

Engenharia de Produção: What's Your Plan? 4



Marcos William Kaspchak Machado
(Organizador)

Engenharia de Produção:
What's Your Plan? 4

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Natália Sandrini e Lorena Prestes

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

E57 Engenharia de produção: what's your plan? 4 [recurso eletrônico] /
Organizador Marcos William Kaspchak Machado. – Ponta
Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Engenharia de Produção:
What's Your Plan?; v. 4)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-256-2

DOI 10.22533/at.ed.562191204

1. Engenharia de produção – Pesquisa – Brasil. 2. Inovação.
3. Segurança do trabalho. I. Machado, Marcos William Kaspchak.
II. Série.

CDD 620.0072

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de
responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos
autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “*Engenharia da Produção: What’s your plan?*” é subdividida de 4 volumes. O quarto volume, com 24 capítulos, é constituído com estudos contemporâneos relacionados a inovação em gestão organizacional, gestão de segurança do trabalho, ferramentas de gestão da qualidade e sustentabilidade.

A sequência, os estudos de gestão da qualidade e sustentabilidade apresentam a utilização de princípios e ferramentas para o aumento de produtividade sustentável. Na gestão da qualidade são abordadas ferramentas como QFD, CEP e MASP. Estas ferramentas auxiliam as organizações na melhoria dos processos e redução de desperdícios o que gera um resultado, não só financeiro, mas também ambiental e social.

Aos autores dos capítulos, ficam registrados os agradecimentos do Organizador e da Atena Editora, pela dedicação e empenho sem limites que tornaram realidade esta obra que retrata os recentes avanços científicos do tema.

Por fim, espero que esta obra venha a corroborar no desenvolvimento de conhecimentos e inovações, e auxilie os estudantes e pesquisadores na imersão em novas reflexões acerca dos tópicos relevantes na área de engenharia de produção.

Boa leitura!

Marcos William Kaspchak Machado

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
QUALITY TOOLS FOR REDUCING THE AVERAGE SERVICE TIME OF NON-SCHEDULED OCCURRENCES IN AN ELECTRIC POWER DISTRIBUTOR	
Amanda da Silva Xavier Raimundo Vinicius Dutra de Souza Ângela Patrícia Linard Carneiro Andersson Alves da Silva Amanda Duarte Feitosa Taynara Siebra Ribeiro Emerson Rodrigues Sabino	
DOI 10.22533/at.ed.5621912041	
CAPÍTULO 2	17
QUALIDADE: SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE DE UMA EMPRESA DO SETOR MOVELEIRO NO MUNICÍPIO DE REDENÇÃO-PA	
Elaine de Deus Alves Milena Penha da Silva Santos Fábia Maria de Souza Hélio Raymundo Ferreira Filho Aline de Oliveira Ferreira	
DOI 10.22533/at.ed.5621912042	
CAPÍTULO 3	29
ELEMENTOS DA METODOLOGIA ÁGIL PARA O CONTROLE DA QUALIDADE	
Lorena Brenda de Oliveira José Jefferson do Rego	
DOI 10.22533/at.ed.5621912043	
CAPÍTULO 4	42
ELIMINAÇÃO DE ESPERA E TRANSPORTE EM PROCESSO PARA AUMENTO DE PRODUÇÃO COM APLICAÇÃO DE CONCEITOS DO <i>LEAN PRODUCTION</i>	
Ismael Cristofer Baierle Jones Luís Schaefer Matheus Becker da Costa Johanna Dreher Thomas Gustavo Trindade Choaire	
DOI 10.22533/at.ed.5621912044	
CAPÍTULO 5	55
ANÁLISE QUALITATIVA DO SISTEMA DE CHECKOUT CONVENCIONAL: O CASO DE UM SUPERMERCADO EM CAMPINA GRANDE - PB	
Arthur Arcelino de Brito Pablo Veronese de Lima Rocha Paulo Ellery Alves de Oliveira Ellen Mendes de Freitas Jaqueline Marques Rodrigues Marrisson Murilo de Andrade Farias Éder Wilian de Macedo Siqueira Rafael de Azevedo Palhares Mariana Simião Brasil de Oliveira Diego de Melo Cavalcanti Felipe Barros Dantas	

Victor Hugo Arcelino de Brito
Nathaly Silva de Santana
Pedro Osvaldo Alencar Regis

DOI 10.22533/at.ed.5621912045

CAPÍTULO 6 72

APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE QUALIDADE PARA ANÁLISE E PROPOSIÇÃO DE MELHORIAS NO PROCESSO PRODUTIVO DE UMA PANIFICADORA LOCALIZADA EM ANGICOS/RN

Otacília Maria Lopes Barbalho
Jonathan Jameli Santos Medeiros
Marcos Antônio Araújo da Costa
Allan Fellipe de Azevedo Pessoa
Taira Morais de Avelino
Paulo Ricardo Fernandes de Lima
Rayane Cabral da Silva

DOI 10.22533/at.ed.5621912046

CAPÍTULO 7 84

APLICAÇÃO DE PRINCÍPIOS E FERRAMENTAS DA GESTÃO DA QUALIDADE TOTAL EM UMA EMPRESA FRANCESA DE MANUTENÇÃO EM TRANSPORTE FERROVIÁRIO

Natália Maria Puggina Bianchesi
Vinícius Renó de Paula
Fabrício Alves de Almeida
Gabriela Belinato
Pedro Paulo Balestrassi

DOI 10.22533/at.ed.5621912047

CAPÍTULO 8 102

GESTÃO DE QUALIDADE, PADRONIZAÇÃO E AUMENTO DA PRODUTIVIDADE DA SOPRADORA KRONES S12

Andrey Sartori
Bruna Vanessa de Souza
Claudinilson Alves Luczkiewicz
Ederson Fernandes de Souza
Esdras Warley de Jesus
Fabrício César de Moraes
Moisés Phillip Botelho
Rosana Sifuentes Machado
Rosicley Nicolao de Siqueira
Rubens de Oliveira
William Jim Souza da Cunha

DOI 10.22533/at.ed.5621912048

CAPÍTULO 9 117

QFD - DESDOBRAMENTO DA FUNÇÃO QUALIDADE APLICADA NA GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO

Edinilson José Slabei
Alfredo Bruger Junior
Lilian Karine Turek

DOI 10.22533/at.ed.5621912049

CAPÍTULO 10	126
CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO (CEP): IMPLANTAÇÃO EM UMA REFUSORA DE ALUMÍNIO SECUNDÁRIO	
Camila Aparecida Soares de Oliveira Adriano Kulpa	
DOI 10.22533/at.ed.56219120410	
CAPÍTULO 11	142
ESTUDO DE VARIABILIDADE UTILIZANDO GRÁFICO DE CONTROLE PARA MEDIDAS INDIVIDUAIS EM UMA MICROEMPRESA DO SETOR ALIMENTÍCIO	
Maria Carolina Parreiras Gonçalves Peixoto Matheus Albiani Alves César Augusto Ribeiro Henrique Tadeu Castro Mendes Alessandra Lopes Carvalho	
DOI 10.22533/at.ed.56219120411	
CAPÍTULO 12	156
UTILIZAÇÃO DO MÉTODO MASP PARA REDUÇÃO DE REFUGO NUMA INDÚSTRIA MOVELEIRA NO NOROESTE DO PARANÁ	
Nathália Pirani Rubio Thiago Dias Lessa do Nascimento Marília Neumann Couto João Arthur Pirani Rubio	
DOI 10.22533/at.ed.56219120412	
CAPÍTULO 13	164
A APLICAÇÃO DO MASP NUMA EMPRESA DO SETOR DE ENERGIA EÓLICA	
David Cassimiro de Melo Marcel Alison Pimenta Bastos Cabral de Medeiros Marcelle Moreno Moreira Victor Francisco Sabino Araújo Lima Bianca Luanna Barros Lopes	
DOI 10.22533/at.ed.56219120413	
CAPÍTULO 14	180
AVALIAÇÃO DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS PELO SETOR DE MINERAÇÃO E BENEFICIAMENTO DE CALCÁRIO NO RN	
Andressa Galvão de Araújo Luciana de Figueiredo Lopes Lucena	
DOI 10.22533/at.ed.56219120414	
CAPÍTULO 15	192
PROCESSOS TECNOLÓGICOS SUSTENTÁVEIS: O SISTEMA DE TORREFAÇÃO PARA A PRODUÇÃO DE BIOCÁRVÃO NO BRASIL	
Isabela Mariana Felipelli Barreto Fernando Fabrício Lopes Eller de Oliveira João Evangelista de Almeida Saint'Yves	
DOI 10.22533/at.ed.56219120415	

CAPÍTULO 16	205
SUSTENTABILIDADE DA BIOENERGIA BRASILEIRA E ROTAS DE CONVERSÃO ENERGÉTICA DE BIOMASSAS	
Herbert Carneiro Rangel Claudio Luiz Melo de Souza	
DOI 10.22533/at.ed.56219120416	
CAPÍTULO 17	221
RECICLAGEM DE LAMA FINA DE ACIARIA ATRAVÉS DA TECNOLOGIA DE BRIQUETAGEM PARA REUTILIZAÇÃO NO PROCESSO DA ACIARIA	
Aline Tatiane Nascimento de Oliveira Janaina Antônia Alves da Silva Pâmella Franciele Pereira Leonardo Ayres Cordeiro	
DOI 10.22533/at.ed.56219120417	
CAPÍTULO 18	233
ANÁLISE DE BARREIRAS QUE AFETAM A ADOÇÃO DE TECNOLOGIAS VOLTADAS À EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	
Moisés Phillip Botelho Istefani Carísio de Paula	
DOI 10.22533/at.ed.56219120418	
CAPÍTULO 19	259
A IMPORTÂNCIA DOS INVESTIMENTOS EM PESQUISA E DESENVOLVIMENTO (P&D) PARA A TRAJETÓRIA SUSTENTÁVEL DAS EMPRESAS	
Mariana Simião Brasil de Oliveira Rafael de Azevedo Palhares Tuíra Morais Avelino Pinheiro Paulo Ricardo Fernandes de Lima Jéssyca Fabíola Ribeiro Ataliba Arthur Arcelino de Brito Paulo Ellery Alves de Oliveira Nathaly Silva de Santana Izaac Paulo Costa Braga Hálison Fernandes Bezerra Dantas Pedro Osvaldo Alencar Regis	
DOI 10.22533/at.ed.56219120419	
CAPÍTULO 20	273
DESENVOLVIMENTO DE UM SIMULADOR PARA O CÁLCULO DA PEGADA HÍDRICA COM INTERFACE ONLINE PARA FOMENTAR O CONSUMO CONSCIENTE DA ÁGUA EMBUTIDA EM REFEIÇÕES	
Luis Gabriel de Alencar Alves Thais Aparecida Ribeiro Clementino Caio Vinicius de Araujo Ferreira Gomes Ana Caroline Evangelista de Lacerda Rodolfo José Sabiá	
DOI 10.22533/at.ed.56219120420	

CAPÍTULO 21	285
DIAGNÓSTICO POR HIERARQUIZAÇÃO DECRESCENTE DE FREQUÊNCIA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS NO CAMPUS DE UMA UNIVERSIDADE PÚBLICA CEARENSE	
Andresa Dantas de Araújo Vinícius Nascimento Araújo	
DOI 10.22533/at.ed.56219120421	
CAPÍTULO 22	296
A LOGÍSTICA REVERSA COMO FERRAMENTA ESTRATÉGICA DE GESTÃO DE CUSTO E SUSTENTABILIDADE DE UMA EMPRESA	
Laís da Costa Valentim Maria Rita de Cássia Calçada Leopoldino Anderson Vinícius Fontes dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.56219120422	
CAPÍTULO 23	308
INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE EMPRESARIAL E PRÁTICAS DE GOVERNANÇA CORPORATIVA: PROPOSTA DE AVALIAÇÃO PARA PEQUENAS E MÉDIAS EMPRESAS	
Guilherme Scheuermann Carlos Cyrne Estela Gausmann Chantreli Schneider	
DOI 10.22533/at.ed.56219120423	
CAPÍTULO 24	319
PRÁTICAS DE RESPONSABILIDADE SOCIAL POR MICROEMPRESAS: ESTUDO DE CASO EM MARMORARIAS	
Cícero Hermínio do Nascimento Júnior Maria de Lourdes Barreto Gomes Daniel Barros Castor Gabriel Almeida do Nascimento Ana Maria Magalhães Correia	
DOI 10.22533/at.ed.56219120424	
SOBRE O ORGANIZADOR	332

CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO (CEP): IMPLANTAÇÃO EM UMA REFUSORA DE ALUMÍNIO SECUNDÁRIO

Camila Aparecida Soares de Oliveira

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(UTFPR)

Londrina – Paraná

Adriano Kulpa

Pontifícia Universidade Católica do Paraná
(PUCPR)

Londrina – Paraná

RESUMO: O Controle Estatístico de Processo (CEP) é uma ferramenta de importância relevante para a competitividade empresarial. O CEP pode contribuir em processos que atuam com diversas variáveis e que necessitam de rigor na qualidade dos produtos, caso da empresa estudada no presente trabalho, que é classificada como uma refusora de alumínio secundário, ou ainda, denominada transformadora de sucata em tarugos para extrusão. A pesquisa objetivou implantar o controle estatístico em um processo da indústria, com o intuito de identificar os principais desvios. Para que os objetivos fossem alcançados, utilizou-se a metodologia de pesquisa-ação compreendendo as etapas da implantação de CEP. Com efeito, foram priorizadas as não conformidades relacionadas ao produto, selecionado o processo de refusão como prioritário e empregada a carta de controle para bateladas, com foco no característico de qualidade: cobre fora da especificação na liga

6063. Utilizou-se o *software* Minitab17, para plotagem dos gráficos e constatou-se com amostras preliminares um processo estável e incapaz de atender as especificações. Assim, implementou-se o CEP no chão de fábrica.

PALAVRAS-CHAVE: CEP. Carta para bateladas. Refusora de alumínio.

ABSTRACT: The Statistical Process Control (SPC) is a relevant importance tool for business competitiveness. The SPC can contribute in processes that work with many variables and that require accuracy in the quality of products, case of the company studied in this paper, which is classified as a company of remelt of secondary aluminium, or yet, denominate transforming of scrap in billets for extrusion. The project objectified to implant statistical control in an industry process, aimed to identify the main deviations and to implement a system of corrective and preventive actions for the deviations found. So that the objectives were achieved, it was used the action research methodology comprising the stages of SPC implantation. Indeed, priority was given to the non-conformities related to the product, selected the remelt process as a priority and used the control chart to batch, focusing on quality characteristic: copper out of specification in the alloy 6063. It was used the Minitab17 software, for plotting the charts and it was verified to

preliminary samples a stable and unable process to attend the specifications.

KEYWORDS: SPC. Chart to batch. Remelting of aluminium.

1 | INTRODUÇÃO

O Controle Estatístico de Processo (CEP), é uma importante ferramenta para a competitividade empresarial. Na contemporaneidade, uma das formas de percepção de qualidade é produzir produtos conformes (sem defeitos ou vícios na sua utilização).

O CEP antecede os erros de fabricação, prevenindo não conformidades e pode contribuir em processos de fabricação que atuam com muitas variáveis e necessitam de rigor na qualidade dos produtos. Caso da empresa estudada, classificada como uma refusora de alumínio secundário, ou ainda, denominada transformadora de sucata em tarugos para extrusão.

A reciclagem de alumínio tem adquirido espaço no quadro industrial brasileiro, devido as suas vantagens em relação à redução de custos de energia elétrica e ao reaproveitamento sustentável de itens pós-consumo e retornos industriais. Mas, no que se relaciona aos tarugos de alumínio secundário há desafios a serem ultrapassados. Conforme afirma Szilágyi e Gonçalves (2007), “há uma carência de tarugos de boa qualidade e de baixo custo de produção no mercado brasileiro de extrusão”.

Desse modo, nesse estudo objetivou-se implantar o CEP em um refusora de alumínio secundário da série de ligas 6xxx (seis mil), no Paraná. A fim de que com o CEP os desvios e suas causas sejam identificados, as ações de melhoria diagnosticadas e as ações de monitoramento implementadas.

O método utilizado foi a pesquisa-ação, por meio da pesquisa aplicada quali quantitativa. Após a conclusão do estudo, foi possível identificar oportunidades de melhoria na organização e os principais obstáculos existentes.

2 | REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Fabricação de tarugos de alumínio

Os tarugos aqui mencionados são os de alumínio, sólidos e com forma cilíndrica, geralmente com diâmetros de quatro a dez polegadas e utilizados pelas indústrias de extrusão. Os tarugos podem resultar do lingotamento semicontínuo *Direct Chill Casting* (DC) vertical ou do lingotamento contínuo horizontal (CASARIN, 2012).

A Figura 1 representa um processo genérico de produção de tarugos de alumínio secundário. O processo de fabricação se inicia com o carregamento dos fornos de refusão. A Associação Brasileira do Alumínio - ABAL (2008, p.21) destaca e que os refusores de sucata trabalham “utilizando sucata nova ou de obsolescência [...], limpas e de composição química semelhante à liga que se deseja produzir”. E normalmente pequenas quantidades de alumínio primário e/ou antelgas são adicionadas para

correção.

As sucatas contaminadas com ferro e outros metais têm seu valor comercial reduzido, pois seu rendimento é menor. Por esse motivo a ABAL estabelece uma tabela de classificação de sucatas para facilitar a comunicação entre os profissionais do ramo.

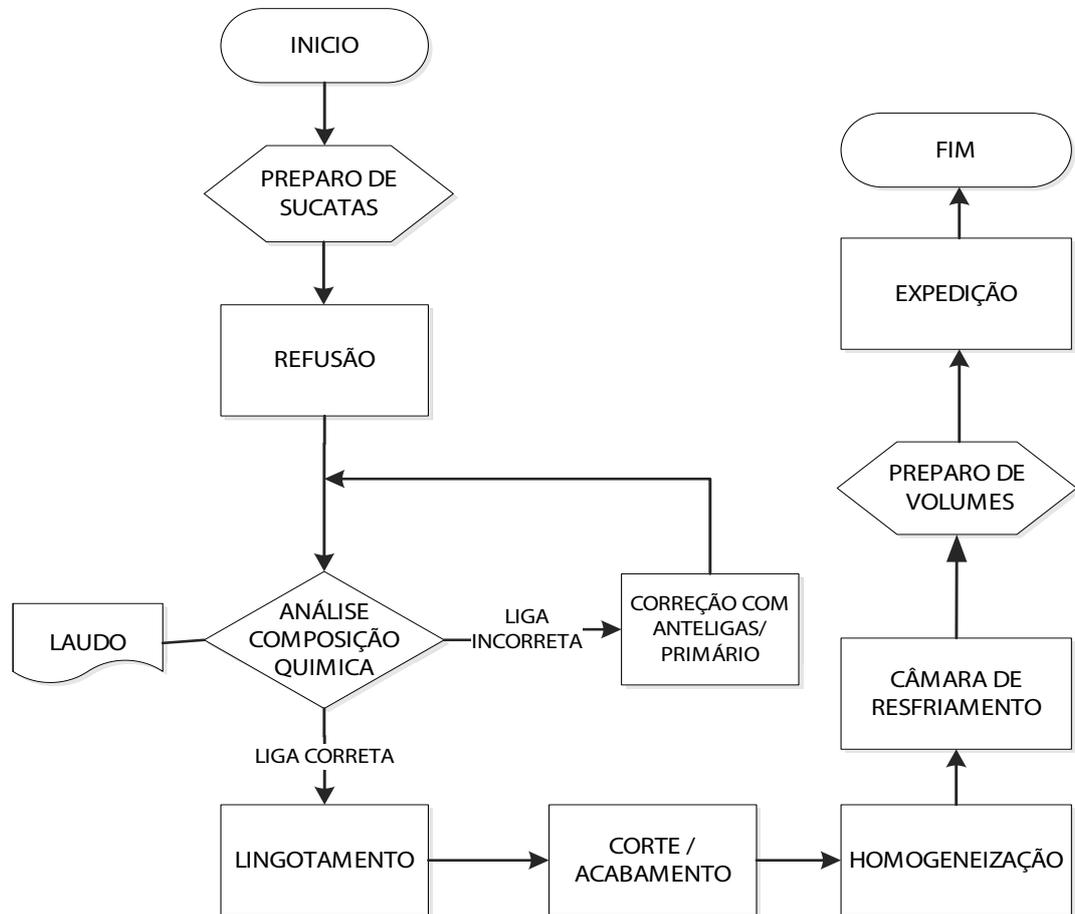


Figura 1 – Visão geral do processo de fabricação de tarugos

Fonte: adaptado de Gomes (2013)

Após o carregamento dos fornos com sucata ou alumínio primário e demais detalhes desse processo específico, como a adição de sais de escorificação e degaseificação do banho, são coletadas amostras e realizadas análises químicas da composição da liga. Se a liga está adequada, o metal líquido segue para solidificação/lingotamento no DC, caso contrário são adicionadas anteligas e refeitas as análises. Após o lingotamento, são cortadas as pontas e os pés dos tarugos, para alinhamento.

Então os tarugos são encaminhados para o processo de homogeneização, depois vão para resfriamento em câmaras e logo após, são embalados em volumes para entrega aos clientes. A transformação de sucata em tarugos é um processo que depende em grande parte da matéria prima, além de a extrusão necessitar de bons tarugos para obter resultados satisfatórios. Conforme Szilágyi e Gonçalves (2007):

A qualidade e produtividade do processo de extrusão de ligas de alumínio

dependem fortemente da matéria-prima utilizada, ou seja, dos tarugos obtidos pelo processo de lingotamento DC.

O processo de fabricação de tarugos possui diversas variáveis, como temperatura de fusão, taxa de resfriamento, temperatura de lingotamento, tempo de homogeneização e outros. Logo, se não houver cautela, não conformidades (NCs) surgem no produto. Sendo assim, é conveniente apresentar as principais NCs relacionadas aos tarugos de alumínio.

2.1.1 Não conformidades em tarugos de alumínio

Quando um produto não atende a determinados requisitos é classificado como não conforme. As NCs são conceituadas por Carpinetti (2012 p.12) como um atributo que sugere o nível com que o produto está atendendo as especificações do projeto. As NCs no acabamento e na aparência de tarugos, mais recorrentes são apresentadas na Figura 2. Gomes (2013, p.79) esclarece as não conformidades supracitadas:

- a. exudações são sulcos e estrias na superfície dos tarugos;
- b. juntas frias são fissuras transversais, descontinuidades ou dobras;
- c. rugosidades são pequenos relevos ou imperfeições na superfície do tarugo;
- d. zíper risco profundo na vertical;
- e. bolhas são cavidades arredondadas ou alongadas que ocorrem pelo aprisionamento do ar durante o lingotamento;
- f. porosidades são poros na superfície, e não devem ser iguais ou superiores a 30 poros/mm²;
- g. trincas geralmente ocorrem no início do lingotamento, devido ao seu formato, também chamadas de “pé de galinha”;
- h. empenamento desalinhamento acima de 10 mm em tarugos de 5 a 6,5 m de comprimento;
- i. ondulação ocorre devido à intensa segregação inversa;
- j. sangria acontece quando há uma mudança térmica no molde no momento do lingotamento, o metal escapa pela superfície;
- k. marca do espaçador – no momento da homogeneização os tarugos são colocados em cima de espaçadores que podem causar marcas, devido ao peso.



Figura 2 – Não conformidades na superfície de tarugos

Fonte: os autores (2017)

A Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT por meio da Norma Brasileira - NBR 16266 (2014) estabelece que idealmente as superfícies dos tarugos devem ser isentas de graxas e defeitos, todavia fornecedor e comprador podem negociar. Algumas das NCs superficiais prejudicam a funcionalidade do produto quando excessivas e podem existir limites de aceitação estabelecidos pelo cliente.

Macro-estruturalmente os tarugos também podem ser avaliados quanto à camada de refusão tamanho de grãos e pré-solidificação. Tais NCs são identificadas mediante análise laboratorial macrográfica e quando existentes prejudicam o processo de extrusão.

Os tarugos ainda podem apresentar NCs micro-estruturais que são diagnosticadas quando submetidas a análises metalográficas e espectrométricas. Essas NCs, segundo Gomes (2013) são: segregação inversa, inclusão, distribuição de precipitados, transformação de fases.

Uma vez que as NCs nem sempre são visíveis sem uma análise laboratorial, algumas são percebidas somente perante o mau desempenho do tarugo durante a extrusão, portanto, afetam diretamente a qualidade do produto, do processo e da

empresa.

2.2 Controle estatístico de controle (CEP)

Para se produzir um produto de acordo com as exigências do cliente é necessário que o processo de fabricação do produto seja estável ou não possua grandes variações. Convenientemente, o controle estatístico de processo tem como principal objetivo reduzir as variações em busca da estabilidade.

O CEP nasceu na segunda década do século XX nos laboratórios da *Bell Telephone e Western Electric*, com os estudos de Walter Andrew Shewhart sobre cartas de controle (LOUZADA et al., 2013, p.20).

Montgomery (2016, p.129) afirma que o CEP é uma coleção de ferramentas de resolução de problemas, muito útil para se alcançar a estabilidade do processo e a melhoria da capacidade, reduzindo a variabilidade.

Os gráficos ou cartas de controles servem para distinguir se as causas das variabilidades em processos são comuns ou especiais. Os processos são denominados estáveis quando as variabilidades são oriundas de causas aleatórias (comuns), e por consequência, o processo é considerado fora de controle quando as causas são atribuíveis (especiais) (MARSHALL JUNIOR et al.2006, p.99)

O critério básico para classificar um processo como estável é quando os pontos estão dentro dos limites de controle.

Quanto à implantação dos gráficos de controle, Samohyl (2009, p.107) indica que há duas fases. A primeira fase é a de montagem do gráfico, com o cálculo estatístico de desvio-padrão (σ_w) e média (μ_w). E a segunda fase, a de monitoramento do processo, com a frequente alimentação de dados.

Há diferentes tipos de gráficos de controle. Assim, Ossachuk e Valle (2008, p.13) indicam que “a escolha do tipo de gráfico que será empregado vai depender das características do processo que se pretende controlar”.

3 | PROCEDIMENTOS E TÉCNICAS METODOLÓGICAS

O contexto do estudo foi uma refusão de alumínio secundário tendo como propósito principal a implantação do CEP em um processo de grande relevância na empresa. Estabeleceu-se como o processo prioritário, aquele caracterizado como fonte de NCs de maior representatividade relacionadas ao produto. Então, realizou-se uma primeira coleta de dados a partir de indicadores e banco de dados disponibilizados pela empresa.

A coleta de dados de NCs em tarugos da empresa foi realizada com base em indicadores da qualidade de um semestre. Mediante o estudo de referenciais bibliográficos e análise do cotidiano da empresa, optou-se por dividir as não conformidades em NCs superficiais e NCs na composição química. As superficiais são visíveis a olho nu e diagnosticadas pelos operadores no momento de inspeção no

fim do processo de lingotamento.

Já as NCs na composição química são as identificadas quando o produto é submetido a teste laboratorial, no caso da indústria estudada o único teste realizado diariamente é o de espectrometria ótica durante o processo de refusão. Nesse teste utiliza-se um espectrômetro de emissão ótica que é anualmente calibrado conforme orientações do fabricante.

O método consiste em submeter um corpo de prova sólido no equipamento e posteriormente são apresentados, em um *software*, os elementos químicos que compõe em percentual a liga do metal. Quando os valores não atendem o especificado na norma internacional *Teal Sheets* a liga é considerada não conforme.

Os produtos com NCs superficiais, quando possível, são submetidos a retrabalho. Mas quando não é possível reparar, se tornam refugos. Por sua vez, produtos com NCs na composição química são enviadas ao cliente mediante sua condicional aceitação ou então também são considerados refugos.

3.1 Análise de dados para seleção do processo prioritário

Elaborou-se o gráfico de Pareto, Gráfico 1, mediante os dados coletados. Observou-se que a principal NC foi a referente às ligas fora de especificações (92,4%) mais representativa que a segunda colocada, empenamento (2,6%). Com base nesse diagnóstico selecionou-se o processo de refusão, responsável pela concepção das ligas de alumínio.

Logo, as 2.086 toneladas de alumínio com liga fora das especificações, foram estratificadas nas ligas correspondentes. Constatou-se, que a liga que mais apresentou quantidades produzidas fora da especificação foi a liga 6063, com 51,7% do total.

Ao se estratificar a liga 6063 por componentes químicos fora da especificação, notou-se o cobre como elemento que menos atendeu o limite de especificação estabelecido compondo 63,2% do total, seguido do zinco.

PRODUTOS NÃO CONFORMES 1º SEMESTRE DE 2016

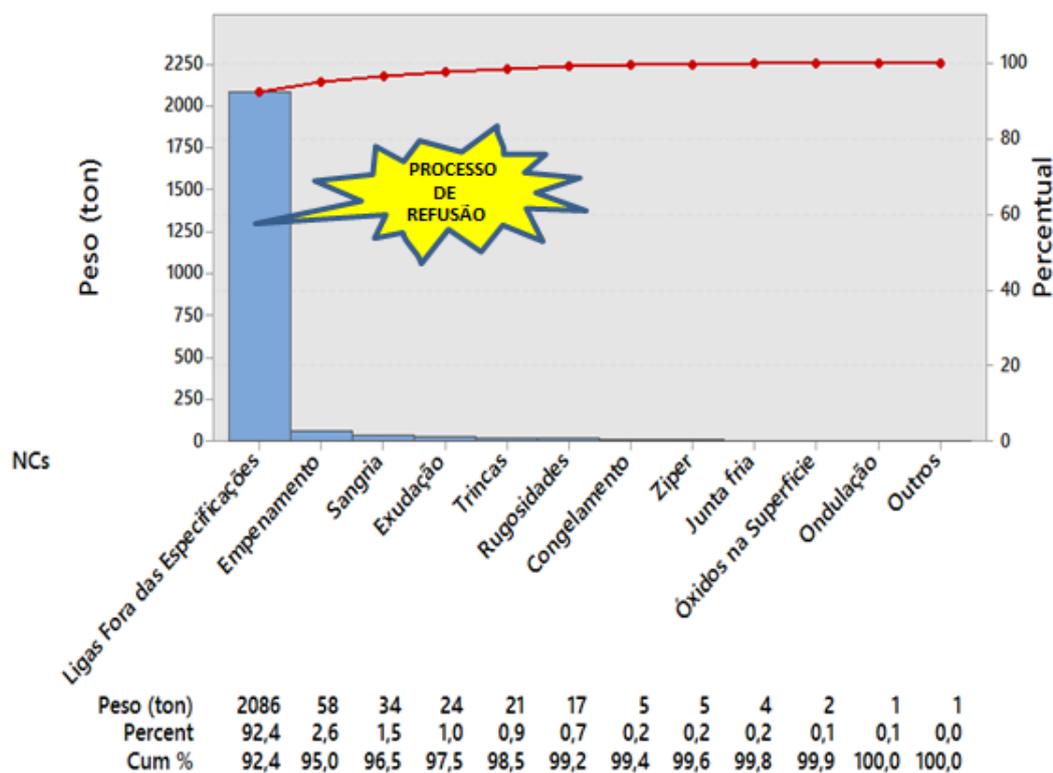


Gráfico 1 – Gráfico de Pareto para priorização de NCs

Fonte: os autores (2017)

Portanto, evidenciou-se que no processo prioritário, de refusão, a liga 6063 deveria ser enfocada e que o percentual do elemento cobre seria o característico de qualidade a ser controlado via CEP.

3.2 Unidade de análise: processo de refusão

Mediante a análise de dados, o processo de refusão foi selecionado para implantação do CEP. Portanto, observou-se o setor da empresa e as atividades para que a sucata de alumínio seja derretida e uma liga seja constituída.

O setor de refusão da empresa possui dois fornos fusórios e um forno de espera, estáticos e com capacidade de 12 toneladas. O sistema de produção é de semi-bateladas, no qual cada banho metálico de aproximadamente 11 toneladas é formado no forno fusório e corresponde a um lote que é transferido ao forno de espera e nesse são realizadas as correções com anteligas.

Após completa formação da liga no forno de espera, é realizado o processo de lingotamento do lote. Salienta-se que o tempo de formação do lote é variável, pois depende da sucata utilizada.

Ainda, necessitou-se decidir em qual forno seria pertinente implantar o CEP, forno fusório ou forno de espera. Então, estudou-se durante dois meses o comportamento nos dois fornos para estabelecer a relação. Os operadores realizavam duas coletas de amostra do lote no forno fusório (lote com oito e dez toneladas) e após a transferência

ao forno de espera mais duas coletas eram realizadas (correção da liga e final).

Assim com dados das amostragens da liga 6063, possibilitou-se realizar rastreabilidade dos lotes com cobre fora da especificação, com um percentual acima de 0,1%. Contabilizaram-se 109 lotes, sendo treze ocorrências de NCs em que o lote finalizou fora da especificação e foi ao cliente, representando 132,72 toneladas de produto NC.

Dez lotes apresentaram-se fora da especificação no forno fusório e retornaram à conformidade no forno de espera com a adição extra de alumínio primário, o que encarece a produção. Em seis casos o lote iniciou fora de especificação e no próprio forno fusório voltou à conformidade. E não houve nenhum caso em que o lote saiu da especificação após ser transferido ao forno de espera.

Por conseguinte, conclui-se que a condição do elemento cobre, presente no banho metálico no forno de espera é meramente consequência das ações realizadas no forno fusório. Assim o CEP deveria ser implantado nos fornos fusórios.

3.3 Seleção da carta de controle

Possuindo como característico da qualidade o percentual de cobre presente na liga 6063, uma unidade mensurável, direcionou-se a escolha para cartas de controle para variáveis.

Convencionalmente, em processos de bateladas emprega-se a carta de controle para medidas individuais e amplitude móvel, todavia, ao analisar o processo, evidenciou-se, que por ser um processo de semi-bateladas, eram realizadas amostragens ao longo do processo de formação da liga de um lote e poderiam colaborar com o CEP.

Ramos (2000, p.42), afirma que “diferenças entre bateladas devem ser entendidas como parte do comportamento do processo e, portanto, devem ser incorporadas no gráfico de controle empregado”. Assim, o autor propõe uma combinação entre os gráficos \bar{X} (média) e R (amplitude) com X (individual) e RM (amplitude móvel).

Então, estabeleceu-se que o tamanho (n) de cada subgrupo (m) para montagem dos gráficos de controle seria a que os operadores já executavam ($n=2$) no forno fusório. A fim de que o aumento de frequência de amostragem não se tornasse um gargalo, pelo fato de que para cada amostra o procedimento de preparação do corpo de prova e análise no espectrômetro pode consumir até trinta minutos.

Conforme Oliveira et al (2013, p.54) para cartas de controle média e amplitude indica-se de 20 a 25 subgrupos (m) com número de replicatas (n) de dois a nove. Então, coletaram-se 20 subgrupos com informações do percentual de cobre na liga 6063 no forno fusório.

Com os dados expostos no Apêndice “A”, obtiveram-se os limites de controle indicados no Quadro 1. Sendo $\bar{\bar{X}}$ a média das médias de x , \overline{RM} a média das amplitudes e E_2 , D_3 e D_4 constantes dependentes do tamanho da amostra empregada. Tem-se como base para a amplitude móvel, a média de cada subgrupo.

Carta para Bateladas	
Carta \bar{X} (Médias)	Carta RM (Amplitude Móvel)
$LSC = \bar{\bar{X}} + E_2 \cdot \overline{RM} = 0,114$	$LSC = D_4 \cdot \overline{RM} = 0,0397$
$LC = \bar{\bar{X}} = 0,082$	$LC = \overline{RM} = 0,0122$
$LSC = \bar{\bar{X}} - E_2 \cdot \overline{RM} = 0,049$	$LIC = D_3 \cdot \overline{RM} = 0,000$

Quadro 1 – Limites de controle a partir de amostras preliminares

Fonte: os autores (2017)

Por meio do *software* Minitab17 realizou-se o teste de normalidade, conforme Gráfico 2, os dados se apresentaram em uma distribuição normal com um valor-p maior que 0,05 à um nível de confiança de 95% pelo teste de Anderson Darling.

Teste de normalidade de Anderson-Darling

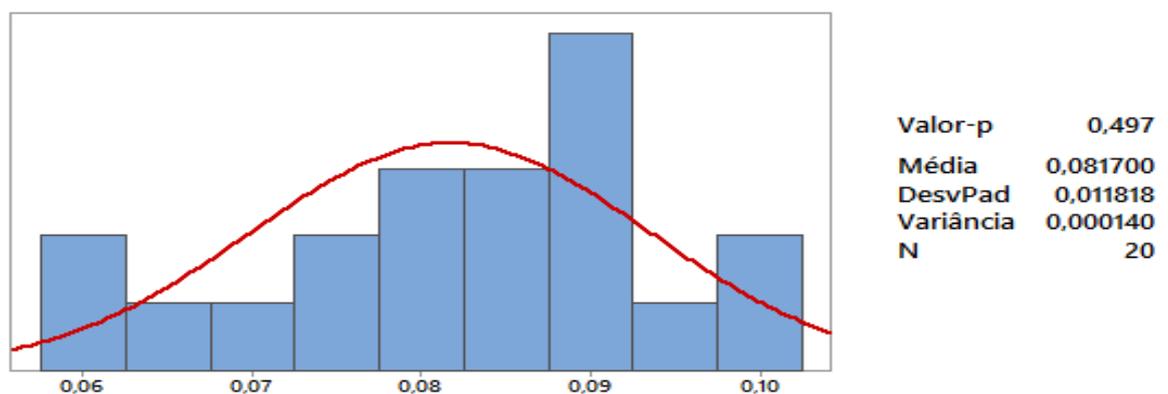


Gráfico 2 – Teste de normalidade dos dados

Fonte: os autores (2017)

Utilizando a ferramenta de assistência do Minitab além de plotar as cartas de controle, analisou-se a ausência de correlação que como a normalidade é um dos requisitos para correto uso do CEP. O Gráfico 3 evidencia que os dados preliminares mostraram-se dentro dos limites de controle (linhas tracejadas vermelhas).

Mediante a estabilidade do processo, foi possível estudar a capacidade no curto prazo, com base no índice Cpk, uma vez que o limite de especificação do componente cobre é unilateral, somente superior (LSE). Calculou-se Cpk igual a 0,57 (abaixo de 1,33), apontando um processo incapaz de atender a especificação de cobre (menor ou igual a 0,1%).

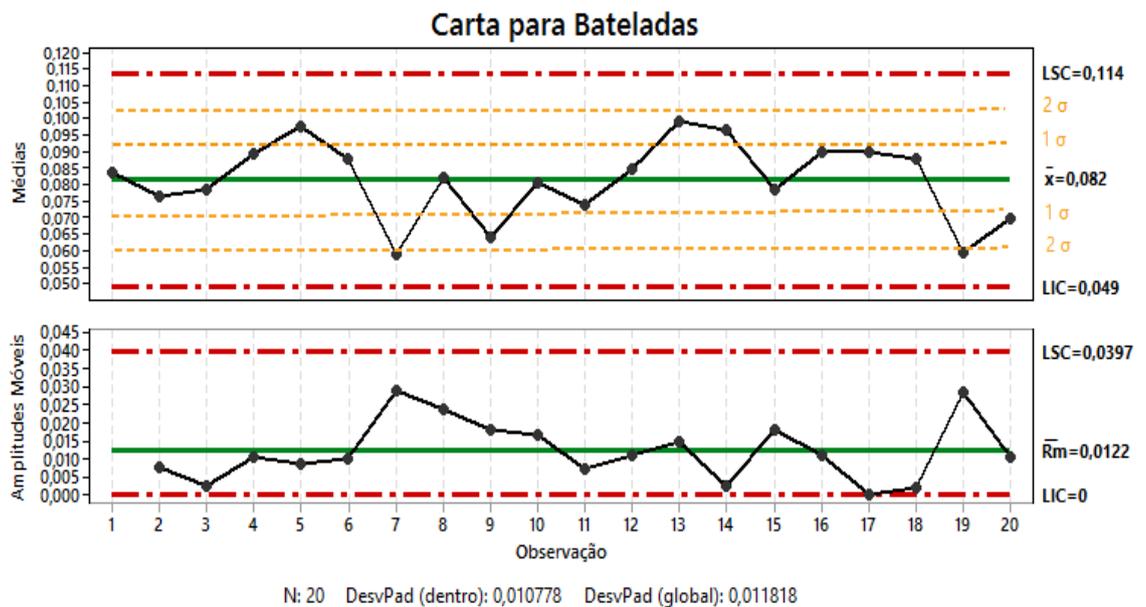


Gráfico 3 – Carta de controle para bateladas com limites preliminares

Fonte: os autores (2017)

Também se analisaram os critérios suplementares sensibilizantes a partir do desvio padrão σ (0,0107), representados pelas linhas tracejadas laranjas, e pode-se concluir que o processo apresentava característica de estabilidade. O gráfico das médias evidencia o comportamento dos subgrupos e o gráfico das amplitudes móveis a variabilidade que acontece entre as bateladas

3.4 Implantação: o CEP no chão de fábrica

Para inserção do CEP na rotina da empresa, realizaram-se reuniões com os operadores do setor e líderes, objetivando explanar o método, cálculos e conceitos necessários à efetivação do CEP. De forma geral, a ferramenta foi bem aceita pelos colaboradores. Acredita-se que esse fato foi possível por conta de há menos de dois anos o sistema de gestão de qualidade ter sido implantado na organização.

O CEP foi implantado sem emprego de *softwares* computacionais. Operadores foram instruídos a praticar a atualização a cada amostragem da liga 6063, preenchia-se um formulário, calculava-se a média, a amplitude móvel e plotava-se os gráficos nos campos indicados. Os colaboradores não eram habituados a utilizar ferramentas estatísticas no cotidiano e que apesar dessa condição não se sentiram intimidados e, com facilidade, aprenderam a realizar os cálculos e plotagens (Figura 3).



Figura 3 – Operador plotando gráfico de controle

Fonte: os autores (2017)

O formulário foi impresso em folha A3 e disposto em um quadro, ao lado do painel controlador do forno fusório (Figura 4).



Figura 4 – Carta de controle ao lado do painel do forno

Fonte: os autores (2017)

Determinou-se que mensalmente novos limites de controle seriam calculados e o formulário seria revisado. E quando os operadores diagnosticassem pontos fora de controle, ações seriam tomadas para que o processo retornasse ao estado de estabilidade.

3.5 Avaliação dos resultados

Para avaliar os resultados da implantação do CEP elaborou-se o Gráfico 4, em que são elencadas as informações categorizadas por dois meses antes e após a implantação.

A barra amarela representa o valor total em toneladas da liga 6063 que não atendeu a especificação. A barra azul demonstra o valor total em toneladas de cobre fora da especificação na liga 6063.

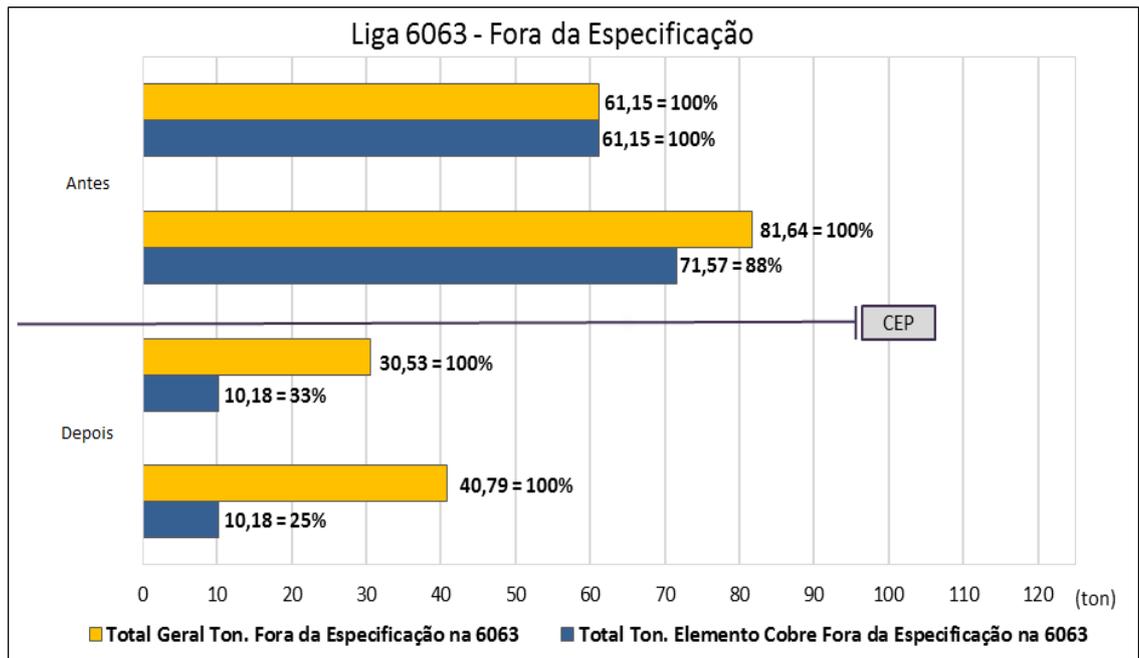


Gráfico 4 – Liga 6063: fora de especificação antes e após o CEP

Fonte: os autores (2017)

Após a implantação do CEP, o percentual de cobre fora da especificação diminuiu. Observa-se que dois meses antes da implantação do CEP a média percentual de cobre fora da especificação significava aproximadamente 94% de toda produção da liga 6063 fora da especificação e que após a implantação essa média passou a compor 29%.

Os benefícios mesmo ao curto prazo da implantação são percebidos, pois o CEP exige a dedicação dos envolvidos que passam a ser mais conscientes em relação ao característico abordado, pois o processo passou a ser monitorado e eram tomadas ações sobre as causas especiais que aconteciam.

Ao que concerne às dificuldades enfrentadas no planejamento e na implantação do CEP na transformadora de sucatas, se destaca a necessidade de consulta de diversas fontes de informações para coleta de dados.

O planejamento e estudo da ferramenta demandou maior tempo e esforços que a execução em si, o que pode ter contribuído para a facilidade na implementação no chão de fábrica, além da equipe envolvida estar engajada. Evidencia-se que para a

implantação do CEP em transformadoras de sucatas, não são necessários grandes investimentos, exigindo apenas uma equipe disposta a mudanças na rotina de trabalho e prévio estudo do processo e da ferramenta estatística.

Por fim, o desafio a ser suplantado é a tratativa com os fornecedores sucateiros que em sua grande maioria não possuem planejamentos e carecem de uma melhor visão sobre parceria de negócios.

4 | CONSIDERAÇÕES

Essa pesquisa possuiu como objetivo principal a implantação do controle estatístico de processo em um processo prioritário de uma indústria transformadora de alumínio secundário. Tal objetivo foi alcançado com êxito a partir do levantamento do processo de fabricação e o estudo das não conformidades relacionadas aos tarugos.

O processo em que o CEP foi implantado foi o de refusão e o característico de qualidade focado foi o percentual de cobre na liga 6063, pois pela priorização via Pareto foram os diagnosticados como de maior voz. Com os resultados obtidos verificou-se que o processo estava sobre controle, todavia, apresentava incapacidade. Os colaboradores foram qualificados a utilizar a ferramenta estatística em sua rotina de trabalho e a diagnosticar e tratar os desvios ocasionados por causas especiais.

A empresa passou de um *status* de levantamento parcial das não conformidades do produto para um *status* de monitoramento do processo crítico que possuía o característico de qualidade mais representativo no que tange NCs. Tal monitoramento demonstrou resultados positivos ao curto prazo de implantação, pois a média percentual de cobre fora da especificação, em relação as não conformidades na liga 6063, passou de 94% para 29%. Uma vez que os colaboradores, ao monitorar o processo, passaram a tomar ações mais rápidas perante os desvios especiais, com o aumento do comprometimento em atender a especificação.

Não foram identificadas grandes dificuldades na implantação do CEP na indústria estudada. Ao contrário da situação encontrada por Indezeichak e Leite (2005) que realizaram um estudo em micro e pequenas empresas e levantaram como a maior dificuldade a aceitação por parte dos colaboradores. Acredita-se que devido a empresa ter a dois anos implantado o sistema de gestão da qualidade a aceitação e engajamento dos operadores foi facilitado. Visto que a flexibilidade a mudanças e motivação perante novos desafios já estavam incorporados à cultura. Ademais, não foram necessários grandes investimentos para a implantação.

Quanto a trabalhos futuros sugere-se o estudo de medição repetitividade e reprodutibilidade (R&R). Esse estudo analisa quanto à variabilidade do sistema é causada por diferenças entre os operadores. Indicará se há consistência nas repetidas medições de cada operador e se há consistência entre a reprodução das medições dos diferentes operadores.

5 | AGRADECIMENTOS

Agradece-se à empresa estudada pela liberdade concedida e contribuição com a pesquisa.

REFERÊNCIAS

ABAL. **Guia técnico do alumínio**: Tratamento Térmico do Alumínio e suas Ligas. São Paulo: Associação Brasileira do Alumínio, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16266**: Ligas de alumínio — Tarugos homogêneos das ligas da série 6XXX para produção de produtos extrudados — Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro. **Gestão da qualidade**: conceitos e técnicas. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2012. 239 p.

CASARIN, Vanusa Andrea. **Avaliação da Estabilidade do Processo de Lingotamento Contínuo por meio de Gráficos de Controle com Variáveis Dependentes**. Porto Alegre: 2012. Tese (Doutorado em PPGEM/UFRGS Programa de Pós-Graduação em Eng Minas, Metalúrgica e Materiais)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: < <https://goo.gl/aa2Wsj>>. Acesso em: 03 dez.2017

GOMES, C.O.C. **Processo de fabricação de tarugos pelo método Hot-Top de ligas de alumínio da série 6XXX e as não conformidades desse processamento**. 2013. 100 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Materiais), Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2013. Disponível em: <<http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/119283/000736082.pdf?sequence=1>>. Acesso em:20 nov.2017

INDEZEICHAK, V.; LEITE, M. L. G.. Dificuldades para implantação do controle estatístico de processo (CEP). In: **XII SIMPEP, 2005, Bauru**. Anais do XII SIMPEP. v. 12, 2005. Disponível em: <http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_12/copiar.php?arquivo=Indezeichak_V_Dificuldades%20par.pdf>. Acesso em:10 dez.2017

INTERNATIONAL ALLOY DESIGNATIONS AND CHEMICAL COMPOSITIONS LIMITS FOR WROUGHT ALUMINUM ALLOYS – **Teal Sheets**. EUA: Association, 2015. Disponível em: < <https://www.aluminum.org/sites/default/files/Teal%20Sheets.pdf>>. Acesso em:5 out.2017

LOUZADA, Francisco, et al. **Controle estatístico de processos**: uma abordagem prática para cursos de engenharia e administração. Rio de Janeiro: LTC, 2013. 269p.

MARSHALL JUNIOR, Isnard et al. **Gestão da qualidade**. 8. ed. Rio de Janeiro: Ed. FGV, 2006. 195p.

MONTGOMERY, Douglas C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 7.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016. 538p.

OLIVEIRA, Camila Cardoso, et al. **Manual para elaboração de cartas de controle para monitoramento de processos de medição quantitativos**. São Paulo: Adolfo Lutz, 2013. Disponível em: < http://www.ial.sp.gov.br/resources/editorinplace/ial/2016_3_19/manual-carta-controle_ial_2013.pdf>. Acesso em: 04 set.2017.

OSSACHUK, Neusa Terezinha; VALLE, Pablo Deivid. **Aplicação do controle estatístico de processo na manufatura de uma empresa de cosmético**. TCCP (Especialização em Gestão da Qualidade em Produtos e Processos) - Curitiba: PUCPR, 2008.

RAMOS, A.W. **CEP para processos contínuos e em bateladas**. São Paulo: Edgard Blucher, 2000.130p.

SAMOHYL, Robert Wayne. **Controle estatístico de qualidade**. Rio de Janeiro: Elsevier,2009.275p.

SZILÁGYI, G.; GONÇALVES, M. **Qualidade Metalúrgica de Tarugos para Extrusão de Liga 6XXX Produzidos via Reciclagem de Sucata**: Efeitos de Diferentes Condições de Homogeneização. Anais do III Congresso Internacional do Alumínio, São Paulo, 2007.

APÊNDICE A

FOLHA DE VERIFICAÇÃO - COLETA DE DADOS % COBRE						
PRODUTO: Tarugos de Alumínio Secundário – LIGA 6063						
UNIDADE DE ANÁLISE: Forno Fusório 1						
PERÍODO:						
RESPONSÁVEL:						
Índice Percentual de Cobre na Liga 6063						
Amostra (Subgrupo)	Leitura 1 Forno Fusório (8 toneladas)	Leitura 2 Forno Fusório (10 toneladas)	Média Subgrupo	Amplitude Móvel	Amplitude Subgrupo	Obs.
1	0,088	0,080	0,084		0,008	
2	0,077	0,076	0,077	0,007	0,001	
3	0,078	0,080	0,079	0,003	0,002	
4	0,089	0,090	0,090	0,011	0,001	
5	0,098	0,097	0,098	0,009	0,001	
6	0,086	0,089	0,088	0,010	0,003	
7	0,062	0,056	0,059	0,029	0,006	
8	0,08	0,085	0,083	0,024	0,005	
9	0,066	0,063	0,065	0,018	0,003	
10	0,078	0,084	0,081	0,017	0,006	
11	0,073	0,075	0,074	0,007	0,002	
12	0,088	0,082	0,085	0,011	0,006	
13	0,097	0,110	0,100	0,015	0,013	
14	0,098	0,096	0,097	0,007	0,002	
15	0,078	0,080	0,079	0,018	0,002	
16	0,087	0,093	0,090	0,011	0,006	
17	0,087	0,093	0,090	0,000	0,006	
18	0,086	0,090	0,088	0,002	0,004	
19	0,059	0,060	0,060	0,029	0,001	
20	0,068	0,072	0,070	0,011	0,004	
Total			1,634	0,231	0,082	
Média			0,082	0,012	0,041	

SOBRE O ORGANIZADOR

MARCOS WILLIAM KASPCHAK MACHADO Professor na Unopar de Ponta Grossa (Paraná). Graduado em Administração- Habilitação Comércio Exterior pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Especializado em Gestão industrial na linha de pesquisa em Produção e Manutenção. Doutorando e Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, com linha de pesquisa em Redes de Empresas e Engenharia Organizacional. Possui experiência na área de Administração de Projetos e análise de custos em empresas da região de Ponta Grossa (Paraná). Fundador e consultor da MWM Soluções 3D, especializado na elaboração de estudos de viabilidade de projetos e inovação.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-256-2

