

**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL**

**ADRIANO ANTÔNIO COSTA**

**APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE RENDIMENTO OPERACIONAL GLOBAL DE  
LINHA (L-IROG), EM SISTEMA CONTÍNUO DE ELETRODEPOSIÇÃO  
GALVÂNICA PARA INDÚSTRIA DO RAMO DE AVIAMENTOS**

**CAXIAS DO SUL**

**2017**

**ADRIANO ANTÔNIO COSTA**

**APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE RENDIMENTO OPERACIONAL GLOBAL DE  
LINHA (L-IROG), EM SISTEMA CONTÍNUO DE ELETRODEPOSIÇÃO  
GALVÂNICA PARA INDÚSTRIA DO RAMO DE AVIAMENTOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para a conclusão do curso de Engenharia de Produção da Universidade de Caxias do Sul.

Orientador: Prof. Ms. Carlos Fernando Geremia.

**CAXIAS DO SUL**

**2017**

ADRIANO ANTÔNIO COSTA

APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE RENDIMENTO OPERACIONAL GLOBAL DE  
LINHA (L-IROG), EM SISTEMA CONTÍNUO DE ELETRODEPOSIÇÃO  
GALVÂNICA PARA INDÚSTRIA DO RAMO DE AVIAMENTOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
como requisito parcial para a conclusão do  
curso de Engenharia de Produção da  
Universidade de Caxias do Sul.

Aprovado em 02 de dezembro de 2017

**Banca Examinadora**



---

Prof. Ms. Eng. Produção Carlos Fernando Geremia  
Universidade de Caxias do Sul - UCS



---

Prof. Dr. Eng. Produção Gabriel Vidor  
Universidade de Caxias do Sul - UCS



---

Prof. Ms. Eng. Produção Ivandro Ceconello  
Universidade de Caxias do Sul - UCS



---

Eng. Produção Alexandre de Cesaro  
Mundial S.A.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, pela vida que me foi dada, a saúde e força para superar as diversidades, pela oportunidade de poder estudar e aperfeiçoar o conhecimento adquirido.

Aos meus pais, Luiz Antônio Costa e Lourdes Salette Scariot Costa, pelo apoio e confiança em minha capacidade, sendo exemplos de honestidade, força, trabalho e superação. A minha irmã Ângela Viviane Costa, pela motivação e apoio constante.

A minha querida namorada Luana Gonçalves, pelo amor, carinho, amizade, apoio para que pudesse concluir esta etapa da minha vida e compreensão nos meus momentos de ausência. A minha sogra Lúcia Gonçalves, pela amizade, apoio e constante motivação.

Aos colegas e professores da Universidade de Caxias do Sul, pela contribuição na minha formação acadêmica e profissional, em especial ao professor Carlos Fernando Geremia, que além de orientador se tornou um grande amigo.

A empresa Mundial S.A, pela oportunidade de poder aplicar os conhecimentos adquiridos ao longo da graduação na execução deste trabalho e aos colegas que de uma forma ou outra dispensaram do seu tempo e conhecimento, em especial a Alexandre de Cesaro, Lilian R. Perretto Pires, Carla R. Bigliardi e Diego L. Deon por todo o apoio concedido.

## RESUMO

O presente trabalho do curso de Engenharia de Produção da Universidade de Caxias do Sul foi realizado na empresa Mundial SA, fabricante de produtos para a indústria de aviamentos, com objetivo de identificar as perdas que afetam o sistema de produção da linha de banho de níquel 5323, utilizando o índice *Overall Line Effectiveness* (OLE) ou Índice de Rendimento Operacional Global de Linha (L-IROG). A metodologia aplicada consistiu em executar revisão bibliográfica sobre o tema em estudo, seguido de aplicação dos conceitos que tratam do assunto. A aplicação da proposta de trabalho com base nos índices mencionados, permitiu, pela primeira vez no histórico do equipamento em estudo, identificar as perdas existentes e propor quatro ações de melhoria, sendo duas para o índice LITO e duas para o índice LPQP, com investimentos variando de R\$ 49.800,00 a R\$ 227.180,00, que representam de 3,3% a 15,1% sobre o valor da linha e que se traduzem em ganhos de produtividade que variam de 24,5%, 169,5% e 23,8% a 24,5%, 304,3% e 23,8% para os respectivos materiais aço, latão e zamac. Integrando os benefícios que podem ser obtidos pela melhora dos índices LITO e LPQP, o índice L-IROG, para o latão, pode ser elevado do atual 52,1% para 99,7%, o que representa em termos práticos o acréscimo de 156 a 280 cargas semanais. O trabalho também permitiu concluir que o L-IROG requer compreensão sobre a forma de coletar dados, execução dos cálculos e interpretação dos resultados, bem como, o conhecimento do processo utilizado para a execução do produto. Por conta de sua complexidade, deve ser utilizado por pessoas que conheçam todo o processo de manufatura da linha e suas particularidades.

**Palavras-chave:** Índice de Rendimento Operacional Global (IROG). *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). *Overall Line Effectiveness* (OLE).

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - As seis grandes perdas .....	26
Figura 2 - Sistema de produção da linha de produtos contínua.....	31
Figura 3 - Cálculo de L-IROG para o sistema de linha contínua de produtos .....	37
Figura 4 - Organograma compacto destacando os setores de atuação do presente trabalho ....	42
Figura 5 - Os três materiais base níquelados pela linha 5323 e a necessidade de aplicação de processos anteriores .....	43
Figura 6 - As 29 posições de sequenciamento da linha 5323.....	45
Figura 7 - Vista esquemática do <i>layout</i> da linha 5323 .....	45
Figura 8 - Carro operador .....	52
Figura 9 - Cronograma de manutenção da linha 5323.....	55
Figura 10 - Planilha utilizada para calcular o LITO .....	63
Figura 11 - Planilha de cálculo do LITO no período de 07 a 11 de agosto.....	65
Figura 12 - Análise de sensibilidade para o LITO .....	68
Figura 13 - Planilha de cálculo do LPQP .....	70
Figura 14 - Modelo de arquivo gerado pelo supervisor da linha.....	71
Figura 15 - Planilha de cálculo do LPQP para o latão no período de 07 a 11 de agosto.....	73
Figura 16 - Análise de sensibilidade para o latão.....	76
Figura 17 - Planilha de cálculo do LPQP para o zamac no período de 07 a 11 de agosto .....	79
Figura 18 - Análise de sensibilidade para o zamac .....	80
Figura 19 - Planilha de cálculo do LPQP para o aço no período de 07 a 11 de agosto.....	83
Figura 20 - Análise de sensibilidade para aço .....	84
Figura 21 - LITO com as ações de melhoria .....	86

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Descrição, quantidade e custos dos insumos utilizados pela linha 5323.....	44
Tabela 2 - Receitas disponíveis na linha 5323 .....	54
Tabela 3 - Os 13 tipos de paradas ocorrentes na linha em estudo .....	66
Tabela 4 - Orçamento executado para as propostas de melhoria .....	90

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Adaptação de termos utilizada pelo autor deste trabalho .....	39
Quadro 2 - Quantidade de cargas produzidas nos últimos quatro anos.....	61
Quadro 3 - Resultado do cálculo do L-IROG para os materiais base.....	85
Quadro 4 – Primeira ação de melhoria - Reorganização da sequência química da linha.....	88
Quadro 5 – Segunda ação - Atualizar a sequência química da receita latão .....	88
Quadro 6 – Percentual de ganho de produtividade.....	90

## LISTA DE SIGLAS

ABIT	Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confeção
BTU	<i>British Thermal Unit</i>
CLP	Controlador Lógico Programável
CT	<i>Calendar Time</i>
CYT	<i>Cycle Time</i>
D	<i>Number of Rejected Items</i>
DT	<i>Down Time</i>
FIESP	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
G	<i>Number of Good Items</i>
IPA	Índice de Produtos Aprovados
IPO	Índice de Performance Operacional
IROG	Índice de Rendimento Operacional Global
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
ITO	Índice do Tempo Operacional
LIPA	Índice de Eficiência de Qualidade de Linha
LIPO	Índice de Eficiência de Desempenho de Linha
L-IROG	Índice de Rendimento Operacional Global de Linha
LITO	Índice de Eficiência de Disponibilidade de Linha
LPQP	Índice de Desempenho de Qualidade de Produção de Linha
LT	Tempo de Operação Teórico
N	Número de Itens Produzidos
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
OLE	<i>Overall Line Effectiveness</i>
OT	Tempo de Operação Efetivo
PCP	Programação e Controle da Produção
PD	Manutenção Programada
PRT	Tempo de Redução de Desempenho
R	Número de Itens Retrabalhados
SAMAE	Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto
SEMI E10	<i>Specification for Definition and Measurement of Equipment Reliability</i>

*Availability, and Maintainability*

STP

Sistema Toyota de Produção

TPM

*Total Productive Maintenance*

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO E ESTRUTURA DO TRABALHO.....	14
1.2	JUSTIFICATIVA DO ESTÁGIO.....	15
1.3	OBJETIVOS .....	17
<b>1.3.1</b>	<b>Objetivo geral .....</b>	<b>18</b>
<b>1.3.2</b>	<b>Objetivos específicos .....</b>	<b>18</b>
1.4	METODOLOGIA E DELIMITAÇÕES DO TRABALHO.....	18
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>20</b>
2.1	ORIGEM DO IROG .....	20
2.2	OBJETIVOS DO IROG.....	21
2.3	CÁLCULO DO IROG .....	22
<b>2.3.1</b>	<b>Índice de Tempo Operacional.....</b>	<b>23</b>
<b>2.3.2</b>	<b>Índice de Performance Operacional.....</b>	<b>23</b>
<b>2.3.3</b>	<b>Índice de Produtos Aprovados.....</b>	<b>24</b>
<b>2.3.4</b>	<b>Índice de Rendimento Operacional Global .....</b>	<b>25</b>
<b>2.3.5</b>	<b>Perdas por quebras devido à falha dos equipamentos .....</b>	<b>26</b>
<b>2.3.6</b>	<b>Perdas durante a mudança de linha (<i>setup</i> e ajustes).....</b>	<b>27</b>
<b>2.3.7</b>	<b>Perdas devido a pequenas paradas ou operação em vazio .....</b>	<b>27</b>
<b>2.3.8</b>	<b>Perdas por queda de velocidade de produção .....</b>	<b>27</b>
<b>2.3.9</b>	<b>Perdas por defeitos de qualidade e retrabalhos .....</b>	<b>27</b>
<b>2.3.10</b>	<b>Perdas por queda de rendimento.....</b>	<b>27</b>
2.4	RESTRICÇÕES DO IROG .....	28
2.5	ALTERNATIVAS PARA OS PROBLEMAS DO IROG.....	28
2.6	ÍNDICE DE RENDIMENTO OPERACIONAL GLOBAL DE LINHA .....	30
<b>2.6.1</b>	<b>Regra-1 .....</b>	<b>31</b>
<b>2.6.2</b>	<b>Regra-2.....</b>	<b>32</b>
2.7	MÉTODO PROPOSTO .....	33
<b>2.7.1</b>	<b>Índice de Eficiência de Disponibilidade de Linha .....</b>	<b>34</b>
<b>2.7.2</b>	<b>Índice de Desempenho de Qualidade de Produção de Linha.....</b>	<b>35</b>
2.8	EXEMPLO DE APLICAÇÃO DO L-IROG .....	38

2.9	CONSIDERAÇÕES SOBRE OS TERMOS UTILIZADOS PELO AUTOR NO PRESENTE TRABALHO .....	39
<b>3</b>	<b>PROPOSTA DE TRABALHO .....</b>	<b>40</b>
3.1	PERFIL DA EMPRESA E AMBIENTE DE ESTÁGIO .....	40
3.2	DESCRIÇÃO DOS PRODUTOS PRODUZIDOS .....	41
3.3	CARACTERÍSTICAS DO BANHO DE NÍQUEL .....	42
<b>3.3.1</b>	<b>Principais insumos utilizados e seus respectivos custos e consumos. ....</b>	<b>43</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Processo de banho de níquel na linha 5323 .....</b>	<b>44</b>
<b>3.3.3</b>	<b>Posição de carga .....</b>	<b>46</b>
<b>3.3.4</b>	<b>Posição de desengraxe químico .....</b>	<b>46</b>
<b>3.3.5</b>	<b>Posições de água de lavagem .....</b>	<b>47</b>
<b>3.3.6</b>	<b>Posição de desengraxe eletrolítico .....</b>	<b>47</b>
<b>3.3.7</b>	<b>Posições de solução de ácido sulfúrico .....</b>	<b>48</b>
<b>3.3.8</b>	<b>Posições de cobre ácido.....</b>	<b>48</b>
<b>3.3.9</b>	<b>Posições de água de recuperação .....</b>	<b>49</b>
<b>3.3.10</b>	<b>Posição de tanque de espera .....</b>	<b>49</b>
<b>3.3.11</b>	<b>Posições de níquel.....</b>	<b>49</b>
<b>3.3.12</b>	<b>Posição de solução de ácido tartárico.....</b>	<b>50</b>
<b>3.3.13</b>	<b>Posição de água quente .....</b>	<b>50</b>
<b>3.3.14</b>	<b>Posição de descarga.....</b>	<b>51</b>
<b>3.3.15</b>	<b>Aquecimento ou resfriamento das soluções .....</b>	<b>51</b>
<b>3.3.16</b>	<b>Método de análise das soluções químicas.....</b>	<b>51</b>
<b>3.3.17</b>	<b>Movimentações automáticas .....</b>	<b>52</b>
<b>3.3.18</b>	<b>Programação da linha 5323.....</b>	<b>53</b>
<b>3.3.19</b>	<b>Limitações da linha 5323 .....</b>	<b>54</b>
<b>3.3.20</b>	<b>Manutenção da linha 5323 .....</b>	<b>55</b>
3.4	DESCRIÇÃO DO PROBLEMA .....	56
3.5	PROPOSTA DE TRABALHO .....	58
<b>3.5.1</b>	<b>Etapa 1 - Cálculo do LITO.....</b>	<b>58</b>
<b>3.5.2</b>	<b>Etapa 2 - Cálculo do LPQP para o latão.....</b>	<b>58</b>
<b>3.5.3</b>	<b>Etapa 3 - Cálculo do LPQP para o zamac .....</b>	<b>59</b>
<b>3.5.4</b>	<b>Etapa 4 - Cálculo do LPQP para o aço .....</b>	<b>59</b>
<b>3.5.5</b>	<b>Etapa 5 - Cálculo do L-IROG .....</b>	<b>59</b>

3.5.6	<b>Etapa 6 – Propostas de melhoria .....</b>	<b>60</b>
<b>4</b>	<b>APLICAÇÃO DA PROPOSTA DE TRABALHO .....</b>	<b>61</b>
4.1	INTRODUÇÃO .....	61
4.2	PREMISSAS DO CÁLCULO EXECUTADO.....	61
4.3	ETAPA 1 – CÁLCULO DO LITO .....	62
4.3.1	<b>Passo 1: Elaborar formulário para coleta de dados para o índice LITO .....</b>	<b>62</b>
4.3.2	<b>Passo 2: Coleta de dados para o cálculo do LITO .....</b>	<b>63</b>
4.3.3	<b>Passo 3: Cálculo do LITO .....</b>	<b>64</b>
4.3.4	<b>Passo 4: Ponderações sobre o resultado obtido com o cálculo LITO.....</b>	<b>67</b>
4.3.5	<b>Passo 5: Análise de sensibilidade para o LITO .....</b>	<b>67</b>
4.4	ETAPA 2 – CÁLCULO DO LPQP PARA LATÃO .....	69
4.4.1	<b>Passo 1: Elaboração da planilha para a coleta de dados para o índice LPQP .</b>	<b>69</b>
4.4.2	<b>Passo 2: Coleta de dados para o cálculo do LPQP para o latão .....</b>	<b>69</b>
4.4.3	<b>Passo 3: Cálculo do LPQP para o latão .....</b>	<b>71</b>
4.4.4	<b>Passo 4: Ponderações sobre o resultado obtido com o cálculo LPQP para o latão .....</b>	<b>75</b>
4.4.5	<b>Passo 5: Análise de sensibilidade para o LPQP do latão.....</b>	<b>75</b>
4.5	ETAPA 3 – CÁLCULO DO LPQP PARA ZAMAC .....	77
4.5.1	<b>Passo 1: Elaboração da planilha para a coleta de dados para o índice LPQP .</b>	<b>77</b>
4.5.2	<b>Passo 2: Coleta de dados para o cálculo do LPQP para o zamac.....</b>	<b>77</b>
4.5.3	<b>Passo 3: Cálculo do LPQP para o zamac.....</b>	<b>77</b>
4.5.4	<b>Passo 4: Ponderações sobre o resultado obtido com o cálculo do LPQP para o zamac.....</b>	<b>77</b>
4.5.5	<b>Passo 5: Análise de sensibilidade para o zamac .....</b>	<b>78</b>
4.6	ETAPA 4 – CÁLCULO DO LPQP PARA AÇO .....	81
4.6.1	<b>Passo 1: Elaboração da planilha para a coleta de dados para o índice LPQP .</b>	<b>81</b>
4.6.2	<b>Passo 2: Coleta de dados para o cálculo do LPQP para o aço.....</b>	<b>81</b>
4.6.3	<b>Passo 3: Cálculo do LPQP para o aço .....</b>	<b>81</b>
4.6.4	<b>Passo 4: Ponderações sobre o resultado obtido com o cálculo do LPQP para o aço.....</b>	<b>81</b>
4.6.5	<b>Passo 5: Análise de sensibilidade para o aço .....</b>	<b>82</b>
4.7	ETAPA 5 - CÁLCULO DO L-IROG .....	85
4.8	ETAPA 6 - PROPOSTAS DE MELHORIA .....	85

<b>4.8.1</b>	<b>Proposta de melhoria para o LITO .....</b>	<b>85</b>
<b>4.8.2</b>	<b>Proposta de melhoria para o LPQP .....</b>	<b>87</b>
4.8.2.1	Etapa 1: Do ponto de vista técnico.....	87
4.8.2.2	Etapa 2: Do ponto de vista de ganho de produtividade.....	89
4.8.2.3	Etapa 3: Do ponto de vista do valor dos investimentos .....	90
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>92</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>94</b>
	<b>APÊNDICE A – EXEMPLOS DE PRODUTOS DA LINHA EBERLE FASHION.....</b>	<b>97</b>
	<b>APÊNDICE B – COLETA DIÁRIA DE DADOS PARA O CÁLCULO DO LITO .....</b>	<b>98</b>
	<b>APÊNDICE C – COLETA DIÁRIA DE DADOS PARA O CÁLCULO DO LPQP PARA O LATÃO.....</b>	<b>101</b>
	<b>APÊNDICE D – COLETA DIÁRIA DE DADOS PARA O CÁLCULO DO LPQP PARA O ZAMAC.....</b>	<b>106</b>
	<b>APÊNDICE E – COLETA DIÁRIA DE DADOS PARA O CÁLCULO DO LPQP PARA O AÇO.....</b>	<b>111</b>
	<b>APÊNDICE F – CÁLCULO DO GANHO DE PRODUTIVIDADE PARA AS PROPOSTAS 1 E 2 .....</b>	<b>116</b>
	<b>ANEXO A – EXEMPLO DE APLICAÇÃO DO CÁLCULO DO IROG .....</b>	<b>122</b>
	<b>ANEXO B – EXEMPLO DE APLICAÇÃO DO CÁLCULO DO L-IROG .....</b>	<b>123</b>

## 1 INTRODUÇÃO

No presente Capítulo, serão apresentadas a contextualização do tema escolhido, a justificativa para o estágio, o objetivo geral, os objetivos específicos, e, por fim a metodologia e delimitações do trabalho.

### 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E ESTRUTURA DO TRABALHO

O setor têxtil e de confecções brasileiro possui pouca representatividade frente ao mercado mundial. Conforme dados da Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção (ABIT), a Ásia é responsável por 73% da produção mundial, enquanto que o Brasil produz apenas 3%. Englobado por mais de 32 mil empresas dentre as quais 80% são de pequeno e médio porte, o setor brasileiro faturou em 2012 aproximadamente US\$ 56,7 bilhões o que representa cerca de 6% do valor total da produção da indústria de transformação e 1,7 milhões de brasileiros empregados. (ABIT, 2013).

Conforme a Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP), um dos fatores que influenciam a vulnerabilidade brasileira em relação à concorrência internacional é a ausência de investimentos. Esta situação é resultante das barreiras burocráticas existentes, altas taxas de juros e elevada carga tributária. (FIESP, 2014).

De acordo com Hansen (2006), se pode afirmar que os investimentos em equipamentos, máquinas e automação da produção tendem a ser mais onerosos se comparados com a realidade e capacidade econômica dos países desenvolvidos.

Atualmente, nas indústrias de aviamentos<sup>1</sup>, a produção em massa está dando espaço para a produção customizada e de pequenos lotes. Por este motivo, as empresas necessitam adaptar seus processos, buscar técnicas e ferramentas para que os produtos sejam produzidos a um custo relativamente competitivo em relação à fabricação em massa de itens similares. (EXAME, 2008).

Segundo Braglia, Frosolini e Zammori (2009), a definição de métricas pode auxiliar no atendimento desta nova demanda, uma vez que tal definição é capaz de medir a produtividade dos equipamentos de produção. Para satisfazer as solicitações de um mercado em constante mudança, as ineficiências e perdas ocultas dos processos produtivos devem ser

---

<sup>1</sup> Ramo da indústria que trata da produção de elementos que são pregados as roupas, como miçangas, fivelas, entretelas, fitas, botões, linhas, cós, galões e zippers (MODA SPOT, 2011).

detectadas e eliminadas, quantificando a partir de análises métricas o real potencial dos equipamentos.

Em conclusão, pode se compreender que aumentar a eficiência dos equipamentos e processos produtivos é fundamental para as indústrias brasileiras, uma vez que estas estão em constante busca por tecnologias que demandem baixo custo, assim reduzindo os custos de produção e, por conseguinte aumentar a rentabilidade. Entretanto para aumentar a eficiência faz-se necessário entender o comportamento dos equipamentos.

O presente trabalho foi realizado na empresa Mundial SA - Unidade Eberle Fashion, que produz componentes metálicos para o mundo da moda. O foco deste trabalho é a aplicação do Índice de Rendimento Operacional Global de Linha (L-IROG) em uma linha contínua de banho eletrolítico de níquel, visando identificar as principais perdas que afetam o referido sistema de produção.

O trabalho foi estruturado em quatro Capítulos, sendo que o primeiro abordará a introdução ao tema escolhido, justificativa, objetivos da proposta, metodologia e por fim as delimitações do trabalho. No segundo Capítulo, foi desenvolvido o referencial teórico, com base em obras e publicações referentes ao tema em estudo. Já o terceiro Capítulo, apresenta a proposta de trabalho, o perfil da empresa em que o estudo foi realizado, a descrição e características dos produtos produzidos no sistema referido, os processos, os equipamentos, os insumos e os tempos utilizados para a manufatura dos produtos no sistema em estudo, a descrição do problema, a proposta de trabalho e o cronograma de trabalho. E por fim, o quarto Capítulo, apresenta a implementação da proposta de trabalho. Importante mencionar que também são descritos os resultados e conclusões obtidos com a aplicação da proposta de trabalho.

## 1.2 JUSTIFICATIVA DO ESTÁGIO

Atualmente, o avanço da globalização pode ser destacado como principal característica do processo evolutivo em que as indústrias se encontram. Por conta do referido avanço, a busca por novas tecnologias e sistemas de manufatura é tema em ascensão, uma vez que podem auxiliar as empresas a tornar seus processos mais ágeis e eficazes. Pode se destacar como um dos motivos para essa ascensão, o maior grau de exigência que os clientes atualmente estão apresentando, haja vista que nos dias atuais a informação está ao alcance de todos e aliado a isto a concorrência está a todo momento se reinventando.

Levando em consideração todos estes motivos supracitados, a empresa Mundial S.A na unidade Eberle Fashion traçou algumas metas para o ano de 2017, tais como: aumentar a sua produção em 17% com relação a 2016, reduzir os atrasos de ordens de produção e melhorar o prazo de entrega. Para que estas metas sejam atingidas, a empresa tem plena consciência de que são necessárias melhorias em seu sistema de produção, tais como: revisar os roteiros de produção; realizar mudanças em *layouts*; inserir novas tecnologias; aprimorar a manutenção de máquinas e equipamentos; reduzir os *setups* e aumentar a eficiência de máquinas e equipamentos.

A referida empresa conta com seis setores produtivos em sua composição os quais são responsáveis pelo funcionamento de seu sistema de manufatura. O setor de repuxe é composto por prensas, tendo como responsabilidade o corte e dobramento dos componentes que serão utilizados na produção de botões para aviamentos. O setor de injetoras é responsável pela injeção de componentes em zamac ou termoplásticos. Já o setor de montagem, utilizando-se de máquinas e equipamentos, trabalha para unir os diversos componentes dos botões.

Em seguida o setor de oficinas externas, conta com empresas terceirizadas prestadoras de serviços para a unidade Eberle Fashion. O setor de embalagem tem por responsabilidade armazenar, embalar e faturar os pedidos dos clientes. O sexto e último é o setor de banhos, composto por 14 linhas galvânicas rotativas incluindo a linha galvânica de níquel que foi tema de estudo no presente trabalho, é responsável por proporcionar proteção e decoração aos diversos componentes dos botões de aço, latão, cobre, zamac e alumínio.

Conforme dados do setor de Programação e Controle da Produção (PCP), que executa acompanhamentos diários nos pedidos dos principais clientes para garantir a entrega em no máximo 12 dias úteis, o setor de banhos é o maior setor produtivo da empresa e responsável por grande parte dos atrasos de ordens de produção, fazendo com que o prazo médio de entrega gire entre 16 e 20 dias úteis.

O presente trabalho foi desenvolvido na linha automática 5323 de banho de níquel rotativo, designação com o qual é conhecido internamente o referido setor, tendo em vista sua baixa produtividade quando em comparação com as demais linhas de banho. Tal situação se dá pelo desconhecimento que se tem sobre a máxima eficácia que o equipamento pode apresentar. A linha de banho em estudo é responsável por depositar o metal níquel sobre a superfície dos componentes dos botões, para assegurar a sua proteção e decoração. Esta linha é operada por três colaboradores trabalhando em turnos diferenciados, sendo o primeiro das 06:00 às 15:30 horas, o segundo das 15:30 às 00:30 horas e o terceiro das 00:30 às 06:00

horas. Esse tipo de banho de níquel é utilizado como base para 70% dos acabamentos disponibilizados pela empresa.

Atualmente a empresa não mensura a produtividade das linhas de banhos, executando apenas um controle de cargas produzidas em cada turno de trabalho. Uma vez que inexistente uma padronização, cada funcionário faz a alimentação das linhas com quantidades diferenciadas de itens, variando assim o número de cargas produzidas por cada turno. Consultando os dados do supervisor da linha de produção referida, também é possível identificar que o tempo de processamento real é maior do que o tempo de processamento programado. Isto se dá pela existência de perdas relacionadas aos equipamentos, tais como, perdas por quebra devido a falhas do equipamento, perdas durante a mudança de linha, perdas por pequenas paradas e operação em vazio, perdas de redução da velocidade de operação e perdas por defeitos de qualidade e retrabalhos.

Segundo Nakajima (1989), o objetivo de qualquer sistema produtivo é a maximização de sua performance utilizando-se o mínimo de insumos e alcançando o máximo de resultados. Porém a máxima performance nem sempre significa que se produziu uma maior quantidade de peças. Ela é resultado da integração da qualidade, custo, prazo de entrega, sempre aliado a um bom e seguro ambiente de trabalho bem com da melhoria do processo operacional. A referida eficiência com a qual um equipamento está operando em um sistema produtivo, pode ser medida através do Índice de Rendimento Operacional Global (IROG).

Contudo, em sistemas de produção contínuos, os equipamentos normalmente não estão isolados, mas operando continuamente em uma linha de produção. Neste caso, a eficiência do sistema não depende exclusivamente da eficácia das máquinas individuais, mas também da eficiência do processo logístico utilizado para unir equipamentos e gerir o fluxo de material. O Índice de Rendimento Operacional Global de Linha (L-IROG), vem como uma extensão do IROG para calcular a eficácia total da linha, ou seja, é uma métrica alternativa para avaliar a eficiência contínua do fluxo de produto manufaturado. (NACHIAPPAN; ANANTHARAMAN, 2006).

### 1.3 OBJETIVOS

As seções a seguir apresentam o objetivo geral e os objetivos específicos, que servirão como guias para o desenvolvimento do presente trabalho e serão abordados de forma esmiuçada para uma melhor compreensão do que foi realizado.

### 1.3.1 Objetivo geral

O objetivo do trabalho é aplicar o Índice de Rendimento Operacional Global de Linha (L-IROG) na identificação e combate às perdas que afetam a linha contínua de banho galvânico de níquel.

### 1.3.2 Objetivos específicos

Para atingir o objetivo geral, foram estabelecidos os objetivos específicos descritos a seguir:

- a) etapa 1 – cálculo do LITO;
- b) etapa 2 – cálculo do LPQP para latão;
- c) etapa 3 – cálculo do LPQP para zamac;
- d) etapa 4 – cálculo do LPQP para aço;
- e) etapa 5 – cálculo do L-IROG;
- f) etapa 6 – propostas de melhoria.

## 1.4 METODOLOGIA E DELIMITAÇÕES DO TRABALHO

O presente trabalho foi pautado quanto aos seus termos metodológicos em uma pesquisa de caráter exploratório, objetivando através de pesquisas diretas, proporcionar maior familiaridade com o tema em estudo. De acordo com Gil (2008), a pesquisa exploratória é muito específica e quase sempre assume a forma de estudo de caso sendo por isso dependente de uma pesquisa bibliográfica. A exploração levará em conta todos os arcabouços de conhecimento possíveis sobre a eficiência global dos equipamentos, para em seguida embasar tais pesquisas na aplicação direta das perdas do sistema de produção da linha galvânica de níquel 5323. Serão examinados todos os meios possíveis de fonte de conhecimento desde livros, periódicos, notícias, internet, sites, pesquisa de campo entre outras fontes de conhecimento.

Quanto às abordagens metodológicas que englobam uma pesquisa, estas podem ser classificadas como quantitativa que obedece ao paradigma clássico e a qualitativa que segue o paradigma alternativo. (FILHO; TERENCE, 2006). A abordagem quantitativa caracteriza-se pela utilização da quantificação, tanto na coleta de dados quanto no tratamento destes por meio de técnicas estatísticas. Por este motivo, ela apresenta como diferencial a possibilidade

de garantir a precisão dos trabalhos realizados, conduzindo ao resultado final com poucas chances de distorções. (DALFOVO; LANA; SILVEIRA, 2008).

Já a abordagem qualitativa, têm como preocupação fundamental o estudo e a análise do mundo empírico em seu ambiente natural. Nessa abordagem valoriza-se o contato direto e prolongado do pesquisador com o ambiente e a situação que está sendo estudada. (GODOY, 1995). Conforme Filho e Terence (2006), a pesquisa-ação é reconhecida como uma das principais formas de abordagem qualitativa. A referida é um método de pesquisa empírica que é realizada em estreita associação com uma ação ou resolução de um problema coletivo, cujo objetivo é resolver ou esclarecer os problemas da situação observada. Neste método, os pesquisadores e participantes da situação envolvem-se de forma cooperativa ou participativa em busca de um resultado apropriado de acordo com o estudo realizado. (THIOLLENT, 2003).

O trabalho foi desenvolvido no primeiro turno de operação da linha de produtos contínua de banho de níquel, também conhecida como 5323, localizada no setor de banhos, aplicando-se a pesquisa-ação com finalidade de mensurar a eficiência do equipamento, apresentar as causas das perdas e propor ações em busca da melhor utilização de seus recursos.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesse Capítulo será apresentada, com base em obras e artigos dos principais autores, a fundamentação teórica necessária para o desenvolvimento do presente trabalho sobre a aplicação do Índice de Rendimento Operacional Global de Linha (L-IROG). Serão abordados os princípios do IROG, conceituando a sua origem, objetivo e índices a serem calculados para a sua determinação, bem como as perdas relacionadas aos equipamentos, restrições e alternativas para o IROG, o método proposto L-IROG e exemplo de aplicação deste método proposto.

### 2.1 ORIGEM DO IROG

De acordo com Xenos (1998), no início da década de 70, no Japão, surge dentro do Sistema Toyota de Produção (STP) a *Total Productive Maintenance* (TPM). Desenvolvida por Seiichi Nakajima, a TPM é um processo de melhoria contínua que traz consigo uma filosofia de eliminar os desperdícios, envolvendo todos os funcionários de uma organização e aprimorando continuamente as técnicas e pessoas envolvidas. (KMITA, 2003).

Segundo Nakajima (1989), a TPM busca a conquista da quebra zero ou falha zero das máquinas e equipamentos. Uma máquina sempre disponível e em perfeitas condições de uso propicia elevados rendimentos operacionais, diminuição dos custos de fabricação e redução do nível de estoques.

Conforme palavras de Nakajima (1989), este processo tem por significado:

- a) a busca da maximização do rendimento operacional das máquinas e equipamentos;
- b) sistema total que engloba todo o ciclo de vida útil da máquina e do equipamento;
- c) um sistema onde participam o “*staff*”, a produção e a manutenção;
- d) um sistema que congrega a participação de todos, desde os da alta direção até os últimos dos operacionais;
- e) movimento motivacional na forma de trabalho em grupo, através da condução de atividades voluntárias.

Neste contexto, ensina Nakajima (1989), que a TPM procura envolver todos os colaboradores de uma organização, para garantir o funcionamento de seus postos de trabalho. Para os funcionários fica o encargo de realizar as atividades básicas de manutenção, como lubrificação, limpeza e pequenos reparos. Caso as atividades requeiram um maior

conhecimento técnico, como consertos e reformas dos equipamentos, ficam sobre o encargo da equipe de manutenção.

Segundo Nakajima (1989), a proposta imposta por este sistema produtivo tem como finalidade a maximização da sua performance, obtida através da utilização da mínima quantidade de insumos e com o máximo de resultados. Esse desempenho não tem como significado obrigatório o maior número de peças produzidas, mas sim o favorecimento integrado da qualidade, custo, prazo de entrega, sempre unido com um bom ambiente de trabalho e uma efetiva segurança do trabalho.

Para acompanhar a evolução dos resultados obtidos por esse sistema produtivo, a TPM propôs um indicador de eficiência operacional, denominado *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) ou, Índice de Rendimento Operacional Global (IROG), que integra a avaliação das perdas por parada e a queda de velocidade ou geração de produto defeituoso. (NAKAJIMA, 1989).

## 2.2 OBJETIVOS DO IROG

Conforme lições de Nakajima (1989), o IROG é uma ferramenta que possibilita auxiliar a busca pela melhoria contínua nos postos de trabalho, contribuindo para uma visão mais clara e objetiva das perdas (perda por parada acidental, a perda durante a mudança de linha, operação em vazio ou pequenas paradas, queda da velocidade de trabalho, defeito no processo, defeito no início da produção). Através de uma coleta de dados simplificada, este indicador consiste na avaliação e monitoramento contínuo de fatores que mais influenciam o desempenho do equipamento em geral, indicando áreas onde podem ser feitas melhorias, através da identificação dos índices de disponibilidade, desempenho e qualidade. A introdução de um indicador que permite determinar a eficiência global do processo é extremamente útil para a programação da produção, melhoria dos processos bem como para auxiliar na tomada de decisão. (ANTUNES et al., 2008).

De acordo com Braglia et al. (2009), este indicador é uma ótima opção para avaliar a eficiência de um equipamento já que trata da forma como são usados os equipamentos, materiais, homens e métodos, fornecendo uma medida consistente da produção real de valor agregado para um equipamento. Ainda pode se destacar o auxílio que o indicador supracitado pode oferecer no monitoramento do desempenho real de um equipamento em relação às suas capacidades nominais em ótimas condições operacionais.

Adotado por vários campos industriais, o IROG também foi definido em uma norma técnica realizada por SEMI E10 – 96. A norma trata das especificações para definição e medição de equipamentos de confiabilidade. Os equipamentos críticos têm perdas que são separadas pelo agente gerador, onde são tratadas suas possíveis causas. O IROG, se bem implementado, faz a mensuração destas perdas e deste modo seus dados apontam o caminho por onde se deve trabalhar na melhoria contínua, identificando oportunidades de melhora de produtividade e possibilitando acompanhar o sucesso dos esforços de progresso. (SEMI E10-96, 1996).

Com a adoção das técnicas do Sistema Toyota de Produção (STP) por inúmeras empresas japonesas e com o desenvolvimento *Lean Manufacturing*, também conhecido como manufatura enxuta, o IROG tornou-se referência mundial para a medição do desempenho de equipamentos. Apesar de todas as benesses existentes, o IROG nem sempre é direto, podendo apresentar assim inúmeras desvantagens e dificuldades a serem encontradas em várias aplicações. (COSTA; LIMA, 2002).

### 2.3 CÁLCULO DO IROG

Segundo Nakajima (1989), para qualquer diretor de produção de uma organização, possuir um índice de rendimento operacional de 85% é motivo de orgulho. Mas o problema consistente nesta afirmação é o método a ser adotado para realizar este cálculo, já que não existe uma uniformidade entre as empresas que propagam somente os resultados. De acordo com Nakajima (1989), em muitas empresas torna-se difícil detectar as diversas formas de perdas, devido ao precário registro de dados ou a não confiabilidade dos mesmos. Por este motivo, executar apenas o cálculo do índice do tempo operacional e tratá-lo como o índice de rendimento operacional global é um erro, porque além de não apresentar as perdas decorrentes da queda de velocidade operacional, não demonstra também os defeitos presentes no processo.

Conforme Nakajima (1989), para que todas as perdas e defeitos sejam levados em conta no cálculo do IROG, este deverá englobar três variáveis, quais sejam:

- a) Índice do Tempo Operacional (ITO);
- b) Índice de Performance Operacional (IPO);
- c) Índice de Produtos Aprovados (IPA).

As seções que seguem descrevem cada uma das variáveis.

### 2.3.1 Índice de Tempo Operacional

De acordo com Nakajima (1989), o Índice de Tempo Operacional (ITO) é a proporção entre a operação efetiva em relação ao tempo de carga, ou seja, é o tempo programado para trabalhar em relação ao tempo que realmente trabalhou um determinado equipamento. Este índice mede o quanto as paradas não programadas representam para a produção. Conforme Nakajima (1989), o cálculo do Índice do Tempo Operacional é dado pelas Equações (1) e (2):

$$\text{ITO} = \frac{\text{tempo em funcionamento}}{\text{tempo de carga}} \quad (1)$$

$$\text{ITO} = \frac{\text{tempo de carga} - \text{tempo de parada}}{\text{tempo de carga}} \quad (2)$$

Sendo que:

- a) o tempo de carga é o tempo total da máquina disponível, subtraído do tempo de parada. Já o tempo de parada, segundo Nakajima (1989), é o tempo vago da máquina, decorrente de programação ou repouso dos operadores bem como manutenção programada;
- b) o tempo de funcionamento corresponde ao tempo de carga subtraído dos diversos tempos de parada não previstas que constituem as perdas, tais como, as quebras de moldes ou de ferramentas, as falhas, as mudanças de linha e outras paradas temporárias.

### 2.3.2 Índice de Performance Operacional

Segundo Nakajima (1989), o IPO, é um indicador utilizado para verificar se o equipamento está operando realmente com a velocidade determinada. Se o equipamento estiver operando com queda de velocidade, o IPO determina o grau desta perda. Ainda em relação aos ensinamentos de Nakajima (1989), o IPO é composto por duas variáveis, sendo uma delas, o tempo efetivo de funcionamento e a outra, o índice da velocidade operacional. Este índice pode ser calculado através da Equação (3):

$$\text{IPO} = \text{tempo efetivo de funcionamento} \times \text{índice da velocidade operacional} \quad (3)$$

De acordo com Nakajima (1989), o tempo efetivo de funcionamento visa detectar as pequenas paradas temporárias e outras formas de inconveniências, que pela magnitude não constam dos relatórios diários de produção e pode ser obtido através das Equações (4) e (5).

$$\text{Tempo efetivo de funcionamento} = \frac{\text{tempo efetivo de trabalho}}{\text{tempo de funcionamento}} \quad (4)$$

$$\text{Tempo efetivo de funcionamento} = \frac{\text{quantidade produzida} \times \text{ciclo efetivo}}{\text{tempo de funcionamento}} \quad (5)$$

Sendo que:

- a) o tempo efetivo de trabalho corresponde à quantidade de peças produzidas em um dia de trabalho multiplicado ao ciclo efetivo;
- b) o ciclo efetivo é o tempo real, englobando perdas, consumido para fazer uma unidade.

Para se obter o Índice de Velocidade Operacional faz-se necessário calcular a diferença entre a velocidade teórica e a real, dada pela Equação (6).

$$\text{Índice de Velocidade Operacional} = \frac{\text{ciclo teórico}}{\text{ciclo efetivo}} \quad (6)$$

O ciclo teórico engloba o tipo, a capacidade da máquina e a facilidade de trabalho previsto no próprio projeto.

### 2.3.3 Índice de Produtos Aprovados

Segundo Nakajima (1989), o IPA está relacionado com a qualidade das peças produzidas. Calculado em função do tempo de operação real, excluindo o tempo gasto com refugo e/ou retrabalho, este índice avalia a rejeição da produção de um lote, equipamento ou setor e pode ser calculado através da Equação (7).

$$\text{IPA} = \frac{\Sigma \text{peças produzidas} - \Sigma \text{peças rejeitadas} / \text{Retrabalhadas}}{\Sigma \text{peças produzidas}} \quad (7)$$

### 2.3.4 Índice de Rendimento Operacional Global

De acordo com Nakajima (1989), o Índice de Rendimento Operacional Global (IROG) pode ser obtido através do produto dos índices de Tempo Operacional (ITO), de Performance Operacional (IPO) e de Produtos Aprovados (IPA). Sendo assim o cálculo do IROG é dado pela Equação (8).

$$\text{IROG} = \text{ITO} \times \text{IPO} \times \text{IPA} \quad (8)$$

De forma gráfica, o IROG pode ser explicado conforme mostrado na Figura 1.

Conforme palavras de Nakajima (1989), para que o rendimento operacional global seja superior a 85%, é desejável que os índices sejam:

- a) Índice de Tempo Operacional: superior a 90%;
- b) Índice de Performance Operacional: superior a 95%;
- c) Índice de Produtos Aprovados: superior a 99%.

Para facilitar o entendimento do cálculo do IROG, o Anexo A mostra um exemplo segundo Nakajima (1989).

De acordo com os autores Braglia et al. (2009), analiticamente o IROG pode ser expresso como a relação entre o que realmente foi produzido e o que poderia ser idealmente produzido ou alternativamente, como a fração de tempo no qual um equipamento trabalha em sua capacidade operacional plena. Este conceito pode ser formalizado conforme apresenta a Equação (9).

$$\text{IROG} = \frac{\text{Fração de tempo no qual o equipamento opera sob condições ótimas de operação}}{\text{Tempo real disponível para operação, após remover paradas planejadas}} \quad (9)$$

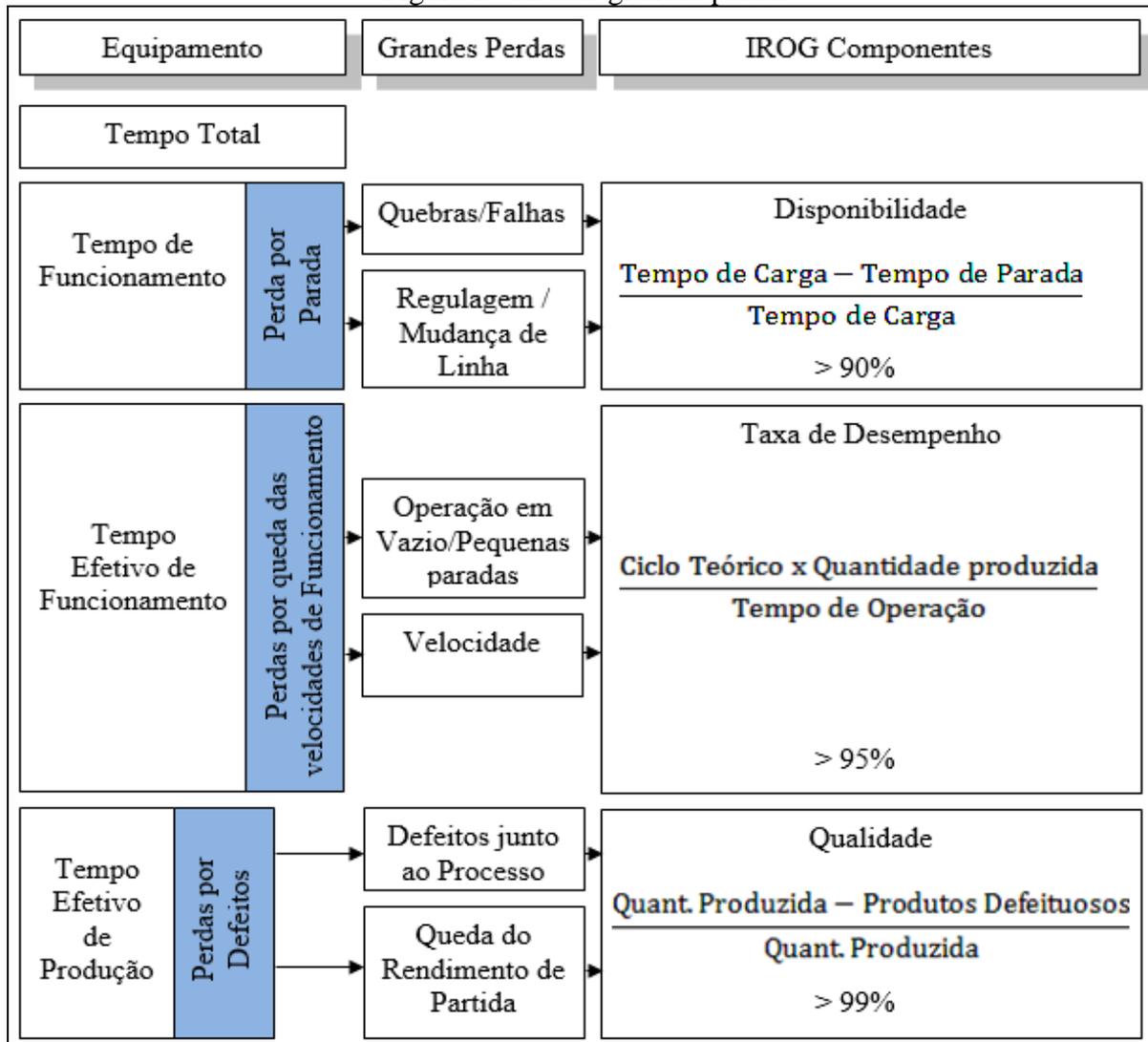
A diferença entre os dois termos da Equação é expressa em termos de seis grandes perdas. De acordo com Nakajima (1989), as seis grandes perdas relacionadas aos equipamentos são:

- a) perda por parada:
  - perdas por quebra devido a falhas do equipamento;
  - perdas durante a mudança de linha (*setup* e ajustes).
- b) mudança da velocidade:
  - perdas por pequenas paradas e operação em vazio;
  - perdas por redução da velocidade de operação.

- c) produtos defeituosos:
- perdas por defeitos de qualidade e retrabalhos;
  - perdas de rendimento.

As seções seguintes descrevem cada uma das seis grandes perdas.

Figura 1 - As seis grandes perdas



Fonte: Adaptado de Nakajima (1989).

### 2.3.5 Perdas por quebras devido à falha dos equipamentos

De acordo com Tajiri e Gotoh (1992), estas perdas consistem no tempo exigido para o reparo e nas peças de reposição necessárias para consertar o equipamento. Já nas palavras de *The Productivity Development Team* (1999), são as perdas que ocorrem quando as máquinas quebram e continuam paradas até que os reparos sejam concluídos.

### **2.3.6 Perdas durante a mudança de linha (*setup* e ajustes)**

Para Rodrigues e Antunes (1994), estas perdas consistem no tempo decorrente do momento em que a máquina interrompe a sua operação precedente até o início da operação subsequente, com a qualidade apropriada, incluindo o tempo consumido para a mudança de linhas e ajustes necessários. Conforme *The Productivity Development Team* (1999), são as perdas decorrentes do tempo necessário de preparação da máquina para um produto dessemelhante.

### **2.3.7 Perdas devido a pequenas paradas ou operação em vazio**

Conforme Kardec e Nascif, (1998), são as perdas que ocorrem quando o equipamento necessita ser parado por alguns minutos ou trabalha sem carga devido a deficiências no fluxo do processo ou da própria linha, exigindo pronta intervenção do funcionário para que a linha volte a produzir normalmente, durando menos de quatro minutos.

### **2.3.8 Perdas por queda de velocidade de produção**

São as perdas causadas pela redução da velocidade de operação, onde o equipamento não pode ser operado na velocidade original ou teórica. Em velocidades mais altas, defeitos de qualidade e pequenas paradas ocorrem frequentemente. Por este motivo, o equipamento opera em velocidades moderadas. (TAJIRI; GOTOH, 1992).

### **2.3.9 Perdas por defeitos de qualidade e retrabalhos**

São as perdas ocasionadas pela fabricação, durante a operação normal, de produtos defeituosos ou fora das especificações. Estes produtos devem ser retrabalhados ou sucateados. As perdas consistem no trabalho requerido para retrabalhar os produtos e no custo do material a ser sucateado. (TAJIRI; GOTOH, 1992).

### **2.3.10 Perdas por queda de rendimento**

De acordo com Wireman (1991), são as perdas que ocorrem cada vez que o processo deve ser interrompido e reiniciado. Estas perdas podem ocasionar a produção de produtos

defeituosos durante o processo em que o equipamento atinge certos parâmetros de operação, tais como, velocidade ou temperatura.

## 2.4 RESTRIÇÕES DO IROG

Conforme Chan et al. (2004), embora o IROG seja visto como o método padrão para a medição do desempenho do equipamento, ainda requer modificações adicionais na classificação das perdas.

De acordo com Braglia et al. (2009), quando os problemas reais de uma linha não podem ser classificados em termos das seis grandes perdas, surge a falta de eficiência, ou seja, a ausência de correspondência perfeita entre ineficiências de equipamentos e as grandes perdas, que podem gerar uma má interpretação dos componentes do IROG, levando à adoção de uma estrutura inadequada de perdas.

Nas palavras de Braglia et al. (2009), a definição padrão de IROG não é apropriada para a indústria de capital intensivo porque se faz necessário contabilizar causas adicionais de perdas, tais como, manutenção, turnos parados e feriados. Já os autores Lungberg (1998) e Jeong e Philips (2001), afirmam que a métrica IROG, da definição padrão do TPM, não leva em conta todos os fatores que reduzem a utilização da capacidade, como por exemplo: o Tempo de Manutenção Planejado (PD), a falta de entrada de material e etc. De acordo com Ron e Rooda (2005), de maneira similar, o IROG inclui perdas, tais como, bloqueio ou falta de alimentação, que como consequência de todo o sistema produtivo, não podem ser diretamente atribuídos a um equipamento específico.

## 2.5 ALTERNATIVAS PARA OS PROBLEMAS DO IROG

De acordo com Braglia et al. (2009), para suprir os problemas reais de uma linha que não podem ser categorizados em termos das seis grandes perdas, Jeong e Phillips (2001) propuseram um esquema de classificação de perdas alternativas. Segundo Ron e Rooda (2005), para se obter uma métrica real do equipamento, sugere-se excluir do IROG todas as perdas internas ao sistema produtivo, incluindo as perdas que não dependem do equipamento.

Conforme palavras de Braglia et al. (2009), o IROG é suficiente para melhorar o desempenho da fábrica como um todo quando esta operar como uma linha de fabricação feita de máquinas equilibradas. Devido a este fato, com exceção do gargalo da planta, selecionar máquinas para um programa TPM e avaliar o impacto potencial sobre a eficiência não é uma

tarefa trivial, já que o IROG sozinho não fornece informações suficientes para as tomadas de decisão. Para isso devem ser levados em consideração também os parâmetros financeiros. Dentro deste mesmo contexto, se propôs uma métrica denominada eficiência global que combina o IROG e o capital de substituição das máquinas instaladas em uma planta.

Dal et al. (2000), afirmam que o IROG poderia ser usado como uma "Referência" para medir o desempenho inicial de uma fábrica em sua totalidade. Desta maneira, a medida inicial do IROG pode ser comparada com os seus valores futuros quantificando assim o nível de melhoria realizado. Já os autores Barve et al. (2004), Das (2001) e Johnson e Lesshammer (1999), usam o IROG para medir a eficácia do TPM e melhorá-lo em máquinas individuais reduzindo as perdas em questão.

Para Brandt e Taninecz (2005), a eficiência global depende do lado difícil e do lado fácil de uma empresa, por este motivo, estes autores implementaram uma métrica alternativa denominada de eficiência geral da planta, que se obtém como produto do IROG, o uso de capacidade e a eficiência operacional do trabalho. Este último é um índice recentemente introduzido que reúne a disponibilidade, a profundidade de conhecimento acumulada e a qualidade da força de trabalho.

Neste contexto Raouf (1994), descreve um novo método de computação IROG usando pesos diferentes, os meios de avaliação do sistema de gestão não são provenientes de maior produtividade de capital. Fatores que afetam o IROG, tais como, ITO, IPO e IPA não são importantes em todos os casos, por este motivo pesos diferentes são levados em conta. Nakajima (1989), afirma que, em condições ideais, as empresas devem ter um IROG superior a 85% para estarem entre as empresas de classe mundial.

Kotze (1993), por outro lado argumenta que o IROG maior que 50% é mais realista, sendo mais útil como um alvo aceito. Esses valores distintos de eficácia indicam a dificuldade de se executar uma avaliação entre processos. Além disso, Dal et al. (2000), descrevem que o IROG apareceu de forma tão diferente em várias literaturas para revelar quais níveis de ITO, IPO e IPA constituem níveis aceitáveis. Estes mesmo autores, demonstram que o desempenho do IROG ou o nível de definição é diferente em variados setores de negócios e indústrias.

Para Robinson (2004), uma abordagem eficaz para obter uma avaliação aproximada da eficiência de uma linha é utilizada quando o ritmo de uma linha é determinado pela operação de restrição, tanto a disponibilidade (ITO) como a taxa de desempenho da máquina (IPO) de estrangulamento, devem coincidir com a da linha. Os defeitos de qualidade a montante, ou seja, anterior à operação de restrição, afetam a saída da linha somente se resultarem na falta de alimentação do gargalo, enquanto que os defeitos de qualidade a

jusante, ou seja, posterior ao gargalo, afetam o potencial de saída da linha e devem ser postos contra a taxa de qualidade. Por estas razões, o autor sugeriu avaliar o processo IROG por meio das Equações (10) e (11), respectivamente:

$$\text{Processo IROG} = \text{ITO} \times \text{IPO} \times \text{IPA} \quad (10)$$

$$\text{IPA} = \frac{\Sigma \text{peças produzidas} - \Sigma \text{peças rejeitadas} / \text{Retrabalhadas}}{\Sigma \text{peças produzidas}} \quad (11)$$

Conforme Braglia et al. (2009), o ITO, IPO e IPA são respectivamente a disponibilidade, também conhecida como o Índice do Tempo Operacional, a taxa de desempenho da máquina de estrangulamento, que também é denominada como Índice da Performance Operacional e a qualidade, conhecida como Índice de Produtos Aprovados.

De acordo com Nachiappan e Anantharaman (2006), o IROG pode ser usado como um índice de avaliação de desempenho de equipamentos individuais em um sistema de produção. Além do IROG, outra métrica capaz de avaliar o desempenho de uma linha de produtos contínua em um sistema de produção é conhecida como Índice de Rendimento Operacional Global de Linha (L-IROG). Esta métrica, proposta por Nachiappan e Anantharaman (2006), vem como uma extensão do IROG para calcular a eficácia total desta linha. Ou seja, é uma métrica alternativa para avaliar a eficiência contínua do fluxo de produto manufaturado, que considera além das seis grandes perdas relacionadas aos equipamentos, as perdas relacionadas às paradas por manutenção planejada. A métrica L-IROG será descrita nas seções que seguem.

## 2.6 ÍNDICE DE RENDIMENTO OPERACIONAL GLOBAL DE LINHA

De acordo com Nachiappan e Anantharaman (2006), controlar a eficácia de uma única máquina é insuficiente, sendo que nenhuma máquina funciona isoladamente em uma linha de produtos contínua ou em uma fábrica. Para a referida linha, onde um produto deve mover-se de forma sequencial por  $n$  processos, faz-se necessário utilizar uma métrica para medir ou analisar a eficácia global desta linha, a qual é fornecida pelo L-IROG.

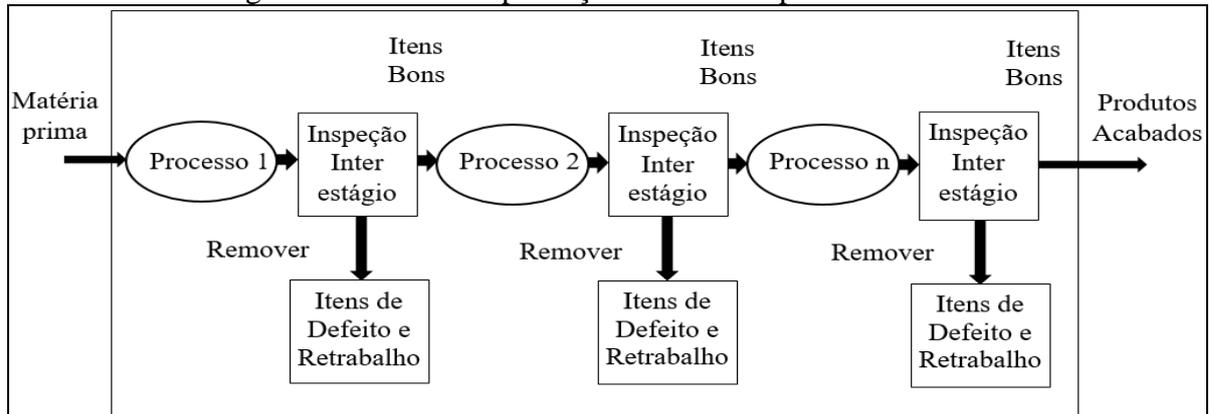
Conforme Nachiappan e Anantharaman (2006), a Figura 2 descreve o sistema de manufatura de uma linha de produtos contínua, onde o produto deve mover-se de uma forma sequencial, ou seja, a matéria-prima entra no processo 1, depois no processo 2 e segue até o

processo final, através de n processos. O processo 1 é o início da linha de produtos e o processo n é o fim da linha de produtos antes de atingir o cliente final. Como resultado dessa integração (um processo com outros processos), é mais importante maximizar a eficácia global da linha de produtos total do que se concentrar exclusivamente na eficiência de cada item do equipamento. O L-IROG expresso pela Equação (12), fornece uma métrica para calcular a eficiência global da linha de produtos descrita na Figura 2.

$$\text{L-IROG} = \text{LITO} \times \text{LIPO} \times \text{LIPA} \quad (12)$$

Os fatores contribuintes do L-IROG tais como, a disponibilidade de eficiência do equipamento no fluxo de Linha, ou seja, Índice de Disponibilidade de Linha (LITO), Índice de Eficiência de Desempenho de Linha (LIPO) e o Índice de Eficiência de Qualidade de Linha (LIPA), devem ser calculados individualmente e em seguida multiplicados.

Figura 2 - Sistema de produção da linha de produtos contínua



Fonte: Adaptado de Nachiappan e Anantharaman (2006).

De acordo com Nachiappan e Anantharaman (2006), existem duas maneiras para determinar o L-IROG e seus fatores contribuintes, que são a regra-1 e a regra-2, sendo descritas nas seções seguintes.

### 2.6.1 Regra-1

Pela regra-1 os fatores contribuintes de L-IROG, isto é, LITO, LIPO e LIPA são calculados por média dos parâmetros de processo em questão (ITO, IPO e IPA) no fluxo do sistema de produção abordado (processo 1 a processo n) como:

$$\text{LITO} = \text{Média de } (ITO_1; ITO_2; ITO_3; \dots ; ITO_n) \quad (13)$$

$$\text{LIPO} = \text{Média de } (IPO_1; IPO_2; IPO_3; \dots ; IPO_n) \quad (14)$$

$$\text{LIPA} = \text{Média de } (IPA_1; IPA_2; IPA_3; \dots ; IPA_n) \quad (15)$$

Sendo que:

- a) a média é calculada para cada fator L-IROG, somando as porcentagens para esse parâmetro em todos os processos (1 a n), e dividindo esse resultado pelo número de processos.

### 2.6.2 Regra-2

Pela regra-2 os fatores contribuintes de L-IROG, isto é, LITO, LIPO e LIPA são calculados por multiplicação dos parâmetros de processo em questão (ITO, IPO e IPA) no fluxo do sistema de produção referido (processo 1 a processo n) como:

$$\text{LITO} = (ITO_1 \times ITO_2 \times ITO_3 \times \dots \times ITO_n) \quad (16)$$

$$\text{LIPO} = (IPO_1 \times IPO_2 \times IPO_3 \times \dots \times IPO_n) \quad (17)$$

$$\text{LIPA} = (IPA_1 \times IPA_2 \times IPA_3 \times \dots \times IPA_n) \quad (18)$$

Sendo que:

- a) o parâmetro ITO do processo individual é calculado e em seguida, multiplicando os parâmetros (ITO<sub>1</sub> a ITO<sub>n</sub>) de todos os processos é usado para calcular LITO;
- b) da mesma forma, o IPO calculado e o IPA de todos os processos (1 a n) são usados para calcular LIPO e LIPA, respectivamente.

De acordo com Nachiappan e Anantharaman (2006), num sistema de produção de linha de produtos contínua, os ITO, IPO e IPA da primeira máquina, serão a entrada para as próximas máquinas. Mas nas regras 1 e 2 o ITO, IPO e IPA de máquinas individuais são calculados como entidades individuais, ou seja, ITO<sub>1</sub>, ITO<sub>2</sub> e ITO<sub>3</sub>. . . são calculados separadamente e resumidos (média ou produto) para a linha de produtos total. Mas na

realidade, a operação da segunda máquina depende do desempenho de saída da primeira máquina.

Utilizando a regra-1 (média simples), a média dos diferentes parâmetros de máquinas não contribuirá como parâmetro para refletir a verdadeira máquina gargalo. Já utilizando a regra-2 (produto do parâmetro  $ITO_1$ ,  $ITO_2$  e  $ITO_3$ ) os valores dos parâmetros LITO, LIPO e LIPA aproximam-se de zero quando o número  $n$  de máquinas na linha aumenta. Por este motivo é incorreto determinar LIPA em cada estágio da linha de fluxo.

Considerando que a qualidade de entrada do processo 1 é igual a 100%. À medida que passa por cada processo, ele fica reduzido em valor devido ao defeito presente em cada fase da linha. Portanto, o LITO, LIPO e LIPA calculado por regras não irá refletir o L-IROG real. Além disso, as regras do L-IROG calculadas não serão úteis para a avaliação comparativa e compreensão do estado atual de fabricação em comparação com os concorrentes. Se o valor L-IROG obtido for interpretado incorretamente, serão fornecidas informações enganosas sobre as atividades realizadas para melhorar a eficácia do sistema de produção contínua de linha de produtos. Isso não guia adequadamente os gerentes e engenheiros para fazer melhorias específicas (como LITO, LIPO e LIPA) em uma máquina específica. Pelo exposto, se pode concluir que existe uma forte necessidade de redefinir o L-IROG e evoluir um método para medir o L-IROG redefinido.

## 2.7 MÉTODO PROPOSTO

De acordo com Nachiappan e Anantharaman (2006), o método proposto consiste na aplicação da métrica L-IROG a um sistema de produção contínua de fluxo de produto, a saída do processo 1 será a entrada para o processo 2, ou seja, a saída de bons produtos do primeiro processo será o objeto de entrada para o segundo processo da linha.

Uma vez que o Tempo de Operação Efetivo ( $OT_1$ ) da primeira máquina é o tempo disponível, ou seja, o Tempo de Calendário (CT) da segunda máquina, a sequência de fluxo será contínua para  $n$  processos. Isto ocorre porque o defeito e o item de retrabalho do processo em questão não serão enviados para a próxima operação. Por este motivo, não há necessidade de medir LIPA separadamente para a linha de produtos, já que o fator de desempenho LIPO inclui as saídas de qualidade de cada processo boas. Com isso, o LIPO e LIPA da linha de produtos contínuos são combinados e renomeados como o Desempenho de Qualidade de Produção de Linha (LPQP).

No método proposto, a métrica de produtividade (L-IROG) para uma linha de produtos é obtida através do produto de dois termos independentes, sendo o primeiro a Disponibilidade de Linha (LITO) e o segundo o Desempenho de Qualidade de Produção de Linha (LPQP). Este último termo é a junção entre a Eficiência de Desempenho da Linha de Fluxo (LIPO) com a Eficácia de Qualidade da Linha de Fluxo (LIPA), conforme mostrado na Equação (19):

$$L-IROG = LITO \times LPQP \quad (19)$$

Os termos LITO e LPQP, são calculados conforme descrito nas seções que seguem.

### 2.7.1 Índice de Eficiência de Disponibilidade de Linha

A Eficiência de Disponibilidade de Linha (LITO), é o Tempo de Operação Efetivo da última máquina ( $OT_n$ ) expressa em porcentagem do Tempo de Carga (LT), conforme indicado pela Equação (20):

$$LITO = \frac{OT_n}{LT} \times 100 \quad (20)$$

Sendo que:

- a) LT é o número real de segundos destinados a uma linha de produtos para operar em um ano ou mês ou dia. É também chamado de tempo planejado da linha de produção para operação de produção;
- b) para calcular o LT, deve-se subtrair do CT, o tempo perdido como resultado da parada do equipamento para ajuste de produção (atividade de gerenciamento) e manutenção periódica, como manutenção programada, que é chamada de tempo PD, conforme a Equação (21).

$$LT = CT - PD_1 \quad (21)$$

Sendo que:

- a) CT é o Tempo Total de Calendário para o período, mês ou ano, de medição da eficácia;

b)  $OT_n$  é o tempo durante o qual o equipamento n realmente opera, ou seja, é o tempo no qual a última máquina realmente opera.

A expressão geral para calcular OT ( $OT_i$ ) é dada pela Equação (22).

$$OT_i = (OT_{i-1} - PD_i) - DT_i \quad (22)$$

Sendo que:

a) o Tempo de Inatividade (DT), é o tempo durante o qual o processo ou equipamento não está funcionando por causa de quebras ou *setups* no processo específico (i) na linha de produto.

Para o primeiro processo, o tempo de funcionamento da máquina anterior  $OT_0$  é igual ao CT. Desta forma o  $OT_1$  é calculado conforme a Equação (23).

$$\text{Processo-1: } OT_1 = [CT - PD_1] - DT_1; OT_0 = CT \quad (23)$$

Para o processo-2, o  $OT_2$  é calculado de acordo com a Equação (24).

$$\text{Processo-2: } OT_2 = [OT_1 - PD_2] - DT_2 \quad (24)$$

Por fim, para o processo-n, o  $OT_n$  é calculado através da Equação (25).

$$\text{Processo-n: } OT_n = [OT_{n-1} - PD_n] - DT_n \quad (25)$$

### 2.7.2 Índice de Desempenho de Qualidade de Produção de Linha

Conforme Nachiappan e Anantharaman (2006), o LPQP mede a manutenção de uma dada velocidade durante um determinado período da linha de produtos contínua. Pode ser expresso como a proporção da quantidade de Itens Bons (G) produzidos no processo n e o maior Tempo de Ciclo (CYT) do processo gargalo entre todos os processos (1 a n) na linha de produtos do OT do primeiro processo ( $OT_1$ ), conforme a Equação (26):

$$LPQP = \frac{(G_n \times CYT)}{OT_1} \times 100 \quad (26)$$

Sendo que:

- a)  $G$  é o número de itens bons produzidos e é baseado no número de itens possíveis para produzir na linha ( $n$ );
- b)  $D$  é o número de itens rejeitados devido à má-qualidade avaliada;
- c)  $R$  é o número de itens que necessita de retrabalho.

A expressão geral para o cálculo de " $G_i$ " é expressa de acordo com a Equação (27).

$$G_i = n_i - (D_i + R_i) \quad (27)$$

O  $N_i$  é a relação entre o tempo de operação líquido e o CYT do processo. O tempo de funcionamento líquido é calculado a partir do OT subtraindo o Tempo de Redução de Desempenho (PRT), isto é, o tempo total durante o qual o desempenho do sistema é reduzido ou diminuído devido a perda de início, interrupções menores e perdas de marcha lenta, etc. A expressão geral para calcular o " $N_i$ " é expressa de acordo com a Equação (28).

$$N_i = \frac{(OT_i - PRT_i)}{cyt_i} \quad (28)$$

Sendo que:

- a) a Perda de Desempenho ( $PRT_i$ ) do processo em estudo ( $i$ ), reduzirá o desempenho da linha do produto que é de outra forma  $G_{i-1} = n_i$ , ou seja, o número total de itens produzidos na linha é igual ao número de itens bons produzidos no processo anterior.

De acordo com as Equação (29), o desempenho da linha para o primeiro processo depende puramente do  $cyt_1$  e do  $OT_1$  do processo-1, desconsiderando o desempenho das outras máquinas na linha de produção. Portanto, o valor de  $n_1$  é igual ao número de itens realmente produzidos no processo-1 ( $N_1$ ), isto é,  $n_1 = N_1$ .

$$n_1 = N_1 = (OT_1 - PRT_1)/cyt_1 \quad (29)$$

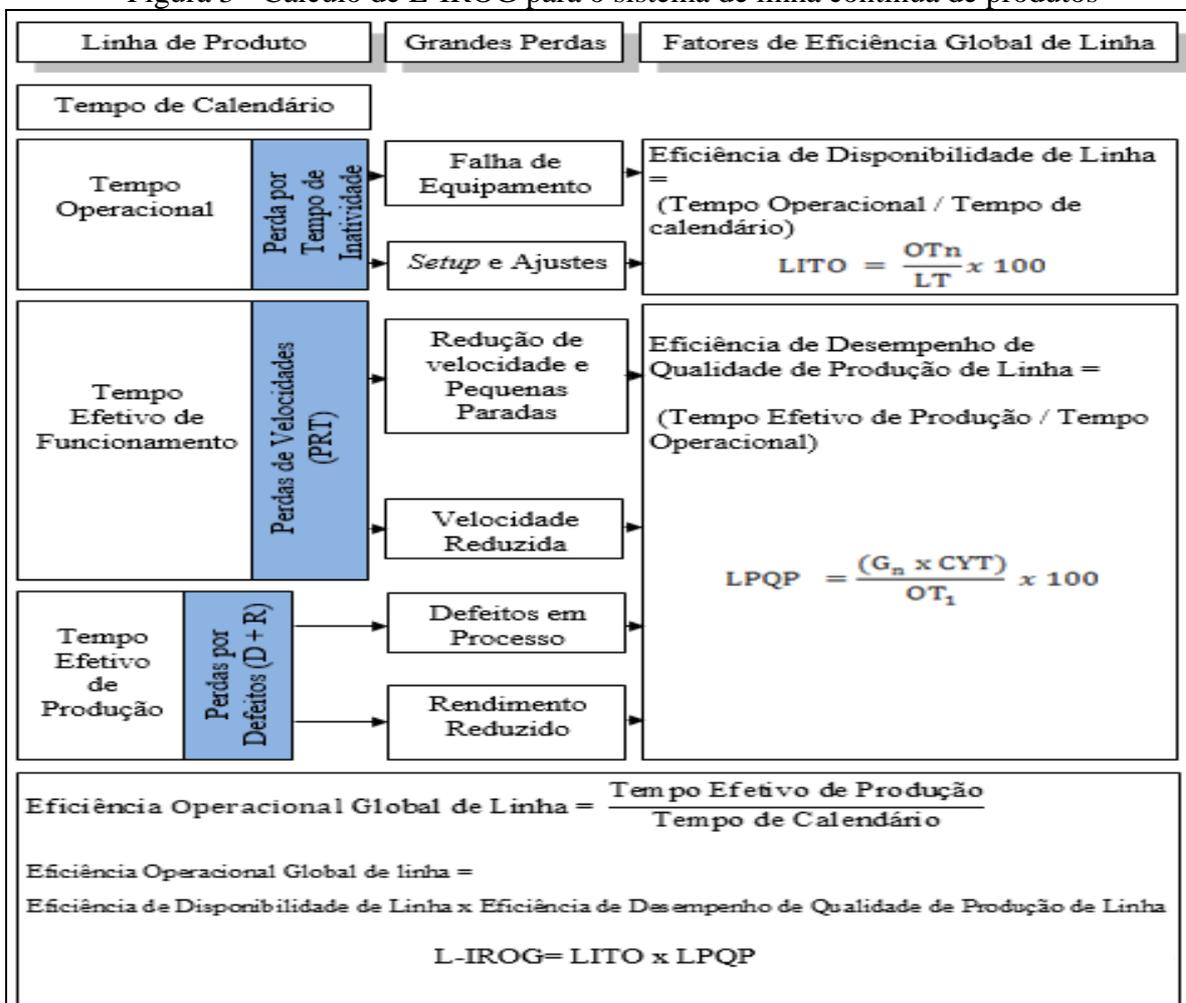
Para os demais processos na linha de produtos, o valor de  $n_i$  pode ser calculado por meio do método descrito nas Equações (30) e (31):

$$\text{Se } N_i \leq G_{i-1}, \text{ então } N_i = n_i \quad (30)$$

$$\text{Se } N_i > G_{i-1}, \text{ então } G_{i-1} = n_i \quad (31)$$

Aplicando as Equações (20) e (26), o L-IROG pode ser calculado através da Equação (19). Com base nas seis grandes perdas relacionadas aos equipamentos descritas por Nakajima (1989), os fatores contribuintes para a redução da eficiência da linha de produtos contínua são: o LITO e o LPQP, conforme mostrados na Figura 3.

Figura 3 - Cálculo de L-IROG para o sistema de linha contínua de produtos



Fonte: Adaptado de Nachiappan e Anantharaman (2006).

Conforme ensinamentos de Nachiappan e Anantharaman (2006), se a unidade de processo individual na linha de produção consistir em maior número de subprocessos, então a eficácia primeiramente deve ser calculada para a unidade de processo individual e o L-IROG medido para o fluxo total do produto. O método geral e passo a passo de medição do L-IROG

em um sistema de produção de linha contínua de produtos constituído de um número  $n$  de processos, é esclarecido e mostrado pela Figura 3.

## 2.8 EXEMPLO DE APLICAÇÃO DO L-IROG

O Anexo B, demonstra um exemplo de aplicação do L-IROG em uma linha de produtos contínua, cujo objetivo é facilitar o entendimento do cálculo. No exemplo referido, com um tempo de calendário de 28800 segundos, um produto é fabricado através de três processos individuais, cujo os valores resultantes do cálculo dos fatores LITO e LPQP são respectivamente 42,4% e 43,2%. Com a multiplicação destes dois fatores, o valor do L-IROG encontrado é de 18,30%, ou seja, para esta linha de produtos contínua que dispõem de um tempo de calendário de 8 horas (28800 segundos) o tempo no qual a linha realmente opera é de apenas 1,45 horas (5270 segundos). Já a redução da produtividade entre o processo 1 e o processo 3 que é de 52% é ocasionada pelas perdas (PD, DT, PRT, D e R) e a diferença de CYT entre os processos 2 e 3 da linha de produtos. O L-IROG calculado neste exemplo, pode ser aprimorado através da redução do CYT do processo 3 e das perdas relacionadas ao fator de gargalo (LITO - PD, DT e LPQP - PRT, D, R).

Conforme Nachiappan e Anantharaman (2006), o real parâmetro gargalo neste exemplo é LITO, devido a sua contribuição predominante para a redução do L-IROG. Com a aplicação do método proposto, além de monitorar e controlar, os engenheiros e gerentes poderão planejar a melhoria, já que o real fator contribuinte LITO que afeta o L-IROG foi exatamente identificado.

De acordo com Nachiappan e Anantharaman (2006), através da simulação de cenários conhecida como análise de sensibilidade, torna-se fácil identificar o real fator contribuinte para a redução do L-IROG no sistema de produção em linha contínua. Se os parâmetros LITO e LPQP dos diversos processos da linha fossem aumentados em 10%, isto é, as perdas contribuintes para LITO (PD e DT) e LPQP (PRT, D e R) são reduzidas em 10%. Reduzindo em 10% as perdas relacionadas a LITO (PD e DT) do processo 3 sozinho aumentará o LITO em 13%. Já as melhorias feitas nos processos 1 e 2 contribuintes para o LPQP terão seu efeito menor do que 13%. Portanto, a única maneira de melhorar significativamente o L-IROG é melhorando o fator "LITO" especialmente no processo 3 da linha de produtos.

Nachiappan e Anantharaman (2006), afirmam que além do desempenho individual da máquina, é necessário concentrar a atenção para o desempenho da linha de produto total ou

fábrica. A medição da efetividade usando IROG é boa o suficiente para melhorar a eficácia do equipamento de produção individual. Mas para melhorar a eficácia de um sistema contínuo de linha de produção, o L-IROG fornece a solução apropriada. A métrica referida é útil no monitoramento da produção, além disso, pode ser utilizado para gerenciar a melhoria já que fornece um guia útil para aspectos do processo de produção onde as ineficiências podem ser direcionadas.

Os resultados simulados para esta métrica, são mais úteis na identificação da máquina gargalo e o fator contribuinte quando a linha de produtos consistir em um maior número de máquinas.

## 2.9 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS TERMOS UTILIZADOS PELO AUTOR NO PRESENTE TRABALHO

Considerando que o presente trabalho se fundamenta principalmente na obra *Total Productive Maintenance* escrita por Seiichi Nakajima (1989), bem como no artigo *Evaluation of Overall Line Effectiveness (OLE) in a continuous product line manufacturing system*, escrito por Nachiappan e Anantharaman (2005), fez-se necessário adequar os termos utilizados pelos diferentes autores envolvidos. Por exemplo: Nakajima, em sua obra original, *Total Productive Maintenance*, publicado pela editora *Productivity Press* em 1988, denomina o índice de medição das máquinas e equipamentos como sendo o *Overall Equipment Effectiveness (OEE)*. Esta obra, traduzida para a língua portuguesa, denomina o mesmo índice como sendo o Índice de Rendimento Operacional Global (IROG).

Desta forma, no presente trabalho, o termo *Overall Line Effectiveness (OLE)* foi traduzido como sendo L-IROG. O Quadro 1 mostra as adequações executadas.

Quadro 1 - Adaptação de termos utilizada pelo autor deste trabalho

NAKAJIMA (original)	NAKAJIMA (tradução)	NACHIAPPAN e ANANTHARAMAN	Autor
OEE - <i>Overall Line Effectiveness</i>	IROG - Índice de Rendimento Operacional Global	OLE	L-IROG
A - <i>Availability</i>	ITO - Índice de Tempo Operacional	LA	LITO
P - <i>Performance</i>	IPO - Índice de Performance Operacional	LP	LIPO
Q - <i>Quality</i>	IPA - Índice de Produtos Aprovados	LQ	LIPA

Fonte: Extraído de Nakajima (1988); Nakajima (1989) e Nachiappan e Anantharaman (2005).

### 3 PROPOSTA DE TRABALHO

Neste Capítulo é apresentada a empresa, seu perfil, o ambiente de estágio, a descrição dos produtos produzidos pela linha 5323, bem como as características do banho de níquel, os principais insumos utilizados e seus respectivos custos e consumos, a função de cada posição de sequenciamento e equipamentos necessários, a forma de aquecimento ou resfriamento das soluções, o método de análise das soluções químicas, como são realizadas as movimentações automáticas, de que forma é realizada a programação da linha, quais as limitações da mesma, seu cronograma de manutenção da linha, os problemas que afetam o sistema produtivo e a proposta de trabalho.

#### 3.1 PERFIL DA EMPRESA E AMBIENTE DE ESTÁGIO

A Mundial S.A é o resultado da incorporação da Zivi S.A. Cutelaria e das operações da Hércules S.A. Fábrica de Talheres na Eberle S.A. Desde a sua fundação, em 1896, a empresa passou por inúmeras transformações, buscando adaptar seu portfólio de produtos e marcas às necessidades dos mercados em que atuava. A Eberle S.A foi fundada em 02 de abril de 1896 por Abramo Eberle, fabricando lamparinas na pequena funilaria, na cidade de Caxias do Sul. Em 1918, a empresa Abramo Eberle & Cia, iniciou a fabricação de talheres, objetos de cutelaria e pertences para mesa. Já entre 1923 e 1928 foi instalada a primeira forjaria da Eberle com a fabricação de lâminas para facas e espadas para as forças armadas, com a inauguração da fábrica de botões de pressão e rebites ocios.

Paralelamente, a Zivi, outra vertente da Mundial, fundada por Paul Zivi, iniciou suas atividades especializando-se em cutelaria fina, na cidade de Porto Alegre. Já na década de 30, saíam das linhas de produção as primeiras tesouras e facas forjadas. Em 1936, a Zivi deu origem a Hércules, primeira fabricante de talheres finos em aço inoxidável da América Latina.

Com o início da 2ª Guerra Mundial em 1939, as importações ficaram restringidas e a empresa Eberle começou a fabricar seus primeiros motores elétricos dando origem a mais uma fábrica em Caxias do Sul. O fim da guerra trouxe um momento de expansão na economia. Visando substituir as importações, em 1947, iniciou-se a produção de talheres, tesouras, facas, máquinas de uso doméstico, artigos para montaria e estampados em geral.

A percepção de que o mercado têxtil teria grande potencial ensejou a criação da fábrica de componentes de fixação produzindo botões, ilhoses, rebites, fivelas, entre outros, em 1974. Com êxito, em 1982 esta fábrica foi ampliada para permitir um incremento

significativo de produção e ampliar seu leque de produtos. No ano de 1985 a Zivi-Hércules adquiriu a empresa Eberle, surgindo então o Grupo Zivi-Hércules-Eberle. Iniciou-se um período de mudanças em ambas as companhias. Estas mudanças se prolongaram por quase uma década. Entre 1994 e 2003 o então denominado Grupo Eberle-Mundial passou por uma reorganização estratégica e societária dando origem à Mundial S.A Produtos de Consumo, denominação pela qual é atualmente conhecida.

Atualmente a Mundial S.A é constituída por diversas divisões, entre elas: Personal Care, Creative, Eberle Fashion, Hércules Gourmet, Syllent e Impala. Seu princípio é ser uma empresa globalizada com destacada atuação nos principais mercados, financeiramente saudável, gerenciando e comercializando produtos e serviços com marcas desejadas e valiosas. Seus valores são o de perseverança, ousadia e criatividade.

O presente trabalho foi desenvolvido na divisão Eberle Fashion, localizada em Caxias do Sul, Rio Grande do Sul, no setor de banhos. Com receita líquida anual girando em torno de R\$ 182 milhões, área construída de 24,948 mil metros quadrados e 781 colaboradores, dentre os quais 7 projetistas, 7 engenheiros de produção, 32 técnicos e 27 controladores da qualidade, esta divisão tem capacidade fabril para mais de 400 milhões de peças por mês e seu Sistema de Gestão da Qualidade que está em conformidade com os requisitos da norma NBR ISO 9001:2008 está se preparando para se certificar na norma NBR ISO 14001. O Apêndice A apresenta seus produtos, tais como: botões de casear, fixos, flexíveis, pressão e magnéticos, rebites, ilhoses, diversos (passadores, fivelas, pingentes e colchetes) e grampos. (MUNDIAL SA, 2017).

O trabalho foi desenvolvido na linha 5323 do setor de banhos, envolvendo as áreas de engenharia de processos, PCP, manutenção e laboratório, juntamente com funcionários e coordenadores do setor em estudo. A Figura 4 apresenta de forma ilustrativa a estrutura organizacional da empresa que conta com um Diretor Fashion, abaixo dele está o Gerente de P&D, os Gerentes Comerciais e o Gerente Industrial que é responsável pelo setor de banhos.

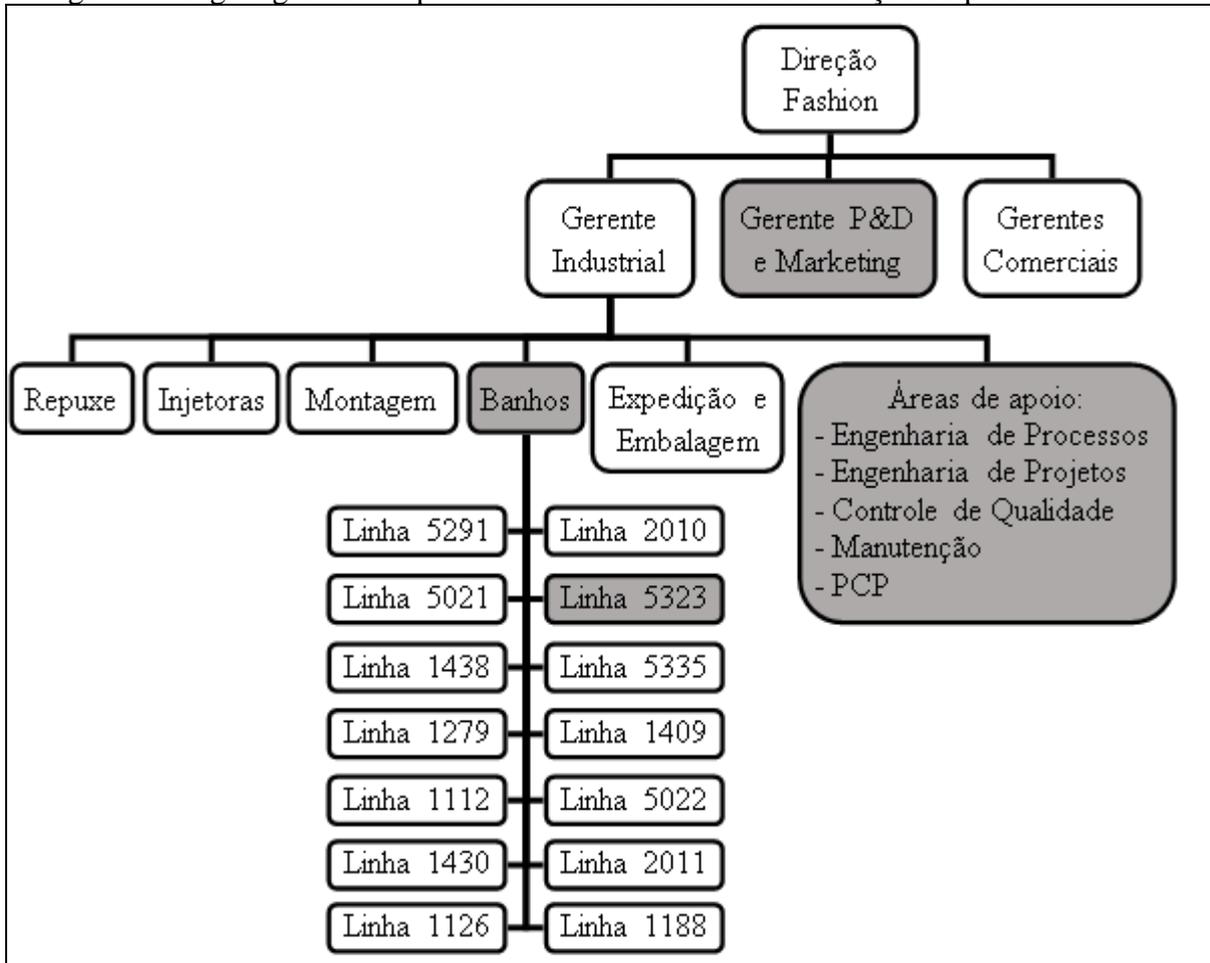
### 3.2 DESCRIÇÃO DOS PRODUTOS PRODUZIDOS

A linha 5323 de banho rotativo, de forma automática e através de receitas disponíveis em seu *software*, faz a deposição de camada de níquel sobre a superfície metálica dos componentes dos botões. Este processo é aplicado somente nos componentes dos botões que possuem o material base em aço, necessitando a deposição do cobre alcalino anteriormente ao processo referido, em latão bruto, e principalmente em zamac, também com

a necessidade de aplicação do cobre alcalino anteriormente ao processo em estudo, conforme a Figura 5.

As características deste processo serão apresentadas nas seções seguintes.

Figura 4 - Organograma compacto destacando os setores de atuação do presente trabalho



Fonte: Adaptado de Mundial S.A (2017).

### 3.3 CARACTERÍSTICAS DO BANHO DE NÍQUEL

O banho de níquel é um acabamento liso e brilhante. Através de eletrólise, passagem de corrente elétrica contínua por uma solução que contém partículas ionizáveis, se faz a aplicação de uma camada de níquel sobre a superfície de peças para dar proteção e acabamento decorativo. Na questão de proteção, a linha 5323, deposita 2,5  $\mu\text{m}$  de camada de níquel nas peças garantindo a resistência ao teste *Salt Spray* de 2 horas para o aço, 12 horas para o zamac e 24 horas para o latão. Já como acabamento decorativo, o banho referido pode ser utilizado como acabamento final ou intermediário para outros acabamentos dependendo da solicitação de acabamento realizada pelos clientes da empresa em estudo.

Figura 5 - Os três materiais base níquelados pela linha 5323 e a necessidade de aplicação de processos anteriores

	Aço	Latão	Zamac
Bruto			
Cobre Alcalino		Não se aplica	
Níquel Brilhante			

Fonte: Autor (2017).

### 3.3.1 Principais insumos utilizados e seus respectivos custos e consumos.

A linha automática 5323 da empresa Mundial S.A foi construída em 2006 com um investimento de 1,5 milhão de reais em equipamentos. Operada por um colaborador em cada um dos três turnos de trabalho, esta linha necessita de diversos insumos para depositar o metal níquel sobre a superfície de suas peças. Dentre estes insumos, pode-se destacar como principais os ânodos de cobre e os ânodos de níquel. Porém para realizar todo o processo de deposição de níquel nesta linha, são necessários insumos para as três etapas de tratamento das peças, conforme descritos na Tabela 1.

Para a primeira etapa de tratamento também conhecida como pré-tratamento são utilizados insumos para o desengraxe, a ativação e lavagem das peças. A segunda etapa de tratamento é conhecida como deposição de metais, onde é feita a utilização de insumos para as deposições do cobre ácido e do níquel brilhante. Já a terceira e última etapa de tratamento, também conhecida como pós-tratamento, utiliza insumos para a limpeza e lavagem posterior a segunda etapa de tratamento.

Os insumos de instalação como a energia elétrica, água tratada e vapor de aquecimento são utilizados por todas as três etapas mencionadas anteriormente.

Tabela 1 - Descrição, quantidade e custos dos insumos utilizados pela linha 5323

Item	Insumos	Uni.	Consumo Médio	Custo/Uni.	Custo Médio
Níquel brilhante (600 L)	Ânodo de níquel	kg	200	R\$ 42,50	R\$ 8.500,00
	Sulfato de níquel	kg	133,5	R\$ 14,47	R\$ 1.931,75
	Cloreto de níquel	kg	97,5	R\$ 17,93	R\$ 1.748,18
	Ácido bórico	kg	45	R\$ 3,89	R\$ 175,05
	Abrilhantador trolume	l	143,39	R\$ 25,63	R\$ 3.675,20
	humectante Ni 86	l	143,39	R\$ 6,15	R\$ 881,88
	Nivelador A-5	l	172,07	R\$ 13,71	R\$ 2.359,13
Cobre ácido	Anodo de cobre	kg	142	R\$ 19,27	R\$ 2.736,34
	Sulfato de cobre	kg	279,5	R\$ 5,93	R\$ 1.657,44
	Ácido clorídrico	l	2,08	R\$ 0,72	R\$ 1,49
	Ácido sulfúrico	l	192	R\$ 0,73	R\$ 140,16
	Mix	l	15,28	R\$ 31,42	R\$ 480,03
	Abrilhantador	l	4,37	R\$ 24,91	R\$ 108,74
	Desengraxe	Químico Politex P3VR 50/1	kg	147,5	R\$ 9,91
Eletrolítico - DexocleanAZ25		kg	203	R\$ 6,11	R\$ 1.240,33
Ativação	Ácido sulfúrico	l	270	R\$ 0,73	R\$ 197,10
	Ácido tartárico	l	56,25	R\$ 18,77	R\$ 1.055,81
Lavagem	Água tratada	m <sup>3</sup>	1.652,20	R\$ 5,50	R\$ 9.087,10
Instalações	Energia elétrica	kW/h	4.083,60	R\$ 0,23	R\$ 955,56
<b>Total</b>					<b>R\$ 38.393,00</b>

Fonte: Adaptado de Mundial SA (2017).

De acordo com a Tabela 1, são gastos mensalmente R\$ 38.393,00 de insumos para o total funcionamento da linha de produção 5323.

### 3.3.2 Processo de banho de níquel na linha 5323

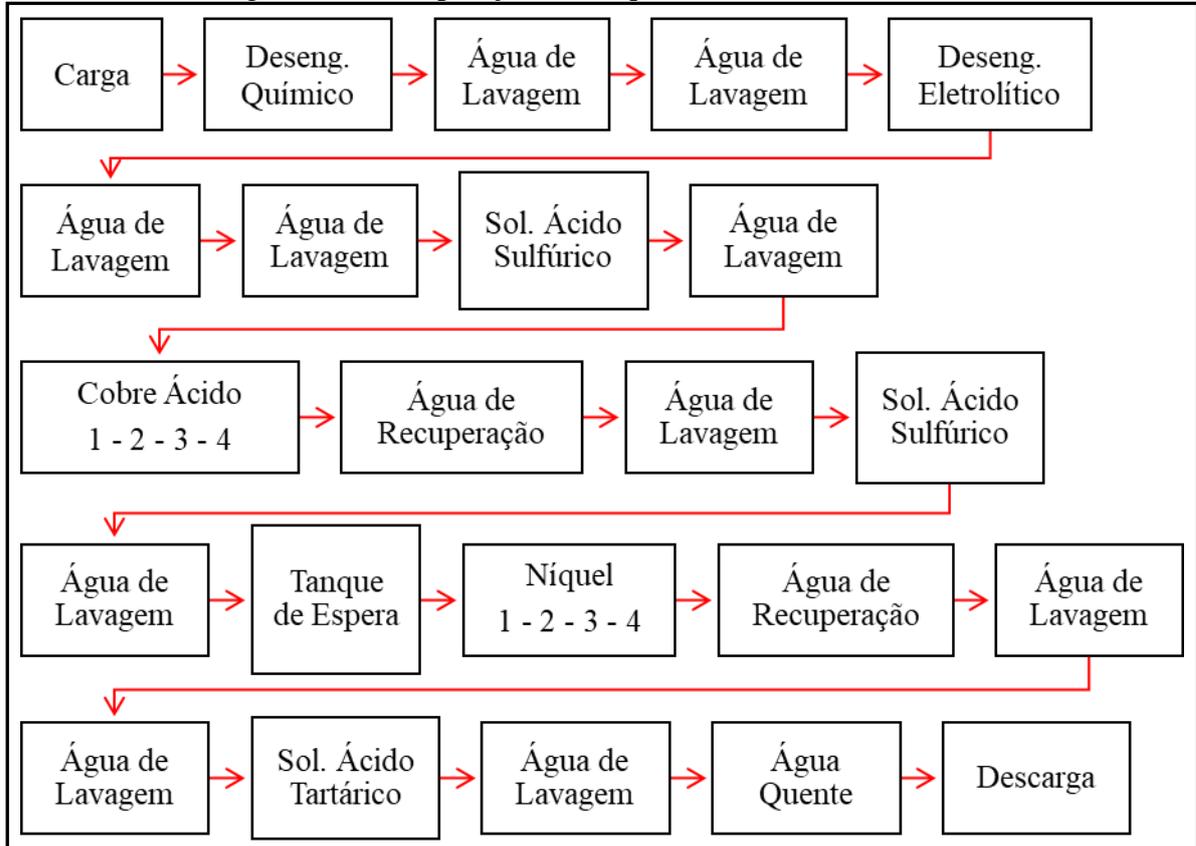
A Linha 5323 de níquel dispõe de 29 posições de sequenciamento para a realização do processo de eletrodeposição dos metais nas peças, conforme demonstrado na Figura 6.

De acordo com a Figura 6, a linha 5323 é disposta por 29 posições de sequenciamento distribuídas da seguinte forma:

- a) 26 posições são de tanques de polipropileno com capacidade para 600 litros de solução;
- b) 1 posição para carregamento ou alimentação da linha;
- c) 1 posição para descarregamento das peças prontas;

- d) 1 posição de espera que contém um tanque de 600 litros vazio para a troca de carro operador.

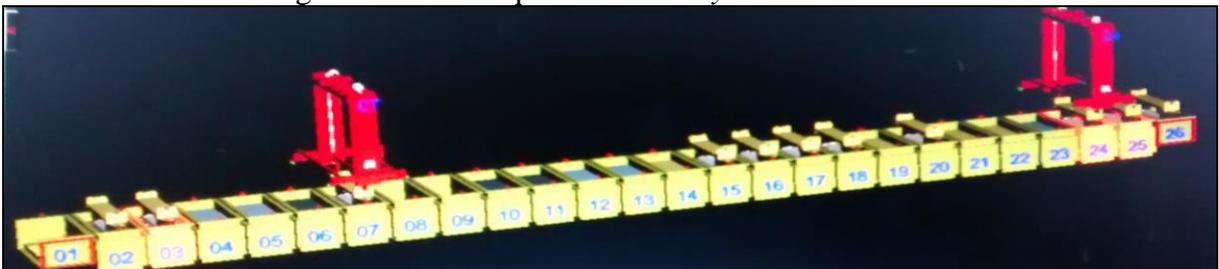
Figura 6 - As 29 posições de sequenciamento da linha 5323



Fonte: Autor (2017).

Todas as posições mencionadas anteriormente possuem equipamentos como suporte para o tambor com apoio tipo cunha em polipropileno e contatos elétricos para a rotação dos tambores. A Figura 7 apresenta de forma esquemática o *layout* da linha, sendo que esta difere da linha em estudo apenas na quantidade de posições. A que está em estudo possui 29 posições e dois carros operadores enquanto que a da Figura 7 possui 26 posições e dois carros operadores.

Figura 7 - Vista esquemática do *layout* da linha 5323



Fonte: Adaptado de Mundial S.A (2017).

As seguintes seções descrevem detalhadamente cada uma das 29 posições de sequenciamento da linha em estudo.

### **3.3.3 Posição de carga**

O processo de banho de níquel se inicia na posição de carga, local onde ocorre a alimentação ou carregamento da linha e a predefinição das cargas a serem produzidas (quantidade de peças a ser carregada em cada tambor da linha, a escolha adequada da receita a ser utilizada para o material base a ser produzido e a verificação da qualidade do cobre depositado sobre a superfície das peças de material base zamac). A referida verificação da qualidade do cobre é executada para evitar a contaminação dos banhos de níquel devido ao próprio zamac, falhas de carga e variações de tonalidade.

O carregamento das peças nesta posição é realizado pelo funcionário da linha em um tambor de polipropileno, caso este carregamento exceda o tempo de 2 minutos, o tempo de ciclo das cargas será diretamente afetado.

Após o carregamento, as peças são transportadas automaticamente para a posição seguinte. Caso as posições de cobre ácido estejam cheias, o tambor de peças contido nesta posição ficará bloqueado até que seja liberado pelo menos uma das referidas posições de cobre ácido.

### **3.3.4 Posição de desengraxe químico**

A posição de desengraxe químico é utilizada apenas para a receita que produz peças cujo o material base é latão. Através da combinação de compostos alcalinos e a ação de diversos sais, hidróxidos, carbonatos, silicatos, trifosfatos, boratos, pirofosfatos, que são misturados com materiais sintéticos tensoativos e sabões em um tanque de 600 litros, é realizada a remoção grosseira de óleos e sujidades destes. O transporte do tambor de peças para esta posição é realizado automaticamente e o processo de desengraxe químico ocorre sem agitação, durante 300 minutos com temperatura de 60 °C.

Para assegurar a eficiência desta posição são realizadas, filtrações, análises e correções da concentração desta solução. Em relação às análises e correções, estas são realizadas uma vez ao dia pelo próprio laboratório da empresa através do método de densidade da solução. Enquanto que as filtrações são realizadas pelos preparadores por intermédio de bombas filtro disponíveis na linha.

### **3.3.5 Posições de água de lavagem**

As posições de água de lavagem são responsáveis pela remoção de resíduos desprovidos do processo de tratamento químico anterior. Para as posições de água de lavagem consecutivas, os tanques de banho possuem um sistema de lavagem em cascata utilizada para diluir o contaminante. Neste processo, a água entra no último tanque de água de lavagem e retorna até o primeiro tanque da mesma, localizado após o processo de tratamento químico, saindo para a estação de tratamento. O transporte do tambor de peças para esta posição é realizado automaticamente. A cada posição de lavagem a limpeza das peças é realizada sem agitação, em temperatura ambiente durante 30 segundos.

A água tratada utilizada pela empresa em estudo é fornecida pelo Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto (SAMAE), que abastece em torno de 1.652,20 m<sup>3</sup> de água a cada mês.

### **3.3.6 Posição de desengraxe eletrolítico**

A posição de desengraxe eletrolítico é utilizada somente para a receita que produz peças de latão niqueladas. Neste processo são removidas as sujidades das peças através da aplicação de corrente elétrica. Com o auxílio de placas de aço inoxidável, a remoção das sujidades se dá pela reversão de corrente elétrica, ou seja, as peças funcionam como ânodos nos banhos e a corrente das placas de inox como cátodo, formando uma grande quantidade de hidrogênio que se desprende juntamente com as sujidades, ocasionando então a oxidação das impurezas presentes na peça.

O tambor de peças é transportado automaticamente para esta posição de pré-tratamento que ocorre durante 90 segundos, à temperatura de 60 °C e sem agitação. Uma vez que é a última etapa de remoção de óleos e sujidades destes óleos, esta posição é importante para a limpeza e remoção das sujidades leves ainda existentes na superfície das peças. Caso ocorram falhas neste processo e as sujeiras não consigam ser removidas de forma correta, ocorrerão problemas de contaminações dos processos seguintes.

Para assegurar a eficiência desta posição são realizadas filtrações, análises e correções da concentração desta solução. As referidas análises e correções são realizadas uma vez ao dia pelo próprio laboratório da empresa, através do método de densidade da solução. Ao passo que as filtrações são realizadas pelos preparadores através de bombas filtro disponíveis na linha.

### 3.3.7 Posições de solução de ácido sulfúrico

As posições de solução de ácido sulfúrico são utilizadas para a remoção de oxidações e impurezas orgânicas, como as carepas de laminação e recozimento, camadas de oxidação (ferrugem), crostas de fundição e incrustações superficiais. O tambor de peças é transportado automaticamente para esta posição, entretanto ele somente entrará nesta posição se existir ao menos uma posição de cobre ácido disponível. Esta operação de remoção de óxidos é realizada em temperatura ambiente, sem agitação e durante o período de 90 segundos.

Esta é a última etapa de pré-tratamento sendo comum a todas as receitas de materiais bases aço, latão e zamac disponíveis na linha de produção em estudo. Por isto, é muito importante garantir a eficiência deste processo. Caso ocorram falhas neste processo, o resultado destas poderá ser problemas de falta de aderência do níquel sobre as peças bem como manchas.

Afim de assegurar a eficiência deste processo, os preparadores das soluções, também conhecidos como auxiliares do laboratório, fazem a análise diariamente desta solução. Nas referidas soluções não são realizadas as correções de concentração, mas sim a troca da solução que ocorre conforme o resultado da análise.

### 3.3.8 Posições de cobre ácido

As posições de cobre ácido são utilizadas apenas para as peças de aço e zamac, porém, devido a um erro do *software*, as peças de latão também passam por estas posições sem realizar a deposição. Esta etapa do processo é utilizada para dar brilho e nivelamento ao cobre alcalino presente na superfície das peças. O tambor de peças é transportado automaticamente para estas posições das quais, com agitação, realizam à temperatura de 22 °C o procedimento de deposição de cobre ácido. É importante mencionar que neste procedimento pode ocorrer a variação de tempo, uma vez que este depende da receita que for selecionada.

O tambor de peças só sairá destas posições se houver ao menos uma posição de níquel disponível. Com o auxílio de equipamentos, tais como, barramentos elétricos, cestos de titânio, bombas dosadoras, controladores de dosagem, retificadores, bombas filtro, cabos elétricos de 240 mm<sup>2</sup>, tubulações de polipropileno para a exaustão e um mini compressor, a deposição de cobre ácido ocorre a frio. Entretanto, conforme a passagem de corrente elétrica que ocorre durante a deposição do cobre a solução vai aquecendo. Por este motivo, faz-se

necessário o resfriamento desta solução. Já a agitação é realizada através de ar comprimido, gerado pelo mini compressor implantado ao lado da linha.

Para assegurar a eficiência desta posição são realizadas, filtrações, análises e correções da concentração desta solução. As análises e correções são realizadas pelo próprio laboratório da empresa três vezes por semana, através do método de titulação da solução. Enquanto que as filtrações são realizadas por intermédio de bombas filtro disponíveis na linha.

### **3.3.9 Posições de água de recuperação**

As posições de água de recuperação são utilizadas para recuperar o pouco de solução do metal de sacrifício que é arrastada juntamente com as peças ao serem retiradas do tanque. O tambor de peças é transportado automaticamente para estas posições, para realizar em temperatura ambiente, sem agitação e durante 30 segundos a remoção da solução de banho de sacrifício que foi arrastada pelo tambor de peças. Geralmente estas posições ficam localizadas especificamente após as soluções de banho de sacrifício.

Quando houver a necessidade de nivelar o banho de sacrifício, ou seja, os banhos de cobre ou os banhos de níquel, usa-se a água de recuperação já que está contém certa quantidade destas soluções. Cabe ressaltar que é um método de reaproveitamento utilizado pela empresa em estudo.

### **3.3.10 Posição de tanque de espera**

A posição de tanque de espera é um tanque da linha vazio no qual é utilizado para retornar automaticamente o tambor de peças já vazio da posição de descarga para a posição de carga. Para fazer este retorno é necessário trocar de carro operador o tambor de peças.

A necessidade dessa troca de carro operador será detalhada na seção 3.3.17.

### **3.3.11 Posições de níquel**

As posições de níquel são utilizadas para todos os materiais bases, ou seja, para todas as receitas disponíveis na linha, o tambor de peças é transportado automaticamente para a realização da deposição de níquel à temperatura de 60 °C e sem agitação. Com o auxílio de equipamentos, tais como barramentos elétricos, cestos de titânio, bombas dosadoras,

controladores de dosagem, retificadores, bombas filtro, cabos elétricos de 240 mm<sup>2</sup> e tubulações de polipropileno para a exaustão, esta etapa do processo é utilizada para dar proteção e/ou aspecto decorativo nas peças e o tempo de operação deste processo varia conforme a receita selecionada.

Para assegurar a eficiência desta posição são realizadas filtrações, análises e correções da concentração desta solução. As análises e correções desta solução são realizadas pelo próprio laboratório, uma vez por semana, através do método de titulação da solução. Já as filtrações são executadas por preparadores por intermédio de bombas filtro disponíveis na própria linha.

### **3.3.12 Posição de solução de ácido tartárico**

A posição de solução de ácido tartárico é comum a todas as receitas disponíveis na linha de produção em estudo. A função desta posição é a de neutralizar o níquel depositado sobre a superfície das peças independente do material base, ou seja, ocorre um procedimento de limpeza do níquel depositado durante 60 segundos à temperatura ambiente e sem agitação, de limpeza do níquel depositado. O tambor de peças é transportado automaticamente para esta posição para realizar a etapa de limpeza, nesta se eliminam as sujidades provenientes do banho de níquel. Esta limpeza tem por objetivo evitar manchas amareladas visíveis sobre a superfície das peças niqueladas após o processo de secagem.

Para assegurar a eficiência deste processo, os preparadores das soluções ou auxiliares do laboratório, fazem diariamente a análise desta solução através do método de titulação. Caso esta solução esteja fraca, não são realizadas as correções de concentração, mas sim a troca da referida.

### **3.3.13 Posição de água quente**

A posição de água quente é comum a todas as receitas disponíveis na linha de produção. O tambor de peças é transportado automaticamente para esta posição para realizar a última etapa de limpeza após o banho de níquel. Sem agitação e à temperatura de 60 °C, este processo é realizado durante 60 segundos, a fim de eliminar possíveis indícios de cianeto provenientes dos banhos de níquel. Fornecida pela empresa SAMAE, a água tratada fica constantemente em renovação, sendo que para garantir o baixo nível de impureza desta posição, faz-se necessário realizar a troca ao menos uma vez por semana.

### **3.3.14 Posição de descarga**

O tambor de peças é transportado automaticamente para esta posição, uma vez que aqui ocorrerá o descarregamento de peças já niqueladas. Esta é a última posição de sequenciamento da linha de produtos em estudo e é comum a todas as receitas disponíveis na linha 5323.

O descarregamento é realizado manualmente pelo funcionário da linha, caso este exceda o tempo de carregamento que é de 2 minutos, o tempo de ciclo das cargas será diretamente afetado. Após o descarregamento, o funcionário transporta manualmente as peças para máquinas centrífugas, para secar à temperatura de 60 °C durante 15 minutos. O calor destas máquinas é gerado através de serpentinas elétricas.

### **3.3.15 Aquecimento ou resfriamento das soluções**

Para a linha 5323 o aquecimento é utilizado somente para as posições de desengraxe químico, desengraxe eletrolítico, níquel e água quente. Este aquecimento é realizado através de vapor que circula pelo interior de uma serpentina de inox imersa em cada tanque de banho. O vapor é gerado por uma caldeira movida a lenha, esta consome 550 m<sup>3</sup> de lenha por mês e é responsável pelo aquecimento de 90 tanques distribuídos entre as 17 linhas do setor de banhos, sendo 14 linhas de banhos rotativos e 3 capelas de oxidações.

O resfriamento ou refrigeração utilizado pela linha 5323 é empregado somente para as posições de cobre ácido. Este resfriamento é realizado através da passagem de água gelada pelo interior de uma serpentina de inox imersa nesta solução. A água gelada é fornecida por uma unidade refrigeradora de líquidos da marca Qualiterme de 60000 BTU, esta é responsável pelo resfriamento de 32 tanques distribuídos entre as 17 linhas do setor de banhos. Para controlar a temperatura destas posições são necessários equipamentos, tais como sonda de temperatura, válvula Ascoval série 423272 ¾" com potência de 10,5 Watt e relógio controlador de temperatura da marca Tholz.

### **3.3.16 Método de análise das soluções químicas**

A análise das posições de desengraxe químico e desengraxe eletrolítico é realizada pelo método de análise por densidade de líquidos pesados, também conhecida como Graus de *Baumé*. Neste método a solução de desengraxe é posta em proveta graduada e posteriormente

é inserido um areômetro de *Baumé*. O resultado esperado desta medição é sete Graus de *Baumé*. O método de análise por titulação utilizada para as soluções de ácido sulfúrico, cobre ácido, níquel e ácido tartárico tem por objetivo quantificar a capacidade de uma substância de se combinar com outra. Esta titulação consiste em adicionar controladamente, por intermédio de uma bureta, uma solução sobre outra, que normalmente está em um balão de *Erlenmeyer*, até que a reação se complete. Uma das soluções tem que ter a concentração exatamente conhecida e a concentração da outra solução é determinado por comparação.

O ponto onde ocorre o fim da reação é chamado ponto de equivalência ou ponto final teórico. O fim da titulação deve ser identificado por alguma mudança no sistema que possa ser perceptível ao olho humano ou a algum equipamento de medida. Nas titulações visuais usa-se um reagente auxiliar, o indicador, que deverá provocar uma mudança visual na solução que está sendo titulada, devida a uma reação paralela deste com o titulante.

### 3.3.17 Movimentações automáticas

As movimentações automáticas de subida, descida e transporte dos tambores de peças de uma posição a outra, são realizadas por dois carros operadores, conforme mostrado na Figura 8. Cada carro operador opera somente até a metade do percurso da linha, sendo o carro operador um responsável pelas movimentações ocorrentes desde a posição de carga até a posição de tanque de espera. Já o carro operador dois é responsável pelas movimentações ocorrentes desde as posições de cobre ácido até a posição de descarga.

Figura 8 - Carro operador



Fonte: Adaptado de Mundial S.A (2017).

Os carros operadores realizam estas movimentações através de receitas e tempos programados no *software* da linha pela empresa CVK. Enquanto que a sequência química é definida pelo laboratório da empresa em estudo.

Por conta das inúmeras tarefas de movimentação, na maioria dos casos, o tempo de processamento de uma operação é excedido. Quando este fato ocorrer, o tempo de processamento das posições anteriores dependentes desta posição também serão afetados.

A programação da linha será detalhada na seção 3.3.18.

### 3.3.18 Programação da linha 5323

A Linha Automática 5323 de banho galvânico de níquel, utiliza o programa *WinRobot* para gerenciar todas as movimentações dos eixos x-y-z e controlar os tempos, as receitas, os retificadores e os ciclos de banho.

Fornecido pela empresa CVK Automação e instalado em um computador pessoal com sistema operacional *Windows 98*, este programa utiliza como linguagem a programação *Delphi*<sup>2</sup>, que interage com o Controlador Lógico Programável (CLP) *Allen-Bradley*, modelo SLC 500, para executar os comandos vindos do programa. O CLP utiliza a programação *Ladder*<sup>3</sup>. Toda a parte de programação da linha foi feita de acordo com as receitas e tempos de cada processo pré-definidos pelo Laboratório da empresa Mundial S.A, conforme descrito na Tabela 2.

De acordo com a Tabela 2, o sequenciamento e os tempos de cada receita utilizada pela linha. Estas receitas são definidas de acordo com material base a ser processado, ou seja, cada material base possui um código de receita. Os códigos de receita são definidos como sendo o 3 para peças de aço, o 7 para peças de latão, o 21 para peças de zamac e o 99999999 para os casos em que se faz necessário trocar o tambor inadequado para determinada peça a ser carregada.

As posições de cobre ácido e de níquel são equipadas com quatro tanques de solução para cada uma destas posições, por este motivo os tempos de deposição estão divididos por quatro. Outro fator que também foi levado em consideração é o tempo de gotejamento, sendo atribuído para todas às posições de sequenciamento de cada receita.

---

<sup>2</sup> O *Delphi* é uma ferramenta de desenvolvimento de aplicativos baseada na linguagem *Object Pascal* (BARCELOS, 2012).

<sup>3</sup> A linguagem *ladder* é baseada no princípio de contatos elétricos. Cada um dos componentes pode possuir um número infinito de contatos que são limitados pela capacidade de memória do controlador programável (NUNES, 2012).

Tabela 2 - Receitas disponíveis na linha 5323

Cód. de Receita	3	7	21	99999999
Posições	Aço	Latão	Zamac	Tambor Vazio
Carga	00:01:00	00:01:00	00:01:00	00:01:00
Desengraxe Químico	-	00:05:00	-	-
Água de Lavagem	-	00:01:00	-	-
Água de Lavagem	-	00:01:00	-	-
Desengraxe Eletrolítico	-	00:01:30	-	-
Água de Lavagem	-	00:01:00	-	-
Água de Lavagem	-	00:01:00	-	-
Sol. Ácido Sulfúrico	00:01:30	00:01:30	00:01:30	00:00:00
Água de Lavagem	00:01:00	00:01:00	00:01:00	00:00:30
Banho de Cobre Ácido 1, 2, 3, 4	00:08:45	00:00:30	00:15:00	00:00:00
Água de Recuperação	00:01:00	00:01:00	00:01:00	00:01:00
Água de Lavagem	00:01:00	00:01:00	00:01:00	00:01:00
Sol. Ácido Sulfúrico	00:01:30	00:01:30	00:01:30	00:00:00
Água de Lavagem	00:01:00	00:01:00	00:01:00	00:01:00
Espera	00:01:00	00:01:00	00:01:00	00:01:00
Banho de Níquel 1, 2, 3, 4	00:08:45	00:15:00	00:15:00	00:00:00
Água de Recuperação	00:01:00	00:01:00	00:01:00	00:01:00
Água de Lavagem	00:01:00	00:01:00	00:01:00	00:01:00
Água de Lavagem	00:01:00	00:01:00	00:01:00	00:01:00
Sol. Ácido Tartárico	00:01:00	00:01:00	00:01:00	00:01:00
Água de Lavagem	00:01:00	00:01:00	00:01:00	00:00:30
Água Quente	00:01:00	00:01:00	00:01:00	00:00:30
Descarga	00:01:00	00:01:00	00:01:00	00:01:00

Fonte: Adaptado de Mundial S.A (2017).

Por conta das limitações do *WinRobot*, quem faz a reprogramação da linha, as alterações no sequenciamento dos tanques, as trocas de processo ou a inserção de posições para os novos tanques de banho é a empresa CVK Automação. O sistema operacional desta linha não opera ciclicamente, ele opera por prioridade de tempo, ou seja, quando vencer o tempo de processamento da referida posição, o tambor com peças será retirado do tanque.

### 3.3.19 Limitações da linha 5323

A Linha em estudo possui algumas limitações que impactam diretamente no seu rendimento e são descritas como:

- a) limitação de volume de produção: o volume de peças produzidas por cada tambor desta linha é limitado a um recipiente padronizado por carga. Este parâmetro foi

determinado pelo laboratório uma vez que se detectou a presença de peças defeituosas em cargas contendo uma maior quantidade de peças;

- b) limitação para peças de aço: antes de serem carregadas, estas peças devem passar por uma linha de cobre alcalino anteriormente ao processo da linha em estudo, devido à falta de cobre alcalino nesta linha;
- c) limitação no *Software*: o *software* da linha não é flexível para a realização de testes, quando se faz necessário trocar a sequência química da linha para testar um novo produto, esta deve ser feita manualmente ou reprogramada pela empresa CVK Automação. Outra limitação do mesmo é de que este não comporta a inserção de dispositivos extras, tais como: controles de temperatura e bombas filtrantes para os banhos, impossibilitando o gerenciamento dos mesmos de forma automática. Também se pode destacar a dificuldade de se contabilizar a quantidade de cargas produzidas em cada turno, uma vez que nos relatórios gerados pelo *software* estão dispostos em pastas diárias contendo o arquivo em pdf de cada carga produzida pela linha.

### 3.3.20 Manutenção da linha 5323

A linha em estudo possui um cronograma de manutenção, desenvolvido pelas áreas de manutenção e laboratório, este cronograma tem por objetivo suprir suas necessidades de reposição de insumos consumidos por soluções químicas e reposição de peças para equipamentos degradados por conta da fadiga ou ambiente e condições climáticas onde estes estão operando. A Figura 9, apresenta este cronograma de manutenção.

Figura 9 - Cronograma de manutenção da linha 5323

MANUTENÇÃO	TURNO			DIA DA SEMANA							EXECUTANTE
	1º	2º	3º	segunda	terça	quarta	quinta	sexta	sábado	domingo	
Troca de cabos dos tambores			x						x		manutenção
Troca das águas de lavagem		x	x						x	x	operador
Troca dos ácidos		x	x			x				x	operador
Troca dos desengraxantes		x							x		operador
Limpeza dos contatos de giro dos tambores	x			x							operador
Limpeza dos barramentos de níquel			x							x	preparador
Limpeza dos barramentos de cobre			x							x	preparador
Reposição de ânodos de cobre	x					x					oper./prepar.
Reposição de ânodos de níquel			x							x	oper./prepar.
Limpeza da chapa do desengraxante eletrolítico			x							x	preparador
Reforço do banho de níquel		x				x					preparador
Reforço do banho de cobre		x				x					preparador

Fonte: Autor (2017).

De acordo com a Figura 9, pode-se verificar que para as atividades que necessitam de conhecimento técnico ficam a cargo da manutenção, sendo que as demais atividades são realizadas por operadores e por auxiliares do laboratório conhecidos como preparadores de soluções. Os preparadores são responsáveis por gerenciar o estoque de insumo e preparar os reforços das soluções.

Ainda em relação ao cronograma acima, também pode-se verificar que o primeiro turno executa apenas duas atividades de manutenção, tais como limpeza dos contatos de giro dos tambores e reposição de ânodos de cobre, ou seja, é o turno que possui o menor número de perdas por paradas da linha para a execução da manutenção. Desta forma, entende-se que o primeiro turno possui o maior L-IROG dentre os três turnos de operação da linha.

### 3.4 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

A empresa em estudo reconhece que possui perdas em seu processo produtivo que acarretam atrasos na entrega, prazos de entregas longos e com consequentes reclamações de clientes. O prazo de entrega desejado pelos clientes é de até 12 dias úteis, sendo que atualmente apenas se consegue alcançar entre 16 e 20 dias úteis. É de conhecimento que isto ocorre por conta das perdas relacionadas aos equipamentos.

Com relação à linha em estudo, pode-se destacar perdas por quebra devido a falhas do equipamento ocorrentes pelo elevado tempo de retorno da solicitação de manutenção, falta de peças para a reposição e dificuldade de acesso aos equipamentos por conta de problemas de *layout*. Aliado a isto também as perdas durante a mudança de linha ocorridas quando os funcionários interrompem a alimentação das linhas para transportar os itens para as operações seguintes, originando bloqueios de posições de sequenciamento e aumento do tempo decorrente entre a operação precedente até o início da operação subsequente. Sem esquecer das perdas por pequenas paradas e operação em vazio, ocasionadas por erros apresentados pelo *software* do Controlador Lógico Programável (CLP) da linha em estudo e perdas de redução da velocidade de operação causadas pela ausência de limpeza de barramentos e contatos elétricos das linhas de banho e a falha na reposição de insumos nas soluções devido a equipamentos defeituosos.

Existem também perdas por defeitos de qualidade e retrabalhos responsáveis pela produção de itens defeituosos por conta da contaminação dos banhos, mistura inadequada de lotes para a produção da carga, seleção inadequada de receitas de banho e falhas de equipamentos. Os procedimentos para controlar os defeitos de qualidade e retrabalhos gerados

pelo setor de banhos são pouco eficientes e tão pouco executados. Logo, ocasionam problemas no controle dos estoques de matérias-primas e impossibilidade de trabalhos de melhoria, pois sem a execução dos mesmos não se sabe ao certo quais são os motivos que mais geram sucata e conseqüentemente suas origens.

Para agilizar a entrega, a empresa possui estoque de peças entre processos, elevando o custo de produção, utilizando recursos e espaços que poderiam estar sendo mais bem aproveitados. O primeiro estoque intermediário antecede o setor de galvanoplastia. Neste estoque se encontram itens básicos, tendo como configuração por parte do cliente apenas o acabamento superficial, ou ainda itens que receberão o acabamento niquelado para montagens posteriores. Enquanto que o segundo estoque é composto por itens utilizados na montagem automática, já com o acabamento niquelado ou, em alguns produtos, latão bruto. Já o terceiro estoque encontra-se antes da expedição. É composto por componentes que formam conjunto com outros itens e que não recebem configuração por parte do cliente, ou por produtos com configurações básicas definidas pela empresa, para atender mercados que visam o preço e não a diferenciação.

Atualmente a capacidade produtiva da unidade não é conhecida. Não são executados cálculos para mensurar a eficiência produtiva nas linhas de banho rotativo automáticas e semiautomáticas do setor de banhos. Assim como em todas as linhas, a eficiência da linha 5323 também não é conhecida, o parâmetro utilizado como eficiência é uma meta estipulada através de uma média de cargas produzidas para cada turno de trabalho.

Os métodos de trabalho, no que diz respeito a parâmetros de processo para utilização dos equipamentos são definidos pelo laboratório da empresa, ficando a critério dos funcionários que operam as linhas estabelecerem a quantidade de cargas produzidas por cada turno de trabalho do setor em estudo.

Como mencionado anteriormente, existem perdas durante a mudança de linha, quando, por exemplo, o funcionário é quem desloca os itens prontos até a linha que executará a próxima operação, não existindo responsável específico para tal função, deixando máquinas paradas à espera da realização do *setup*. Por conta deste tipo de perda também podem ocorrer bloqueios entre posições já que a entrada de uma carga depende da liberação da posição pela carga anterior.

Desta forma, entende-se que a aplicação da métrica L-IROG na linha 5323 do setor de banhos terá contribuição no sentido de monitorar e identificar os fatores contribuintes das perdas da linha de produtos contínua, proporcionando um guia de informações sobre os aspectos do processo produtivo da linha que irá direcionar as ineficiências auxiliando os

engenheiros e a alta gerência no planejamento de estratégias de melhoria e na tomada de decisões. Contribuindo positivamente para a redução dos atrasos, a linha também poderá servir de modelo para o estabelecimento de planos que visem avaliar de forma geral a eficiência das demais linhas galvânicas do setor de banhos da empresa em estudo.

### 3.5 PROPOSTA DE TRABALHO

Com base na revisão bibliográfica, propõe-se a aplicação da métrica L-IROG na empresa em estudo, sendo planejada para ser executada em seis etapas, a seguir descritas:

- a) etapa 1 – cálculo do LITO;
- b) etapa 2 – cálculo do LPQP para latão;
- c) etapa 3 – cálculo do LPQP para zamac;
- d) etapa 4 – cálculo do LPQP para aço;
- e) etapa 5 – cálculo do L-IROG;
- f) etapa 6 – propostas de melhoria.

As seções que seguem descrevem o conteúdo de cada etapa.

#### 3.5.1 Etapa 1 - Cálculo do LITO

Nesta etapa, planejou-se elaborar o formulário para coletar os dados e calcular o LITO de toda a linha, já pensando que o referido seria igual para todos os tipos de materiais produzidos. Com a coleta de dados e os cálculos executados objetivou-se realizar as ponderações sobre o resultado obtido, com a finalidade de quantificar as perdas de disponibilidade da linha. Também planejou-se efetuar a análise de sensibilidade para identificar e mensurar as perdas contribuintes para a redução do LITO a cada posição de sequenciamento químico, destacado qual possui a maior perda relacionada a este índice.

#### 3.5.2 Etapa 2 - Cálculo do LPQP para o latão

Nesta etapa, planejou-se elaborar o formulário para coletar os dados e calcular o LPQP para a receita que produz o material latão, já pensando que o referido seria diferente aos variados materiais produzidos pela linha. Com a coleta de dados e os cálculos executados objetivou-se realizar as ponderações sobre o resultado obtido, para quantificar a perda de desempenho de qualidade de produção da linha para este material. Também planejou-se

efetuar a análise de sensibilidade para identificar e mensurar as perdas contribuintes para a redução do LPQP no latão a cada posição de sequenciamento químico, destacado para este material, qual é o índice e a posição que possui a maior perda contribuinte para a redução do L-IROG.

### **3.5.3 Etapa 3 - Cálculo do LPQP para o zamac**

Nesta etapa, similar ao material latão, planejou-se elaborar o formulário para coletar os dados e calcular o LPQP para a receita que produz o material zamac, já pensando que o referido seria diferente aos variados materiais produzidos pela linha. Com a coleta de dados e os cálculos executados objetivou-se realizar as ponderações sobre o resultado obtido, para quantificar a perda de desempenho de qualidade de produção da linha para este material. Também planejou-se efetuar a análise de sensibilidade para identificar e mensurar as perdas contribuintes para a redução do LPQP no zamac a cada posição de sequenciamento químico, destacado para este material, qual é o índice e a posição que possui a maior perda contribuinte para a redução do L-IROG.

### **3.5.4 Etapa 4 - Cálculo do LPQP para o aço**

Nesta etapa, similar ao material latão, planejou-se elaborar o formulário para coletar os dados e calcular o LPQP para a receita que produz o material aço, já pensando que o referido seria diferente aos variados materiais produzidos pela linha. Com a coleta de dados e os cálculos executados objetivou-se realizar as ponderações sobre o resultado obtido, para quantificar a perda de desempenho de qualidade de produção da linha para este material. Também planejou-se efetuar a análise de sensibilidade para identificar e mensurar as perdas contribuintes para a redução do LPQP no aço a cada posição de sequenciamento químico, destacado para este material, qual é o índice e a posição que possui a maior perda contribuinte para a redução do L-IROG.

### **3.5.5 Etapa 5 - Cálculo do L-IROG**

Nesta etapa, objetivou-se avaliar os dados coletados em termos de LITO e LPQP. Posteriormente, planejou-se executar o cálculo do L-IROG para auxiliar os engenheiros, encarregados, chefes de departamento e gerentes no entendimento do nível de desempenho da

manufatura e também na identificação de qual é a máxima eficácia possível da linha para cada material produzido. Além disso, a partir da mensuração do L-IROG, objetivou-se planejar e implantar um conjunto de melhorias que tenderá a ampliar a capacidade produtiva da referida através de ações que exigem baixo nível de investimento e que resultam em redução de atrasos e conseqüentemente aumento dos lucros.

### **3.5.6 Etapa 6 – Propostas de melhoria**

Nesta etapa, a partir dos resultados obtidos com os cálculos do LITO e LPQP, planejou-se reduzir as perdas contribuintes para a redução destes índices, através de um conjunto de ações de melhoria elaboradas para cada uma das propostas 1 e 2. Para a primeira proposta estima-se baixo valor de investimento e menor ganho de produtividade, enquanto que para a segunda, investimento e ganho de produtividade maiores.

Se implantada ao menos uma das propostas de melhoria, planeja-se aumentar o L-IROG de acordo com os resultados que serão apresentados no Capítulo 4.

## 4 APLICAÇÃO DA PROPOSTA DE TRABALHO

### 4.1 INTRODUÇÃO

Neste Capítulo é apresentada a aplicação da proposta de trabalho descrita no Capítulo 3, detalhando melhor, cada uma das seis etapas apresentadas e a aplicação das mesmas, na linha de produtos contínua de banho de níquel 5323.

### 4.2 PREMISSAS DO CÁLCULO EXECUTADO

Considerando que a linha em estudo opera de forma desigual para cada tipo de material base, o L-IROG foi calculado individualmente para o aço, o latão e o zamac, ou seja, conforme o material a receita utilizada possui sequência química e tempos diferenciados.

Como mencionado na revisão bibliográfica deste trabalho, para calcular o L-IROG se faz necessário calcular primeiramente o LITO e o LPQP. Por conta de a linha operar ciclicamente, as quebras, os *setups* e as modificações mensuradas pelo LITO afetaram igualmente o tempo de cada tanque de banho, por isso, o resultado encontrado para esta variável será o mesmo em todos os tanques de banho.

A variável LPQP é composta pela junção do LIPO com o LIPA. Por consequência de diferentes problemas, tempos e características proporcionados pela linha em cada ciclo de produção, o LIPO apresentará resultados diferenciados a cada etapa do processo. Por este motivo, faz-se necessário calcular o LIPO para cada posição da linha de banho. O LIPO foi calculado na seguinte sequência: latão, zamac e aço. O cálculo do LIPO foi realizado inicialmente para o latão por conta de ser o mais produzido conforme mostrado no Quadro 2.

Quadro 2 - Quantidade de cargas produzidas nos últimos quatro anos

CÓD. DA RECEITA	3	7	21	99999999
ITEM	AÇO	LATÃO	ETIQUETA ZAMAC / MOLAS	TAMBOR VAZIO
Cargas produzidas em 2014	774	3741	2723	235
Cargas produzidas em 2015	96	799	807	67
Cargas produzidas em 2016	452	10843	4099	583
Cargas produzidas em 2017	306	6498	2564	340
<b>TOTAL CARGAS</b>	1628	<b>21881</b>	10193	1225

Fonte: Adaptado de Mundial S.A (2017).

O LIPA pode ser igualmente calculado para todos os materiais base. Isto porque uma vez que a modificação é realizada na linha, afetará do mesmo modo todas as receitas disponíveis na linha.

#### 4.3 ETAPA 1 – CÁLCULO DO LITO

Para executar o cálculo do LITO, esta etapa do trabalho foi dividida em 5 passos. São eles:

- a) passo 1: Elaborar formulário para coleta de dados para o índice LITO;
- b) passo 2: Coleta de dados para o cálculo do LITO;
- c) passo 3: Cálculo do LITO;
- d) passo 4: Ponderações sobre o resultado obtido com o cálculo LITO;
- e) passo 5: Análise de sensibilidade para o LITO.

As seções que seguem descrevem cada um dos passos.

##### 4.3.1 Passo 1: Elaborar formulário para coleta de dados para o índice LITO

Com base no exemplo de aplicação da metodologia L-IROG descrita neste trabalho, juntamente com o conhecimento sobre o funcionamento e particularidades da referida linha em estudo, foi elaborada uma planilha contemplando todos os fatores responsáveis pela redução da disponibilidade da mesma, ou seja, uma lista organizada de forma estratégica para facilitar a coleta de dados referentes ao índice LITO, mostrada na Figura 10.

A planilha resultante mostrada na Figura 10, tem como objetivo analisar os fatores contribuintes para a redução da disponibilidade da linha, identificando o possível motivo causador de parada de cada posição de sequenciamento, bem como o tempo consumido para a execução das atividades de gerenciamento e manutenção periódica, quebras e *setups*. Também faz a mensuração do tempo no qual cada posição realmente operou. Para isto será descontando do tempo de calendário as perdas de tempo relacionadas às atividades de gerenciamento, atividades de manutenção periódica, quebras e *setups*.

De acordo com o objetivo desta planilha, se a referida linha 5323 de banho de níquel apresentar problemas de disponibilidade, ou seja, problemas externos ao seu fluxo de produção, mas que de alguma forma contribuem para a redução do LITO, estes fatores serão identificados, analisados e posteriormente serão sugeridas melhorias para reduzir os impactos causados por tais referidos fatores a disponibilidade da linha.

Figura 10 - Planilha utilizada para calcular o LITO

<b>LITO</b>						
<b>Linha:</b>			<b>Descrição do Item:</b>			
<b>Data:</b>			<b>Turno:</b> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/>		<b>Receita:</b>	
<b>Tempo de calendário (CT):</b>						
	Cálculo do PD		Cálculo do DT			
Posição	Atividade de Gerenciamento	Atividade de Manutenção Periódica	Quebras	Setup	Motivo da parada	Tempo no qual o equipamento realmente operou (OT)
Carga						
Desengraxe Químico						
Água de Lavagem						
Água de Lavagem						
Desengraxe Eletrolítico						
Água de Lavagem						
Água de Lavagem						
Sol. Ácido Sulfúrico						
Água de Lavagem						
Banho de Cobre Ácido 1, 2, 3, 4						
Água de Recuperação						
Água de Lavagem						
Sol. Ácido Sulfúrico						
Água de Lavagem						
Espera						
Banho de Níquel 1, 2, 3, 4						
Água de Recuperação						
Água de Lavagem						
Água de Lavagem						
Sol. Ácido Tartárico						
Água de Lavagem						
Água Quente						
Descarga						
<b>TOTAL</b>						
<b>Cálculo do LT</b>						
<b>Cálculo do LITO</b>						

Fonte: Autor (2017).

#### 4.3.2 Passo 2: Coleta de dados para o cálculo do LITO

A coleta de dados executada para calcular o índice LITO foi realizada entre 07 a 11 de agosto de 2017 no primeiro turno. Em decorrência do grau de dificuldade para a execução desta coleta de dados a referida foi realizada, através de cronometragem, por um analista de métodos e processos. Por conta de a linha em estudo possuir um supervisor e este não contemplar os motivos das paradas durante o processamento dos produtos, optou-se por executar a cronometragem das cargas diretamente na linha, sendo assim, pode-se analisar realmente os motivos dos quais a linha possui perdas referentes à disponibilidade.

O critério de coleta de dados adotado pelo analista foi o de identificar os motivos das paradas da linha e registrar as perdas de tempo referentes às atividades de gerenciamento da linha, manutenção periódica, quebras e *setups*.

### 4.3.3 Passo 3: Cálculo do LITO

A partir das coletas diárias de dados conforme mostrado no Apêndice B, foi gerada a planilha contendo o resultado dos cinco dias de coleta de dados, conforme mostra a Figura 11, estando descrito na sequência o desenvolvimento dos cálculos realizados para obter o LITO.

Assim sendo:

$$\text{LITO} = \frac{\text{OT}_n}{\text{LT}} \times 100 \quad (20)$$

Sendo que:

- a) tempo de calendário: Representado pelo número 1 é equivalente a 153.000 segundos e provém do tempo disponível para um equipamento operar, que é de 9,5 horas diárias durante o período de 5 dias, subtraindo o intervalo para repouso e alimentação que é de 1 hora diária;
- b) atividade de gerenciamento: Representada pelo número 4 é equivalente a 3.300 segundos e provém das perdas de tempo por paradas de alimentação da linha para a organização da produção, executada pelo operador, diariamente durante 5 dias a cada turno de trabalho;
- c) atividade de manutenção periódica: Representada pelo número 5 é equivalente a 6.600 segundos e provém das perdas de tempo para a realização da limpeza dos barramentos e nivelamento ou troca das soluções de banho;
- d) quebras: Representadas pelo número 6 são equivalentes a 0 segundos no período em análise, e provém das perdas de tempo utilizadas para a realização de reparos, ou seja, manutenção corretiva devido a quebras ou falhas nos equipamentos da linha;
- e) *setup*: Representado pelo número 7 é equivalente a 0 segundos para o período em análise, provém das perdas de tempo necessárias para a preparação da linha ao receber um produto diferenciado;
- f) motivo de parada: Representado pelo número 10, envolve todos os 13 tipos de paradas das posições de sequenciamento da linha, conforme mostra a Tabela 3;
- g)  $\text{OT}_n$ : Representado pelo número 9 é o tempo durante o qual o último equipamento realmente operou no período em análise que é equivalente a 143.100 segundos. Este valor é obtido subtraindo do OT da penúltima posição de sequenciamento

representado pelo número 8, os tempos de quebras, *setups* e atividades de gerenciamento e manutenção periódica que são respectivamente 0, 0, 0 e 300 segundos. Sendo assim, utilizando a Equação (25), tem-se que:

$$OT_n = [OT_{n-1} - PD_n] - DT_n \quad (25)$$

$$OT_n = 143.400 - 0 - 300 - 0 - 0 = 143.100 \text{ segundos.}$$

Figura 11 - Planilha de cálculo do LITO no período de 07 a 11 de agosto

<b>LITO</b>						
Linha: 5323			Descrição do Item: Aço, latão e zamac			
Data: 07 à 11 de agosto de 2017			Turno: <input checked="" type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4		Receita: 3, 7, 21	
Tempo de calendário (CT):		153000				
Posição	Atividade de Gerenciamento	Atividade de Manutenção Periódica (PD)	Cálculo do DT		Motivo da parada	Tempo no qual o equipamento realmente operou (OT)
			Quebras	Setup		
Carga	3300	300	0	0	11	149400
Desengraxe Químico	0	300	0	0		149100
Água de Lavagem	0	300	0	0		148800
Água de Lavagem	0	300	0	0		148500
Desengraxe Eletrolítico	0	300	0	0		148200
Água de Lavagem	0	300	0	0		147900
Água de Lavagem	0	300	0	0		147600
Sol. Ácido Sulfúrico	0	300	0	0		147300
Água de Lavagem	0	300	0	0		147000
Banho de Cobre Ácido 1, 2, 3, 4	0	300	0	0		146700
Água de Recuperação	0	300	0	0		146400
Água de Lavagem	0	300	0	0		146100
Sol. Ácido Sulfúrico	0	300	0	0		145800
Água de Lavagem	0	300	0	0		145500
Espera	0	0	0	0		145500
Banho de Níquel 1, 2, 3, 4	0	300	0	0		145200
Água de Recuperação	0	300	0	0		144900
Água de Lavagem	0	300	0	0		144600
Água de Lavagem	0	300	0	0		144300
Sol. Ácido Sulfúrico	0	300	0	0		144000
Água de Lavagem	0	300	0	0		143700
Água Quente	0	300	0	0		143400
Descarga	0	300	0	0		143100
<b>TOTAL</b>	<b>3300</b>	<b>6600</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-</b>	<b>143100</b>
<b>Cálculo do LT</b>			<b>152700</b>			
<b>Cálculo do LITO</b>			<b>93,71</b>			

Fonte: Autor (2017).

- h) cálculo do LT: Representado pelo número 2 é o tempo esperado para uma linha operar no período em análise sendo equivalente a 152.700 segundos. Este resultado é obtido subtraindo do tempo de calendário representado pelo número 1

os tempos para a manutenção periódica na primeira operação que é de 300 segundos. Sendo assim, utilizando a Equação (21), tem-se que:

$$LT = CT - PD_1 \quad (21)$$

$$LT = 153.000 - 300 = 152.700 \text{ segundos.}$$

i) cálculo do LITO: Representado pelo número 3 é o cálculo do índice de disponibilidade de linha para o período em análise no qual é equivalente a 93,7%. Este resultado é obtido através da multiplicação por 100 do resultado da divisão do  $OT_n$  da última posição de sequenciamento equivalente a 143.100 segundos pelo LT que é equivalente a 152.700 segundos. Sendo assim, utilizando a Equação (20), tem-se que:

$$LITO = \frac{OT_n}{LT} \times 100 \quad (20)$$

$$LITO = \frac{143.100}{152.700} \times 100 = 93,7\%$$

Tabela 3 - Os 13 tipos de paradas ocorrentes na linha em estudo

(continua)

Cód.	Motivo da Parada	Descrição da Falha
1	Baixa Temperatura da Solução	- Temperatura das soluções abaixo de: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Níquel: 55°C;</li> <li>- Desengraxantes: 55°C;</li> <li>- Cobre ácido: 20°C.</li> </ul>
2	Alta Temperatura da Solução	- Temperatura das soluções acima de: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Níquel: 60°C;</li> <li>- Desengraxantes: 60°C;</li> <li>- Cobre ácido: 22°C.</li> </ul>
3	Manutenção Preventiva	- Parada da linha para a troca de cabos dos tambores.
4	Falha Elétrica	- Falha elétrica nos retificadores e barramentos.
5	Falha Mecânica	- Parada da linha por falha mecânica nos carros operadores.
6	Limpeza do Tanque	- Parada da linha para a limpeza do tanque.

(conclusão)

Cód.	Motivo da Parada	Descrição da Falha
7	Contaminação da Solução	- Contaminação das soluções de níquel e cobre ácido.
8	Falta de Peças	- Parada da linha por falta de componentes ou peças de reposição.
9	Alto pH da Solução	- pH das soluções acima de: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Níquel: 5;</li> <li>- Cobre ácido: 1.</li> </ul>
10	Baixo pH da Solução	- pH das soluções abaixo de: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Níquel: 4,5.</li> </ul>
11	Troca de Turno	- Parada da linha para a troca de turno.
12	Reposição de ânodos	- Parada da linha para a reposição de ânodos de cobre ou de níquel.
13	Transportador ocupado	- Tempo de operação excedente.

Fonte: Adaptado de Mundial S.A (2017).

#### 4.3.4 Passo 4: Ponderações sobre o resultado obtido com o cálculo LITO

Como resultado da aplicação do índice de disponibilidade de linha LITO obteve-se o valor de 93,7%. Isto significa que a disponibilidade da linha é afetada em 6,3% por conta de perdas de tempo por atividades de gerenciamento e atividades de manutenção periódica. No período em análise não foram identificadas perdas eventuais por *setups* ou quebras de equipamentos.

Para que a eficiência do LITO alcance o valor de 100%, as perdas mencionadas anteriormente devem ser zeradas. Por este motivo, foram elaboradas ações de melhoria, descritas na seção 4.8.

#### 4.3.5 Passo 5: Análise de sensibilidade para o LITO

Com a aplicação do método de análise de sensibilidade, pode-se identificar que reduzindo em 10% todas as perdas contribuintes para a redução do LITO (PD e DT) aumentará proporcionalmente seu valor em 0,6%, sendo este aplicado a todos os materiais base, conforme mostrado na Figura 12, estando descrito na sequência o desenvolvimento dos cálculos.

Figura 12 - Análise de sensibilidade para o LITO

<b>LITO</b>									
Linha: 5323			Descrição do Item: Aço, latão e z						
Data: 07 à 11 de agosto de 2017			Turno: <input checked="" type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3		Receita: 3,7, 21			<b>1</b>	
Tempo de calendário (CT):		153000						<b>2</b>	
Posição	Atividade de Gerenciamento	Atividade de Manutenção	Cálculo do DT		Motivo de parada	Tempo no qual o equipamento	Análise de sensibilidade		
			Quebras	Setup			P <sub>n</sub>	P <sub>n</sub> - P <sub>n+1</sub>	
Carga	2970	270	0	0	11	149760	93,93	-0,22	
Desengraxe Químico	0	270	0	0		149490	93,95	-0,02	
Água de Lavagem	0	270	0	0		149220	93,97	-0,02	
Água de Lavagem	0	270	0	0		148950	93,99	-0,02	
Desengraxe Eletrolítico	0	270	0	0		148680	94,01	-0,02	
Água de Lavagem	0	270	0	0		148410	94,03	-0,02	
Água de Lavagem	0	270	0	0		148140	94,05	-0,02	
Sol. Ácido Sulfúrico	0	270	0	0		147870	94,07	-0,02	
Água de Lavagem	0	270	0	0		147600	94,09	-0,02	
Banho de Cobre Ácido 1, 2, 3, 4	0	270	0	0		147330	94,11	-0,02	
Água de Recuperação	0	270	0	0		147060	94,13	-0,02	
Água de Lavagem	0	270	0	0		146790	94,15	-0,02	
Sol. Ácido Sulfúrico	0	270	0	0		146520	94,17	-0,02	
Água de Lavagem	0	270	0	0		146250	94,19	-0,02	
Espera	0	0	0	0		146250	94,19	0	
Banho de Níquel 1, 2, 3, 4	0	270	0	0		145980	94,21	-0,02	
Água de Recuperação	0	270	0	0		145710	94,23	-0,02	
Água de Lavagem	0	270	0	0		145440	94,24	-0,01	
Água de Lavagem	0	270	0	0		145170	94,26	-0,02	
Sol. Ácido Tartárico	0	270	0	0		144900	94,28	-0,02	
Água de Lavagem	0	270	0	0		144630	94,3	-0,02	
Água Quente	0	270	0	0		144360	94,32	-0,02	
Descarga	0	270	0	0		144090	94,34	-0,02	
<b>TOTAL</b>	2970	5940	0	0	-	144090			
Cálculo do LT			152730					<b>0,63</b>	
Cálculo do LITO			94,34						

Fonte: Autor (2017).

A Figura 12, demonstra os valores gerados pelo método em aplicação, sendo assim tem-se:

- representado pelo número 1: a Análise de sensibilidade foi dividida em dois campos, sendo o primeiro o P<sub>n</sub> que armazena os valores de aumento de LITO executado a cada posição. Já o segundo campo é o P<sub>n</sub> - P<sub>n+1</sub> no qual são registrados os valores de perdas de cada posição comparando o P<sub>n</sub> da posição atual com o da posição posterior;
- representado pelo número 2: o valor de 93,7% é o resultado da planilha LITO sem a redução das perdas. Este valor foi utilizado como referência para executar a comparação de aumento do LITO para a primeira posição;
- representado pelo número 3: o valor de -0,2% representa a perda de LITO para a posição de carga. Como se pode observar, esta é a posição que tem a maior contribuição para a redução do LITO;

- d) representado pelo número 4: o valor de 0,6% é o resultado da subtração entre os valores 93,7% e 94,3%. Este resultado demonstra que se todas as perdas contribuintes para a redução do LITO fossem reduzidas em 10%, este índice aumentará em respectivo valor.

#### 4.4 ETAPA 2 – CÁLCULO DO LPQP PARA LATÃO

Para executar o cálculo do LPQP para o latão, esta etapa do trabalho foi dividida em 5 passos. São eles:

- a) passo 1: Elaboração da planilha para a coleta de dados para o índice LPQP;
- b) passo 2: Coleta de dados para o cálculo do LPQP para o latão;
- c) passo 3: Cálculo do LPQP para o latão;
- d) passo 4: Ponderações sobre o resultado obtido com o cálculo LPQP para o latão;
- e) passo 5: Análise de sensibilidade para o LPQP do latão.

As seções que seguem descrevem cada um dos passos.

##### **4.4.1 Passo 1: Elaboração da planilha para a coleta de dados para o índice LPQP**

De acordo com o exemplo de aplicação da metodologia L-IROG descrito neste trabalho juntamente com fatores ocorrentes na linha em estudo, foi elaborada a planilha para a coleta de dados para o índice LPQP. A Figura 13 mostra a planilha LPQP, a qual tem por objetivo analisar o desempenho da qualidade de produção da linha em estudo, identificando e mensurando as perdas de tempo relacionadas ao tempo de redução de desempenho, cargas rejeitadas e cargas com a necessidade de retrabalho.

##### **4.4.2 Passo 2: Coleta de dados para o cálculo do LPQP para o latão**

A coleta de dados para a execução do cálculo do LPQP, foi realizada através de cronometragem e análise do supervisório da linha, durante cinco dias no primeiro turno de trabalho. Por conta da dificuldade de interpretação dos dados apresentados pelo supervisório da linha, a coleta foi realizada por um analista de métodos e processos juntamente com o auxílio do setor de TI e de treinamento ministrado pelo gestor do setor de banhos.

Figura 13 - Planilha de cálculo do LPQP

LPQP												
Linha:								Descrição do Item:				
Data:						Turno: 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/>		Receita:				
Posição	n	D	R	G	PRT				OT	CYT	N	
					Perdas Iniciais	Menor Parada	Velocidade Reduzida	Perdas por Inatividade				
Carga												
Desengraxe Químico												
Água de Lavagem												
Água de Lavagem												
Desengraxe Eletrolítico												
Água de Lavagem												
Água de Lavagem												
Sol. Ácido Sulfúrico												
Água de Lavagem												
Banho de Cobre Ácido 1, 2, 3, 4												
Água de Recuperação												
Água de Lavagem												
Sol. Ácido Sulfúrico												
Água de Lavagem												
Espera												
Banho de Níquel 1, 2, 3, 4												
Água de Recuperação												
Água de Lavagem												
Água de Lavagem												
Sol. Ácido Tartárico												
Água de Lavagem												
Água Quente												
Descarga												
<b>Cálculo do LPQP</b>												

Fonte: Autor (2017).

O critério de coleta de dados adotado pelo analista, foi o de identificar os motivos das paradas da linha e registrar as perdas de tempo decorrentes de redução de desempenho, elevados tempos de ciclo e itens bons produzidos.

O supervisor da linha em estudo foi instalado em um computador convencional para que o analista execute a coleta de dados. Os arquivos em formato 'txt', são gerados pelo supervisor a cada carga produzida pela linha. Cada arquivo gerado contempla informações de código da receita utilizada, o material base que irá receber a deposição, a sequência química utilizada, o horário no qual a carga foi inserida em cada sequência química bem como o horário de saída, o tempo programado para a referida, a data na qual a carga foi produzida, o tempo total de ciclo da carga, o operador e o título do arquivo, conforme mostrado na Figura 14.

Figura 14 - Modelo de arquivo gerado pelo supervisor da linha

```

72211008_00000007 - Bloco de notas
Arquivo Editar Formatar Exibir Ajuda

0008 DH/I 09:23:05 -- 02/10/2011 DH/F 06:17:12 -- 09/08/2017
Title                : 72211008_00000007
Operador             : produção
Identificador        : 72211008
Sub lotto            :
Receita              : 00000007
Descri.              : LATAO
Suporte              : 001
LOG                  : 0164
PREPARAÇÃO           (1) : 01 DES QUIM. + DES ELET
Ni BRILLH.           (2) : 01 01
FINITURA            (3) : 03 03
COBRE ACIDO          (4) : 01 01
****
DESENGR. QUIMICO     SQ01 PR001 POS.002 TI 02:05:45 TU 02:20:09 TR D000 00:14:24 TS D000 00:05:00
DESENGR. ELETR.     SQ02 PR002 POS.005 TI 02:49:58 TU 02:51:55 TR D000 00:01:56 TS D000 00:01:30
                    A [A] 00050 AhS [AxH] 00000001 AhR [AxH] 00000002 AM [A] 00068 SW 02:51:55
ATIVACAO POS.8      SQ03 PR003 POS.008 TI 03:12:56 TU 03:14:05 TR D000 00:01:09 TS D000 00:00:30
COBRE ACIDO         SQ04 PR004 POS.012 TI 03:16:00 TU 03:27:26 TR D000 00:11:27 TS D000 00:00:00
                    A [A] 00100 AhS [AxH] 00000000 AhR [AxH] 00000000 AM [A] 00000 SW 03:27:27
ATIVACAO POS.16     SQ05 PR005 POS.016 TI 04:08:28 TU 04:08:57 TR D000 00:00:30 TS D000 00:01:30
Ni BRILLH.          SQ06 PR006 POS.020 TI 04:54:26 TU 05:54:36 TR D000 01:00:10 TS D000 01:00:00
                    A [A] 00250 AhS [AxH] 00000250 AhR [AxH] 00000210 AM [A] 00210 SW 05:54:36
TARTARICO ACIDO     SQ07 PR007 POS.026 TI 06:06:59 TU 06:08:44 TR D000 00:01:45 TS D000 00:01:00
AGUA QUENTE         SQ08 PR008 POS.028 TI 06:10:21 TU 06:16:44 TR D000 00:06:24 TS D000 00:00:30
#####

```

Fonte: Adaptado de Mundial SA (2017).

#### 4.4.3 Passo 3: Cálculo do LPQP para o latão

A partir das coletas diárias de dados conforme mostrado no Apêndice C, foi gerada a planilha contendo o resultado dos cinco dias de coleta de dados, conforme mostra a Figura 15, estando descrito na sequência o desenvolvimento dos cálculos realizados para obter o LPQP.

Assim sendo:

$$LPQP = \frac{(G_n \times CYT)}{OT_1} \times 100 \quad (26)$$

Sendo que:

- a) N: Representado pelo número 1 é a relação de tempo entre o tempo de operação líquido e o maior tempo de ciclo do processo gargalo e é calculado através da divisão por CYT do resultado da subtração entre o OT e o PRT, ou seja, é o tempo no qual o equipamento realmente operou subtraído do tempo total durante o qual o desempenho do sistema foi reduzido e o resultado desta subtração é dividido pelo tempo de ciclo do processo. Sendo assim, para o processo-1 ( $N_1$ ), isto é,  $n_1 = N_1$ , para os demais processos, tomando-se, por exemplo, o  $N_2 = 490$  da posição de desengraxe químico, este valor foi obtido utilizando-se a Equação (28):

$$N_i = \frac{(OT_i - PRT_i)}{cyt_i} \quad (28)$$

$$N_2 = \frac{(147.900 - 787)}{300} = 490 \text{ segundos}$$

- b) CYT: Representado pelo número 2 é o tempo de ciclo programado para cada posição de sequenciamento da linha e é coletado através do supervisório do equipamento. Para o cálculo da Equação (26), utiliza-se o maior tempo de ciclo do processo gargalo da linha, ou seja, para o material base em análise, o processo gargalo é o  $CYT_{16} = 900$  segundos;
- c) OT: Representado pelo número 3 é o tempo no qual o equipamento realmente operou. Tomando-se como exemplo o primeiro processo onde  $OT_1 = 149.400$  segundos, utilizado para a execução do cálculo da Equação (26), este valor é extraído da planilha LITO a qual são registrados os dados referentes ao período de cinco dias de análise. Já OT para os demais processos é calculado como sendo o valor do OT do processo anterior subtraído do somatório entre as perdas PRT;

Figura 15 - Planilha de cálculo do LPQP para o latão no período de 07 a 11 de agosto

<b>LPQP</b>											
<b>Linha: 5323</b>										<b>Descrição do Item: latão</b>	
<b>Data: 07 a 11 de agosto de 2017</b>					<b>Turno: 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/></b>			<b>Receita: 7</b>			
Posição	n	D	R	G	PRT				OT	CYT	N
					Perdas Iniciais	Menor Parada	Velocidade Reduzida	Perdas por Inatividade			
Carga	2475	0	0	0	0	0	900	0	149400	60	2475
Desengraxe Químico	490	8	7	6	0	4	787	0	147900	300	490
Água de Lavagem	490	0	0	0	0	0	4451	3	145313	60	2348
Água de Lavagem	490	0	0	490	0	0	8092	0	140262	60	2203
Desengraxe Eletrolítico	490	0	0	490	0	0	1582	0	131570	90	1444
Água de Lavagem	490	0	0	490	0	0	2506	0	129238	60	2112
Água de Lavagem	490	0	0	490	0	0	4295	0	126132	60	2031
Sol. Ácido Sulfúrico	490	0	0	490	0	0	1463	0	121237	90	1331
Água de Lavagem	490	0	0	490	0	0	937	0	119024	60	1968
Banho de Cobre Ácido 1, 2, 3, 4	490	0	0	490	0	0	2328	0	117487	30	3839
Água de Recuperação	490	0	0	490	0	0	4892	0	114709	60	1830
Água de Lavagem	490	0	0	490	0	0	11154	0	109217	60	1634
Sol. Ácido Sulfúrico	490	0	0	490	0	0	150	0	97463	90	1081
Água de Lavagem	490	0	0	490	0	0	2621	0	96563	60	1566
Espera	490	0	0	490	0	0	827	0	93642	60	1547
Banho de Níquel 1, 2, 3, 4	92	0,01844822	0	92	0	0	9198	0	92215	900	92
Água de Recuperação	92	0	0	92	0	0	2610	0	78217	60	1260
Água de Lavagem	92	0	0	92	5	0	2544	0	75007	60	1208
Água de Lavagem	92	0	0	92	0	0	0	0	71863	60	1123
Sol. Ácido Tartárico	92	0	0	92	0	0	0	0	66763	60	1109
Água de Lavagem	92	0	0	92	0	0	538	0	65964	60	1089
Água Quente	92	0	0	92	0	0	1241	0	64766	60	1059
Descarga	92	0	0	92	0	0	900	0	62925	60	1034
<b>Cálculo do LPQP</b>							<b>55,56</b>				

Fonte: Autor (2017).

- d) PRT: Representado pelo número 4 é o tempo total durante o qual o desempenho do sistema é reduzido por conta das perdas de inicialização do processo, de pequenas paradas ou bloqueios, de tempo de velocidade reduzida e de tempo de inatividade. Para esta variável são coletados os tempos excedentes ao CYT. Estes valores, podem ser coletados diretamente na linha através do processo de cronometragem ou calculados por intermédio do supervisor acoplado ao sistema operacional da referida linha;
- e)  $G_n$ : Representado pelo número 5 é a quantidade de cargas boas produzidas no último processo da linha sendo equivalente a 92 cargas. Este resultado é obtido através da subtração do número de cargas produzidas  $n$  pelo número de cargas rejeitadas  $D$  e retrabalhadas  $R$ . Sendo assim, tomando-se, por exemplo, o  $G_{23} = 92$ , da posição de descarga, este valor foi obtido utilizando-se a Equação (27):

$$G_i = n_i - (D_i + R_i) \quad (27)$$

$$G_{23} = 92 - (0 + 0) = 92 \text{ cargas boas produzidas.}$$

- f)  $R$ : Representado pelo número 6 é a quantidade de cargas que necessitam de retrabalho na referida posição. Para a coleta deste valor, fez-se necessário realizar o acompanhamento das cargas diretamente na linha durante o período em análise;
- g)  $D$ : Representado pelo número 7 é a quantidade de cargas rejeitadas na referida posição. Para a coleta deste valor, fez-se necessário, com o auxílio do setor de qualidade, executar o acompanhamento das cargas diretamente na linha durante o período em análise. Para as posições de níquel, foi considerada uma perda de 0,02% uma vez que após este banho foram encontradas peças danificadas por mal funcionamento destes banhos ou por ficarem presas nos tambores da linha;
- h)  $n$ : Representado pelo número 8 é a quantidade de cargas produzidas pela referida posição, sendo considerada para o primeiro processo como sendo  $N_1 = n_1$ . A partir do segundo processo este cálculo é executado como sendo o menor valor entre o  $N$  do processo atual e o  $G$  do processo anterior. Sendo assim, utilizando as Equações (30) e (31), tem-se:

$$\text{Se } N_i \leq G_{i-1}, \text{ então } N_i = n_i \quad (30)$$

$$\text{Se } N_i > G_{i-1}, \text{ então } G_{i-1} = n_i \quad (31)$$

- i) LPQP: Representado pelo número 9 é o índice de desempenho de qualidade de produção de linha sendo equivalente a 55,5% para a receita latão durante os cinco dias de análise. Este valor é obtido dividindo-se por  $OT_1$ , o resultado da multiplicação do número de cargas boas produzidas no último processo  $G_n$  pelo maior tempo de ciclo do processo gargalo da linha CYT. Sendo assim, utilizando a Equação (26), tem-se que:

$$LPQP = \frac{(G_n \times CYT)}{OT_1} \times 100 \quad (26)$$

$$LPQP = \frac{(92 \times 900)}{149.400} \times 100 = 55,56\%$$

#### 4.4.4 Passo 4: Ponderações sobre o resultado obtido com o cálculo LPQP para o latão

Como resultado da aplicação do índice de desempenho de qualidade de produção de linha LPQP obteve-se o valor de 55,56%. Isto significa que, por conta de perdas de tempo por redução de velocidade e operações desnecessárias, o desempenho de qualidade de linha é afetado em 44,44%. Para aumentar o LPQP faz-se necessário, modificar a estrutura física e reprogramar a linha. Por este motivo, foram propostas ações de melhorias descritas na seção 4.8.

#### 4.4.5 Passo 5: Análise de sensibilidade para o LPQP do latão

Através da aplicação da análise de sensibilidade pode-se identificar que para a receita que produz latão niquelado, reduzindo em 10% todas as perdas contribuintes para LITO (PD e DT) aumentará proporcionalmente o LITO em 0,6%. Já a redução de 10% das perdas contribuintes para LPQP (PRT, D e R), calculada de forma similar ao cálculo do LITO, aumentará este índice em 3,7%. O processo de água de lavagem, posterior a água de recuperação do cobre ácido, tem a maior contribuição para a redução do LPQP com o valor de 0,7%. Então para melhorar significativamente o L-IROG da receita latão é necessário aprimorar o índice LPQP, conforme mostrado na Figura 16.

Figura 16 - Análise de sensibilidade para o latão

<b>LPQP</b>													
Linha: 5323										Descrição do Item: latão			
Data: 07 a 11 de agosto de 2017					Turno: <input checked="" type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/>					Receita: 7		Análise de sensibilidade	
Posição	n	D	R	G	PRT				OT	CYT	N	Pn	Pn - Pn+1
					Perdas Iniciais	Menor Parada	Velocidade Reduzida	Perdas por Inatividade				55,56	-
Carga	2477	0	0	2477	0	0	810	0	149400	60	2477	55,62	-0,06
Desengraxe Químico	491	0	0	491	0	0	708	0	147990	300	491	55,67	-0,05
Água de Lavagem	491	0	0	491	0	0	4006	0	145482	60	2358	55,97	-0,30
Água de Lavagem	491	0	0	491	0	0	7283	0	140876	60	2227	56,51	-0,54
Desengraxe Eletrolítico	491	0	0	491	0	0	1424	0	132993	90	1462	56,61	-0,10
Água de Lavagem	491	0	0	491	0	0	2255	0	130819	60	2143	56,78	-0,17
Água de Lavagem	491	0	0	491	0	0	3866	0	127964	60	2068	57,07	-0,29
Sol. Ácido Sulfúrico	491	0	0	491	0	0	1317	0	123498	90	1358	57,17	-0,10
Água de Lavagem	491	0	0	491	0	0	843	0	121432	60	2010	57,23	-0,06
Banho de Cobre Ácido 1, 2, 3, 4	491	0	0	491	0	0	2095	0	119988	30	3930	57,39	-0,16
Água de Recuperação	491	0	0	491	0	0	4403	0	117443	60	1884	57,71	-0,32
<b>Água de Lavagem</b>	<b>491</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>491</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>10039</b>	<b>0</b>	<b>112440</b>	<b>60</b>	<b>1707</b>	<b>58,46</b>	<b>-0,75</b>
Sol. Ácido Sulfúrico	491	0	0	491	0	0	135	0	101802	90	1130	58,47	-0,01
Água de Lavagem	491	0	0	491	0	0	2359	0	100917	60	1643	58,64	-0,17
Espera	491	0	0	491	0	0	744	0	98258	60	1625	58,70	-0,06
Banho de Níquel 1, 2, 3, 4	98	0,01969673	0	98	0	0	8278	0	96914	900	98	59,32	-0,62
Água de Recuperação	98	0	0	98	0	0	2349	0	83835	60	1358	59,32	0,00
Água de Lavagem	98	0	0	98	0	0	2290	0	80886	60	1310	59,32	0,00
Água de Lavagem	98	0	0	98	0	0	4050	0	77997	60	1232	59,32	0,00
Sol. Ácido Tartárico	98	0	0	98	0	0	179	0	73347	60	1219	59,32	0,00
Água de Lavagem	98	0	0	98	0	0	538	0	72568	60	1200	59,32	0,00
Água Quente	98	0	0	98	0	0	1117	0	71429	60	1172	59,32	0,00
Descarga	98	0	0	98	0	0	810	0	69713	60	1148	59,32	0,00
<b>Cálculo do LPQP</b>												<b>59,32</b>	<b>3,76</b>

Fonte: Autor (2017).

#### 4.5 ETAPA 3 – CÁLCULO DO LPQP PARA ZAMAC

Para executar o cálculo do LPQP para o zamac, esta etapa do trabalho foi dividida em 5 passos. São eles:

- a) passo 1: Elaboração da planilha para a coleta de dados para o índice LPQP;
- b) passo 2: Coleta de dados para o cálculo do LPQP para o zamac;
- c) passo 3: Cálculo do LPQP para o zamac;
- d) passo 4: Ponderações sobre o resultado obtido com o cálculo LPQP para o zamac;
- e) passo 5: Análise de sensibilidade para o zamac.

As seções que seguem descrevem cada um dos passos.

##### **4.5.1 Passo 1: Elaboração da planilha para a coleta de dados para o índice LPQP**

A planilha de coleta de dados utilizada para executar o cálculo do LPQP para o zamac foi a mesma desenvolvida para o cálculo do latão, mostrada na Figura 13. Porém os dados de entrada que sofrem modificações são os tempos de ciclo, as perdas por velocidade reduzida e as posições de sequenciamento químico utilizadas para a execução do processo, conforme mostra a Figura 17.

##### **4.5.2 Passo 2: Coleta de dados para o cálculo do LPQP para o zamac**

A coleta de dados foi executada de forma similar a realizada para o material base latão, descrita na seção 4.4.2, estando os dados diários desta coleta mostrados no Apêndice D.

##### **4.5.3 Passo 3: Cálculo do LPQP para o zamac**

De forma similar ao latão, a partir das coletas diárias foi executado o cálculo do LPQP para o zamac.

##### **4.5.4 Passo 4: Ponderações sobre o resultado obtido com o cálculo do LPQP para o zamac**

Como resultado da aplicação do índice de desempenho de qualidade de linha LPQP, para o zamac obteve-se o valor de 80,7%. Isto significa que, por conta de perdas de tempo por

redução de velocidade e operações desnecessárias, o desempenho de qualidade de linha é afetado em 19,3%. Então, para aumentar o LPQP do zamac, faz-se necessário, modificar a estrutura física e reprogramar a linha. Por conta deste fato, foram propostas ações de melhorias descritas na seção 4.8.

#### **4.5.5 Passo 5: Análise de sensibilidade para o zamac**

Com a aplicação do método de análise de sensibilidade na receita zamac niquelado e a redução de todas as perdas contribuintes para LITO (PD e DT) em 10%, aumentará proporcionalmente o LITO em 0,6%. Já a redução em 10% de todas as perdas contribuintes para LPQP, calculada de forma similar ao cálculo executado para o LITO, aumentará este índice em 1,3%. As posições de banho de cobre ácido possui a maior perda em relação a LPQP com contribuição de 0,6%, sendo assim, para melhorar significativamente o L-IROG da receita zamac é necessário aprimorar o índice LPQP, conforme mostrado na Figura 18.

Figura 17 - Planilha de cálculo do LPQP para o zamac no período de 07 a 11 de agosto

<b>LPQP</b>											
<b>Linha: 5323</b>										<b>Descrição do Item: zamac</b>	
<b>Data: 07 a 11 de agosto de 2017</b>						<b>Turno: 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/></b>			<b>Receita: 21</b>		
Posição	n	D	R	G	PRT				OT	CYT	N
					Perdas Iniciais	Menor Parada	Velocidade Reduzida	Perdas por Inatividade			
Carga	2475	0	0	2475	0	0	900	0	149400	60	2475
Sol. Ácido Sulfúrico	1643	0	0	1643	0	0	8	0	147900	90	1643
Água de Lavagem	1643	0	0	1643	0	0	332	0	147142	60	2447
Banho de Cobre Ácido 1, 2, 3, 4	152	0	0	152	0	0	9188	0	146210	900	152
Água de Recuperação	152	0	0	152	0	0	256	0	132222	60	2199
Água de Lavagem	152	0	0	152	0	0	7800	0	131366	60	2059
Sol. Ácido Sulfúrico	152	0	0	152	0	0	58	0	122966	90	1366
Água de Lavagem	152	0	0	152	0	0	110	0	122158	60	2034
Espera	152	0	0	152	0	0	172	0	121748	60	2026
Banho de Níquel 1, 2, 3, 4	134	0,02680444	0	134	0	0	356	0	120976	900	134
Água de Recuperação	134	0	0	134	0	0	226	0	115820	60	1927
Água de Lavagem	134	0	0	134	0	0	270	0	114994	60	1912
Água de Lavagem	134	0	0	134	0	0	7470	0	114124	60	1778
Sol. Ácido Tartárico	134	0	0	134	0	0	112	0	106054	60	1766
Água de Lavagem	134	0	0	134	0	0	1079	0	105342	60	1738
Água Quente	134	0	0	134	0	0	892	0	103663	60	1713
Descarga	134	0	0	134	0	0	900	0	102171	60	1688
<b>Cálculo do LPQP</b>	<b>80,72</b>										

Fonte: Autor (2017).

Figura 18 - Análise de sensibilidade para o zamac

<b>LPQP</b>													
Linha: 5323									Descrição do Item: zamac				
Data: 07 a 11 de agosto de 2017						Turno: <input checked="" type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/>			Receita: 21		Análise de sensibilidade		
Posição	n	D	R	G	PRT				OT	CYT	N	Pn	Pn - Pn+1
					Perdas Iniciais	Menor Parada	Velocidade Reduzida	Perdas por Inatividade				80,72	-
Carga	2477	0	0	2477	0	0	810	0	149400	60	2477	81,08	-0,36
Sol. Ácido Sulfúrico	1644	0	0	1644	0	0	7	0	147990	90	1644	81,08	0,00
Água de Lavagem	1644	0	0	1644	0	0	299	0	147232,8	60	2449	81,10	-0,02
<b>Banho de Cobre Ácido 1, 2, 3, 4</b>	<b>153</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>153</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>8269</b>	<b>0</b>	<b>146334</b>	<b>900</b>	<b>153</b>	<b>81,72</b>	<b>-0,62</b>
Água de Recuperação	153	0	0	153	0	0	230	0	133264,8	60	2217	81,74	-0,02
Água de Lavagem	153	0	0	153	0	0	7020	0	132434,4	60	2090	82,26	-0,52
Sol. Ácido Sulfúrico	153	0	0	153	0	0	52	0	124814,4	90	1386	82,26	0,00
Água de Lavagem	153	0	0	153	0	0	99	0	124012,2	60	2065	82,27	-0,01
Espera	153	0	0	153	0	0	155	0	123613,2	60	2058	82,28	-0,01
Banho de Níquel 1, 2, 3, 4	136	0,02723067	0	136	0	0	320	0	122858,4	900	136	82,30	-0,02
Água de Recuperação	136	0	0	136	0	0	203	0	117738	60	1959	82,30	0,00
Água de Lavagem	136	0	0	136	0	0	243	0	116934,6	60	1945	82,30	0,00
Água de Lavagem	136	0	0	136	0	0	6723	0	116091,6	60	1823	82,30	0,00
Sol. Ácido Tartárico	136	0	0	136	0	0	101	0	108768,6	60	1811	82,30	0,00
Água de Lavagem	136	0	0	136	0	0	971	0	108067,8	60	1785	82,30	0,00
Água Quente	136	0	0	136	0	0	803	0	106496,7	60	1762	82,30	0,00
Descarga	136	0	0	136	0	0	810	0	105093,9	60	1738	82,30	0,00
<b>Cálculo do LPQP</b>	<b>82,00</b>										<b>1,28</b>		

Fonte: Autor (2017).

#### 4.6 ETAPA 4 – CÁLCULO DO LPQP PARA AÇO

Para executar o cálculo do LPQP para o aço, esta etapa do trabalho foi dividida em 5 passos. São eles:

- a) passo 1: Elaboração da planilha para a coleta de dados para o índice LPQP;
- b) passo 2: Coleta de dados para o cálculo do LPQP para o aço;
- c) passo 3: Cálculo do LPQP para o aço;
- d) passo 4: Ponderações sobre o resultado obtido com o cálculo do LPQP para o aço;
- e) passo 5: Análise de sensibilidade para o aço.

As seções que seguem descrevem cada um dos passos.

##### **4.6.1 Passo 1: Elaboração da planilha para a coleta de dados para o índice LPQP**

A planilha de coleta de dados utilizada para executar o cálculo do LPQP para o aço foi a mesma desenvolvida para o cálculo do latão, mostrada na Figura 13. Porém os dados de entrada que sofrem modificações são os tempos de ciclo, as perdas por velocidade reduzida e as posições de sequenciamento químico utilizadas para a execução do processo, conforme mostrado na Figura 19.

##### **4.6.2 Passo 2: Coleta de dados para o cálculo do LPQP para o aço**

A coleta de dados foi executada de forma similar a realizada para o material base latão, descrita na seção 4.4.2, estando os dados diários desta coleta mostrados no Apêndice E.

##### **4.6.3 Passo 3: Cálculo do LPQP para o aço**

De forma similar ao latão, a partir das coletas diárias foi executado o cálculo do LPQP para o aço

##### **4.6.4 Passo 4: Ponderações sobre o resultado obtido com o cálculo do LPQP para o aço**

Como resultado da aplicação do índice de desempenho de qualidade de linha LPQP, para o aço obteve-se o valor de 80,2%. Isto significa que, por conta de perdas de tempo por redução de velocidade, o desempenho de qualidade de linha é afetado em 19,8% devido a.

Para aumentar o LPQP do aço, faz-se necessário zerar estas perdas, modificar a estrutura física e reprogramar a linha. Por este motivo foram propostas ações de melhorias descritas na seção 4.7.1.

#### **4.6.5 Passo 5: Análise de sensibilidade para o aço**

Com a aplicação do método de análise de sensibilidade na receita aço niquelado e a redução das as perdas contribuintes para LITO (PD e DT) em 10%, aumentará proporcionalmente o LITO em 0,6%. Já esta redução nas perdas contribuintes para LPQP (PRT, D e R), calculada de forma similar ao cálculo do LITO, aumentará este índice em 1,5%. O processo de banho de cobre ácido tem a maior contribuição para a redução do LPQP com 0,9%, sendo assim, para melhorar significativamente o L-IROG da receita aço é necessário aprimorar o índice LPQP, conforme mostrado na Figura 20.

Figura 19 - Planilha de cálculo do LPQP para o aço no período de 07 a 11 de agosto

<b>LPQP</b>											
<b>Linha: 5323</b>										<b>Descrição do Item: Aço</b>	
<b>Data: 07 a 11 de agosto de 2017</b>						<b>Turno: 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/></b>			<b>Receita: 3</b>		
Posição	n	D	R	G	PRT				OT	CYT	N
					Perdas Iniciais	Menor Parada	Velocidade Reduzida	Perdas por Inatividade			
Carga	2475	0	0	2475	0	0	900	0	149400	60	2475
Sol. Ácido Sulfúrico	1643	0	0	1643	0	0	10	0	147900	90	1643
Água de Lavagem	1643	0	0	1643	0	0	336	0	147140	60	2447
Banho de Cobre Ácido 1, 2, 3, 4	253	0	0	253	0	0	13236	0	146204	525	253
Água de Recuperação	253	0	0	253	0	0	210	0	130043	60	2164
Água de Lavagem	253	0	0	253	0	0	6060	0	129233	60	2053
Sol. Ácido Sulfúrico	253	0	0	253	0	0	167	0	122573	90	1360
Água de Lavagem	253	0	0	253	0	0	186	0	121656	60	2025
Espera	253	0	0	253	0	0	527	0	121170	60	2011
Banho de Níquel 1, 2, 3, 4	228	0,04564762	0	228	0	0	218	0	120043	525	228
Água de Recuperação	228	0	0	228	0	0	209	0	116900	60	1945
Água de Lavagem	228	0	0	228	0	0	250	0	116091	60	1931
Água de Lavagem	228	0	0	228	0	0	734	0	115241	60	1908
Sol. Ácido Tartárico	228	0	0	228	0	0	79	0	113907	60	1897
Água de Lavagem	228	0	0	228	0	0	394	0	113228	60	1881
Água Quente	228	0	0	228	0	0	547	0	112234	60	1861
Descarga	228	0	0	228	0	0	900	0	111087	60	1836
<b>Cálculo do LPQP</b>	<b>80,19</b>										

Fonte: Autor (2017).

Figura 20 - Análise de sensibilidade para aço

<b>LPQP</b>													
Linha: 5323										Descrição do Item: Aço			
Data: 07 a 11 de agosto de 2017					Turno: <input checked="" type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/>					Receita: 3		Análise de sensibilidade	
Posição	n	D	R	G	PRT				OT	CYT	N	P <sub>n</sub>	P <sub>n</sub> - P <sub>n+1</sub>
					Perdas Iniciais	Menor Parada	Velocidade Reduzida	Perdas por Inatividade				80,19	-
Carga	2477	0	0	2477	0	0	810	0	149400	60	2477	80,25	-0,06
Sol. Ácido Sulfúrico	1644	0	0	1644	0	0	9	0	147990	90	1644	80,25	0,00
Água de Lavagem	1644	0	0	1644	0	0	302	0	147231	60	2449	80,27	-0,02
<b>Banho de Cobre Ácido 1, 2, 3, 4</b>	<b>256</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>256</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>11912</b>	<b>0</b>	<b>146330</b>	<b>525</b>	<b>256</b>	<b>81,16</b>	<b>-0,89</b>
Água de Recuperação	256	0	0	256	0	0	189	0	131492	60	2188	81,17	-0,01
Água de Lavagem	256	0	0	256	0	0	5454	0	130703	60	2087	81,58	-0,41
Sol. Ácido Sulfúrico	256	0	0	256	0	0	150	0	124649	90	1383	81,59	-0,01
Água de Lavagem	256	0	0	256	0	0	167	0	123749	60	2060	81,60	-0,01
Espera	256	0	0	256	0	0	474	0	123281	60	2047	81,64	-0,04
Banho de Níquel 1, 2, 3, 4	232	0,04648034	0	232	0	0	196	0	122207	525	232	81,65	-0,01
Água de Recuperação	232	0	0	232	0	0	188	0	119086	60	1982	81,65	0,00
Água de Lavagem	232	0	0	232	0	0	225	0	118298	60	1968	81,65	0,00
Água de Lavagem	232	0	0	232	0	0	661	0	117473	60	1947	81,65	0,00
Sol. Ácido Tartárico	232	0	0	232	0	0	71	0	116212	60	1936	81,65	0,00
Água de Lavagem	232	0	0	232	0	0	355	0	115541	60	1920	81,65	0,00
Água Quente	232	0	0	232	0	0	492	0	114587	60	1902	81,65	0,00
Descarga	232	0	0	232	0	0	810	0	113494	60	1878	81,65	0,00
<b>Cálculo do LPQP</b>	<b>81,65</b>											<b>1,46</b>	

Fonte: Autor (2017).

#### 4.7 ETAPA 5 - CÁLCULO DO L-IROG

Para calcular o Índice de Rendimento Operacional Global de Linha (L-IROG) da linha de produtos contínua de banho de níquel 5323, se faz necessário primeiramente calcular para cada material base os índices de Disponibilidade de Linha (LITO) e Desempenho de Qualidade de Produção de Linha (LPQP). Posterior a este cálculo, foi executada a multiplicação destes índices, conforme a Equação (19).

$$\text{L-IROG} = \text{LITO} \times \text{LPQP} \quad (19)$$

O resultado da execução do cálculo dos índices LITO, LPQP e L-IROG é descrito na Quadro 3.

Quadro 3 - Resultado do cálculo do L-IROG para os materiais base

ÍNDICE	MATERIAL BASE		
	Zamac	Aço	Latão
LITO (%)	93,71	93,71	93,71
LPQP (%)	80,72	80,19	55,56
L-IROG (%)	75,64	75,15	52,06

Fonte: Autor (2017).

De acordo com o Quadro 3, pode-se identificar que o latão em comparação com os outros materiais base possui a maior perda com relação a LPQP, conseqüentemente o seu L-IROG resultará em menor valor. Em segundo lugar em referência ao resultado do latão encontra-se o aço e em terceiro o zamac.

#### 4.8 ETAPA 6 - PROPOSTAS DE MELHORIA

##### 4.8.1 Proposta de melhoria para o LITO

Com base nas perdas identificadas no cálculo do LITO são propostas ações de melhoria para aumentar a disponibilidade da linha. Para o combate destas perdas, são propostas as seguintes ações:

- a) organização da produção na linha: a ação proposta para a redução das perdas de tempo relacionadas a esta atividade é a de separar e identificar as ordens de produção a serem carregadas na linha de acordo com as datas e receitas utilizadas. Esta tarefa de organização da produção deve ser realizada por um alimentador de linha, deixando a cargo do operador somente as tarefas de carregar, descarregar e manter a sua organização;
- b) atividades de manutenção periódica: a ação proposta para a redução das perdas de tempo relacionadas a esta atividade é a de executar, pelo setor de manutenção, as atividades de manutenção periódica durante o intervalo para repouso e alimentação dos colaboradores que operam a linha.

Se realizadas estas ações, o LITO calculado para cinco dias vai aumentar de 93,7% para 100%, conforme mostrado na Figura 21.

Figura 21 - LITO com as ações de melhoria

<b>LITO</b>						
<b>Linha: 5323</b>			<b>Descrição do Item: Aço, latão e zamac</b>			
<b>Data: 07 à 11 de agosto de 2017</b>			<b>Turno: 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/></b>		<b>Receita: 3, 7, 21</b>	
<b>Tempo de calendário (CT):</b>		<b>153000</b>				
Posição	Atividade de Gerenciamento	Atividade de Manutenção Periódica (PD)	Cálculo do DT		Motivo da parada	Tempo no qual o equipamento realmente operou (OT)
			Quebras	Setup		
Carga	0	0	0	0	11	153000
Desengraxe Químico	0	0	0	0		153000
Água de Lavagem	0	0	0	0		153000
Água de Lavagem	0	0	0	0		153000
Desengraxe Eletrolítico	0	0	0	0		153000
Água de Lavagem	0	0	0	0		153000
Água de Lavagem	0	0	0	0		153000
Sol. Ácido Sulfúrico	0	0	0	0		153000
Água de Lavagem	0	0	0	0		153000
Banho de Cobre Ácido 1, 2, 3, 4	0	0	0	0		153000
Água de Recuperação	0	0	0	0		153000
Água de Lavagem	0	0	0	0		153000
Sol. Ácido Sulfúrico	0	0	0	0		153000
Água de Lavagem	0	0	0	0		153000
Espera	0	0	0	0		153000
Banho de Níquel 1, 2, 3, 4	0	0	0	0		153000
Água de Recuperação	0	0	0	0		153000
Água de Lavagem	0	0	0	0		153000
Água de Lavagem	0	0	0	0		153000
Sol. Ácido Tartárico	0	0	0	0		153000
Água de Lavagem	0	0	0	0		153000
Água Quente	0	0	0	0		153000
Descarga	0	0	0	0		153000
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-</b>	<b>153000</b>
<b>Cálculo do LT</b>			153000			
<b>Cálculo do LITO</b>			100,00			

Fonte: Autor (2017).

## 4.8.2 Proposta de melhoria para o LPQP

De acordo com o resultado da análise de sensibilidade aplicada a todos os materiais base, pode-se identificar que para aumentar o L-IROG deve-se melhorar o índice de LPQP. Por este motivo foi realizado um estudo analisado a estrutura física da linha e as receitas de banho que esta compõe. Posterior a este estudo foi elaborada a proposta de melhoria no LPQP que é mostrada em três etapas sendo, a primeira, do ponto de vista técnico, a segunda, do ponto de vista de ganho de produtividade e a terceira, do ponto de vista do valor dos investimentos, descritas nas seguintes seções.

### 4.8.2.1 Etapa 1: Do ponto de vista técnico

Para a redução das perdas de tempo por velocidade reduzida, do ponto de vista técnico, foram estabelecidas duas ações de melhoria. São elas:

- a) a primeira ação de melhoria é a de reorganização da sequência química da linha substituindo as posições desnecessárias por uma quantidade maior de tanques de níquel. Para esta ação são apresentadas duas propostas, na proposta 1 será executada a substituição de duas posições de cobre ácido por duas de níquel, ou seja, a linha contará com duas posições de cobre ácido e seis de níquel. Enquanto que para a proposta 2, as posições de desengraxe químico, primeira água de lavagem após o desengraxe químico, segunda água de lavagem após o desengraxe químico e banho de cobre ácido 3 e 4 serão substituídas por cinco novas posições de níquel, ou seja, a linha 5323 possuirá duas posições de cobre ácido e nove de níquel. Cabe destacar que ambas as propostas foram analisadas e validadas mediante ensaios apropriados, pelas áreas de Engenharia de Produto e Qualidade, possuindo aprovação técnica de uso;
- b) a segunda ação de melhoria é a de atualizar a sequência química da receita latão, já que atualmente para este material não é executado o depósito de cobre ácido. Para esta ação são apresentadas duas propostas, na proposta 1 será removido o sequenciamento químico utilizado para depositar o cobre ácido e serão acrescentadas duas novas posições de níquel. Enquanto que para a proposta 2, serão removidos os sequenciamentos químicos utilizados para o desengraxe químico e para o cobre ácido, também serão inseridas cinco novas posições de níquel. Cabe destacar que ambas as propostas foram analisadas e validadas

mediante ensaios apropriados, pelas áreas de Engenharia de Produto e Qualidade, possuindo aprovação técnica de uso.

Os Quadros 4 e 5 respectivamente mostram o conteúdo das duas ações de melhoria.

Quadro 4 – Primeira ação de melhoria - Reorganização da sequência química da linha

Atual	Proposta 1	Proposta 2
Carga	Carga	Carga
Desengraxe químico	Desengraxe químico	<b>Desengraxe eletrolítico</b>
Água de lavagem	Água de lavagem	Água de lavagem
Água de lavagem	Água de lavagem	Água de lavagem
Desengraxe eletrolítico	Desengraxe eletrolítico	<b>Sol. ácido sulfúrico</b>
Água de lavagem	Água de lavagem	Água de lavagem
Água de lavagem	Água de lavagem	<b>Banho de cobre ácido 1 e 2</b>
Sol. ácido sulfúrico	Sol. ácido sulfúrico	<b>Água de recuperação</b>
Água de lavagem	Água de lavagem	Água de lavagem
Banho de cobre ácido 1, 2, 3 e 4	<b>Banho de cobre ácido 1 e 2</b>	<b>Sol. ácido sulfúrico</b>
Água de recuperação	Água de recuperação	<b>Água de lavagem</b>
Água de lavagem	Água de lavagem	<b>Espera</b>
Sol. ácido sulfúrico	Sol. ácido sulfúrico	<b>Banho de níquel 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9</b>
Água de lavagem	Água de lavagem	<b>Água de recuperação</b>
Espera	Espera	<b>Água de lavagem</b>
Banho de níquel 1, 2, 3 e 4	<b>Banho de níquel 1, 2, 3, 4, 5 e 6</b>	<b>Água de lavagem</b>
Água de recuperação	Água de recuperação	<b>Sol. ácido tartárico</b>
Água de lavagem	Água de lavagem	Água de lavagem
Água de lavagem	Água de lavagem	<b>Água quente</b>
Sol. ácido tartárico	Sol. ácido tartárico	<b>Descarga</b>
Água de lavagem	Água de lavagem	
Água quente	Água quente	
Descarga	Descarga	

Fonte: Autor (2017).

Quadro 5 – Segunda ação - Atualizar a sequência química da receita latão

(continua)

Atual	Proposta 1	Proposta 2
Carga	Carga	Carga

(conclusão)

Desengraxe químico	Desengraxe químico	<b>Desengraxe eletrolítico</b>
Água de lavagem	Água de lavagem	Água de lavagem
Água de lavagem	Água de lavagem	Água de lavagem
Desengraxe eletrolítico	Desengraxe eletrolítico	<b>Sol. ácido sulfúrico</b>
Água de lavagem	Água de lavagem	Água de lavagem
Água de lavagem	Água de lavagem	<b>Banho de níquel 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9</b>
Sol. ácido sulfúrico	Sol. ácido sulfúrico	<b>Água de recuperação</b>
Água de lavagem	Água de lavagem	Água de lavagem
Banho de cobre ácido 1, 2, 3 e 4	<b>Espera</b>	<b>Água de lavagem</b>
Água de recuperação	<b>Banho de níquel 1, 2, 3, 4, 5 e 6</b>	<b>Sol. ácido tartárico</b>
Água de lavagem	<b>Água de recuperação</b>	Água de lavagem
Sol. ácido sulfúrico	<b>Água de lavagem</b>	<b>Água quente</b>
Água de lavagem	Água de lavagem	<b>Descarga</b>
Espera	<b>Sol. ácido tartárico</b>	
Banho de níquel 1, 2, 3 e 4	<b>Água de lavagem</b>	
Água de recuperação	<b>Água quente</b>	
Água de lavagem	<b>Descarga</b>	
Água de lavagem		
Sol. ácido tartárico		
Água de lavagem		
Água quente		
Descarga		

Fonte: Autor (2017).

#### 4.8.2.2 Etapa 2: Do ponto de vista de ganho de produtividade

A partir da execução das duas ações de melhoria, foram cálculos os ganhos de produtividade para as propostas 1 e 2, conforme mostra o Apêndice F, durante cinco dias apenas no primeiro turno o percentual de ganho de produtividade para cada proposta é descrito na Quadro 6. De acordo com o quadro citado, os ganhos de produtividade das propostas 1 e 2 para o aço são iguais, de forma similar ocorre com o zamac. Este fato se dá por conta do tempo de ciclo do cobre ácido ser igual ao do níquel, portanto, se reduzidos os tempos de níquel, o novo gargalo destas receitas será o cobre ácido. Enquanto que para a receita latão o único gargalo é o banho de níquel, por este motivo quanto menor for o tempo de ciclo desta posição, maior será o percentual de ganho de produtividade.

Quadro 6 – Percentual de ganho de produtividade

Produção	Material base		
	Aço	Latão	Zamac
Atual	228	92	134
Proposto 1	284	248	166
Proposto 2	284	372	166
% de Ganho da Proposta 1	24,5	169,5	23,8
% de Ganho da Proposta 2	24,5	304,3	23,8

Fonte: Autor (2017).

#### 4.8.2.3 Etapa 3: Do ponto de vista do valor dos investimentos

Considerando que a linha tem o valor 1,5 milhão de reais e que serão executadas as duas ações de melhoria, foi estimado um orçamento contendo os equipamentos necessários para a execução das propostas 1 e 2, o valor unitário bem como a respectiva quantidade necessária, conforme mostra a Tabela 4.

Tabela 4 - Orçamento executado para as propostas de melhoria

Item	Valor Unit.	Proposta 1	Proposta 2
		Quantidade	Quantidade
Retificador 1000A / 12v	R\$ 19.650,00	-	1
Retificador 1000A / 20v	R\$ 38.590,00	-	2
Bomba filtro para banho de níquel - Holiverbrass	R\$ 14.250,00	-	3
Centrífuga Mod. 270 - 15Kg	R\$ 24.900,00	2	3
Cabos para retificador	R\$ 114,00	-	100
Barramentos de Cobre	R\$ 500,00	-	3
<b>TOTAL</b>		R\$ 49.800,00	R\$ 227.180,00

Fonte: Autor (2017).

De acordo com a Tabela 4, a proposta 1 é a que possui o menor valor de investimento chegando a 3,3% do valor da linha. Enquanto que para a proposta 2, o valor do investimento atinge cerca de 15,1% deste valor.

Para as duas propostas não se faz necessário investir em novos tanques ou em sistemas de exaustão, será realizado o reaproveitamento dos mesmos, porém realocados conforme a necessidade.

A programação da linha será executada pela automação interna que é uma área de apoio à empresa em estudo.

## 5 CONCLUSÃO

O objetivo do presente trabalho consistiu em aplicar a metodologia L-IROG visando identificar, quantificar e propor soluções para os problemas que afetam o sistema contínuo de eletrodeposição galvânica da linha de banho de níquel 5323, localizada no setor de banhos da empresa Mundial S.A. Neste sentido, pode-se afirmar que o trabalho atingiu os objetivos propostos, uma vez que a aplicação da metodologia permitiu identificar a existência de perdas contribuintes para a redução do L-IROG em 47,9% para o latão, 24,3% para o zamac e 24,8% para o aço, valores estes que anteriormente nunca haviam sido mensurados.

A aplicação da metodologia permitiu constatar que as maiores perdas contribuintes para a redução do L-IROG no sistema de produção da linha em estudo são as perdas relacionadas a LPQP, com contribuição de 44,4%, 19,2% e 19,8% para os respectivos materiais latão, zamac e aço. Enquanto que com a execução da análise de sensibilidade, foi possível identificar que são nas posições que antecedem os banhos de níquel onde ocorrem estas perdas. Este fato ocorre devido a baixa quantidade de posições de níquel quando em comparação ao número de tambores em operação na referida linha. Sendo assim, os tambores excedentes ficam parados nas posições anteriores aos referidos banhos de níquel, exceto em posições de ativação pelo fato de que uma carga somente será ativada se houver ao menos uma posição de banho de deposição livre.

Além disso, com a identificação das perdas, foram estabelecidas ações de melhoria para as propostas 1 e 2, permitindo projetar seus respectivos ganhos de produtividade. Sendo que na primeira, com o investimento chegando a 3,3% do valor da linha, os ganhos de produtividade são de 24,5%, 169,5% e 23,8% para os respectivos materiais aço, latão e zamac. Enquanto que na segunda, com o investimento correspondente a 15,1% do valor da linha, os ganhos de produtividade são respectivamente de 24,5%, 304,3% e 23,8%, ou seja, em termos práticos, isto representa um aumento de cargas semanais de 56 para o aço, 156 a 280 para o latão e 32 para o zamac.

A similaridade entre os ganhos das propostas 1 e 2 para o zamac e o aço, se dá por conta de o tempo de processamento do banho de cobre ácido ser igual ao níquel. Sendo assim, se reduzidos os tempos de níquel destas receitas, o novo gargalo será o cobre ácido.

O trabalho também permitiu verificar que com a planilha LPQP pode-se estimar a capacidade produtiva de uma linha de produção. Porém para que esta retorne um valor similar a realidade, faz-se necessário a compreensão da metodologia aplicada e ter o conhecimento do processo utilizado para a execução do produto. Por conta de sua complexidade, deve ser

utilizada por pessoas que conheçam todo o processo de manufatura da linha e suas particularidades, ou seja, requer compreensão sobre a forma de coletar dados, execução dos cálculos e interpretação dos resultados.

## REFERÊNCIAS

- ABIT. **Indústria Têxtil e de Confecção Brasileira**. Brasília: 2013. Disponível em: <[http://www.abit.org.br/conteudo/links/publicacoes/cartilha\\_rtcc.pdf](http://www.abit.org.br/conteudo/links/publicacoes/cartilha_rtcc.pdf)>. Acesso em: 25 fev. 2017.
- ANTUNES, J. et al. **Sistemas de produção**: conceitos e práticas para projeto e gestão da produção enxuta. Porto Alegre: Bookman, 2008.
- BARCELOS, Érica. **Linguagem de Programação**: Delphi. Federação de escolas SIMONSEN, Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <<http://www.simonsen.br/its/pdf/apostilas/base-tecnica/2/linguagem-de-programacao-1-capitulo-2-ano-informatica.pdf>>. Acesso em: 23 mar. 2017.
- BARVE, S.B.; BIRAJDAR, M.S.; BHONGADE, A.S.; CHAUDHARI, H. **Application of TPM to vertical boring machine**. Industrial Engineering Journal, v. 33, n. 7, p. 7-22, 2004.
- BRAGLIA, M.; FROSOLINI, M.; ZAMMORI, F.: **Overall equipment effectiveness of a manufacturing line (OEEML): An integrated approach to assess systems performance**. Journal of Manufacturing Technology Management, Italia, v. 20, n. 1, p. 8-29, 2009. Disponível em: <[www.emeraldinsight.com/doi/pdfplus/10.1108/17410380910925389](http://www.emeraldinsight.com/doi/pdfplus/10.1108/17410380910925389)>. Acesso em: 26 fev. 2017.
- BRANDT, J.R; TANINECZ, G. **Capacity utilization**. Glass in It Style, v. 1, n. 1, p. 10-18, 2005. Disponível em: <[www.gimav.it/publicazioni](http://www.gimav.it/publicazioni)>. Acesso em: 19 mar. 2017.
- CHAN, F.T.S.; LAU, H.C.W.; IP, R.W.L.; CHAN, H.K.; Kong, S. **Implementing total productive maintenance**: a case study. International Journal of Production Economics, v. 95, n. 1, p. 71-94, 2004.
- COSTA, Gouvea; LIMA, Pinheiro. **Uses and misuses of the overall equipment effectiveness for production management**. Proceedings of IEMC 2002 IEEE International, v. 2, p. 20-816.
- DAL, B.; TUGWELL, P.; GREATBANKS, R. **Overall equipment effectiveness as a measure of operational improvement**. International Journal of Operations & Production Management, v. 20, n. 12, p. 502-1488, 2000.
- DALFOVO, M. S.; LANA, R. A.; SILVEIRA, A.: **Métodos quantitativos e qualitativos**: um resgate teórico. Revista Interdisciplinar Científica Aplicada, Blumenau, v.2, n.4, p.01- 13, 2008. Disponível em: <<http://rica.unibes.com.br/index.php/rica/article/view/243/234>>. Acesso em: 25 fev. 2017.
- DAS, D. **TPM**: a comprehensive tool for achieving excellence in operations system – a case study. Industrial Engineering Journal, v. 30, n. 10, p. 15-23, 2001.
- EXAME. **O que é a customização em massa e o que ela não é**. Revista Exame, São Paulo: 2008. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/marketing/o-que-e-a-customizacao-em-massa-e-o-que-ela-nao-e-m0040294/>>. Acesso em: 12 fev. 2017.

FIESP. **Panorama da indústria de transformação brasileira**. São Paulo: 3. ed. 2014. Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br/arquivo-download/?id=141574>>. Acesso em: 26 fev. 2017.

FILHO, E.E.; TERENCE, A. C. F.: **Abordagem quantitativa, qualitativa e a utilização da pesquisa-ação nos estudos organizacionais**. ENEGEP, Fortaleza, 2006. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2006\\_tr540368\\_8017.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2006_tr540368_8017.pdf)>. Acesso em: 25 fev. 2017.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GODOY, A. S.: **Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades**. Revista de Administração de Empresas, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 57-63, 1995. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rae/v35n2/a08v35n2.pdf>>. Acesso em: 25 fev. 2017.

HANSEN R. C. **Eficiência Global dos Equipamentos**: uma poderosa ferramenta de produção/manutenção para aumento dos lucros. Tradução de Altair Flamarion Klippel; Bookman, Porto Alegre, 2006.

JEONG, K. Y.; PHILLIPS, D.T. **Operational efficiency and effectiveness measurement**. International Journal of Operations & Production Management, v.21, n.11, p.16-1404, 2001.

JOHNSON, P.; LESSHAMMER, M. **Evaluation and improvement of manufacturing performance measurement systems**: the role of OEE. International Journal of Operations & Production Management, v. 19, n. 1, p. 55-77, 1999.

KARDEC, A.; NASCIF, J.; **Manutenção**: função estratégica. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 1998. p. 287.

KMITA, Fonseca Silvério. **Manutenção Produtiva Total (TPM)**: uma ferramenta para o aumento do índice de eficiência global da empresa. ENEGEP, Minas Gerais, 2003. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEDEP2003\\_TR0109\\_1758.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEDEP2003_TR0109_1758.pdf)>. Acesso em: 02 fev. 2017.

KOTZE, D. **Consistency, accuracy lead to maximum OEE benefits**. TPM News Letter, AITPM, Productivity Inc., Norwalk, CT, v. 4, n. 2, 1993.

LUNGBERG, O. **Measurement of overall equipment effectiveness as a basis for TPM Activities**. International Journal of Operations & Production Management, v. 13, n. 5, p. 495-507, 1998.

MUNDIAL S.A.. **Banco de dados**. 2017.

MUNDIAL S.A.. **História**. Disponível em: <<http://www.mundialsa.com.br>>. Acesso em: 25 fev. 2017.

NACHIAPPAN, R.M; ANANTHARAMA, N. **Evaluation of overall line effectiveness (OLE) in a continuous product line manufacturing system**. Journal of Manufacturing Technology Management, v.17, n. 7, p. 987-1008, 2006.

NAKAJIMA, S. **Introduction to TPM: Total Productive Maintenance**. Cambridge, MA: Productivity Press, 1988.

NAKAJIMA, S. **Introdução ao TPM: Total Productive Maintenance**. São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos Ltda., 1989.

NUNES, Daniel. **Programação em linguagem Ladder: Linguagem de Relés**. Centro de Educação a Distância SENAI, São Paulo, 2012. Disponível em: [https://daniellnunes1.files.wordpress.com/2012/11/u2\\_linguagemladder1.pdf](https://daniellnunes1.files.wordpress.com/2012/11/u2_linguagemladder1.pdf)>. Acesso em: 23 mar. 2017.

RAOUF, A. **Improving capital productivity through maintenance**. International Journal of Operations & Production Management, v. 14, n. 7, p. 44-52, 1994.

ROBINSON, C. **Calculating line or process OEE: Maintenance Technology**, 2004. Disponível em: <[www.mt-online.com/newarticles2/06-94mm.cfm](http://www.mt-online.com/newarticles2/06-94mm.cfm)>. Acesso em: 19 mar. 2017 às 17 horas.

RODRIGUES, L.H.; ANTUNES, Júnior J.A.V. **Administração da produção II**. [S.I. e s.n.], [1994?]. Não paginado. Apostila da disciplina “Administração da Produção II” do curso de pós graduação em gestão da qualidade da Universidade de Caxias de Sul.

RON, A.J; ROODA, J.E. **Equipment effectiveness: OEE revisited**. IEEE Transaction on Semiconductor Manufacturing. v.18, n.1, p.6-190, 2005.

SEMI E10-96. **Standard for Definition and Measurement of Equipment Productivity**. 1996.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 2008.

TAJIRI, M.; GOTOH, F. **Autonomous maintenance in seven steps: implementing TPM on the shop floor**. USA: McGraw-Hill, 1992. 328 p. Título original: TPM implementation: A japanese approach.

TAYLOR, D. A. **Logística na Cadeia de Suprimentos: uma perspectiva gerencial**. São Paulo. Pearson Addison-Wesley. 2005.

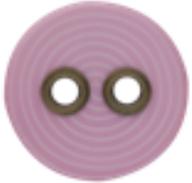
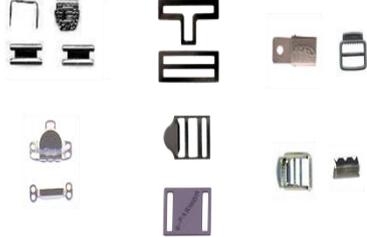
THE PRODUCTIVITY DEVELOPMENT TEAM. **OEE for operators: overall equipment effectiveness**. Portland, OR: Productivity Press, p. 63, 1999.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. São Paulo: Cortez, 2003.

XENOS, G.H. **Gerenciamento da manutenção produtiva**. Belo Horizonte: Dg editora, 1998.

WIREMANN, Terry. **Total Productive Maintenance: an american approach**. New York, NY: Industrial Press, p. 192, 1991.

**APÊNDICE A – EXEMPLOS DE PRODUTOS DA LINHA EBERLE FASHION**

 <p>Botões fixos e flexível</p>	 <p>Botões de pressão</p>	 <p>Botões magnéticos</p>
 <p>Botões de casear</p>	 <p>Rebites</p>	 <p>Rebites não perfurantes</p>
 <p>Ilhoses</p>	 <p>Grampos</p>	 <p>Diversos</p>

## APÊNDICE B – COLETA DIÁRIA DE DADOS PARA O CÁLCULO DO LITO

<b>LITO</b>						
<b>Linha: 5323</b>			<b>Descrição do Item: Aço, latão e zamac</b>			
<b>Data: 07 de agosto de 2017</b>			<b>Turno: 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/></b>		<b>Receita: 3, 7, 21</b>	
<b>Tempo de calendário (CT):</b>		<b>30600</b>				
Posição	Atividade de Gerenciamento	Atividade de Manutenção Periódica (PD)	Cálculo do DT		Motivo da parada	Tempo no qual o equipamento realmente operou (OT)
			Quebras	Setup		
Carga	660	300	0	0	11	29640
Desengraxe Químico	0	300	0	0		29340
Água de Lavagem	0	300	0	0		29040
Água de Lavagem	0	300	0	0		28740
Desengraxe Eletrolítico	0	300	0	0		28440
Água de Lavagem	0	300	0	0		28140
Água de Lavagem	0	300	0	0		27840
Sol. Ácido Sulfúrico	0	300	0	0		27540
Água de Lavagem	0	300	0	0		27240
Banho de Cobre Ácido 1, 2, 3, 4	0	300	0	0		26940
Água de Recuperação	0	300	0	0		26640
Água de Lavagem	0	300	0	0		26340
Sol. Ácido Sulfúrico	0	300	0	0		26040
Água de Lavagem	0	300	0	0		25740
Espera	0	0	0	0		25740
Banho de Níquel 1, 2, 3, 4	0	300	0	0		25440
Água de Recuperação	0	300	0	0		25140
Água de Lavagem	0	300	0	0		24840
Água de Lavagem	0	300	0	0		24540
Sol. Ácido Tartárico	0	300	0	0		24240
Água de Lavagem	0	300	0	0		23940
Água Quente	0	300	0	0		23640
Descarga	0	300	0	0		23340
<b>TOTAL</b>	<b>660</b>	<b>6600</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-</b>	<b>23340</b>
<b>Cálculo do LT</b>	<b>30300</b>					
<b>Cálculo do LITO</b>	<b>77.03</b>					

Na segunda feira dia 07 de agosto, durante o acompanhamento realizado na linha, foi executada a limpeza dos contatos elétricos de giro do tambor. A posição de espera é a única que não possui estes contatos de giro, porque quando o tambor entra nesta posição ele já está vazio. A execução desta atividade de manutenção periódica, a cada posição, tem a duração de 5 minutos ou 300 segundos.

<b>LITO</b>						
<b>Linha: 5323</b>			<b>Descrição do Item: Aço, latão e zamac</b>			
<b>Data: 08 de agosto de 2017</b>			<b>Turno: 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/></b>		<b>Receita: 3, 7, 21</b>	
<b>Tempo de calendário (CT):</b>		<b>30600</b>				
Posição	Atividade de Gerenciamento	Atividade de Manutenção Periódica (PD)	Cálculo do DT		Motivo da parada	Tempo no qual o equipamento realmente operou (OT)
			Quebras	Setup		
Carga	660	0	0	0	11	29940
Desengraxe Químico	0	0	0	0		29940
Água de Lavagem	0	0	0	0		29940
Água de Lavagem	0	0	0	0		29940
Desengraxe Eletrolítico	0	0	0	0		29940
Água de Lavagem	0	0	0	0		29940
Água de Lavagem	0	0	0	0		29940
Sol. Acido Sulfúrico	0	0	0	0		29940
Água de Lavagem	0	0	0	0		29940
Banho de Cobre Acido 1, 2, 3, 4	0	0	0	0		29940
Água de Recuperação	0	0	0	0		29940
Água de Lavagem	0	0	0	0		29940
Sol. Acido Sulfúrico	0	0	0	0		29940
Água de Lavagem	0	0	0	0		29940
Espera	0	0	0	0		29940
Banho de Níquel 1, 2, 3, 4	0	0	0	0		29940
Água de Recuperação	0	0	0	0		29940
Água de Lavagem	0	0	0	0		29940
Água de Lavagem	0	0	0	0		29940
Sol. Acido Tartárico	0	0	0	0		29940
Água de Lavagem	0	0	0	0		29940
Água Quente	0	0	0	0		29940
Descarga	0	0	0	0		29940
<b>TOTAL</b>	<b>660</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-</b>	<b>29940</b>
<b>Cálculo do LT</b>			30600			
<b>Cálculo do LITO</b>			97,84			

<b>LITO</b>						
<b>Linha: 5323</b>			<b>Descrição do Item: Aço, latão e zamac</b>			
<b>Data: 09 de agosto de 2017</b>			<b>Turno: 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/></b>		<b>Receita: 3, 7, 21</b>	
<b>Tempo de calendário (CT):</b>		<b>30600</b>				
Posição	Atividade de Gerenciamento	Atividade de Manutenção Periódica (PD)	Cálculo do DT		Motivo da parada	Tempo no qual o equipamento realmente operou (OT)
			Quebras	Setup		
Carga	660	0	0	0	11	29940
Desengraxe Químico	0	0	0	0		29940
Água de Lavagem	0	0	0	0		29940
Água de Lavagem	0	0	0	0		29940
Desengraxe Eletrolítico	0	0	0	0		29940
Água de Lavagem	0	0	0	0		29940
Água de Lavagem	0	0	0	0		29940
Sol. Acido Sulfúrico	0	0	0	0		29940
Água de Lavagem	0	0	0	0		29940
Banho de Cobre Acido 1, 2, 3, 4	0	0	0	0		29940
Água de Recuperação	0	0	0	0		29940
Água de Lavagem	0	0	0	0		29940
Sol. Acido Sulfúrico	0	0	0	0		29940
Água de Lavagem	0	0	0	0		29940
Espera	0	0	0	0		29940
Banho de Níquel 1, 2, 3, 4	0	0	0	0		29940
Água de Recuperação	0	0	0	0		29940
Água de Lavagem	0	0	0	0		29940
Água de Lavagem	0	0	0	0		29940
Sol. Acido Tartárico	0	0	0	0		29940
Água de Lavagem	0	0	0	0		29940
Água Quente	0	0	0	0		29940
Descarga	0	0	0	0		29940
<b>TOTAL</b>	<b>660</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-</b>	<b>29940</b>
<b>Cálculo do LT</b>			30600			
<b>Cálculo do LITO</b>			97,84			

<b>LITO</b>							<small>EST. 1896</small> <b>EBERLE</b> <small>THE METAL ELEMENT</small>
<b>Linha: 5323</b>			<b>Descrição do Item: Aço, latão e zamac</b>				
<b>Data: 10 de agosto de 2017</b>			<b>Turno: 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/></b>		<b>Receita: 3, 7, 21</b>		
<b>Tempo de calendário (CT):</b>		<b>30600</b>					
Posição	Atividade de Gerenciamento	Atividade de Manutenção Periódica (PD)	Cálculo do DT		Motivo da parada	Tempo no qual o equipamento realmente operou (OT)	
			Quebras	Setup			
Carga	660	0	0	0	11	29940	
Desengraxe Químico	0	0	0	0		29940	
Água de Lavagem	0	0	0	0		29940	
Água de Lavagem	0	0	0	0		29940	
Desengraxe Eletrolítico	0	0	0	0		29940	
Água de Lavagem	0	0	0	0		29940	
Água de Lavagem	0	0	0	0		29940	
Sol. Ácido Sulfúrico	0	0	0	0		29940	
Água de Lavagem	0	0	0	0		29940	
Banho de Cobre Acido 1, 2, 3, 4	0	0	0	0		29940	
Água de Recuperação	0	0	0	0		29940	
Água de Lavagem	0	0	0	0		29940	
Sol. Ácido Sulfúrico	0	0	0	0		29940	
Água de Lavagem	0	0	0	0		29940	
Espera	0	0	0	0		29940	
Banho de Níquel 1, 2, 3, 4	0	0	0	0		29940	
Água de Recuperação	0	0	0	0		29940	
Água de Lavagem	0	0	0	0		29940	
Água de Lavagem	0	0	0	0		29940	
Sol. Ácido Tartárico	0	0	0	0		29940	
Água de Lavagem	0	0	0	0		29940	
Água Quente	0	0	0	0		29940	
Descarga	0	0	0	0		29940	
<b>TOTAL</b>	<b>660</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-</b>	<b>29940</b>	
<b>Cálculo do LT</b>			30600				
<b>Cálculo do LITO</b>			97,84				

<b>LITO</b>							<small>EST. 1896</small> <b>EBERLE</b> <small>THE METAL ELEMENT</small>
<b>Linha: 5323</b>			<b>Descrição do Item: Aço, latão e zamac</b>				
<b>Data: 11 de agosto de 2017</b>			<b>Turno: 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/></b>		<b>Receita: 3, 7, 21</b>		
<b>Tempo de calendário (CT):</b>		<b>30600</b>					
Posição	Atividade de Gerenciamento	Atividade de Manutenção Periódica (PD)	Cálculo do DT		Motivo da parada	Tempo no qual o equipamento realmente operou (OT)	
			Quebras	Setup			
Carga	660	0	0	0	11	29940	
Desengraxe Químico	0	0	0	0		29940	
Água de Lavagem	0	0	0	0		29940	
Água de Lavagem	0	0	0	0		29940	
Desengraxe Eletrolítico	0	0	0	0		29940	
Água de Lavagem	0	0	0	0		29940	
Água de Lavagem	0	0	0	0		29940	
Sol. Ácido Sulfúrico	0	0	0	0		29940	
Água de Lavagem	0	0	0	0		29940	
Banho de Cobre Acido 1, 2, 3, 4	0	0	0	0		29940	
Água de Recuperação	0	0	0	0		29940	
Água de Lavagem	0	0	0	0		29940	
Sol. Ácido Sulfúrico	0	0	0	0		29940	
Água de Lavagem	0	0	0	0		29940	
Espera	0	0	0	0		29940	
Banho de Níquel 1, 2, 3, 4	0	0	0	0		29940	
Água de Recuperação	0	0	0	0		29940	
Água de Lavagem	0	0	0	0		29940	
Água de Lavagem	0	0	0	0		29940	
Sol. Ácido Tartárico	0	0	0	0		29940	
Água de Lavagem	0	0	0	0		29940	
Água Quente	0	0	0	0		29940	
Descarga	0	0	0	0		29940	
<b>TOTAL</b>	<b>660</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-</b>	<b>29940</b>	
<b>Cálculo do LT</b>			30600				
<b>Cálculo do LITO</b>			97,84				

## APÊNDICE C – COLETA DIÁRIA DE DADOS PARA O CÁLCULO DO LPQP PARA O LATÃO

<b>LPQP</b>											
<b>Linha: 5323</b>								<b>Descrição do Item: latão</b>			
<b>Data: 07 de agosto de 2017</b>						<b>Turno: 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/></b>		<b>Receita: 7</b>			
Posição	n	D	R	G	PRT				OT	CYT	N
					Perdas Iniciais	Menor Parada	Velocidade Reduzida	Perdas por Inatividade			
Carga	491	0	0	491	0	0	180	0	29640	60	491
Desengraxe Químico	96	0	0	96	0	0	416	0	29100	300	96
Água de Lavagem	96	0	0	96	0	0	124	0	28084	60	466
Água de Lavagem	96	0	0	96	0	0	1950	0	27600	60	428
Desengraxe Eletrolítico	96	0	0	96	0	0	242	0	25290	90	278
Água de Lavagem	96	0	0	96	0	0	128	0	24658	60	409
Água de Lavagem	96	0	0	96	0	0	1370	0	24170	60	380
Sol. Ácido Sulfúrico	96	0	0	96	0	0	182	0	22440	90	247
Água de Lavagem	96	0	0	96	0	0	334	0	21868	60	359
Banho de Cobre Ácido 1, 2, 3, 4	96	0	0	96	0	0	1031	0	21174	30	671
Água de Recuperação	96	0	0	96	0	0	128	0	19813	60	328
Água de Lavagem	96	0	0	96	0	0	2640	0	19325	60	278
Sol. Ácido Sulfúrico	96	0	0	96	0	0	96	0	16325	90	180
Água de Lavagem	96	0	0	96	0	0	125	0	15839	60	262
Espera	96	0	0	96	0	0	450	0	15654	60	253
Banho de Níquel 1, 2, 3, 4	15	0,00299289	0	15	0	0	1376	0	14844	900	15
Água de Recuperação	15	0	0	15	0	0	126	0	12268	60	202
Água de Lavagem	15	0	0	15	0	0	126	0	11782	60	194
Água de Lavagem	15	0	0	15	0	0	1140	0	11296	60	169
Sol. Ácido Tartárico	15	0	0	15	0	0	82	0	9796	60	162
Água de Lavagem	15	0	0	15	0	0	133	0	9354	60	154
Água Quente	15	0	0	15	0	0	203	0	8861	60	144
Descarga	15	0	0	15	0	0	180	0	8298	60	135
<b>Cálculo do LPQP</b>	<b>45,43</b>										

## LPQP



Linha: 5323									Descrição do Item: latão		
Data: 08 de agosto de 2017						Turno: <input checked="" type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/>			Receita: 7		
Posição	n	D	R	G	PRT				OT	CYT	N
					Perdas Iniciais	Menor Parada	Velocidade Reduzida	Perdas por Inatividade			
Carga	496	0	0	496	0	0	180	0	29940	60	496
Desengraxe Químico	98	0	0	98	0	0	264	0	29700	300	98
Água de Lavagem	98	0	0	98	0	0	600	0	29136	60	476
Água de Lavagem	98	0	0	98	0	0	1069	0	28476	60	457
Desengraxe Eletrolítico	98	0	0	98	0	0	1171	0	27347	90	291
Água de Lavagem	98	0	0	98	0	0	480	0	26086	60	427
Água de Lavagem	98	0	0	98	0	0	720	0	25546	60	414
Sol. Ácido Sulfúrico	98	0	0	98	0	0	39	0	24766	90	275
Água de Lavagem	98	0	0	98	0	0	85	0	24637	60	409
Banho de Cobre Ácido 1, 2, 3, 4	98	0	0	98	0	0	686	0	24492	30	794
Água de Recuperação	98	0	0	98	0	0	1140	0	23776	60	377
Água de Lavagem	98	0	0	98	0	0	1260	0	22576	60	355
Sol. Ácido Sulfúrico	98	0	0	98	0	0	30	0	21256	90	236
Água de Lavagem	98	0	0	98	0	0	2400	0	21136	60	312
Espera	98	0	0	98	0	0	269	0	18676	60	307
Banho de Níquel 1, 2, 3, 4	20	0,00406822	0	20	0	0	40	0	18347	900	20
Água de Recuperação	20	0	0	20	0	0	126	0	17407	60	288
Água de Lavagem	20	0	0	20	0	0	240	0	17221	60	283
Água de Lavagem	20	0	0	20	0	0	300	0	16921	60	277
Sol. Ácido Tartárico	20	0	0	20	0	0	45	0	16561	60	275
Água de Lavagem	20	0	0	20	0	0	67	0	16456	60	273
Água Quente	20	0	0	20	0	0	353	0	16329	60	266
Descarga	20	0	0	20	0	0	180	0	15916	60	262
Cálculo do LPQP	61,13										

## LPQP



Linha: 5323									Descrição do Item: latão		
Data: 09 de agosto de 2017						Turno: <input checked="" type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3			Receita: 7		
Posição	n	D	R	G	PRT				OT	CYT	N
					Perdas Iniciais	Menor Parada	Velocidade Reduzida	Perdas por Inatividade			
Carga	496	0	0	496	0	0	180	0	29940	60	496
Desengraxe Químico	99	0	0	99	0	0	7	0	29700	300	99
Água de Lavagem	99	0	0	99	0	0	67	0	29393	60	489
Água de Lavagem	99	0	0	99	0	0	123	0	29266	60	486
Desengraxe Eletrolítico	99	0	0	99	0	0	68	0	29083	90	322
Água de Lavagem	99	0	0	99	0	0	330	0	28925	60	477
Água de Lavagem	99	0	0	99	0	0	365	0	28535	60	470
Sol. Ácido Sulfúrico	99	0	0	99	0	0	1200	0	28110	90	299
Água de Lavagem	99	0	0	99	0	0	120	0	26820	60	445
Banho de Cobre Ácido 1, 2, 3, 4	99	0	0	99	0	0	280	0	26640	30	879
Água de Recuperação	99	0	0	99	0	0	2408	0	26330	60	399
Água de Lavagem	99	0	0	99	0	0	5000	0	23862	60	314
Sol. Ácido Sulfúrico	99	0	0	99	0	0	20	0	18802	90	209
Água de Lavagem	99	0	0	99	0	0	60	0	18692	60	311
Espera	99	0	0	99	0	0	69	0	18572	60	308
Banho de Níquel 1, 2, 3, 4	20	0,00408733	0	20	0	0	50	0	18443	900	20
Água de Recuperação	20	0	0	20	0	0	126	0	17493	60	289
Água de Lavagem	20	0	0	20	0	0	246	0	17307	60	284
Água de Lavagem	20	0	0	20	0	0	960	0	17001	60	267
Sol. Ácido Tartárico	20	0	0	20	0	0	18	0	15981	60	266
Água de Lavagem	20	0	0	20	0	0	66	0	15903	60	264
Água Quente	20	0	0	20	0	0	30	0	15777	60	262
Descarga	20	0	0	20	0	0	180	0	15687	60	258
Cálculo do LPQP					61,42						

<b>LPQP</b>												
<b>Linha: 5323</b>									<b>Descrição do Item: latão</b>			
<b>Data: 10 de agosto de 2017</b>						<b>Turno: 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/></b>			<b>Receita: 7</b>			
Posição	n	D	R	G	PRT				OT	CYT	N	
					Perdas Iniciais	Menor Parada	Velocidade Reduzida	Perdas por Inatividade				
Carga	496	0	0	496	0	0	180	0	29940	60	496	
Desengraxe Químico	99	0	0	99	0	0	20	0	29700	300	99	
Água de Lavagem	99	0	0	99	0	0	60	0	29380	60	489	
Água de Lavagem	99	0	0	99	0	0	120	0	29260	60	486	
Desengraxe Eletrolítico	99	0	0	99	0	0	3	0	29080	90	323	
Água de Lavagem	99	0	0	99	0	0	60	0	28987	60	482	
Água de Lavagem	99	0	0	99	0	0	110	0	28867	60	479	
Sol. Ácido Sulfúrico	99	0	0	99	0	0	25	0	28697	90	319	
Água de Lavagem	99	0	0	99	0	0	180	0	28582	60	473	
Banho de Cobre Ácido 1, 2, 3, 4	99	0	0	99	0	0	323	0	28342	30	934	
Água de Recuperação	99	0	0	99	0	0	608	0	27989	60	456	
Água de Lavagem	99	0	0	99	0	0	1174	0	27321	60	436	
Sol. Ácido Sulfúrico	99	0	0	99	0	0	2	0	26087	90	290	
Água de Lavagem	99	0	0	99	0	0	20	0	25995	60	433	
Espera	99	0	0	99	0	0	19	0	25915	60	432	
Banho de Níquel 1, 2, 3, 4	22	0,004408	0	22	0	0	6000	0	25836	900	22	
Água de Recuperação	22	0	0	22	0	0	606	0	18936	60	306	
Água de Lavagem	22	0	0	22	0	0	126	0	18270	60	302	
Água de Lavagem	22	0	0	22	0	0	300	0	18084	60	296	
Sol. Ácido Tartárico	22	0	0	22	0	0	44	0	17724	60	295	
Água de Lavagem	22	0	0	22	0	0	66	0	17620	60	293	
Água Quente	22	0	0	22	0	0	84	0	17494	60	290	
Descarga	22	0	0	22	0	0	180	0	17350	60	286	
<b>Cálculo do LPQP</b>	<b>66,24</b>											

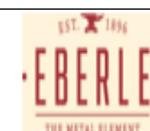
<b>LPQP</b>											
<b>Linha: 5323</b>									<b>Descrição do Item: latão</b>		
<b>Data: 11 de agosto de 2017</b>						<b>Turno: 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/></b>			<b>Receita: 7</b>		
Posição	n	D	R	G	PRT				OT	CYT	N
					Perdas Iniciais	Menor Parada	Velocidade Reduzida	Perdas por Inatividade			
Carga	496	0	0	496	0	0	180	0	29940	60	496
Desengraxe Químico	99	0	0	99	0	0	80	0	29700	300	99
Água de Lavagem	99	0	0	99	0	0	3600	0	29320	60	429
Água de Lavagem	99	0	0	99	0	0	4830	0	25660	60	347
Desengraxe Eletrolítico	99	0	0	99	0	0	98	0	20770	90	230
Água de Lavagem	99	0	0	99	0	0	1508	0	20582	60	318
Água de Lavagem	99	0	0	99	0	0	1730	0	19014	60	288
Sol. Ácido Sulfúrico	99	0	0	99	0	0	17	0	17224	90	191
Água de Lavagem	99	0	0	99	0	0	218	0	17117	60	282
Banho de Cobre Ácido 1, 2, 3, 4	99	0	0	99	0	0	8	0	16839	30	561
Água de Recuperação	99	0	0	99	0	0	608	0	16801	60	270
Água de Lavagem	99	0	0	99	0	0	1080	0	16133	60	251
Sol. Ácido Sulfúrico	99	0	0	99	0	0	2	0	14993	90	167
Água de Lavagem	99	0	0	99	0	0	16	0	14901	60	248
Espera	99	0	0	99	0	0	20	0	14825	60	247
Banho de Níquel 1, 2, 3, 4	14	0,00289178	0	14	0	0	1732	0	14745	900	14
Água de Recuperação	14	0	0	14	0	0	1626	0	12113	60	175
Água de Lavagem	14	0	0	14	0	0	1806	0	10427	60	144
Água de Lavagem	14	0	0	14	0	0	1800	0	8561	60	113
Sol. Ácido Tartárico	14	0	0	14	0	0	10	0	6701	60	112
Água de Lavagem	14	0	0	14	0	0	266	0	6631	60	106
Água Quente	14	0	0	14	0	0	571	0	6305	60	96
Descarga	14	0	0	14	0	0	180	0	5674	60	92
<b>Cálculo do LPQP</b>	<b>43,45</b>										



## APÊNDICE D – COLETA DIÁRIA DE DADOS PARA O CÁLCULO DO LPQP PARA O ZAMAC

<b>LPQP</b>											
<b>Linha: 5323</b>									<b>Descrição do Item: zamac</b>		
<b>Data: 07 de agosto de 2017</b>						<b>Turno: 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/></b>			<b>Receita: 21</b>		
Posição	n	D	R	G	PRT				OT	CYT	N
					Perdas Iniciais	Menor Parada	Velocidade Reduzida	Perdas por Inatividade			
Carga	491	0	0	491	0	0	180	0	29640	60	491
Sol. Ácido Sulfúrico	323	0	0	323	0	0	2	0	29100	90	323
Água de Lavagem	323	0	0	323	0	0	64	0	28708	60	477
Banho de Cobre Ácido 1, 2, 3, 4	29	0	0	29	0	0	2260	0	28284	900	29
Água de Recuperação	29	0	0	29	0	0	46	0	24824	60	413
Água de Lavagem	29	0	0	29	0	0	2040	0	24418	60	373
Sol. Ácido Sulfúrico	29	0	0	29	0	0	2	0	22018	90	245
Água de Lavagem	29	0	0	29	0	0	10	0	21626	60	360
Espera	29	0	0	29	0	0	26	0	21556	60	359
Banho de Níquel 1, 2, 3, 4	23	0,00468667	0	23	0	0	80	0	21170	900	23
Água de Recuperação	23	0	0	23	0	0	15	0	19890	60	331
Água de Lavagem	23	0	0	23	0	0	30	0	19515	60	325
Água de Lavagem	23	0	0	23	0	0	30	0	19125	60	318
Sol. Ácido Tartárico	23	0	0	23	0	0	19	0	18735	60	312
Água de Lavagem	23	0	0	23	0	0	85	0	18356	60	305
Água Quente	23	0	0	23	0	0	0	0	17911	60	299
Descarga	23	0	0	23	0	0	180	0	17551	60	290
<b>Cálculo do LPQP</b>	<b>71,14</b>										

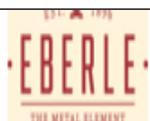
<b>LPQP</b>											
Linha: 5323										Descrição do Item: zamac	
Data: 08 de agosto de 2017						Turno: 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/>			Receita: 21		
Posição	n	D	R	G	PRT				OT	CYT	N
					Perdas Iniciais	Menor Parada	Velocidade Reduzida	Perdas por Inatividade			
Carga	496	0	0	496	0	0	180	0	23940	60	496
Sol. Ácido Sulfúrico	330	0	0	330	0	0	1	0	23700	90	330
Água de Lavagem	330	0	0	330	0	0	67	0	23609	60	492
Banho de Cobre Ácido 1, 2, 3, 4	29	0	0	29	0	0	3824	0	23482	900	29
Água de Recuperação	29	0	0	29	0	0	63	0	24758	60	412
Água de Lavagem	29	0	0	29	0	0	1080	0	24635	60	393
Sol. Ácido Sulfúrico	29	0	0	29	0	0	2	0	23495	90	261
Água de Lavagem	29	0	0	29	0	0	10	0	23403	60	390
Espera	29	0	0	29	0	0	28	0	23333	60	388
Banho de Níquel 1, 2, 3, 4	26	0,00512467	0	26	0	0	184	0	23245	900	26
Água de Recuperação	26	0	0	26	0	0	52	0	22161	60	368
Água de Lavagem	26	0	0	26	0	0	60	0	22049	60	366
Água de Lavagem	26	0	0	26	0	0	180	0	21929	60	362
Sol. Ácido Tartárico	26	0	0	26	0	0	48	0	21689	60	361
Água de Lavagem	26	0	0	26	0	0	36	0	21581	60	359
Água Quente	26	0	0	26	0	0	35	0	21485	60	358
Descarga	26	0	0	26	0	0	180	0	21390	60	354
Cálculo do LPQP	77,01										



<b>LPQP</b>											
<b>Linha: 5323</b>										<b>Descrição do Item: zamac</b>	
<b>Data: 09 de agosto de 2017</b>						<b>Turno: 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/></b>			<b>Receita: 21</b>		
Posição	n	D	R	G	PRT				OT	CYT	N
					Perdas Iniciais	Menor Parada	Velocidade Reduzida	Perdas por Inatividade			
Carga	496	0	0	496	0	0	180	0	23940	60	496
Sol. Ácido Sulfúrico	330	0	0	330	0	0	1	0	23700	90	330
Água de Lavagem	330	0	0	330	0	0	65	0	23609	60	492
Banho de Cobre Ácido 1, 2, 3, 4	30	0	0	30	0	0	2452	0	23484	900	30
Água de Recuperação	30	0	0	30	0	0	43	0	26132	60	435
Água de Lavagem	30	0	0	30	0	0	1020	0	26023	60	417
Sol. Ácido Sulfúrico	30	0	0	30	0	0	25	0	24949	90	277
Água de Lavagem	30	0	0	30	0	0	51	0	24834	60	413
Espera	30	0	0	30	0	0	60	0	24723	60	411
Banho de Níquel 1, 2, 3, 4	27	0,00546733	0	27	0	0	0	0	24603	900	27
Água de Recuperação	27	0	0	27	0	0	53	0	23703	60	394
Água de Lavagem	27	0	0	27	0	0	60	0	23590	60	392
Água de Lavagem	27	0	0	27	0	0	1860	0	23470	60	360
Sol. Ácido Tartárico	27	0	0	27	0	0	0	0	21550	60	359
Água de Lavagem	27	0	0	27	0	0	667	0	21490	60	347
Água Quente	27	0	0	27	0	0	437	0	20763	60	339
Descarga	27	0	0	27	0	0	180	0	20266	60	335
<b>Cálculo do LPQP</b>	<b>82,16</b>										



<b>LPQP</b>											
<b>Linha: 5323</b>										<b>Descrição do Item: zamac</b>	
<b>Data: 10 de agosto de 2017</b>						<b>Turno: 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/></b>			<b>Receita: 21</b>		
Posição	n	D	R	G	PRT				OT	CYT	N
					Perdas Iniciais	Menor Parada	Velocidade Reduzida	Perdas por Inatividade			
Carga	496	0	0	496	0	0	180	0	29940	60	496
Sol. Ácido Sulfúrico	330	0	0	330	0	0	2	0	29700	90	330
Água de Lavagem	330	0	0	330	0	0	67	0	29608	60	492
Banho de Cobre Ácido 1, 2, 3, 4	33	0	0	33	0	0	152	0	29481	900	33
Água de Recuperação	33	0	0	33	0	0	51	0	28429	60	473
Água de Lavagem	33	0	0	33	0	0	1680	0	28318	60	444
Sol. Ácido Sulfúrico	33	0	0	33	0	0	27	0	26578	90	295
Água de Lavagem	33	0	0	33	0	0	20	0	26461	60	441
Espera	33	0	0	33	0	0	38	0	26381	60	439
Banho de Níquel 1, 2, 3, 4	29	0,00582022	0	29	0	0	32	0	26283	900	29
Água de Recuperação	29	0	0	29	0	0	41	0	25291	60	421
Água de Lavagem	29	0	0	29	0	0	60	0	25190	60	419
Água de Lavagem	29	0	0	29	0	0	2700	0	25070	60	373
Sol. Ácido Tartárico	29	0	0	29	0	0	45	0	22310	60	371
Água de Lavagem	29	0	0	29	0	0	75	0	22205	60	369
Água Quente	29	0	0	29	0	0	245	0	22070	60	364
Descarga	29	0	0	29	0	0	180	0	21765	60	360
<b>Cálculo do LPQP</b>	<b>87,46</b>										



<b>LPQP</b>											
Linha: 5323										Descrição do Item: zamac	
Data: 11 de agosto de 2017						Turno: 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/>			Receita: 21		
Posição	n	D	R	G	PRT				OT	CYT	N
					Perdas Iniciais	Menor Parada	Velocidade Reduzida	Perdas por Inatividade			
Carga	496	0	0	496	0	0	180	0	29940	60	496
Sol. Acido Sulfúrico	330	0	0	330	0	0	2	0	29700	90	330
Água de Lavagem	330	0	0	330	0	0	69	0	29608	60	492
Banho de Cobre Acido 1, 2, 3, 4	32	0	0	32	0	0	500	0	29479	900	32
Água de Recuperação	32	0	0	32	0	0	53	0	28079	60	467
Água de Lavagem	32	0	0	32	0	0	1980	0	27966	60	433
Sol. Acido Sulfúrico	32	0	0	32	0	0	2	0	25926	90	288
Água de Lavagem	32	0	0	32	0	0	19	0	25834	60	430
Espera	32	0	0	32	0	0	20	0	25755	60	429
Banho de Níquel 1, 2, 3, 4	29	0,00570556	0	29	0	0	0	0	25675	900	29
Água de Recuperação	29	0	0	29	0	0	65	0	24775	60	412
Água de Lavagem	29	0	0	29	0	0	60	0	24650	60	410
Água de Lavagem	29	0	0	29	0	0	2700	0	24530	60	364
Sol. Acido Tartárico	29	0	0	29	0	0	0	0	21770	60	363
Água de Lavagem	29	0	0	29	0	0	216	0	21710	60	358
Água Quente	29	0	0	29	0	0	175	0	21434	60	354
Descarga	29	0	0	29	0	0	180	0	21199	60	350
Cálculo do LPQP	85,74										



## APÊNDICE E – COLETA DIÁRIA DE DADOS PARA O CÁLCULO DO LPQP PARA O AÇO

<b>LPQP</b>											
Linha: 5323										Descrição do Item: Aço	
Data: 07 de agosto de 2017						Turno: 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/>			Receita: 3		
Posição	n	D	R	G	PRT				OT	CYT	N
					Perdas Iniciais	Menor Parada	Velocidade Reduzida	Perdas por Inatividade			
Carga	491	0	0	491	0	0	180	0	29640	60	491
Sol. Ácido Sulfúrico	323	0	0	323	0	0	3	0	29100	90	323
Água de Lavagem	323	0	0	323	0	0	64	0	28707	60	477
Banho de Cobre Ácido 1, 2, 3, 4	39	0	0	39	0	0	7784	0	28283	525	39
Água de Recuperação	39	0	0	39	0	0	48	0	19674	60	327
Água de Lavagem	39	0	0	39	0	0	960	0	19266	60	305
Sol. Ácido Sulfúrico	39	0	0	39	0	0	10	0	17946	90	199
Água de Lavagem	39	0	0	39	0	0	39	0	17546	60	292
Espera	39	0	0	39	0	0	300	0	17447	60	286
Banho de Níquel 1, 2, 3, 4	32	0,00639505	0	32	0	0	0	0	16787	525	32
Água de Recuperação	32	0	0	32	0	0	18	0	15962	60	266
Água de Lavagem	32	0	0	32	0	0	60	0	15584	60	259
Água de Lavagem	32	0	0	32	0	0	60	0	15164	60	252
Sol. Ácido Tartárico	32	0	0	32	0	0	0	0	14744	60	246
Água de Lavagem	32	0	0	32	0	0	67	0	14384	60	239
Água Quente	32	0	0	32	0	0	0	0	13957	60	233
Descarga	32	0	0	32	0	0	180	0	13537	60	224
Cálculo do LPQP	56,62										



<b>LPQP</b>											
Linha: 5323										Descrição do Item: Aço	
Data: 08 de agosto de 2017						Turno: <input checked="" type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3			Receita: 3		
Posição	n	D	R	G	PRT				OT	CYT	N
					Perdas Iniciais	Menor Parada	Velocidade Reduzida	Perdas por Inatividade			
Carga	496	0	0	496	0	0	180	0	29940	60	496
Sol. Acido Sulfúrico	330	0	0	330	0	0	2	0	29700	90	330
Água de Lavagem	330	0	0	330	0	0	69	0	29608	60	492
Banho de Cobre Ácido 1, 2, 3, 4	55	0	0	55	0	0	704	0	29479	525	55
Água de Recuperação	55	0	0	55	0	0	40	0	28250	60	470
Água de Lavagem	55	0	0	55	0	0	2160	0	28150	60	433
Sol. Acido Sulfúrico	55	0	0	55	0	0	27	0	25930	90	288
Água de Lavagem	55	0	0	55	0	0	55	0	25813	60	429
Espera	55	0	0	55	0	0	60	0	25698	60	427
Banho de Níquel 1, 2, 3, 4	48	0,00966933	0	48	0	0	196	0	25578	525	48
Água de Recuperação	48	0	0	48	0	0	45	0	24857	60	414
Água de Lavagem	48	0	0	48	0	0	60	0	24752	60	412
Água de Lavagem	48	0	0	48	0	0	180	0	24632	60	408
Sol. Acido Tartárico	48	0	0	48	0	0	0	0	24392	60	407
Água de Lavagem	48	0	0	48	0	0	66	0	24332	60	404
Água Quente	48	0	0	48	0	0	30	0	24206	60	403
Descarga	48	0	0	48	0	0	180	0	24116	60	399
<b>Cálculo do LPQP</b>	<b>84,76</b>										

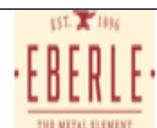


<b>LPQP</b>											
<b>Linha: 5323</b>										<b>Descrição do Item: Aço</b>	
<b>Data: 09 de agosto de 2017</b>					<b>Turno: 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/></b>				<b>Receita: 3</b>		
Posição	n	D	R	G	PRT				OT	CYT	N
					Perdas Iniciais	Menor Parada	Velocidade Reduzida	Perdas por Inatividade			
Carga	496	0	0	496	0	0	180	0	29940	60	496
Sol. Ácido Sulfúrico	330	0	0	330	0	0	2	0	29700	90	330
Água de Lavagem	330	0	0	330	0	0	69	0	29608	60	492
Banho de Cobre Ácido 1, 2, 3, 4	52	0	0	52	0	0	2372	0	29479	525	52
Água de Recuperação	52	0	0	52	0	0	44	0	26582	60	442
Água de Lavagem	52	0	0	52	0	0	660	0	26478	60	430
Sol. Ácido Sulfúrico	52	0	0	52	0	0	2	0	25758	90	286
Água de Lavagem	52	0	0	52	0	0	17	0	25666	60	427
Espera	52	0	0	52	0	0	50	0	25589	60	426
Banho de Níquel 1, 2, 3, 4	48	0,00969943	0	48	0	0	18	0	25479	525	48
Água de Recuperação	48	0	0	48	0	0	69	0	24936	60	414
Água de Lavagem	48	0	0	48	0	0	60	0	24807	60	412
Água de Lavagem	48	0	0	48	0	0	240	0	24687	60	407
Sol. Ácido Tartárico	48	0	0	48	0	0	9	0	24387	60	406
Água de Lavagem	48	0	0	48	0	0	67	0	24318	60	404
Água Quente	48	0	0	48	0	0	0	0	24191	60	403
Descarga	48	0	0	48	0	0	180	0	24131	60	399
<b>Cálculo do LPQP</b>	<b>85,02</b>										



<b>LPQP</b>											
<b>Linha: 5323</b>									<b>Descrição do Item: Aço</b>		
<b>Data: 10 de agosto de 2017</b>						<b>Turno: 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/></b>			<b>Receita: 3</b>		
Posição	n	D	R	G	PRT				OT	CYT	N
					Perdas Iniciais	Menor Parada	Velocidade Reduzida	Perdas por Inatividade			
Carga	496	0	0	496	0	0	180	0	29940	60	496
Sol. Ácido Sulfúrico	330	0	0	330	0	0	1	0	29700	90	330
Água de Lavagem	330	0	0	330	0	0	65	0	29609	60	492
Banho de Cobre Ácido 1, 2, 3, 4	52	0	0	52	0	0	1980	0	29484	525	52
Água de Recuperação	52	0	0	52	0	0	24	0	26979	60	449
Água de Lavagem	52	0	0	52	0	0	1620	0	26895	60	421
Sol. Ácido Sulfúrico	52	0	0	52	0	0	38	0	25215	90	280
Água de Lavagem	52	0	0	52	0	0	15	0	25087	60	418
Espera	52	0	0	52	0	0	50	0	25012	60	416
Banho de Níquel 1, 2, 3, 4	47	0,00948648	0	47	0	0	0	0	24902	525	47
Água de Recuperação	47	0	0	47	0	0	67	0	24377	60	405
Água de Lavagem	47	0	0	47	0	0	60	0	24250	60	403
Água de Lavagem	47	0	0	47	0	0	240	0	24130	60	398
Sol. Ácido Tartárico	47	0	0	47	0	0	0	0	23830	60	397
Água de Lavagem	47	0	0	47	0	0	66	0	23770	60	395
Água Quente	47	0	0	47	0	0	485	0	23644	60	386
Descarga	47	0	0	47	0	0	180	0	23099	60	382
<b>Cálculo do LPQP</b>	<b>83,16</b>										

<b>LPQP</b>											
<b>Linha: 5323</b>										<b>Descrição do Item: Aço</b>	
<b>Data: 11 de agosto de 2017</b>						<b>Turno: 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/></b>			<b>Receita: 3</b>		
Posição	n	D	R	G	PRT				OT	CYT	N
					Perdas Iniciais	Menor Parada	Velocidade Reduzida	Perdas por Inatividade			
Carga	496	0	0	496	0	0	180	0	29940	60	496
Sol. Ácido Sulfúrico	330	0	0	330	0	0	2	0	29700	90	330
Água de Lavagem	330	0	0	330	0	0	69	0	29608	60	492
Banho de Cobre Ácido 1, 2, 3, 4	55	0	0	55	0	0	396	0	29479	525	55
Água de Recuperação	55	0	0	55	0	0	54	0	28558	60	475
Água de Lavagem	55	0	0	55	0	0	660	0	28444	60	463
Sol. Ácido Sulfúrico	55	0	0	55	0	0	90	0	27724	90	307
Água de Lavagem	55	0	0	55	0	0	60	0	27544	60	458
Espera	55	0	0	55	0	0	67	0	27424	60	456
Banho de Níquel 1, 2, 3, 4	52	0,01039733	0	52	0	0	4	0	27297	525	52
Água de Recuperação	52	0	0	52	0	0	10	0	26768	60	446
Água de Lavagem	52	0	0	52	0	0	10	0	26698	60	445
Água de Lavagem	52	0	0	52	0	0	14	0	26628	60	444
Sol. Ácido Tartárico	52	0	0	52	0	0	70	0	26554	60	441
Água de Lavagem	52	0	0	52	0	0	128	0	26424	60	438
Água Quente	52	0	0	52	0	0	32	0	26236	60	437
Descarga	52	0	0	52	0	0	180	0	26144	60	433
<b>Cálculo do LPQP</b>	<b>91,14</b>										



## APÊNDICE F – CÁLCULO DO GANHO DE PRODUTIVIDADE PARA AS PROPOSTAS 1 E 2

<b>LPQP - Proposta 1</b>											
<b>Linha: 5323</b>									<b>Descrição do Item: Aço</b>		
<b>Data: 07 a 11 de agosto de 2017</b>						<b>Turno: 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/></b>			<b>Receita: 3</b>		
Posição	n	D	R	G	PRT				OT	CYT	N
					Perdas Iniciais	Menor Parada	Velocidade Reduzida	Perdas por Inatividade			
Carga	2490	0	0	2490	0	0	0	0	149400	60	2490
Sol. Ácido Sulfúrico	1659	0	0	1659	0	0	0	0	149340	90	1659
Água de Lavagem	1659	0	0	1659	0	0	0	0	149250	60	2488
Banho de Cobre Ácido 1 e 2	284	0	0	284	0	0	0	0	149190	525	284
Água de Recuperação	284	0	0	284	0	0	0	0	148665	60	2478
Água de Lavagem	284	0	0	284	0	0	0	0	148605	60	2477
Sol. Ácido Sulfúrico	284	0	0	284	0	0	0	0	148545	90	1651
Água de Lavagem	284	0	0	284	0	0	0	0	148455	60	2474
Espera	284	0	0	284	0	0	0	0	148395	60	2473
Banho de Níquel 1, 2, 3, 4, 5 e 6	284	0,05683429	0	284	0	0	0	0	148335	350	424
Água de Recuperação	284	0	0	284	0	0	0	0	147810	60	2464
Água de Lavagem	284	0	0	284	0	0	0	0	147750	60	2463
Água de Lavagem	284	0	0	284	0	0	0	0	147690	60	2462
Sol. Ácido Tartárico	284	0	0	284	0	0	0	0	147630	60	2461
Água de Lavagem	284	0	0	284	0	0	0	0	147570	60	2460
Água Quente	284	0	0	284	0	0	0	0	147510	60	2459
Descarga	284	0	0	284	0	0	0	0	147450	60	2458
<b>Cálculo do LPQP</b>	<b>99,84</b>										



## LPQP - Proposta 2



Linha: 5323										Descrição do Item: Aço	
Data: 07 a 11 de agosto de 2017					Turno: <input checked="" type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3				Receita: 3		
Posição	n	D	R	G	PRT				OT	CYT	N
					Perdas Iniciais	Menor Parada	Velocidade Reduzida	Perdas por Inatividade			
Carga	2490	0	0	2490	0	0	0	0	149400	60	2490
Sol. Acido Sulfúrico	1659	0	0	1659	0	0	0	0	149340	90	1659
Água de Lavagem	1659	0	0	1659	0	0	0	0	149250	60	2488
Banho de Cobre Ácido 1 e 2	284	0	0	284	0	0	0	0	149190	525	284
Água de Recuperação	284	0	0	284	0	0	0	0	148665	60	2478
Água de Lavagem	284	0	0	284	0	0	0	0	148605	60	2477
Sol. Acido Sulfúrico	284	0	0	284	0	0	0	0	148545	90	1651
Água de Lavagem	284	0	0	284	0	0	0	0	148455	60	2474
Espera	284	0	0	284	0	0	0	0	148395	60	2473
Banho de Níquel 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9	284	0,05683429	0	284	0	0	0	0	148335	233	636
Água de Recuperação	284	0	0	284	0	0	0	0	147810	60	2464
Água de Lavagem	284	0	0	284	0	0	0	0	147750	60	2463
Água de Lavagem	284	0	0	284	0	0	0	0	147690	60	2462
Sol. Acido Tartárico	284	0	0	284	0	0	0	0	147630	60	2461
Água de Lavagem	284	0	0	284	0	0	0	0	147570	60	2460
Água Quente	284	0	0	284	0	0	0	0	147510	60	2459
Descarga	284	0	0	284	0	0	0	0	147450	60	2458
<b>Cálculo do LPQP</b>	<b>99,84</b>										

# LPQP - Proposta 1



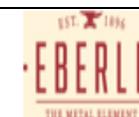
Linha: 5323									Descrição do Item: latão		
Data: 07 a 11 de agosto de 2017					Turno:   1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/>				Receita: 7		
Posição	n	D	R	G	PRT				OT	CYT	N
					Perdas Iniciais	Menor Parada	Velocidade Reduzida	Perdas por Inatividade			
Carga	2490	0	0	2490	0	0	0	0	149400	60	2490
Desengraxe eletrolítico	1659	0	0	1659	0	0	0	0	149340	90	1659
Água de Lavagem	1659	0	0	1659	0	0	0	0	149250	60	2488
Água de Lavagem	1659	0	0	1659	0	0	0	0	149190	60	2487
Sol. Ácido Sulfúrico	1657	0	0	1657	0	0	0	0	149130	90	1657
Água de Lavagem	1657	0	0	1657	0	0	0	0	149040	60	2484
Espera	1657	0	0	1657	0	0	0	0	148980	60	2483
Banho de Níquel 1, 2, 3, 4, 5 e 6	248	0	0	248	0	0	0	0	148920	600	248
Água de Recuperação	248	0	0	248	0	0	0	0	148320	60	2472
Água de Lavagem	248	0	0	248	0	0	0	0	148260	60	2471
Água de Lavagem	248	0	0	248	0	0	0	0	148200	60	2470
Sol. Ácido Tartárico	248	0	0	248	0	0	0	0	148140	60	2469
Água de Lavagem	248	0	0	248	0	0	0	0	148080	60	2468
Água Quente	248	0	0	248	0	0	0	0	148020	60	2467
Descarga	248	0	0	248	0	0	0	0	147960	60	2466
<b>Cálculo do LPQP</b>					<b>99,68</b>						

## LPQP - Proposta 2



Linha: 5323									Descrição do Item: latão		
Data: 07 a 11 de agosto de 2017						Turno:   1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/>			Receita: 7		
Posição	n	D	R	G	PRT				OT	CYT	N
					Perdas Iniciais	Menor Parada	Velocidade Reduzida	Perdas por Inatividade			
Carga	2490	0	0	2490	0	0	0	0	149400	60	2490
Desengraxe eletrolítico	1659	0	0	1659	0	0	0	0	149340	90	1659
Água de Lavagem	1659	0	0	1659	0	0	0	0	149250	60	2488
Água de Lavagem	1659	0	0	1659	0	0	0	0	149190	60	2487
Sol. Ácido Sulfúrico	1657	0	0	1657	0	0	0	0	149130	90	1657
Água de Lavagem	1657	0	0	1657	0	0	0	0	149040	60	2484
Espera	1657	0	0	1657	0	0	0	0	148980	60	2483
Banho de Níquel 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9	372	0	0	372	0	0	0	0	148920	400	372
Água de Recuperação	372	0	0	372	0	0	0	0	148520	60	2475
Água de Lavagem	372	0	0	372	0	0	0	0	148460	60	2474
Água de Lavagem	372	0	0	372	0	0	0	0	148400	60	2473
Sol. Ácido Tartárico	372	0	0	372	0	0	0	0	148340	60	2472
Água de Lavagem	372	0	0	372	0	0	0	0	148280	60	2471
Água Quente	372	0	0	372	0	0	0	0	148220	60	2470
Descarga	372	0	0	372	0	0	0	0	148160	60	2469
<b>Cálculo do LPQP</b>	<b>99,68</b>										

# LPQP - Proposta 1



Linha: 5323									Descrição do Item: zamac		
Data: 07 a 11 de agosto de 2017						Turno: <input checked="" type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3			Receita: 21		
Posição	n	D	R	G	PRT				OT	CYT	N
					Perdas Iniciais	Menor Parada	Velocidade Reduzida	Perdas por Inatividade			
Carga	2490	0	0	2490	0	0	0	0	149400	60	2490
Sol. Acido Sulfúrico	1659	0	0	1659	0	0	0	0	149340	90	1659
Água de Lavagem	1659	0	0	1659	0	0	0	0	149250	60	2488
Banho de Cobre Acido 1 e 2	166	0	0	166	0	0	0	0	149190	900	166
Água de Recuperação	166	0	0	166	0	0	0	0	148290	60	2472
Água de Lavagem	166	0	0	166	0	0	0	0	148230	60	2471
Sol. Acido Sulfúrico	166	0	0	166	0	0	0	0	148170	90	1646
Água de Lavagem	166	0	0	166	0	0	0	0	148080	60	2468
Espera	166	0	0	166	0	0	0	0	148020	60	2467
Banho de Níquel 1, 2, 3, 4, 5 e 6	166	0,03315333	0	166	0	0	0	0	147960	600	247
Água de Recuperação	166	0	0	166	0	0	0	0	147360	60	2456
Água de Lavagem	166	0	0	166	0	0	0	0	147300	60	2455
Água de Lavagem	166	0	0	166	0	0	0	0	147240	60	2454
Sol. Acido Tartárico	166	0	0	166	0	0	0	0	147180	60	2453
Água de Lavagem	166	0	0	166	0	0	0	0	147120	60	2452
Água Quente	166	0	0	166	0	0	0	0	147060	60	2451
Descarga	166	0	0	166	0	0	0	0	147000	60	2450
Cálculo do LPQP	99,84										

## LPQP - Proposta 2



Linha: 5323									Descrição do Item: zamac		
Data: 07 a 11 de agosto de 2017						Turno: 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/>			Receita: 21		
Posição	n	D	R	G	PRT				OT	CYT	N
					Perdas Iniciais	Menor Parada	Velocidade Reduzida	Perdas por Inatividade			
Carga	2490	0	0	2490	0	0	0	0	149400	60	2490
Sol. Ácido Sulfúrico	1659	0	0	1659	0	0	0	0	149340	90	1659
Água de Lavagem	1659	0	0	1659	0	0	0	0	149250	60	2488
Banho de Cobre Ácido 1 e 2	166	0	0	166	0	0	0	0	149190	900	166
Água de Recuperação	166	0	0	166	0	0	0	0	148290	60	2472
Água de Lavagem	166	0	0	166	0	0	0	0	148230	60	2471
Sol. Ácido Sulfúrico	166	0	0	166	0	0	0	0	148170	90	1646
Água de Lavagem	166	0	0	166	0	0	0	0	148080	60	2468
Espera	166	0	0	166	0	0	0	0	148020	60	2467
Banho de Níquel 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9	166	0,03315333	0	166	0	0	0	0	147960	400	370
Água de Recuperação	166	0	0	166	0	0	0	0	147560	60	2459
Água de Lavagem	166	0	0	166	0	0	0	0	147500	60	2458
Água de Lavagem	166	0	0	166	0	0	0	0	147440	60	2457
Sol. Ácido Tartárico	166	0	0	166	0	0	0	0	147380	60	2456
Água de Lavagem	166	0	0	166	0	0	0	0	147320	60	2455
Água Quente	166	0	0	166	0	0	0	0	147260	60	2454
Descarga	166	0	0	166	0	0	0	0	147200	60	2453
Cálculo do LPQP	99,84										

## ANEXO A – EXEMPLO DE APLICAÇÃO DO CÁLCULO DO IROG

A: tempo total disponível num dia:  $60 \text{ min} \times 8 \text{ h} = 480 \text{ min}$

B: tempo de descanso programado (tempo de parada programado, inclusive reuniões) = 20 min

C: tempo disponível para trabalho num dia =  $(A-B) = 460 \text{ min}$

D: tempo perdido por paradas inesperadas (quebras: 20 min, mudanças de linha: 20 min, regulagem: 20 min) = 60 min

E: tempo em funcionamento:  $(C-D) = 400 \text{ min}$

G: quantidade produzida num dia: 400 unidades

H: índice de produtos aprovados: 98%

I: tempo de ciclo teórico: 0,5 min/peça

J: tempo de ciclo efetivo: 0,8 min/peça

Tem-se:

F: tempo efetivo de trabalho  $(J \times G): 0,8 \times 400 = 320$

T: índice do tempo operacional  $(E/C \%) : (400/460) \times 100 = 87\%$

M: índice da velocidade operacional  $(I/J \%) : (0,5/0,8) \times 100 = 62,5\%$

N: índice do trabalho efetivo  $(F/E \%) : [(0,8 \times 400)/400] \times 100 = 80\%$

L: índice da performance operacional  $(M \times N \%) : 0,625 \times 0,800 \times 100 = 50\%$

Índice de rendimento operacional global =  $T \times L \times H \times 100 = 0,87 \times 0,50 \times 0,98 \times 100 = 42,6\%$

## ANEXO B – EXEMPLO DE APLICAÇÃO DO CÁLCULO DO L-IROG

Sequência da unidade de processamento	Processo 1		Processo 2		Processo 3	
	Tempo de entrada de dados	Tempo total calculado	Tempo de entrada de dados	Tempo total calculado	Tempo de entrada de dados	Tempo total calculado
Agendar hora da reunião (P1)	600		600		600	
Hora da limpeza (P2)	600		600		600	
Tempo de ajuste da produção (P3)	0		600		0	
a) Tempo sem planejamento						
b) Sem horário de agendamento						
c) Falta de tempo de encomenda						
Tempo de inatividade planejado (PD)		1200		1800		1200
Tempo de avaria (D1)	2700		600		600	
Tempo de <i>setup</i> e ajustes (D2)	1800		1200		6000	
Tempo de inatividade (DT)		4500		1800		6600
Tempo de arranque (PR1)	1600		900		900	
Menor tempo de velocidade (PR2)	2000		1800		600	
Ocioso e menor tempo de parada (PR3)	3500		0		200	
Tempo de redução de desempenho (PRT)		7100		2700		1700
Tempo de ciclo ocioso / item / lote ( $cyt_i$ )	12		10		15	
Número de defeitos por processo / por lote ( $D_i$ )	25		10		2	
Itens de retrabalho por processo / por lote ( $R_i$ )	40		15		0	

Sendo que:

CT: tempo de calendário =  $8 \times 3600 = 28800$  segundos.

PD: tempo de inatividade planejado =  $P1+P2+P3$ .

DT: tempo de inatividade =  $D1+D2$ .

PRT: tempo de redução de desempenho =  $PR1+PR2+PR3$ .

$OT_i$ : o tempo durante o qual o equipamento (i) realmente opera =  $(OT_{i-1} - PD_i) - DT_i$ .

LT: número real de segundos destinados a uma linha de produtos para operar em um ano ou mês ou dia =  $CT - PD_1$ .

$N_i$ : tempo de funcionamento líquido =  $(OT_i - PRT_i) / c_{yt_i}$ .

Onde:

$$N_1 = n_1.$$

$$\text{Se } N_2 \leq G_{2-1}, \text{ então } N_2 = n_2, \text{ senão } G_{2-1} = n_2.$$

$$\text{Se } N_3 \leq G_{3-1}, \text{ então } N_3 = n_3, \text{ senão } G_{3-1} = n_3.$$

$G_i$ : número de itens bons produzidos =  $n_i - (D_i + R_i)$ .

$n_i$ : número de itens possíveis para produzir na linha.

D: número de itens rejeitados devido à má-qualidade.

R: número de itens que necessitam de retrabalho.

Tem-se:

VARIÁVEIS	PROCESSO 1	PROCESSO 2	PROCESSO 3
$OT_i$	23100	19500	11700
LT	27600	-	-
LITO %	42,39	-	-
$N_i$	1333	1680	667
$n_i$	1333	1268	667
$G_i$	1268	1243	665
LPQP %	43,18	-	-
L-IROG %	18,30	-	-