páginas 7 e 8 são apresentadas algumas observações importantes, que detalham algumas Causas (subcausas).

Na página 9 é apresentada uma sugestão para iniciar o controle da variabilidade de parâmetros nas Causas pertinentes.

Figura 1Ap. Diagrama de Causa e Efeito (Sopro)



Fonte: A autora, 2020

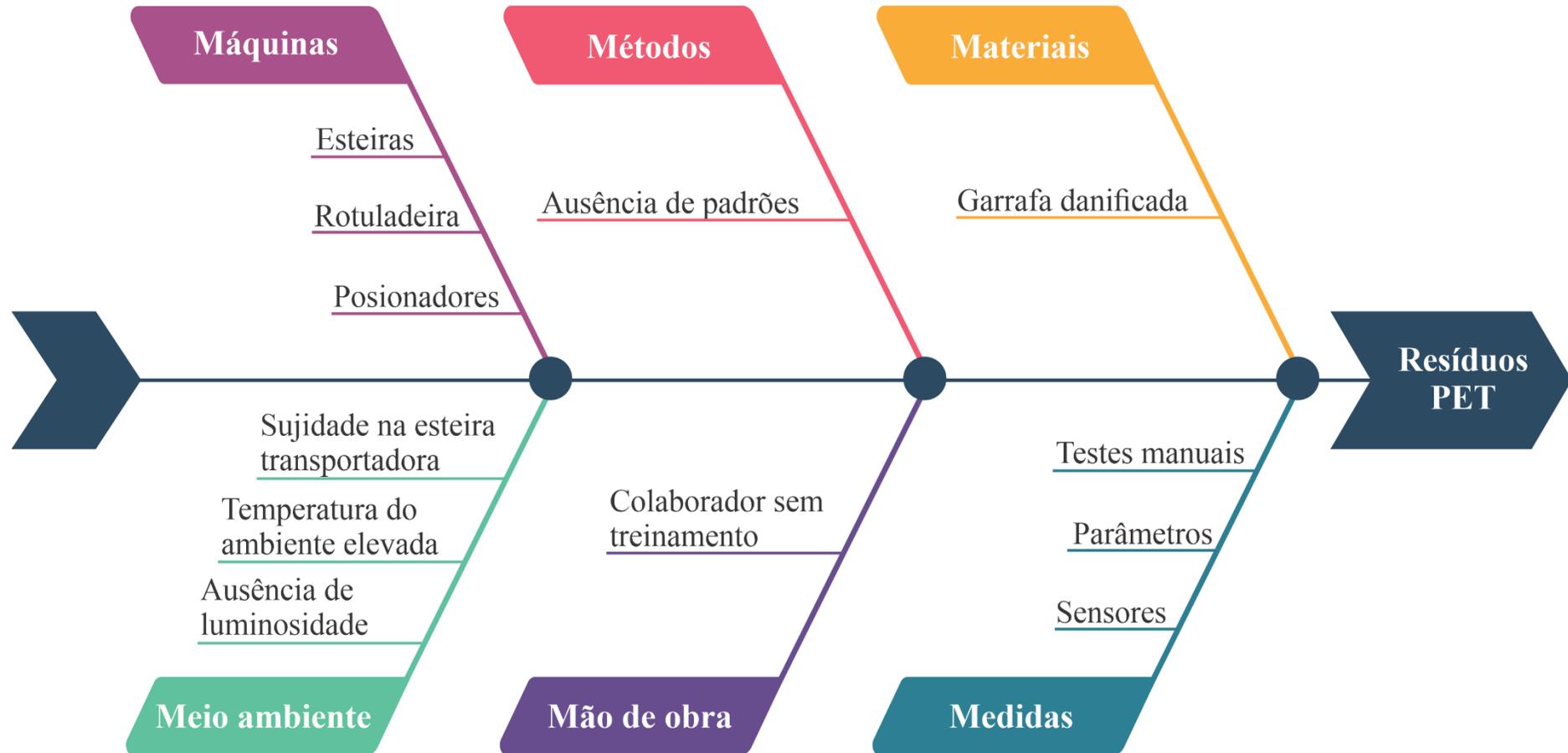
Quadro 1Ap. Detalhamento de Causas (Sopro)

Família de Causas	Causas	Detalhamento	Diagnóstico da Empresa	Sugestão para Intervenção
Máquinas	Esteiras	As esteiras são responsáveis pelo transporte das pré-formas e garrafas sopradas, sua falha pode acarretar bloqueio das partes e parada de máquina.	São executadas manutenções corretivas.	Implantar Manutenção Preditiva.
	Lâmpadas	Lâmpadas queimadas interferem na temperatura das pré-formas que serão estiradas.	Lâmpadas são trocadas quando queimadas.	Implantar Manutenção Preditiva.
	Moldes	A máquina possui moldes intercambiáveis, ou seja, é possível utilizar a máquina com diversos moldes diferentes.	Moldes são trocados somente em manutenções corretivas, não são executadas manutenções periódicas.	Implantar Manutenção Preditiva.
Métodos	Ausência de padrões	Não existem padrões para nenhum dos parâmetros.	Os parâmetros existem, ficam armazenados no HD da máquina e são alterados conforme necessidade (pré-forma utilizada pela primeira vez/ temperatura ambiente).	Não aplicável. (o método existe; os parâmetros também – só não estão impressos).
Materiais	Pré-forma reciclada	Pré-formas recicladas não são padronizadas.	A empresa está iniciando a utilização desse tipo de pré-formas, estão adaptando parâmetros e entendendo o comportamento do sopro nesse tipo de matéria-prima.	Não aplicável.
	Pré-forma danificada	Pré-formas podem apresentar defeitos de fabricação.	São executados testes previstos nos procedimentos internos, problemas em pré-formas são raríssimos.	Não aplicável.
Meio ambiente	Sujidade na esteira transportadora	Ausência de controle para manutenção (limpeza) das esteiras.	Existem procedimentos de limpeza que são executados periodicamente.	Não aplicável.
	Temperatura do ambiente elevada	Ausência de conforto térmico para o colaborador, diminuição da concentração e interferência no foco.	Existe interferência no conforto térmico do colaborador.	Verificar com a empresa.
	Ausência de luminosidade	Visualização comprometida, principalmente durante <i>setup</i> de máquina.	Existe boa iluminação.	Não aplicável.
Mão de obra	Colaborador sem treinamento	Colaborador sem treinamento prévio.	Colaboradores são treinados na prática, os operadores estão sempre acompanhados pelo líder da linha.	O colaborador deve passar por treinamento antes de ingressar na linha, apresentação teórica do funcionamento da mesma.
Medidas	Haste para alongamento da pré-forma	A haste é utilizada para esticar o material, alongando a pré-forma durante o sopro, esta	Hastes são trocadas somente em manutenções corretivas, não são	Implantar Manutenção Preditiva (calibração).

		precisa estar dentro das tolerâncias dimensionais, caso contrário, pode interferir no alongamento da pré-forma durante o sopro.	executadas manutenções periódicas.	
	Lâminas para verificação de folga	Durante a troca dos moldes são utilizadas lâminas para controle do espaçamento entre componentes. Existe um desgaste natural do atrito entre as lâminas os componentes do molde, podendo acarretar em dimensionamento incorreto.	Lâminas não são calibradas periodicamente. São utilizadas para apoiar a montagem e ajustes dos moldes, pouco provável que impacte na geração de resíduos.	Implantar Manutenção Preditiva (calibração).
	Testes Manuais	Durante o <i>setup</i> da máquina são executados diversos testes pelos colaboradores, na tentativa e erro.	Não aplicável.	Não aplicável.
	Sensores	A máquina possui diversos sensores para controlar desde a temperatura até a interferência entre componentes.	Os sensores só são substituídos quando param de funcionar.	Implantar Manutenção Preditiva.
	Parâmetros	A máquina possui uma estação de instrumentação e controle, nesse equipamento são configurados todos os parâmetros da máquina, entre eles a pressão, temperatura das lâmpadas, entre outros.	Os parâmetros existem, ficam armazenados no HD da máquina e são alterados conforme necessidade (pré-forma utilizada pela primeira vez/ temperatura ambiente).	Os parâmetros precisam existir digitalmente, é necessária a criação de documento interno que apresente todos os dados e estes precisam estar disponíveis para os colaboradores (a receita precisa existir como documento). Também é necessário manter um documento/ sistema em que toda variabilidade seja anotada; assim, sempre que as adaptações forem feitas, seja ela na temperatura ou pressão, se manterá a rastreabilidade e as lições aprendidas de cada ocorrência.

Fonte: A autora, 2020

Figura 2Ap. Diagrama de Causa e Efeito (PET 45 e PET 54)



Fonte: A autora, 2020

Quadro 2Ap. Detalhamento de Causas (PET 45 e PET 54)

Família de Causas	Causas	Detalhamento	Diagnóstico da Empresa	Sugestão para Intervenção
Máquinas	Esteiras	As esteiras são responsáveis pelo transporte das garrafas, sua falha pode acarretar em congestionamento e parada de máquina.	Garrafas amassadas são resultado da elevada temperatura no Silo, normalmente são a consequência de não conformidades nestes itens.	Controle de temperatura no Silo.
	Rotuladeira	Falha de parâmetros acarreta em erro de posicionamento do rótulo e/ou congestionamento de garrafas.		
	Posicionadores	Os posicionadores mantêm as garrafas nas posições, a falha pode acarretar em congestionamento e parada de máquina.		
Métodos	Ausência de padrões	Não existem padrões para parâmetros.	Os parâmetros existem, ficam armazenados no HD da máquina e são alterados conforme necessidade.	Não aplicável. (o método existe; os parâmetros também – só não estão impressos).
Materiais	Garrafa danificada	Garrafas podem ser danificadas na armazenagem e transporte.	É possível, principalmente considerando o armazenamento no Silo, o mesmo é extremamente quente e como consequência, garrafas podem ficar deformadas.	Controle de temperatura no Silo.
Meio ambiente	Sujidade na esteira transportadora	Ausência de controle para manutenção (limpeza) das esteiras.	Existem procedimentos de limpeza que são executados periodicamente.	Não aplicável.
	Temperatura do ambiente elevada	Ausência de conforto térmico para o colaborador, diminuição da concentração e interferência no foco.	Existe interferência no conforto térmico do colaborador.	Verificar com a empresa.
	Ausência de luminosidade	Visualização comprometida, principalmente durante <i>setup</i> de máquina.	Existe boa iluminação.	Não aplicável.
Mão de obra	Colaborador sem treinamento	Colaborador sem treinamento prévio.	Colaboradores são treinados na prática, os operadores estão sempre acompanhados pelo líder da linha.	O colaborador deve passar por treinamento antes de ingressar na linha, apresentação teórica do funcionamento da mesma.
Medidas	Testes Manuais	Durante o <i>setup</i> da máquina são executados diversos testes pelos colaboradores, na tentativa e erro.	Não aplicável.	Não aplicável.
	Sensores	A máquina possui diversos sensores para controlar desde o preenchimento das garrafas até posicionamento para rotulagem.	Os sensores só são substituídos quando param de funcionar.	Implantar Manutenção Preditiva.
	Parâmetros	Parâmetros como velocidade da esteira e controle de tempos devem ser controlados.	Os parâmetros existem, ficam armazenados no HD da máquina e são alterados conforme necessidade.	Os parâmetros precisam existir digitalmente, é necessária a criação de documento interno que apresente todos os dados e estes precisam estar disponíveis para os colaboradores (as informações precisam ser detalhadas em um documento).

Observações: alguns outros itens foram apresentados pela equipe envolvida nos processos citados. Uma das informações relevantes trata das paradas no Sopro e nas PET45 e PET54, as paradas no Sopro são bruscas e geram resíduos, já as paradas nas PET45 e PET54 são controláveis.

Detalhamentos - Sugestões para Intervenções

Os detalhamentos apresentados no Quadro 3 (Sopro) e Quadro 4 (PET 45 e PET 54) dizem respeito à explicação das Sugestões para Intervenção.

Quadro 3Ap. Sugestões (Sopro)

Sopro	
Implantar Manutenção Preditiva	Segundo Fogliatto e Ribeiro (2011) ³ , a Manutenção Preditiva consiste na recuperação ou substituição de um item (dependendo do seu estado). Este tipo de manutenção é executada com a previsão da falha, ou seja, além dos levantamentos de dados histórico relativos ao componente, algumas dependem de observação tátil ou visual o que exige experiência da equipe de operação e de manutenção com o equipamento. Para componentes específicos que exigem calibração, esta pode ser executada por laboratórios terceirizados. Os sensores devem ser verificados com leitura por sensor de referência certificado.
O colaborador deve passar por treinamento antes de ingressar na linha, apresentação teórica do funcionamento da mesma	Ainda que classicamente seja habitual aprender na prática, algumas tarefas exigem conhecimento prévio para execução, colaboradores devem ter um treinamento teórico inicial para entenderem o funcionamento do equipamento e o impacto que cada componente/parâmetros tem no todo.
Os parâmetros precisam existir digitalmente, é necessária a criação de documento interno que apresente todos os dados e estes precisam estar disponíveis para os colaboradores (a receita precisa existir como documento). Também é necessário manter um documento/sistema em que toda variabilidade	O mundo digital constrói a ideia de que as informações devem ser armazenadas e guardadas nos equipamentos, no entanto, a empresa precisa ter documentos que detalhem todos os parâmetros existentes para o Sopro de cada tipo de Garrafa. Mesmo que esses parâmetros já estejam salvos em <i>backup</i> , os mesmos estão salvos com extensões específicas da máquina, não sendo possível o tratamento das informações de outra forma. Com relação ao documento/ sistema para apoiar no controle de variabilidade, este é importante para manter o acesso às informações já

³ FOGLIATTO, F. S.; RIBEIRO, J. L. D. Confiabilidade e manutenção industrial. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

<p>seja anotada; assim, sempre que as adaptações forem feitas, seja ela na temperatura ou pressão, se manterá a rastreabilidade e as lições aprendidas de cada ocorrência.</p>	<p>utilizadas e que funcionaram, sendo possível por exemplo, rastrear o ocorrido para determinado tipo de garrafa, quando apresentou determinado problema e qual foi a temperatura de pré-forma utilizada (sugestão de modelo na página 9 (para o Sistema será disponibilizado link)).</p> <p>Seria essencial que fossem documentadas as configurações das lâmpadas para cada modelo de garrafa utilizado em cada máquina.</p>
--	--

Quadro 4Ap. Sugestões (PET)

PET 45 e PET 54	
<p>Controle de temperatura no Silo</p>	<p>A temperatura elevada no Silo impacta diretamente na geração de resíduos na Linha e precisa ser controlado, ainda que o PET seja uma matéria-prima de excelente viscosidade intrínseca essa característica tem impacto no processo de Sopro, quando tratamos das variações de temperatura após o Sopro devemos considerar as possíveis alterações nas propriedades do PET.</p>
<p>O colaborador deve passar por treinamento antes de ingressar na linha, apresentação teórica do funcionamento da mesma</p>	<p>Ainda que classicamente seja habitual aprender na prática, algumas tarefas exigem conhecimento prévio para execução, colaboradores devem ter um treinamento teórico inicial para entenderem o funcionamento do equipamento e o impacto que cada componente/ parâmetros tem no todo.</p>
<p>Implantar Manutenção Preditiva</p>	<p>Segundo Fogliatto e Ribeiro (2011)⁴, a Manutenção Preditiva consiste na recuperação ou substituição de um item (dependendo do seu estado). Este tipo de manutenção é executada com a previsão da falha, ou seja, além dos levantamentos de dados histórico relativos ao componente, algumas dependem de observação tátil ou visual o que exige experiência da equipe de operação e de manutenção com o equipamento. Para componentes específicos que exigem calibração, esta pode ser executada por laboratórios terceirizados. Os sensores devem ser verificados com leitura por sensor de referência certificado.</p>
<p>Os parâmetros precisam ser impressos (digitalmente) é necessária a criação de documento interno que apresente todos os dados e estes precisam estar disponíveis para os colaboradores (as informações precisam ser detalhadas em um documento).</p>	<p>O mundo digital constrói a ideia de que as informações devem ser armazenadas e guardadas nos equipamentos, no entanto, a empresa precisa ter documentos que detalhem todos os parâmetros existentes para o Sopro de cada tipo de Garrafa. Mesmo que esses parâmetros já estejam salvos em <i>backup</i>, os mesmos estão salvos com extensões específicas da máquina, não sendo possível o tratamento das informações de outra forma.</p>

⁴ FOGLIATTO, F. S.; RIBEIRO, J. L. D. Confiabilidade e manutenção industrial. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

Quadro 5Ap. Levantamento dos parâmetros (Sopro)

Parâmetros - Sopro	
Neste documento devem ser registradas as razões para ajustes nos parâmetros.	
Data:	Garrafa:
Lote:	Lote de pré-forma:
Operador:	Máquina:
Qual foi a razão para ajustes nos parâmetros?	<input type="checkbox"/> Garrafas apresentaram problemas de Qualidade: <input type="checkbox"/> Garrafa PET soprada; <input type="checkbox"/> Análise Visual; <input type="checkbox"/> Finish. <input type="checkbox"/> Pressão; <input type="checkbox"/> Stress cracking (soda); <input type="checkbox"/> Queda.
	<input type="checkbox"/> Outros fatores: <input type="checkbox"/> Temperatura ambiente; <input type="checkbox"/> Pré-forma nunca utilizada; <input type="checkbox"/> Troca de componente; <input type="checkbox"/> Outros (detalhar). <hr/> <hr/> <hr/>
Que parâmetros foram alterados?	
<input type="checkbox"/> % de saída	Valor final:
<input type="checkbox"/> Temperatura de Carregamento	Valor final:
<input type="checkbox"/> Temperatura do forno	Valor final:
<input type="checkbox"/> Pressão na garrafa	Valor final:
<input type="checkbox"/> Temperatura da pré-forma	Valor final:
<input type="checkbox"/> Pressão no pré-sopro	
Ponto 0	Valor final:
Ponto 10	Valor final: