

UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
ÁREA DO CONHECIMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E ENGENHARIAS
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

MICHEL PAGATINI

**IMPLEMENTAÇÃO DO ÍNDICE DE RENDIMENTO OPERACIONAL GLOBAL –
IROG, EM MÁQUINAS CNC DE CORTE A LASER**

CAXIAS DO SUL

2017

MICHEL PAGATINI

**IMPLEMENTAÇÃO DO ÍNDICE DE RENDIMENTO OPERACIONAL GLOBAL –
IROG, EM MÁQUINAS CNC DE CORTE A LASER**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia de Produção da Universidade de Caxias do Sul, como requisito parcial à obtenção do grau de Engenheiro de Produção.

Orientador Professor. Ms. Paulo Alberto Klafke

CAXIAS DO SUL

2017

MICHEL PAGATINI

**IMPLEMENTAÇÃO DO ÍNDICE DE RENDIMENTO OPERACIONAL GLOBAL –
IROG, EM MÁQUINAS CNC DE CORTE A LASER**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia de Produção da Universidade de Caxias do Sul, como requisito parcial à obtenção do grau de Engenheiro de Produção.

Aprovado em 07/07/2017

Banca examinadora

Professor Ms. Paulo Alberto Klafke
Universidade de Caxias do Sul – UCS

Professor Ms. Carlos Fernando Geremia
Universidade de Caxias do Sul – UCS

Professor Ms. Elton Fabro
Universidade de Caxias do Sul – UCS

RESUMO

O presente trabalho trata do tema Índice de Rendimento Operacional Global e foi realizado na empresa RGB do Brasil, empresa caxiense atuante há mais de 30 anos no mercado brasileiro e estrangeiro. Tem como objetivo a implementação da ferramenta no setor de corte/dobra, especificamente nas máquinas de corte a laser CNC. O trabalho permitiu analisar pela primeira vez a eficiência das duas máquinas de maior valor agregado da empresa. Durante alguns dias foi possível estratificar a porcentagem dos eixos que compõem o IROG (disponibilidade, performance e qualidade) e com os resultados obtidos foi possível realizar melhorias significativas, diminuindo tempos de paradas de máquina. Houve uma troca de experiências entre profissionais de diferentes áreas, contribuindo com a união dos funcionários em prol de um objetivo. Com a implementação das melhorias propostas, o índice disponibilidade obteve um aumento considerável, conseqüentemente aumentando 6% e 9% o OEE das máquinas laser CNC. Através desta análise de dados foi vista a necessidade de continuar o levantamento de dados diários, a fim de buscar soluções nas paradas de máquinas críticas.

Palavras chave: Índice de rendimento operacional global. Máquinas de corte a laser CNC. Tempos de paradas. Melhorias.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Vista frontal da RGB do Brasil	15
Figura 2 – Máquina de corte a laser <i>Bystronic</i>	17
Figura 3 – Linha de produtos.....	18
Figura 4 – Funções primárias da organização	21
Figura 5 – Planejamento da organização	22
Figura 6 – Representação esquemática da usinagem com feixe laser	34
Figura 7 – Esquema simples de um laser de dióxido de carbono.....	35
Figura 8 – Estrutura lógica do método GPT.....	37
Figura 9 – Método PDCA.....	38
Figura 10 – Organograma do setor de administração.....	41
Figura 11 – Setor de corte/dobra da RGB do Brasil.....	42
Figura 12 – Exemplo de plano de corte a laser	43
Figura 13 – Chapa de aço-carbono	44
Figura 14 – Etapas de implementação	45
Figura 15 – Exemplo de entrevista semiestruturada.....	48
Figura 16 – Ordem de fabricação	52
Figura 17 – Cronograma.....	53
Figura 18 – Diário de bordo laser	56
Figura 19 – Gráfico de Pareto	59
Figura 20 – Guia de treinamento	61
Figura 21 – Diário de bordo laser idealizado para obtenção de dados	62
Figura 22 – Índice OEE – Máquina laser 1	63
Figura 23 – Índice OEE – Máquina laser 2	64
Figura 24 – Lente da máquina laser.....	65
Figura 25 – Cabeçote 7,5’’	66
Figura 26 – Gráfico de disponibilidade – Máquina laser 1	66
Figura 27 – Gráfico de disponibilidade – Máquina laser 2	67
Figura 28 – Gráfico de Pareto da máquina 1	68
Figura 29 – Gráfico de Pareto da máquina 2	69
Figura 30 – Gráfico do índice de performance – Máquina laser 1	70
Figura 31 – Gráfico do índice de performance – Máquina laser 2	70
Figura 32 – Cartões de retrabalho (amarelo) e sucata (vermelho)	71

Figura 33 – Indicador de qualidade – Máquina laser 1	72
Figura 34 – Indicador de qualidade – Máquina laser 2	72
Figura 35 – Indicador de probabilidade de falhas dos filtros – Máquina laser 2	74
Figura 36 – Confiabilidade dos filtros – Máquina laser 2	74

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Funções processo e operação.....	22
Quadro 2 – Características dos sistemas produtivos	23
Quadro 3 – Análise do cálculo de OEE	28
Quadro 4 – Profissionais responsáveis pela implementação do IROG	55
Quadro 5 – Parâmetros de corte laser	58
Quadro 6 – Porcentagem de perdas	59
Quadro 7 – Programação de paradas	60

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANFAVEA – Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores

CEP – Controle Estatístico do Processo

CIF – Custo, Seguro e Frete

CNC – Comando Numérico Computadorizado

ERP – *Enterprise Resource Planning* – Planejamento de Recursos Empresariais

GPT – Gestão dos Postos de Trabalho

IROG – Índice de Rendimento Operacional Global

MAG – *Metal Active Gas* – Gás de Metal Ativo

MIG – *Metal Inert Gas* – Gás de Metal Inerte

MPT – Manutenção Produtiva Total

OEE – *Overall Equipment Effectiveness* – Eficiência global dos equipamentos

PCP – Programação e Controle da Produção

PDCA – Planejamento, desenvolvimento, controle e ação

PVC – Policloreto de Vinila

ST – *Stop Time* – Tempo de Parada

TEEP – *Total Effectiveness Equipment Performance* – Produtividade Efetiva Total dos Equipamentos

TI – Tecnologia da Informação

TIG – *Tungsten Inert Gas* – Gás Inerte de Tungstênio

TRF – Troca Rápida de Ferramentas

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	12
1.2	JUSTIFICATIVA	13
1.3	OBJETIVO GERAL	14
1.3.1	Objetivos específicos	14
1.4	PERFIL DA EMPRESA	15
1.5	DELIMITAÇÕES DO TRABALHO	18
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	20
2.1	SISTEMAS DE PRODUÇÃO	20
2.1.1	Tipos de sistema de produção	23
2.2	SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO	24
2.2.1	Kanban	25
2.2.2	Troca rápida de ferramenta	26
2.3	O SISTEMA LEAN	27
2.4	ÍNDICE DE RENDIMENTO OPERACIONAL GLOBAL	28
2.4.1	Overall equipment effectiveness – OEE	28
2.4.1.1	Tipologia de paradas da OEE	29
2.4.1.2	Total effectiveness equipment performance (TEEP)	31
2.5	PROCESSOS DE USINAGEM	33
2.5.1	Corte a laser	33
2.5.1.1	Laser a gás de CO ₂	34
2.6	GESTÃO DOS POSTOS DE TRABALHO	36
2.6.1	Implantação do método GPT	37
2.7	TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE (TPM)	39
3	PROPOSTA DE TRABALHO	40
3.1	INTRODUÇÃO	40
3.2	CENÁRIO ATUAL	41
3.3	MANUFATURA	42
3.4	ETAPAS DO TRABALHO	45
3.4.1	Etapa 1 - Análise do método de avaliação atual	46
3.4.2	Etapa 2 - Identificação das restrições das máquinas	46
3.4.3	Etapa 3 - Seleção das tipologias de paradas programadas e não programadas	48
3.4.4	Etapa 4 - Treinamento operacional	49

3.4.5	Etapa 5 - Implementação do método para obtenção de dados	50
3.4.6	Etapa 6 - Mensuração e avaliação do OEE obtido nas máquinas de corte a laser	50
3.4.7	Etapa 7 - Elaboração e implementação de propostas de melhoria para aumento do índice de eficiência	51
3.4.8	Etapa 8 - Avaliação e reflexão sobre os resultados obtidos após a implementação	52
3.5	CRONOGRAMA	53
3.6	CONSIDERAÇÕES	53
4	IMPLEMENTAÇÃO DA PROPOSTA DE TRABALHO	55
4.1	ETAPA 1 – ANÁLISE DO MÉTODO DE AVALIAÇÃO ATUAL.....	55
4.2	ETAPA 2 - IDENTIFICAÇÃO DAS RESTRIÇÕES DAS MÁQUINAS.....	58
4.3	ETAPA 3 - IDENTIFICAÇÃO DAS PARADAS PROGRAMADAS E NÃO PROGRAMADAS.....	60
4.4	ETAPA 4 - TREINAMENTO	60
4.5	ETAPA 5 - IMPLEMENTAÇÃO DO MÉTODO PARA OBTENÇÃO DE DADOS	62
4.6	ETAPA 6 - MENSURAÇÃO E AVALIAÇÃO DO OEE OBTIDO NAS MÁQUINAS DE CORTE A LASER.....	63
4.6.1	Estratificação das perdas em seus três eixos por equipamento	65
4.6.1.1	Análise de disponibilidade.....	65
4.6.1.1.1	<i>Gráfico de Pareto – Máquina laser 1</i>	67
4.6.1.1.2	<i>Gráfico de Pareto – Máquina laser 2</i>	68
4.6.1.2	Índice de performance	69
4.6.1.3	Análise de qualidade.....	71
4.7	ETAPA 7 - ELABORAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DE PROPOSTAS DE MELHORIA	73
4.7.1	Disponibilidade	73
4.7.2	Performance	75
4.7.3	Qualidade	75
4.8	ETAPA 8 - AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS	76
5	CONCLUSÃO	78
	REFERÊNCIAS	80
	ANEXO A – ORGANOGRAMA DA RGB DO BRASIL	82
	ANEXO B – PLANOS E TEMPOS DE CORTE	83
	APÊNDICE A – PLANO DE AÇÃO DISPONIBILIDADE	84
	APÊNDICE B – PLANO DE AÇÃO PERFORMANCE	85

APÊNDICE C – PLANO DE AÇÃO QUALIDADE.....	86
--	-----------

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, a população brasileira vive em um país cercado de dúvidas relacionadas a sua situação política e econômica. Com isto em vista, grandes e pequenas empresas estão buscando meios para retenções de recursos e maximização de lucros, defronte a constante queda no mercado. Um ramo que sofre demasiadamente com a crise é o setor automotivo, este busca incessantemente alternativas para obtenção de lucro, utilizando-se de ferramentas que dão suporte à gestão.

O aperfeiçoamento dos processos produtivos faz-se necessário, busca-se ser eficaz e produzir com baixos custos. Em quase todo ramo industrial existem inúmeros fabricantes, em uma ampla concorrência, e empresas que tem um produto muito bom podem não conseguir ficar no mercado se trabalharem com custos exagerados.

Com este cenário, as empresas do segmento automotivo estão cada dia mais propensas a melhorar seus resultados, entendendo a real capacidade de suas máquinas e quais seus gargalos (recursos cuja capacidade é igual ou menor do que a demanda colocada nele). Nesse contexto será analisado um estudo de caso na empresa RGB do Brasil, localizada em Caxias do Sul – RS, fabricante de componentes automotivos e agrícolas. O estudo de caso será realizado em duas máquinas de corte a laser (*Bystronic3015*), pela sua criticidade no processo dos principais itens produzidos. Uma vez que a empresa não conhece o potencial de capacidade de suas máquinas, este estudo visa esclarecer qual é o real desempenho das máquinas de corte a laser, otimizando processos, recursos e melhorando a qualidade dos produtos.

Para o cálculo de rendimento operacional será utilizada a ferramenta IROG - Índice de Rendimento Operacional Global. Conforme Nakajima (1988, apud PACHECO et al., 2012, p. 807), “esta ferramenta pode ser aplicada em diversos níveis dentro de um sistema de manufatura”.

O trabalho foi dividido em cinco capítulos. O primeiro contempla a contextualização geral do mercado automotivo, a justificativa para realização juntamente com o objetivo geral e objetivos específicos, além de uma descrição da empresa e a delimitação do trabalho. O segundo capítulo refere-se à revisão bibliográfica dos temas abordados. O terceiro capítulo apresenta a proposta detalhada do objetivo do trabalho. O capítulo quatro traz a descrição da implementação da proposta e a demonstração dos resultados obtidos, e as considerações finais são apresentadas no quinto capítulo. O trabalho foi realizado no período de julho de 2016 a julho de 2017.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O mercado automotivo está sofrendo demasiadamente com a instabilidade econômica e os processos de fabricação de componentes para esse mercado estão muito acirrados, com as montadoras exigindo produtos com qualidade garantida, preços competitivos, agilidade na fabricação, além de estabilidade para o seu processo de fabricação.

Segundo Machado (2016), o setor automotivo diminuiu as previsões de desempenho para este ano, a ANFAVEA (Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores), recalculou o recuo esperado de 7,5% nas vendas para 19%, totalizando mais de 2 milhões de veículos. Até maio de 2016, os licenciamentos tiveram uma queda de quase 27%. Esses índices fazem com que as indústrias busquem formas de minimizar as dificuldades impostas pela economia.

Buscar índices satisfatórios de qualidade, produtividade e eficiência operacional, tornou-se uma das maiores prioridades dentro das organizações. Melhorias nos processos alcançadas com inovações tecnológicas, dispositivos de controle de qualidade e automatizações de operações, têm servido como armas para reduzir o custo operacional.

Na indústria automotiva o fator capacidade está envolvido no processo produtivo. A análise para ajudar a entender melhor como está o desempenho da área da manufatura e a identificar qual é a máxima eficácia possível é conseguida através da ferramenta IROG, que se divide em OEE (Eficiência Global dos Equipamentos), que mensura a efetividade das programações de produção planejadas e a TEEP (Produtividade Efetiva Total dos Equipamentos), que mensura a efetividade total do equipamento em relação a cada minuto do relógio, ou seja, em relação ao tempo do calendário 24 horas/dia ou 1440 min/dia. (HANSEN,2006).

Segundo Hansen (2006, p. 31), “utilizar medidas da OEE e implementar um sistema de relatório de desempenho de equipamento irá auxiliar qualquer área de manufatura a focar os parâmetros críticos de sucesso. Analisar as classificações da OEE pode revelar os valores limites possíveis para o sucesso”.

Nos processos de manufatura existem inúmeras perdas que podem influenciar a capacidade das máquinas, como *setup* de ferramentas, atraso de matéria prima, manutenção sem eficácia, falta de energia, entre outras. Para haver eficiência em distintos processos, várias áreas da organização devem estar unidas na busca pelo melhor, do topo da pirâmide organizacional até a base, sendo assim diretores devem ter efetiva participação em ferramentas como Kaizen para a contínua melhoria nos processos, e IROG, analisando a real capacidade de suas

máquinas.

De acordo com Ritzman e Krajewski (2004, p.155),

operar no pico da capacidade exige um esforço extraordinário e a utilização de métodos marginais de produção que normalmente não são sustentáveis. A produção máxima sob condições normais é denominada capacidade efetiva. A operação com menor capacidade efetiva é denominada gargalo e limita a capacidade de todo o sistema.

Com o passar do tempo, as máquinas deterioram-se, seus componentes podem não ter mais a mesma qualidade devido ao ambiente que foram alocadas ou o grau de exigência que passaram, sendo assim a eficiência gerada não irá ser a esperada, caso não haja uma manutenção. Nesse contexto, melhorar a MPT (Manutenção Produtiva Total) é essencial para melhor eficiência dos equipamentos utilizando-se de ferramentas como matrizes, dispositivos e acessórios que garantam ágil e fácil manutenção. (TAKAHASHI; OSADA,1993, p. 7). Essas características têm participação direta na eficiência das máquinas, evitando paradas desnecessárias que causam conseqüentemente refugos e retrabalhos.

Existe a necessidade da empresa RGB do Brasil dimensionar sua real capacidade, mensurando o que está sendo produzido e verificando o que pode ser melhorado, para uma obtenção de melhores rendimentos, o que conseqüentemente ajudará a empresa quanto a suas decisões estratégicas.

1.2 JUSTIFICATIVA

Atualmente, tornou-se imprescindível assegurar e padronizar o processo fabril, garantindo a qualidade dos produtos.

Com o passar dos anos, a RGB do Brasil teve que se adequar ao encolhimento do mercado brasileiro e o principal cliente da empresa, que responde por 80% do faturamento, necessita cada vez mais agilidade na entrega de seus produtos, com isso equipamentos devem funcionar com eficiência e qualidade, em conjunto com toda a organização.

As máquinas da corte a laser são a primeira etapa no processo de manufatura dos produtos RGB do Brasil, tendo total responsabilidade no fluxo interno de produção. Os tempos de *setup* das máquinas de corte a laser nunca foram calculados.

A empresa busca cada vez mais aprimorar seus processos. Em 2015 contratou-se um *controller*, responsável por adotar uma política agressiva de redução dos custos, especialmente por meio de otimização de seus processos produtivos e gerenciais.

Houveram várias mudanças na empresa, como o desligamento de funcionários, setores

que eram terceirizados foram agregados a empresa, estão sendo aprimorados novos fornecedores e o processo está sendo estudado como um todo para um melhor aproveitamento de equipamentos e recursos.

Para uma futura mudança no processo fabril deve-se catalogar todos os dados produtivos referentes às máquinas incluindo: *setup*, troca de operadores, tempos de parada, manutenção, almoço, jantar, ou seja, paradas programadas e não programadas. Este estudo de caso visa abrir uma importante ferramenta dentro da organização, sendo aplicado primeiramente no setor de corte e dobra nas máquinas de corte a laser, e depois implementada em outros setores. Será criado um IROG para cada máquina, possibilitando analisar os resultados e implementar melhorias.

A ferramenta IROG necessita de uma estruturação, sendo assim haverá um treinamento aos operadores, para que haja a sensibilidade para marcações corretas, que servirão de apoio para os cálculos e melhorias propostas futuramente. É possível que haja resistência por parte dos operadores, por isso deve-se considerar as consequências de melhorias propostas por eles próprios, pois eles conhecem os limites das máquinas que operam diariamente.

Por fim, este trabalho possibilitará a aplicação de conhecimentos adquiridos durante o curso, identificando as principais causas de ineficiência, utilizando técnicas do Sistema Toyota de Produção para aumentar as eficiências dos equipamentos.

1.3 OBJETIVO GERAL

O trabalho tem por objetivo desenvolver uma proposta de implementação do índice de rendimento operacional global em máquinas CNC de corte a laser.

1.3.1 Objetivos específicos

Para atingir o objetivo geral, são propostos os seguintes objetivos específicos:

- a) analisar os métodos de avaliação atuais;
- b) identificar as restrições das máquinas;
- c) selecionar as tipologias de paradas programadas e não programadas;
- d) treinar operadores;
- e) implementar método para obtenção de dados;
- f) mensurar e avaliar IROG para cada uma das máquinas analisadas;

- g) propor e implementar ações de melhoria;
- h) avaliar e refletir sobre os resultados obtidos na implementação realizada.

1.4 PERFIL DA EMPRESA

A RGB do Brasil foi fundada em 24 de junho de 1984 em Caxias do Sul – importante polo metalmeccânico do Rio Grande do Sul – com o objetivo de fabricar utilidades domésticas. Procurada por empresas da região, passou a atuar também como prestadora de serviços e fabricar componentes para empresas do ramo metalúrgico. Em 1991, com o objetivo de agrupar e aperfeiçoar processos e custos, a empresa transferiu-se para o atual endereço. Em 2003, a empresa DANNA, uma das mais tradicionais e conhecidas marcas de cadeiras para escritório, integrou-se ao Grupo RGB. Nesse mesmo ano a empresa foi homologada com a norma ISO 9001¹.

Na Figura 1 pode-se observar a vista frontal da empresa RGB do Brasil.

Figura 1 – Vista frontal da RGB do Brasil



Fonte: o autor (2016)

Operando há 31 anos no mercado, a empresa já empregou mais de 300 funcionários, por diversos motivos esse número baixou para menos de 1/3 dos funcionários, contando atualmente com 80 colaboradores, distribuídos entre RGB do Brasil e DANNA. O organograma da empresa pode ser consultado no anexo A.

A sigla RGB vem das iniciais dos nomes de seus sócios fundadores, Regina e Gilberto Bizzi, que lutam com tenacidade para a empresa continuar a ser referência no ramo metal

¹ ISO 9001 é uma norma de padronização para um determinado serviço ou produto, que pode ser implementada por organizações de qualquer tamanho, independentemente de sua área de atividade.

mecânico e moveleiro, atualmente com diversos setores especializados em conformação de metais como: dobra e estamparia de chapas e tubos, processo de corte, solda (TIG e MIG/MAG por projeção e soldas executadas por robô) e pintura (convencional e a pó).

A RGB alcançou uma importante posição no mercado, contando com mais de 1000 clientes no Brasil, além de exportar para diversos países da América Latina, como México, Chile, Venezuela, Colômbia, Uruguai, Equador e Argentina. Com a marca DANNA, ganhou visibilidade no mercado moveleiro e possui clientes e representantes espalhados no Brasil e no exterior que, através de uma relação de parceria e confiança, permitem à empresa entregar as melhores soluções em produtos e serviços para seus clientes.

A empresa possui um maquinário diversificado contando com máquinas de corte a laser, prensas de até 300 toneladas, puncionadeira CNC, guilhotinas, serras, calandras, torno convencional, fresadora convencional, dobradeiras CNC, a partir de um layout estudado de forma a melhorar o escoamento da produção.

Suas principais matérias primas para fabricação de seus produtos são aço inox 304 e aço carbono 1010, usados essencialmente para fabricação de seus principais produtos, os tanques de combustível e as hastes, que formam com outros componentes os conjuntos limpadores de para brisas.

Hoje a empresa possui um sistema de gestão – ERP, onde, com base nos pedidos de venda, são geradas todas as demandas de compras e produção de itens para que os pedidos sejam atendidos na sua totalidade. Este sistema é de fundamental importância para o andamento da produção na empresa. Seu cálculo de gastos com logística de entrega (saída) é tratado de duas maneiras: uma sendo considerado frete CIF (pago na origem), onde a empresa entrega o produto do cliente sem custo utilizando transporte terceirizado.

Outra forma de entrega é através de transporte próprio, pois a empresa possui veículos para efetuar tal processo. Esta entrega acontece em clientes próximos à sede da empresa.

Atualmente importa-se e exporta-se produtos através de transporte marítimo, aéreo e rodoviário, terceirizando seus serviços de despacho. Os valores tanto de importação e exportação não podem ser divulgados.

O estudo de caso será realizado na área qualidade e produção, porém com apoio das áreas de engenharia e PCP. Atualmente a engenharia é formada por três profissionais que se dividem em engenharia de processos, engenharia de produto e supervisão, coordenados diretamente pelo diretor da empresa Gilberto Bizzi.

No setor de corte/dobra estão localizadas as duas máquinas de corte a laser CNC que irão ser estudadas nesse trabalho, máquinas de elevado custo, que necessitam acompanhamento

pois são de suma importância para o fluxo de produção, geradoras de diferentes cortes geométricos em chapas e tubos. Sua programação é feita através do software *Bysoft*.

Ela utiliza-se de gás CO₂, hélio e nitrogênio para a geração do feixe de raio laser. A alta tensão necessária no ressonador é gerada com o auxílio de módulos de excitação por semicondutores livres de desgaste. A *Bystronic* (Figura 2) utiliza esses módulos, pois eles são menores, mais eficientes e confiáveis do que soluções convencionais. A mesa de corte da máquina tem capacidade para chapas de 1500x3000mm, com programação variável para diferentes produtos, ocasionando diferentes tempos de ciclo. No processo de corte a laser as peças são recebidas e inspecionadas pelo controle de qualidade, caso haja a aprovação estas são deslocadas através de empilhadeiras até as prateleiras e caso não haja aprovação o cliente é contatado e a matéria prima é devolvida. Seguindo o processo de corte, o operador da máquina desloca as chapas que foram tiradas da prateleira colocando-as em cavaletes, onde o mesmo operador irá colocar as chapas através de um sugador composto de ventosas que fazem com que se consiga levantar chapas de inox, após colocá-las em cima da mesa de corte, o operador faz a detecção de borda nos eixos x e y.

Figura 2 – Máquina de corte a laser *Bystronic*



Fonte: o autor (2016)

Na Figura 3 são apresentados alguns dos produtos fornecidos pela RGB do Brasil.

Figura 3 – Linha de produtos

	Tanques combustível	de
	Componentes indústria	para
	Projetos especiais – Quiosques Orla-Rio	
	Autopeças implementos – bancos para motorista	e
	Autopeças implementos - sanefa	e
	Mobiliário corporativo	
	Motores e palhetas	
	Mecanismo do limpador de parabrisas	

Fonte: o autor (2016)

1.5 DELIMITAÇÕES DO TRABALHO

A proposta limita-se em estabelecer tempos de produtividade, de ciclo operacional, disponibilidade, para posteriormente medir a eficiência das máquinas analisadas, criando tabelas de paradas programadas e não programadas, utilizando-se dos tempos e indicações de paradas identificados pelos operadores das máquinas.

Serão analisadas as médias dos tempos, para o corte de diferentes matérias primas, utilizando-se de diferentes espessuras para o corte, analisando-se os programas das peças a serem cortadas de forma a minimizar o tempo de corte.

Para melhor eficiência da máquina será verificado a matéria prima em termos de abaulamento, dimensão, simetria, rugosidade e outras características que passaram despercebidas pelo controle, pois estavam no meio das demais chapas. Essas características afetam o movimento efetivo de corte, podendo causar até mesmo um grande refugo de peças não conformes, pois na maioria das vezes não se consegue fazer um retrabalho das peças que saem da máquina de corte a laser. Conforme Diniz, Marcondes e Coppini (2001, p. 14), “o movimento efetivo de corte é o movimento entre a ferramenta e a peça, a partir do qual resulta o processo de usinagem”.

Atualmente na empresa existe apenas um turno de trabalho. Com o dimensionamento da eficiência das máquinas de maior valor agregado, será possível verificar o real grau de importância para eventuais horas extras, tendo como acompanhar o rendimento das mesmas.

Estas máquinas de corte a laser CNC, foram adquiridas novas por R\$ 1.800.000,00 cada uma, há 10 anos. Houve a depreciação, mas continuam sendo as máquinas de maior valor agregado, gastando maior energia e tendo elevado custo de manutenção, chegando a R\$ 200 mil o custo de uma turbina.

O trabalho é predominantemente qualitativo, por ser tratar de um estudo de caso, porém com alguns tópicos quantitativos que aparecerão em algumas análises estatísticas. Conforme Yin (2001, p.35), “o estudo de caso, como outras estratégias de pesquisa, representa uma maneira de se investigar um tópico empírico seguindo-se um conjunto de procedimentos pré-especificados”.

O estudo de caso será realizado na produção, com apoio das áreas técnicas, como engenharia de processos, engenharia de produto, gestores, custos e PCP.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo é apresentada a fundamentação teórica utilizada como base para a construção deste trabalho.

2.1 SISTEMAS DE PRODUÇÃO

Os sistemas são grupos de componentes que se relacionam entre si, para obtenção de metas comuns, recebendo insumos até o produto final, em um processo de transformação. Os sistemas podem ser divididos em sistemas abertos ou fechados, onde no sistema aberto acontece a comunicação com o ambiente externo e no sistema fechado essa comunicação com o ambiente externo inexistente. Existem sistemas em que as saídas têm influência direta sobre as entradas, esse é chamado de sistema com feedback, que pode ser positivo quando as ações do passado influenciam de forma positiva as ações do futuro e negativo quando as repostas direcionam-se a solucionar os erros do sistema na implementação do objetivo. (ANTUNES et al., 2008, p.60).

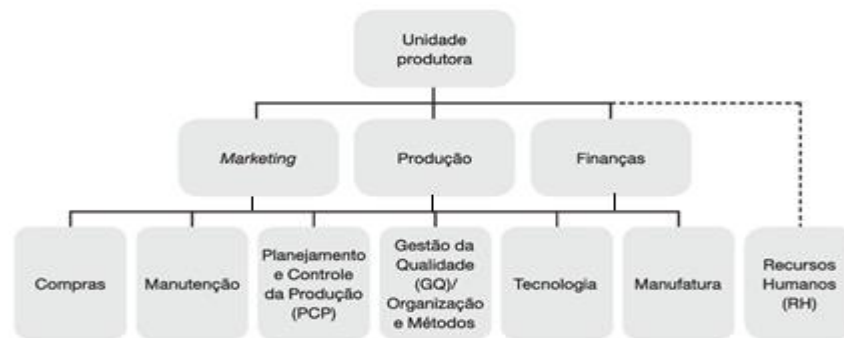
“Sistema de produção é um processo planejado no qual os recursos são transformados em produtos (bens, serviços e informações)”. (ALBERTIN; PONTES,2016, p.15).

Conforme Shingo (1996, p.6), os sistemas de produção são constituídos pelas funções de processos e operações, que se referem a dois eixos distintos que se inter-relacionam. O primeiro estabelece o fluxo de materiais ou serviços no tempo e no espaço e o segundo abrange os recursos humanos e equipamentos disponíveis. Visualizam-se os sistemas produtivos como uma rede, assim desenvolve-se uma análise das perdas dos sistemas produtivos.

No sistema de produção há a necessidade da operacionalização das funções de planejamento e controle do fluxo global destacando a gestão da qualidade, gestão da produção, controle dos estoques, gestão ambiental, manutenção, prevenção de acidentes de trabalho e uma concomitância do fluxo produtivo. (ALBERTIN; PONTES,2016, p.62).

De acordo com Albertin e Pontes (2016, p.14) “função produção, marketing e as finanças, são as funções primárias de qualquer organização” (Figura 4).

Figura 4 – Funções primárias da organização



Fonte: Albertin e Pontes (2016)

O principal objetivo de um sistema é alcançar as metas gerais da organização, através de uma coordenação dos diferentes subsistemas. São os sistemas de manufatura que respondem pela inclusão de valor ao produto, pois são responsáveis pela transformação do objeto de trabalho, inicia-se em uma condição inicial denominada de matéria-prima, até uma condição final de produto acabado ou componente final. (ANTUNES et al., 2008, p.63).

Como objetivo de entender melhor uma organização, analisa-se as três grandes áreas que compõem uma empresa, e percebe-se interesses conflitantes quanto à gestão de recursos.

Conforme Albertin e Pontes (2016, p.14), a função produção busca a máxima utilização de recursos como mão de obra, matéria prima, entre outros. A melhor eficiência poderá ser alcançada com a menor variedade de produtos objetivando maior capacidade de produção, obtendo ganhos em escala. As incertezas, e fatores que restrinjam a produção devem ter pequena variabilidade, com isso a variedade de produtos, programas de produção, custos de preparação de máquinas, variações de demanda devem ser minimizadas.

A função marketing tem como função satisfazer as necessidades dos clientes, não importando as condições de quantidades ou prazos. Quanto maior o mix de produtos, maior variabilidade de preços, podendo ser comissionados. Muitas vezes para a área de vendas, o mix ideal de produtos é o que nos permite o maior faturamento possível. Para o marketing não importa quão fácil ou difícil seja a fabricabilidade desse mix, o mais importante é atender a qualquer solicitação do mercado. (ALBERTIN; PONTES, 2016, p. 14).

“A função finança objetiva a máxima rentabilidade possível do capital. Para a área financeira, a condição ideal seria aquela em que o capital pudesse ficar intocável, aplicado, produzindo o menos possível com estoques”. (ALBERTIN; PONTES, 2016, p. 14).

Os sistemas produtivos são entendidos como uma rede de processos e operações. É necessário analisar e dar ênfase nas melhorias da função, processo que, sempre que necessário,

deve ser complementado por melhorias realizadas a partir da análise detalhada da função operação. (ANTUNES et al., 2008, p.94).

De acordo com Antunes (2008) existem alguns indicadores para as funções processo e operação, conforme o Quadro 1.

Quadro 1 – Funções processo e operação

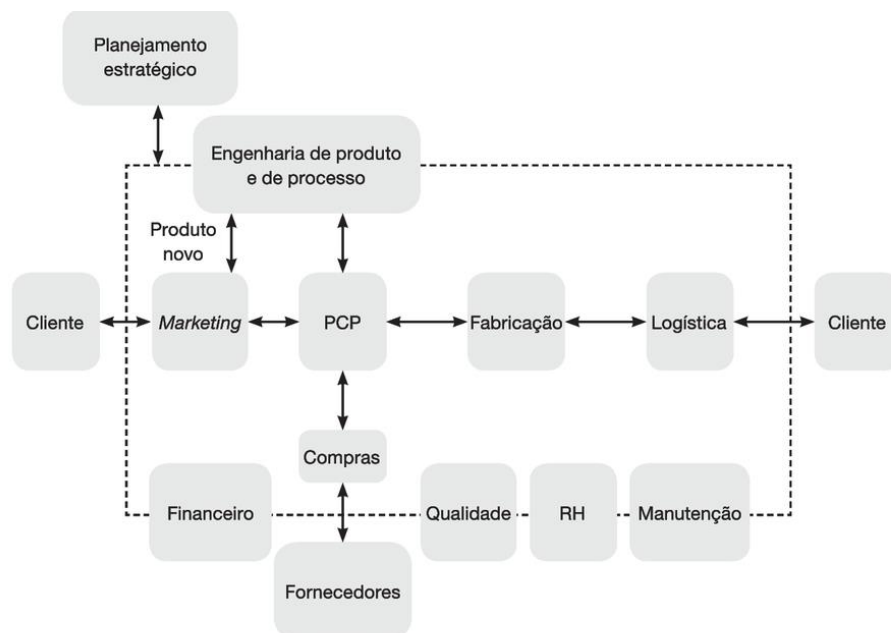
Sistema de indicadores a partir da óptica da função processo e função operação

Em ordem de hierarquia	
Indicadores da função processo	Indicadores da função operação
<ul style="list-style-type: none"> ■ Indicadores de aderência ao programa – sincronização da produção ■ Índice de refugos e retrabalhos ■ Controle dos inventários globais de matérias-primas, materiais em processo e produtos acabados ■ Custos gerais de matéria-prima 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Despesas operacionais ■ Indicadores dos tempos de preparação ■ Indicadores do índice de rendimento operacional global das máquinas críticas (IROG)

Fonte: Antunes (2008)

Para alcançarmos os objetivos de uma organização, necessitamos planejar a sequência e a inter-relação dos processos do sistema de produção. A Figura 5 esquematiza esse planejamento.

Figura 5 – Planejamento da organização



Fonte: Albertin e Pontes (2016)

Conforme Antunes et al. (2008, p. 124), a melhoria do IROG contribui significativamente para a redução de despesas. Há um aumento do ganho tratando-se de recursos gargalos, pois acontece um acréscimo de oportunidades referentes a taxa de saída global do sistema. Com uma boa qualidade da programação da produção, ou seja, um bom sequenciamento de produção utilizando o gargalo e sincronizando-o em relação à demanda, o rendimento se elevará positivamente.

2.1.1 Tipos de sistema de produção

O sistema de produção em linha apresenta uma sequência linear de fabricação sendo os produtos bem padronizados e com fluxo de um posto ao outro. (ALBERTIN; PONTES, 2016, p.22). É subdividido nos seguintes tipos:

- a) produção em massa – produção feita em linha de montagem, com pequena diferenciação nas características dos produtos;
- b) produção contínua – processo caracterizado pela baixa flexibilidade, em mudanças na produção, mas é um processo com elevada eficiência;
- c) produção intermitente – produção com lotes com tamanhos médios e pequenos, podem ser repetitivos ou não.

A produção por projetos é definida com uma produção de tamanho pequeno, usualmente identificada pela produção de um único produto.

No Quadro 2 seguem algumas características gerais dos sistemas produtivos.

Quadro 2 – Características dos sistemas produtivos

Tipos de Sistemas Produtivos Características	Contínuo	Massa	Intermitente	Job shop	Projeto
Volume de produção	Alto	Alto	Médio	Baixo	Baixo ou único
Variedade de produtos	Pequena	Média	Grande	Muito grande	Pequena ou único
Flexibilidade	Baixa	Média	Alta	Muito alta	Muito alta
Qualificação da mão de obra na produção	Baixa	Média	Alta	Muito alta	Muito alta
Layout	Por produto	Por produto	Por processo	Por processo	Posição fixa
Capacidade ociosa dos equipamentos	Baixa	Baixa	Média	Alta	Alta
Lead time	Baixo	Baixo	Médio	Alto	Alto
Fluxo de informações	Baixo	Médio	Médio	Alto	Alto

Fonte: elaborado por Albertin e Pontes (2016)

2.2 SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO

Nos dias atuais as organizações propõem-se continuamente a buscara melhor utilização de recursos, a minimização de custos, através da eliminação de perdas presentes nas etapas do processo de fabricação dos produtos, visto que esta prática possibilita a produção flexibilizada com produtos de qualidade, diversificados e com tempo de processamento e força de trabalho reduzidos. O Sistema Toyota de Produção utiliza-se de técnicas que auxiliam nesse objetivo.

“Todas as produções podem ser compreendidas como uma rede funcional de processo e operações! Naturalmente, o Sistema Toyota de Produção não é uma exceção”. (SHINGO, 1996, p. 85).

O Sistema Toyota de Produção tem origem no grupo Toyota, atuante no ramo da indústria têxtil. Nas empresas atuantes nesse grupo surgiram as primeiras técnicas e práticas que consolidaram o Sistema Toyota de Produção. Esse sistema tem como objetivo aumentar a eficiência da produção pela eliminação consistente e completa de desperdícios. Este conceito foi passado do pai Sakichi Toyoda (1867-1930), fundador da empresa e mestre de invenções, para seu filho Kiichiro Toyoda (1894-1952), primeiro presidente da Toyota (OHNO, 1997, p.9).

Ainda na década de vinte, Sakichi e seu filho Kiichiro, criaram o primeiro tear mecânico de alta velocidade do mundo, aperfeiçoando o processo de tecelagem. (OHNO, 1997, p.100).

A derrota do Japão na segunda guerra Mundial acabou sendo marcante na evolução da Toyota. De acordo com Ohno, (1997, p. 25), o presidente da Toyota Motors Company, Kiichiro Toyoda, afirmou que deveria se alcançar os EUA em 3 anos, aumentando a produtividade em oito ou nove vezes.

A primeira atitude que deveria ser tomada, para tornar possível a missão de alcançar o nível de competição da indústria americana, seria a eliminação de desperdícios nos processos, desta forma a produtividade iria aumentar.

Para atingir o objetivo de eliminação absoluta de desperdícios o Sistema Toyota de Produção adotou alguns mecanismos que são fundamentais para o sucesso. De acordo com Ohno (1997, p. 25), “os dois pilares necessários à sustentação do sistema são: *Just-in-time* e a autonomação ou automação com um toque humano”.

De acordo com Shingo (1996, p. 103), o termo Just-in-time sugere muito mais do que apenas se concentrar no *leadtime* ou tempo de entrega, de forma equivocada poderia acontecer a superprodução gerando estoques, resultando em esperas desnecessárias.

Segundo Ohno (1997, p. 26), Just-in-time ocorre quando, em um processo de fluxo, os componentes necessários para a montagem chegam à linha de montagem no momento correto

e na quantidade necessária, sem geração de estoque. Segundo o autor, este é considerado o estado ideal do ponto de vista da gestão da produção, entretanto como o automóvel é feito de milhares de componentes o número de processos envolvidos é enorme, ocasionando dificuldade na aplicação em todos os processos.

O princípio da autonomação é identificar e parar imediatamente uma máquina ou um equipamento, no momento em que detectar alguma anormalidade no processo. Com isto um operador pode operar várias máquinas, pois apenas quando a máquina parar, o operador devidamente treinado terá que agir. (OHNO, 1997, p.28).

Ao se tratar de eliminação de desperdícios deve-se pensar em dois pontos:

a) um aumento da eficiência só terá efeito esperado quando vier acoplada a redução de custos, para esse objetivo ser alcançado deve-se produzir apenas o que realmente é necessário com o mínimo de recursos;

b) analisar a eficiência por partes, primeiramente o operador, depois a linha de produção e por final toda à fábrica. (OHNO, 1997, p.38).

Conforme Shingo (1996, p. 110), existem dois tipos de operação, as que agregam valor ou não, as operações que não agregam valor como caminhar para obter as peças, desembalar peças de fornecedores e outras, devem sofrer melhorias. Operações que agregam valor são operações que transformam a matéria-prima em produtos, através de manufatura.

Para Ohno (1997, p. 39), “deve-se eliminar os desperdícios de superprodução, de tempo disponível, em transportes, processamento em si, estoque disponível, de movimento e produzir produtos defeituosos”.

“O sistema Toyota de produção é um sistema de produção e o método Kanban é meramente um meio de controlar o sistema”. (SHINGO, 1996, p. 12).

2.2.1 Kanban

O sistema Toyota de produção utiliza-se da ferramenta Kanban, uma ideia oriunda dos supermercados americanos e transformada na indústria japonesa. A forma mais frequente utilizada consiste na colocação de um papel com: informação de coleta, informação de transferência e informação de produção dentro de um envelope de vinil retangular. (OHNO, 1997, p.46).

O Kanban tem inúmeras funções, dentre elas a diminuição de produtos defeituosos pela identificação de seu processo, ele organiza a produção de forma a direcionar a produção de

somente o que será necessário, fornece informações sobre o transporte do produto, mantém o controle de estoques e auxilia na revelação de problemas. (OHNO, 1997, p.48).

De acordo com SHINGO (1996, p.223),

os sistemas Kanban podem ser aplicados somente em fábricas com produção repetitiva. A natureza repetitiva da produção pode não exercer muita influência, contudo, se houver instabilidades temporais ou quantitativas. [...] Os sistemas Kanban não são aplicáveis em empresas com produção sob projeto não repetitivo, onde os pedidos são infrequentes e imprevisíveis.

O Sistema Toyota de Produção passou a ser referenciado como Sistema de Produção Enxuta, pela sua metodologia voltada a eliminação de perdas. O termo produção enxuta (do original inglês, *lean*), surgiu com maior força nos anos 80 para definir um sistema de produção mais eficiente, flexível, ágil e inovador do que a produção em massa. (SHINGO, 1996, p. 100).

2.2.2 Troca rápida de ferramenta

De acordo com Ohno (1997 p.108), as trocas rápidas de ferramentas constituem um requisito absoluto para o Sistema Toyota de Produção. Ensinar aos operários a reduzir os lotes e tempos de trocas de ferramenta exigiu repetidos treinamentos no local de trabalho.

Para Shingo (1996, p.81), “o sistema TRF tem sido um elemento essencial no desenvolvimento do Sistema Toyota de Produção”. Este sistema possui grande importância no resultado de eficiência do processo. A execução de *setup* de máquinas deve ser avaliada sistematicamente, de forma a reduzir o tempo necessário para estas atividades.

Existem dois tipos de *setup*: interno, que podem ser realizados somente enquanto a máquina está parada, e o externo, que são as atividades de preparação que podem ser realizadas enquanto a máquina está operando. Com isso, a melhor forma para reduzir as perdas por *setup* é transformar a maior parte das operações em externa, com isso as atividades de *setup* interno ficam cada vez mais reduzidas e o tempo de parada da máquina menor. (SHINGO, 1996, p.82).

A melhoria do *setup* é construída continuamente, abrangendo quatro estágios:

- a) estágio um – Não são distinguidos os *setups* externos e internos nessa etapa, ações de *setup* externo, são fitas enquanto a máquina está parada, conseqüentemente aumentando o tempo de preparação;
- b) estágio dois – afirma-se que o estágio dois é o mais importante da TRF, pois provoca o isolamento das operações de *setup* interno e externo, através de uma verificação que inclua todas as peças, parâmetros da máquina e dimensões que tenham de ser tomadas enquanto a máquina estiver em operação, logo em seguida verifique o funcionamento

de todos os componentes, pesquisando e implementando o processo mais hábil para deslocamento desses enquanto a máquina estiver em funcionamento, para evitar esperas durante o *setup* interno;

c) estágio três – Neste analisa-se a operação de *setup* atual para deliberar se atividades consideradas *setup* interno podem ser convertidas em *setup* externo, como por exemplo, pré-aquecer uma matriz de injeção ao mesmo tempo em que a máquina está operando elimina a necessidade de pré-aquecimento com injeções preparatórias de metal líquido durante o *setup* interno;

d) estágio quatro – verificar as operações de *setup* interno e externo para observar eventuais conversões de *setup* interno em externo. Exemplo pré-aquecimento de uma ferramenta ou matriz de injeção no mesmo tempo que a máquina está funcionando, com isso eliminando o pré-aquecimento com injeções preparatórias. (SHINGO, 1996, p. 91).

Melhorar operações significa avançar a tecnologia empregada, automatizar operações, mudar técnicas de usinagem colocando em prática operações auxiliares como automatização ou simplificação de carregamentos e descarregamentos de peças ou matérias primas.

2.3 O SISTEMA *LEAN*

De acordo com May (2007, p.190), “realizar mais o que importa eliminando o que não importa. O sistema *lean* é uma aplicação do sistema Toyota de começar com o ideal e aos poucos ir removendo tudo que bloqueia o caminho para alcançar esse ideal”.

Tem como metodologia a eliminação progressiva das fontes de desperdícios, baseando se em cinco princípios fundamentais: a definição da necessidade do cliente, sendo então determinadas as atividades necessárias para ofertar o produto ao cliente com o menor nível de desperdício por meio da definição da cadeia de valor. Busca-se então a fabricação do produto usando de um fluxo contínuo, que é disparado apenas quando o cliente efetua o pedido. Ou seja, usando de uma produção puxada. A partir destes quatro princípios e da utilização de melhorias contínuas (Kaizen) busca-se alcançar o quinto princípio fundamental que é a perfeição do sistema. (SATOLO et al., 2006, p. 90).

De acordo com Reis (2014,p.27) a filosofia *lean* desenvolvida no Sistema Toyota de Produção, pode ser subdividida em outros conceitos, tais como:

a) *lean thinking*: a aplicação desta filosofia é considera uma mudança radical, utilizada pela alta gestão das organizações, onde são realizadas transformações consistentes

definindo tudo o que é valor ao cliente com custos de processamento reduzidos;

b) *lean enterprise*: relaciona-se com o *Lean Thinking*, onde se caracteriza no processo de mudança onde todo o pensamento de uma empresa é voltado a produção enxuta;

c) *lean manufacturing*: Aplicação nos processos de manufatura das técnicas do pensamento *Lean*, buscando a eliminação de desperdícios.

2.4 ÍNDICE DE RENDIMENTO OPERACIONAL GLOBAL

A ideia de eficiência dos equipamentos surgiu no desenvolvimento do TPM, e especificamente a terminologia IROG – Índice de Rendimento Operacional Global foi desenvolvida por Nakajima (1988). (GASPERIN; PALOMINO, 2006, p. 3).

2.4.1 *Overall equipment effectiveness* – OEE

No final dos anos 80 e início dos anos 90, a OEE começou a ser reconhecida como uma importante ferramenta para a medição do desempenho de uma instalação industrial, nesse mesmo período houve a introdução da Manutenção Produtiva Total nos Estados Unidos da América. A OEE pode ser aplicada em todas as áreas da empresa, mas primeiramente pode ser aplicada a áreas com gargalo ou em outras áreas que afetem o ganho da linha de manufatura, sendo assim áreas não-gargalo necessitam ser subordinadas a áreas gargalo. (HANSEN,2006, p.30).

Para o cálculo de OEE devem ser respondidas algumas perguntas, como:

- a) qual a quantidade de produtos produzidos?
- b) qual o tempo estipulado para a produção?
- c) qual o tempo ideal deste produto?

Após calcular o OEE individual de cada produto é possível calcular o OEE global para determinada área, cuja análise consta no Quadro 3.

Quadro 3 – Análise do cálculo de OEE

<65%	Inaceitável
65% - 75%	Aceitável
75% - 85%	Muito bom
>85%	Para processos em lotes
>90%	Para processos discretos e contínuos
95%	Indústrias de fluxo contínuo

Fonte: o autor (2016)

Existem algumas etapas para melhoria de performance, listadas a seguir:

- a) calcular OEE atual, e ser verídico com eles, para uma melhor performance deve-se constituir equipes que trabalhem para melhorias contínuas, com isso coletando e analisando os dados. São propostos investimentos mínimos e os recursos utilizados são adequados. (HANSEN, 2006, p.32);
- b) analisar a hierarquia dos processos críticos e gargalos, definindo metas a serem alcançadas, incluindo nesse processo premiações para os destaques. A OEE e o método do gerenciamento pelas restrições devem trabalhar em conjunto. Assim deve-se comunicar os trabalhadores a definição das metas e a proposta para atuar nos gargalos, incentivar os empregados e motivá-los, treinando-os para coletar dados e conciliar as informações. Com as equipes informadas quanto ao entendimento de como as perdas causam impacto na OEE, elas poderão trabalhar com sinergia em busca de uma avaliação de desempenho positiva. (HANSEN, 2006, p.32);
- c) gerar recursos para que as mudanças aconteçam, assim incluindo novas técnicas como troca rápida de ferramentas, manutenção produtiva total, controle estatístico do processo (CEP), técnicas a prova de falhas (*pokayokes*), etc. Em seguida compartilhar os resultados com todos da fábrica utilizando as medidas da OEE em todas as áreas. Com a coleta de dados, as melhorias irão mostrar a dimensão da melhora da OEE, com uma frequência na amostragem das medidas da OEE será facilmente visualizado alguma anomalia. (HANSEN, 2006 p.33).

2.4.1.1 Tipologia de paradas da OEE

Para ter noção das áreas com maiores oportunidades de melhorias dentro de uma organização, são classificados diversos tipos de problemas e incluídos em uma planilha registro. Utilizar classificações comuns habilita a organização a utilizar *benchmarking*, que trata-se de “uma abordagem que algumas companhias usam para comparar suas operações com aqueles de outras companhias”. (SLACK et al., 1996, p.590).

As informações extraídas do processo produtivo são essenciais para a realização dos cálculos dos indicadores. Assim, essas informações devem ser corretamente classificadas. Hansen (2006, p.42) define diversos termos que são utilizados na apresentação das fórmulas de cálculos. Estas definições e seus respectivos significados estão apresentados a seguir:

- a) parada técnica não programada (*downtime*) – falhas no equipamento que afetam o

- processo ou a máquina, incluindo ferramentas externas. Falha ocasionada por falta de organização, causando depreciação do equipamento utilizado;
- b) parada operacional não programada (*downtime*) – oriunda de erros operacionais, a não observação por parte do operador dos processos operacionais;
- c) parada de qualidade não-programada (*downtime*) – é evidenciada por insumos e matérias-primas não conforme especificações estabelecidas, controle de processo ineficaz, testes não planejados, produtos não manufaturáveis e sujeidade oriunda do produto ou processo
- d) tempo excluído – tempo programado para não produzir. Ele inclui as paradas programadas (manutenção preventiva e paradas temporárias planejadas com prazo de antecedência de no mínimo uma semana de antecedência), reuniões programadas, tempo de teste (se o produto não for vendido), treinamento do operador, tempo livre como férias e “falta de programação de produção”. Esse tempo inclui também o tempo não planejado quando os pedidos são concluídos mais cedo devido a uma boa performance. A boa performance não deve prejudicar o valor do OEE. (HANSEN, 2006, p.42);
- e) tempo de ciclo ideal, taxa teórica ou taxa de velocidade ideal – é o melhor tempo que a máquina necessita para fabricação de determinado produto, devido à complexidade do produto e o equipamento utilizado. Este tempo pode variar significativamente;
- f) tempo de carga ou tempo planejado ou programado para produção – é o tempo para produzir. Consiste em tempos de *setups* de ferramentas, troca de produtos, transferência de informações, operação da máquina, interrupções não planejadas;
- g) quantidade de produtos bons – é a quantidade de itens que estão conforme as especificações. Para efeito dessa contagem, não são incluídos produtos retrabalhados ou sucateados. O produto fora das especificações é classificado como *No Good* e deve ser incluído no desperdício. Se o item sucateado tiver uma causa específica, ela deve ser registrada nas observações como desperdício;
- h) tempo operacional – chamado também de *Runtime* ou *Uptime*. É a porção do tempo de carga no qual o sistema está realmente produzindo;
- i) perda de velocidade – é a diminuição da taxa percentual da OEE em virtude da máquina estar operando em velocidade menor, devido há especificações do fabricante da máquina, na maioria das vezes ocasionada pela produção de produtos fora dos parâmetros, ou seja, com dimensional incorreto. Esta perda representa a diferença entre o tempo teórico para a taxa ou ciclo e o tempo real utilizado para produzir;
- j) tempo de parada (ST – *Stop Time*) – pode ser planejado ou não. É o tempo em que o

equipamento permanece parado. É classificado de acordo com o motivo, em paradas operacionais ou induzidas;

k) ST operacional – tempo de parada planejada. Inclui ações operacionais como paradas para troca de produto e mudanças de tamanho, bem como testes-padrão, carregamento de material planejado e recebimento de documentação. (HANSEN, 2006, p. 43);

l) ST induzido (tempo de parada não planejada) – quando a linha de produção para por razões externas (não relacionadas com a máquina), como falta de matérias-primas e suprimentos, falta de pessoal, falta de informações e reuniões não planejadas;

m) tempo teórico de operação – é o tempo mínimo para produzir uma determinada quantidade de bons produtos. Ele é igual à quantidade de produtos bons produzidos, dividida pelo tempo de ciclo ideal;

n) taxa de qualidade – é a quantidade de produtos bons dividida pela quantidade total de produtos fabricados;

o) desperdício – é a taxa de desperdício total de um processo normal. Pode incluir desperdício estrutural, desperdício por testes, desperdício por incidentes e desperdícios por trabalho. O desperdício não planejado gerado durante a operação do equipamento deve ser detectado aqui, com a indicação da causa raiz do incidente. (HANSEN, 2006, p. 44).

De acordo com Hansen (2006, p.54), o cálculo para determinar a OEE é apresentado nas equações 1, 2, 3 e 4.

$$\mu_1 = \text{Disponibilidade} = \text{tempo de operação} / \text{tempo programado} \quad (1)$$

$$\mu_2 = \text{Eficiência de performance} = \text{taxa operacional líquida} \times \text{taxa de velocidade operacional} \quad (2)$$

$$\mu_3 = \text{Taxa de qualidade} = \text{unidades boas produzidas} / \text{total de unidades produzidas} \quad (3)$$

$$\text{OEE} = \mu_1 \times \mu_2 \times \mu_3 \quad (4)$$

2.4.1.2 *Total effectiveness equipment performance* (TEEP)

A TEEP dimensiona a efetividade total dos equipamentos em relação a cada minuto do

relógio e pode ser usada para avaliação de qualquer organização. Através de mudanças focadas nos valores impostos pela OEE e TEEP, a organização consegue horas mais efetivas, diminuindo o custo das horas extras em comparação com os custos antes da OEE.

Inúmeras empresas buscam a máxima produção trabalhando 24 horas dia, de segunda a sábado. Normalmente estas empresas vendem tudo o que produzem, dessa maneira necessitam utilizar a TEEP como forma de ver a fábrica oculta, ou seja, planejar um negócio que requer mais capital ou aumento de capacidade. (HANSEN, 2006, p.36).

Muitas empresas utilizam de um equilíbrio entre a capacidade e a produção, estas devem gerenciar suas atividades fora da linha de produção. Este equilíbrio busca o alcance de lucros, sem deixar de lado sua base. As empresas não podem deixar de lado ou cancelar trabalhos necessários, para isso paradas temporárias ou trabalhos temporários em favor dos pedidos existentes devem ser bem avaliadas, pois não ocorrendo podem resultar em uma baixa performance em pedidos futuros. A TEEP coleta os dados de todas as paradas necessárias, como desenvolvimento de novos produtos, reuniões, manutenção, testes, programação de turnos, estratégias de manufatura e todo o retrabalho que afeta a máquina. (HANSEN, 2006, p.39).

O cálculo da TEEP, conforme Hansen (2006), é definido de acordo com as equações 5, 6, 7 e 8.

$$\mu_1 = \text{Utilização dos ativos} = \text{tempo operacional} / \text{tempo total} \quad (5)$$

$$\mu_2 = \text{Taxa de velocidade operacional} = \text{tempo de ciclo teórico} / \text{tempo de ciclo real} \quad (6)$$

$$\mu_3 = \text{Taxa de qualidade} = \text{unidades boas produzidas} / \text{total de unidades produzidas} \quad (7)$$

$$\text{TEEP} = \mu_1 \times \mu_2 \times \mu_3 \quad (8)$$

O IROG não é o único fator de apoio para a produtividade, portanto deve-se avaliar todos os programas a serem implantados com o interesse da empresa. Para que o IROG seja o mais plausível possível, deverá existir uma sinergia entre operadores das máquinas e demais áreas, para que a coleta de dados seja o mais verídica possível, buscando com isso futuras melhorias.

2.5 PROCESSOS DE USINAGEM

A fabricação de peças oriundas dos processos metalúrgicos, como fundição, forjamento e outros, na sua grande maioria necessitam algum tipo de acabamento ou há necessidade de alguma peculiaridade. Através do processo de usinagem é possível atingir objetivos mais específicos, como a fabricação seriada a um menor custo, o acabamento de superfícies de peças fundidas ou conformadas, obtendo-se dimensional mais complexo. (CHIAVERINI, 1986, p. 193).

A operação de usinagem tem como característica a ação de uma ferramenta de corte, utilizada para o desbaste de material. Esse material que sai da peça é denominado de cavaco.

2.5.1 Corte a laser

Os primeiros trabalhos que conduziram a investigação do laser começaram em 1917, com Albert Einstein. Tratava-se dos estudos dos fenômenos físicos de emissão espontânea e estimulada. Em julho de 1960, Theodore Maiman fabricou o primeiro laser já conhecido, era um laser de estado sólido de rubi, funcionando com uma lâmpada fluorescente de vapor de mercúrio e filamento helicoidal. (VASCONCELLOS, 2013 apud CONRADO, 2014, p. 20).

A partir do momento em que foi descoberto o laser, ninguém sabia o quanto útil essa descoberta seria. Segundo Vasconcellos (2013 apud CONRADO, 2014, p. 20) os colegas de laboratório de Townes gostavam de dizer que ele tinha criado uma solução em busca de um problema. São hoje utilizados em afazeres tão corriqueiros como nas comunicações telefônicas, nas leituras de código nas caixas do supermercado, no corte de metais, papel e roupas, e também em afazeres sofisticados e de precisão como aqueles efetuados em cirurgias oftalmológicas, processamento e manipulação de materiais biológicos, etc. Sua aplicação será cada vez mais importante, para a humanidade, propiciando nova descobertas.

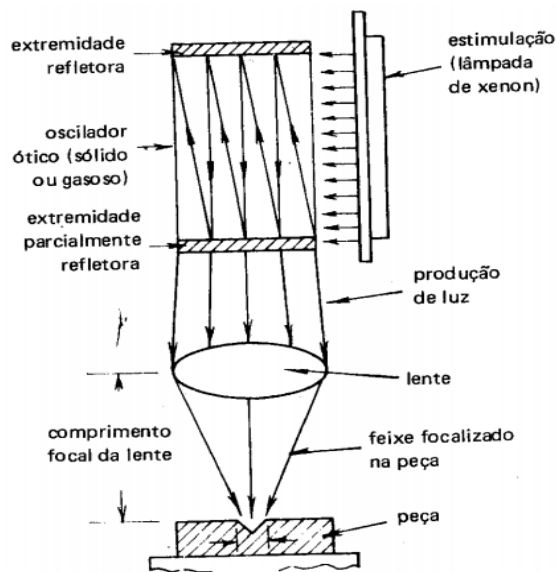
O laser é criado através de uma excitação de elétrons de determinados átomos que produzem um feixe de luz com intensa energia na forma de calor. Para criação do laser é necessário um sistema ótico adequado, a cavidade ressonante, constituída por dois espelhos posicionados nas extremidades do meio ativo e coaxial a ele, perpendicularmente à direção em que o feixe é emitido. (VASCONCELLOS, 2013 e STEEN, 2003 apud CONRADO, 2014, p. 21).

“Laser significa *Light amplification by simulated emission of radiation*, ou seja,

amplificação da luz por emissão estimulada de radiação”. (BERRETA,1995 e VASCONCELLOS, 2013apud CONRADO, 2014, p. 20).

Os lasers podem ser originar se de diversos meios, isto é, pode ser de um sólido, um líquido ou um gás, podendo ser um cristal, um corante ou um gás. O laser a gás é um dos mais eficientes. Nesta categoria está, por exemplo, o laser de dióxido de carbono, cuja radiação, na região do infravermelho, não é visível. (VASCONCELLOS, 2016). A Figura 6 apresenta o funcionamento de um laser.

Figura 6 – Representação esquemática da usinagem com feixe laser



Fonte: Chiaverini (1986)

Segundo Chiaverini (1986, p.233) “neste processo o metal é fundido ou vaporizado por um feixe estreito de luz monocromática intensa. A fusão ou vaporização se dá quando o feixe se choca com a peça, mesmo que esta corresponda a materiais mais refratários”.

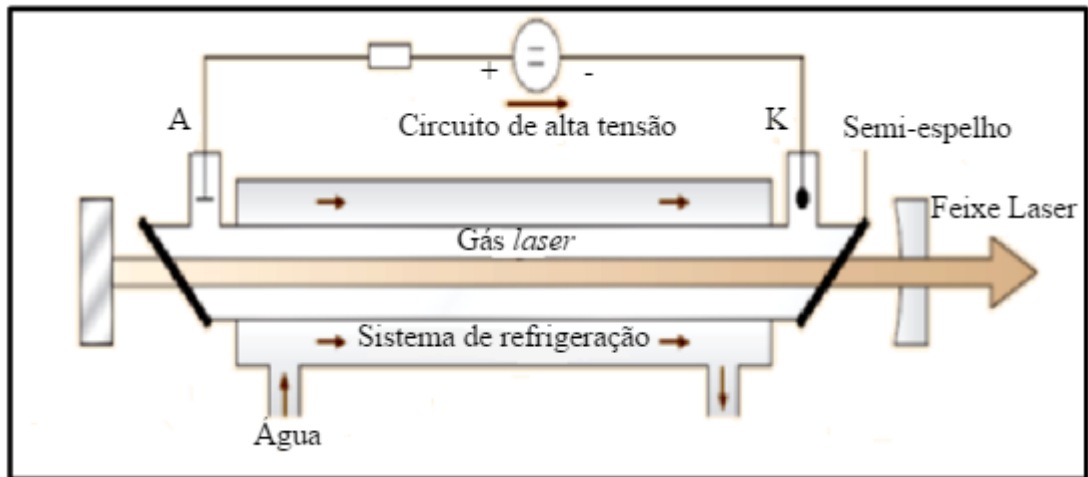
2.5.1.1 Laser a gás de CO₂

“Este tipo de laser utiliza como meio ativo uma mistura de dióxido de carbono, hélio e nitrogênio em concentrações de aproximadamente 6%, 10% e 84%, respectivamente”. (DAHOTRE; HARIMKAR, 2008 apud CONRADO, 2014, p. 24).

A função do dióxido de carbono é a emissão de radiação, o nitrogênio tem como propósito excitar as moléculas de dióxido de carbono, e por último e tão importante quanto os outros, o hélio é responsável pelo arrefecimento e pela manutenção da inversão de população. (WIRTH,2004 apud CONRADO, 2014, p. 20).

Nas máquinas laser (Figura 7) o dióxido de carbono segue um caminho através de espelhos e lentes, deve haver uma manutenção com a limpeza e o realinhamento das lentes. (SANTOS et al., 1993 apud CONRADO, 2014, p.24).

Figura 7 – Esquema simples de um laser de dióxido de carbono



Fonte: Conrado (2014)

Os gases para o corte a laser têm essencial importância, pois podem ser puros ou pré-misturados. Essas misturas podem diminuir o desempenho da máquina, diminuindo a potência de saída, tornando a descarga elétrica instável ou aumentando o consumo dos gases. Valores muito elevados de velocidade tendem a produzir estrias na superfície de corte, rebarbas na parte posterior da superfície atingida pela radiação e até mesmo impossibilidade de realizar o corte. Velocidades baixas, por outro lado, produzem um aumento da zona termicamente afetada e um decréscimo na qualidade do corte.

O laser nas indústrias é pouco utilizado, mas gradativamente as pessoas estão conhecendo as grandes vantagens em se trabalhar com uma máquina de corte a laser. Por ser um sistema de fácil automatização, além de produzir um corte limpo com maior aproveitamento da matéria prima e com uma pequena área da matéria prima afetada pela alta temperatura, muito utilizado para o corte de inox, por ser um material de dureza elevada.

Do lado das desvantagens, pode-se destacar: o alto custo inicial do sistema; a pequena variedade de potências disponíveis, que limitam o corte a espessuras relativamente baixas e a materiais que apresentem baixa reflexão da luz; a formação de depósitos de fuligem na superfície, no corte de materiais não-metálicos, como madeira e couro; a formação de produtos tóxicos (ácido clorídrico), no corte de PVC. (CORTE, 2016, p.6).

2.6 GESTÃO DOS POSTOS DE TRABALHO

O objetivo principal da gestão do posto de trabalho é maximizar a utilização de recursos das empresas, com isso aproveitando suas instalações sem gastos de capital desnecessários.

Segundo Antunes et al. (2013, p. 63) as empresas promovem várias ações envolvendo operadores e máquinas e que tem relação com GPT, tais como:

- a) a gestão da produtividade (peças/hora) dos postos de trabalho, realizado através da coleta de dados na produção;
- b) a gestão da eficiência dos equipamentos, coordenada por um gestor da área da manutenção produtiva total (TPM);
- c) a implementação da metodologia 5S no posto de trabalho, oriundas dos setores da qualidade ou manutenção;
- d) melhorias e redução dos tempos de *setups* e tempos de processamento/tempos de ciclo das máquinas, geralmente ligada a engenharia de processos;
- e) a diminuição de refugos e retrabalhos, com a participação de analistas da área da qualidade;
- f) melhorias com foco na segurança do trabalho e ergonomia.

De acordo com Antunes et al. (2013, p. 65) a estrutura de modelo GPT está evidenciada na Figura 8.

As entradas do sistema (1) integram recursos que devem ser monitorados:

- a) gargalos e recursos com deficiência de qualidade;
- b) demanda e capacidade de produção dos recursos gargalos;
- c) informações buscadas através dos programadores da produção;
- d) coleta de dados através dos supervisores e profissionais que atuam na diretamente na produção da empresa;
- e) informações obtidas dos analistas da qualidade, para geração de dados referentes a qual setores tem déficit de qualidade.

Existe ainda um segundo tipo de informações que abrange a coleta através do diário de bordo e registros oriundos de sistemas computacionais de informações.

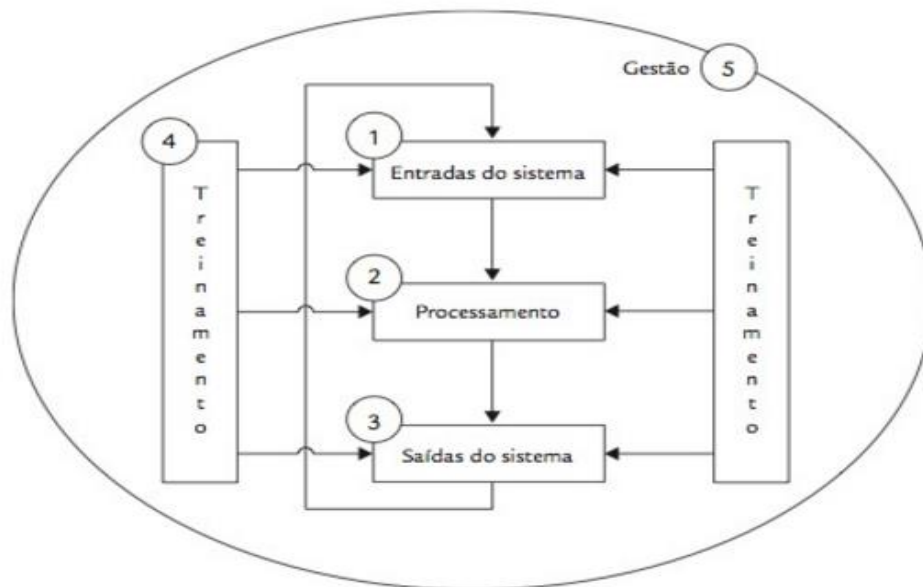
O processamento (2) objetiva a definição dos postos de trabalho restritivos. (ANTUNES et al., 2008 apud ANTUNES et al., 2013, p. 66).

Nas saídas do sistema (3) o direcionamento das restrições é feito através do monitoramento que resultam em informações abrangentes para a organização.

O treinamento (4) para a implementação e funcionamento do método GPT é muito

importante, com um melhor entendimento dos envolvidos melhores resultados se alcançarão. A gestão do sistema (5) é organizada através de reuniões periódicas, com todos os envolvidos na gestão sistêmica integrada e voltada para resultados.

Figura 8 – Estrutura lógica do método GPT



Fonte: Antunes et al. (2013)

A implementação do método GPT nas organizações propicia os seguintes benefícios:

- a) melhorias no TEEP quando existem gargalos nos sistemas produtivos, com baixa necessidade de investimentos;
- b) controle do desempenho da rotina dos equipamentos, permitindo obter o desempenho econômico global projetado pelas empresas, sem a utilização de recursos adicionais;
- c) gestão global do sistema produtivo com foco na melhoria dos postos de trabalho restritivos;
- d) definição da capacidade real da fábrica pela multiplicação das taxas de processamento unitárias no posto de trabalho gargalo por sua eficiência;
- e) clareza de prioridades na rotina de melhorias para os trabalhadores.

2.6.1 Implantação do método GPT

Segundo Antunes et al. (2013, p. 68) para implementar o método GPT inicia-se com o método PDCA (Figura 9).

Figura 9 – Método PDCA



Fonte: Antunes et al. (2013)

Depois da implementação do PDCA, verifica-se e implementa-se uma tipologia padrão para registrar as causas de parada dos postos de trabalho. Exemplos: aguardando manutenção, aguardando operador, manutenção preventiva, refeição. Em seguida definem-se técnicas de coleta de dados no chão de fábrica, diário de bordo ou software buscando registrar em: planilha eletrônica ou painel de gestão eletrônico, com essa análise definindo quais os postos de trabalho serão averiguados. Posteriormente estabelece-se uma rotina de coleta e substituição dos diários de bordo, analisando e definindo qual método irá ser utilizado nos postos de trabalhos monitorados. (ANTUNES et al., 2013, p. 73). Os colaboradores envolvidos irão ser fortemente treinados, e todos os registros do dia a dia da produção irão para planilhas ou coletores eletrônicos onde serão avaliados a partir da obtenção do IROG. A partir da avaliação, os dados serão amplamente divulgados em todos os setores da organização afim de se obter melhorias.

As metas para valores de IROG serão consequência de um estudo de melhorias nos setores propostos dentro da organização. Na última fase aplicasse as melhorias propostas no plano de ação, identificando os autores das melhorias e dando prazos para realização das mesmas. (ANTUNES et al., 2013, p. 75).

A GPT é de fundamental importância nas questões relevantes no âmbito da Gestão da Produção, analisando e verificando aspectos relacionados à problemática das rotinas e melhorias nos postos de trabalho. Contudo o método só terá efeito grandioso se empregado de forma correta com a integração de todas as áreas da empresa na busca da melhor eficiência operacional, e ainda [...] “possibilita analisar a capacidade de atendimento a uma demanda

prevista, em um determinado período, pela análise da gestão da Capacidade x Demanda”. (ANTUNES et al., 2013, p. 91).

2.7 *TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE (TPM)*

De acordo com Slack et al. (1996, p. 644), a MPT originou-se no Japão, é considerada uma extensão da evolução da manutenção corretiva para manutenção preventiva. O conceito de MPT é o mais avançado no desenvolvimento de ideias, faz uma analogia a gestão da qualidade total, colocando todos da organização responsáveis por cuidados e manutenção dos equipamentos.

Segundo Takahashi e Osada (1993), a manutenção produtiva total, é um método que abrange a empresa inteira, com a organização de todos os empregados no objetivo da utilização máxima do equipamento. Algumas atividades da manutenção produtiva total são: investigar meios para que as máquinas sejam de fácil manutenção, padronizando técnicas e com isso deixando dispositivos, matrizes e máquinas seguros e confiáveis, determinar como garantir a qualidade do produto, aprender como obter a melhor eficiência da operação e intensificar um método para chamar a atenção dos operadores para o cuidado das máquinas.

Conforme Takahashi e Osada (1993), a TPM não abrange simplesmente uma manutenção preventiva de alguma máquina, a TPM busca a análise econômica da vida útil dos equipamentos, gabaritos, ferramentas que tem papel essencial em um sistema de produção. As metas para o TPM, segundo Takahashi e Osada (1993) são:

- a) buscar o maior rendimento global possível dos equipamentos;
- b) considerar toda a vida útil do equipamento;
- c) conservar a equipe motivada com atividades para grupos independentes;
- d) gerenciar o equipamento, planejar a sua utilização e a manutenção do equipamento;
- e) organizar a participação de todos na organização.

Conforme Slack et al. (1996, p. 644), existem 3 abordagens amplas para manutenção. Manutenção corretiva é fazer o conserto quando houver quebra, outra abordagem é manter as instalações de modo a não pararem prevenindo possibilidades de paradas futuras, assim denominada de manutenção preventiva. O monitoramento minucioso das instalações para tentar prever quando a parada ocorrerá e chamado de manutenção preditiva.

3 PROPOSTA DE TRABALHO

O presente capítulo é destinado a apresentação da proposta de trabalho, detalhadamente, incluindo as respectivas etapas de implementação e cronograma para essa implementação. Também será descrita a situação atual da coleta e análise de dados.

A abrangência desse capítulo tem por finalidade a apresentação da inserção dos métodos para obtenção do IROG em máquinas de corte a laser, de forma a proporcionar uma organização cada vez mais competitiva no segmento de produtos para linha automotiva. Será descrita a situação atual da coleta e análise dos dados, detalhando o setor em estudo da empresa RGB do Brasil e identificação de problemas suscetíveis na implementação, além de melhorias durante o processo.

3.1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento do trabalho busca um estudo de implantação da eficiência global dos equipamentos (OEE) no setor de corte/dobra da empresa RGB do Brasil, mais precisamente em máquinas de corte a laser. Os equipamentos usam diversos materiais, como chapas de aço carbono, chapas de aço inox, tubos de carbono e inox e borrachas de diferentes espessuras e áreas.

Em função da atual crise econômica, a empresa busca competitividade no mercado e novos clientes. Melhorando a eficiência de suas máquinas será possível trabalhar com preços mais competitivos. Atualmente a empresa não possui nenhum índice de rendimento e através do estudo proposto irá ganhar uma importante ferramenta para garantir uma boa gestão dos recursos produtivos, possibilitando a máxima utilização dos equipamentos, primeiramente em máquinas laser e posteriormente em outras máquinas e áreas.

Para o desenvolvimento deste trabalho, o estudo terá como base os conceitos de manufatura enxuta, manutenção produtiva total e eficiência global dos equipamentos previamente apresentadas no capítulo dois deste trabalho.

O planejamento de implantação do método proposto se dá a partir de uma análise do processo atual de coleta de dados das máquinas de corte a laser na empresa RGB do Brasil, buscando identificar oportunidades de melhorias que possam ser implantadas para obtenção de melhor eficiência das máquinas. Diante disso, surge a necessidade de descrever o processo atual de manufatura, apresentando os dados técnicos e a forma de organização das etapas produtivas.

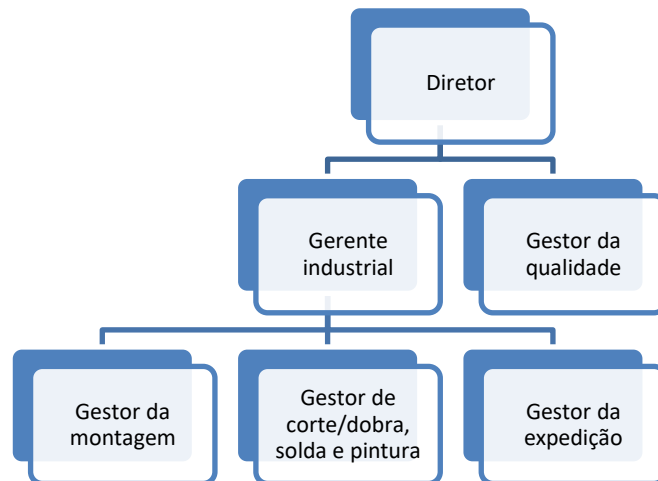
3.2 CENÁRIO ATUAL

A reorganização dos recursos produtivos na indústria em estudo tem grande impacto em seu desenvolvimento, logo, este trabalho, a partir do cenário atual descrito a seguir, desenvolve-se com base nos princípios e conceitos da produção enxuta e as características desejadas de uma manufatura ágil e flexível.

No cenário atual não existe uma ferramenta para dimensionar a eficiência de máquinas, apenas uma planilha, para coleta de dados para obtenção de parâmetros junto ao setor de qualidade. A fim de melhorar a obtenção dos resultados, será formada uma equipe composta pelo gestor da área de qualidade, pelo analista da qualidade (autor deste estudo), pelo gestor de produção, operadores, programador e pela engenharia de processos. Nesta equipe, a gestão da eficiência global dos equipamentos, o OEE, estará a cargo do gestor da qualidade com todo o suporte da organização e direção.

O organograma do setor de administração da produção do setor de corte/dobra é exemplificado na Figura 10.

Figura 10 – Organograma do setor de administração



Fonte: o autor (2016)

O setor de corte/dobra da RGB do Brasil emprega um total de 11 colaboradores. As duas máquinas de corte a laser existentes são operadas cada uma por um operador, estas são programadas por um programador responsável pelo melhor alinhamento das arestas de corte da chapa designada. Além de serem as principais máquinas na RGB do Brasil, por sua agilidade e precisão, estas são o início do processo produtivo, tendo total importância nos processos seguintes. Na Figura 11, é possível visualizar o setor de corte/dobra da RGB do Brasil.

Figura 11 – Setor de corte/dobra da RGB do Brasil

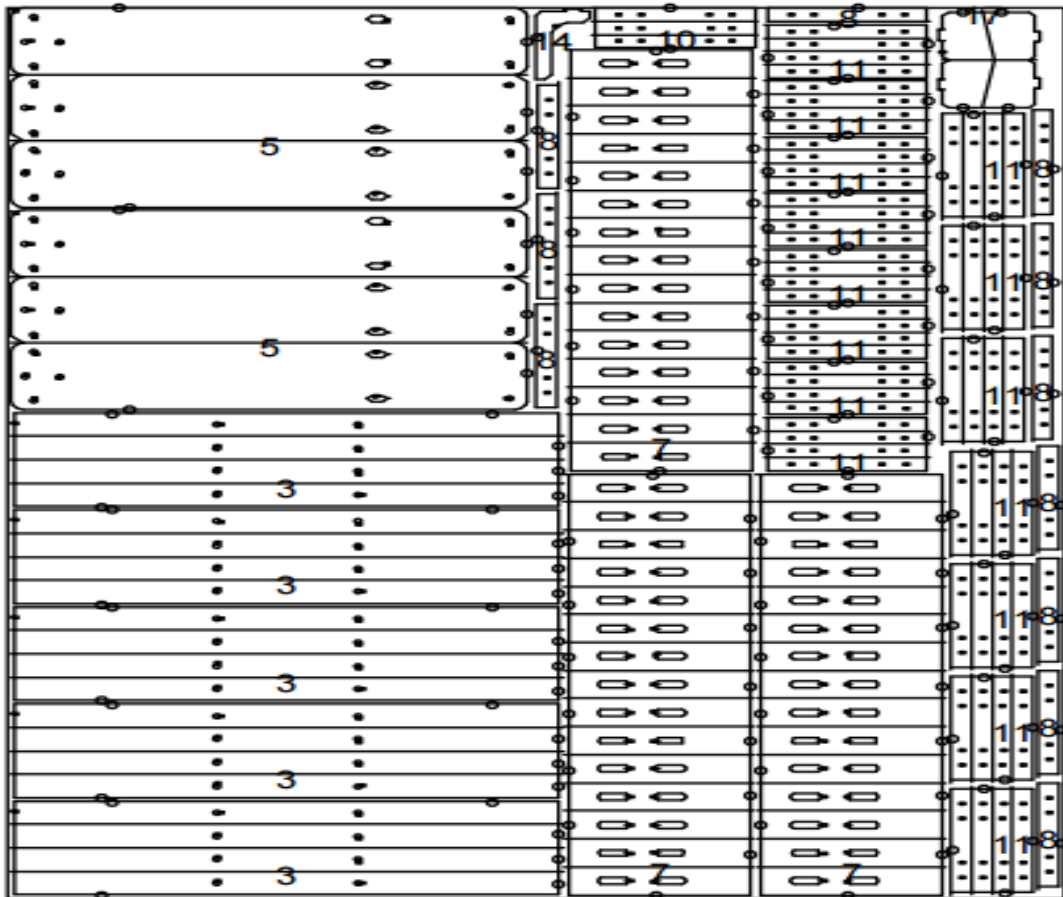


Fonte: o autor (2016)

3.3 MANUFATURA

O início do processo de corte a laser acontece na engenharia, quando são refeitos desenhos de clientes ou são criados novos projetos, que em seguida são armazenados em uma pasta compartilhada entre a engenharia e o programador da máquina a laser, situado em uma sala no centro da fábrica, onde estão alocados um programador de produção e o analista da qualidade (autor deste estudo). O programador irá alinhar o melhor aproveitamento da chapa, para isso utiliza-se de um software da própria máquina. Ele fará a utilização do chamado corte comum, ou seja, um corte sem espaçamento entre as peças, ou com espaçamento mínimo devido a restrições. De acordo com a capacidade do programador pode ser utilizado espelhamento de peças, ou seja, corte invertido, minimizando espaços nas chapas, utilizando o máximo possível dos insumos. O plano de corte, exemplificado na Figura 12, é armazenado em um pen-drive e posteriormente passado para máquina.

Figura 12 – Exemplo de plano de corte a laser



Fonte: RGB do Brasil (2016)

Os parâmetros das máquinas são tabelados de acordo com a instrução de trabalho feita pela qualidade, encontrada ao lado da máquina, mas podem ser mudados conforme necessidade do programador ou operador, ou seja, dependendo do estado da matéria prima obtida. A contagem de peças produzidas é feita diretamente pela máquina de corte a laser CNC, mas devido a erros de parâmetros ou programação, acontece o sucateamento de algumas peças, então o operador anota na ordem de produção o número correto de peças e posteriormente é dado baixa pelo programador da produção, com o tempo de corte já estabelecido pela máquina. Na Figura 13 segue a foto de uma chapa abaulada, onde o operador terá que diminuir o avanço da máquina para não haver o sucateamento de peças.

Figura 13 – Chapa de aço-carbono



Fonte: o autor (2016)

O setor de corte/dobra da RGB do Brasil possui diversas máquinas. Para o processo de corte existem três serras, duas máquinas de corte a laser da marca *Bystronic*, uma guilhotina com capacidade de corte de materiais de até 5 mm de espessura. Existem quatro operadores, estes são responsáveis pela usinagem de corte de 90% dos itens fabricados pela RGB do Brasil. O processo de corte é primordial para continuação do processo de manufatura dos itens. Entre inúmeros itens cortados nas máquinas a laser, aparecem como destaque em faturamento e elevada demanda os componentes dos tanques, esses chamados de corpo do tanque, quebra ondas e tampas. Os componentes hastes também tem elevado número de ordens de produção, e também são usinados na máquina a laser, os mesmos ao final do ciclo de manufatura, depois de terem passado por solda e pintura, são posteriormente montados com motor, palheta, mola, pinos, mancais, assim tornando-se os conjuntos de limpadores de para brisas.

No setor de solda existem 13 máquinas de solda, 2 para o tipo de solda TIG e o restante para MIG/MAG. São soldados uma vasta gama de produtos, como por exemplo conjuntos soldados para mecanismo de limpadores, hastes, tanques em inox, bancos agrícolas ou rodoviários, simuladores de auto escola, cofres para ônibus, cadeiras entre outros. O maior número de produtos soldados são os tanques de combustível, principal produto da empresa, com uma produção de até 200 tanques por semana, numa média de 35 a 40 tanques por dia, produzidos por 11 soldadores montadores que soldam TIG e MIG, dependendo do material utilizado. Para obter-se a melhor qualidade possível do processo, todos os tanques produzidos

na RGB do Brasil são testados quanto a sua estanqueidade, para verificação de possíveis vazamentos, através da inserção de ar comprimido no tanque, que em seguida é submerso em um reservatório com água limpa.

No setor de pintura é feito um tratamento através de banhos com desengraxante, fosfato, enxague e secagem. Esse processo acontece para limpeza das peças e para a pintura ter maior aderência na mesma. Depois são colocadas em gancheiras e penduradas em uma esteira de 25 metros de extensão, e levam aproximadamente 40 minutos para serem pintadas e passam nas três estufas para secagem (cura). Para a realização destes processos conta-se com 6 pessoas.

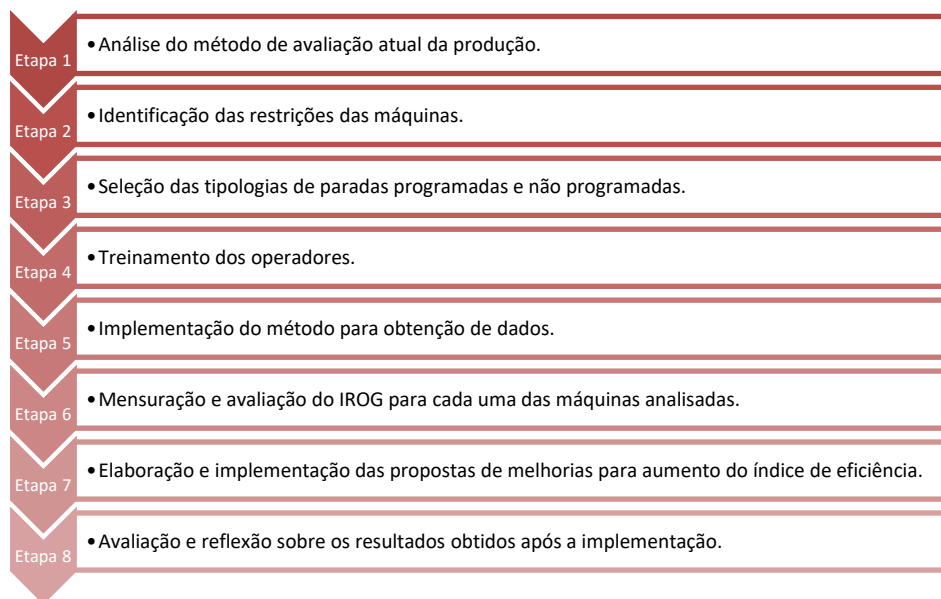
Por último, no setor da montagem são montados os conjuntos limpadores LPb, sanefas e bancos e cofres para ônibus.

Em seguida as peças são enviadas para a expedição e destinadas aos clientes.

3.4 ETAPAS DO TRABALHO

Para atingir o objetivo principal de implantação do OEE do setor de corte/dobra, mais especificamente nas máquinas laser CNC, torna-se necessário criar um plano com as etapas de implementação do IROG. Para isso, a proposta para concluir o objetivo do trabalho se divide em oito etapas conforme descrito nos subcapítulos que seguem. Na Figura 14 está ilustrada a sequência destas atividades.

Figura 14 – Etapas de implementação



Fonte: o autor (2016)

As etapas foram elaboradas para permitir que o desenvolvimento do trabalho seja realizado de forma organizada, contribuindo para que os objetivos propostos sejam alcançados.

3.4.1 Etapa 1 - Análise do método de avaliação atual

Conforme descrito anteriormente, a organização não possui uma análise referente ao método de levantamento de dados do índice de OEE. A empresa tem um método para coleta de dados, onde serão analisadas as paradas descritas nesse método, como seu efetivo preenchimento, o nível de veracidade, e futuras observações. Esta análise é crucial para averiguação de possíveis mudanças nas tipologias de paradas, ou no processo de monitoramento destas.

A análise atual de dados tem como foco a apresentação do método atualmente utilizado, averiguando registros já feitos, possíveis indicadores já estabelecidos, parâmetros utilizados, entre outros tópicos. Para essa análise ter uma acuracidade elevada acontecem entrevistas do tipo semiestruturada, durante um período de no mínimo 15 dias. Essas entrevistas são nesse formato com objetivo de se obter dados precisos, através de uma conversa espontânea, com um conjunto de questões pré-definidas, mas com liberdade do entrevistador de colocar outras questões no decorrer da entrevista.

Após as entrevistas, juntamente com os membros da equipe de implementação do OEE, são confrontados os dados obtidos junto aos entrevistados. As dificuldades na priorização de problemas devem ser realizadas de forma planejada e organizada, para dessa forma ser possível atuar nas perdas mais impactantes. A mesma análise será realizada para verificação do atual método de tomada de ações de melhoria.

Os equipamentos funcionam de segunda à quinta-feira, das 07h30 até às 17h30 e na sexta-feira das 07h30 às 16h20. Em nenhum setor da empresa se opera em dois turnos.

3.4.2 Etapa 2 - Identificação das restrições das máquinas

Com o conhecimento do método atual, são analisadas as possíveis restrições das máquinas. Para ter se um método eficaz ao final da implementação, são analisadas e verificadas possíveis restrições das máquinas, que não estão sendo atendidas na coleta de dados atual.

Para um melhor entendimento das restrições das máquinas de corte a laser no setor de corte/dobra da RGB do Brasil, são consultados o gerente de produção, os operadores, junto com

os técnicos em manutenção mecânica, supervisores de fábrica e programador da máquina de corte a laser. É utilizada a técnica de entrevista semiestruturada, onde os entrevistados são questionados em uma conversa delimitada por tópicos, o que permite uma flexibilidade para aprofundamento em determinado item, aliando todas as atividades desenvolvidas no corte a laser.


São analisados os dados de indicadores existentes, para verificação do que está consumindo mais tempo ou restringindo o processo de corte, e também é analisado o histórico de manutenções e indicadores, procurando entender quais os motivos principais de horas de manutenção, sejam elas corretivas, preditivas ou preventivas.

As entrevistas possuem caráter informativo, sendo abordados tópicos diretos, consistentes, e são avaliados e definidos todos os fatores que causam interferência no processo produtivo de cada máquina. Os dados levantados são analisados com o intuito de identificar, dentro das características individuais das máquinas, em que momento a eficiência da máquina sofre algum tipo de modificação. Espera-se obter de cada máquina a sua capacidade de corte em função de diversos parâmetros, no intuito de no final do estudo, ambas sejam comparadas através do seu OEE.

Analisam-se os relatórios de visita do técnico externo da máquina de corte a laser *Bystronic*, para ter se um levantamento qualitativo e quantitativo do que está causando maior índice de manutenção externa. São levantados os custos desse processo, o tempo gasto e o número de vezes que ocorreu durante determinado tempo. Através disso há possibilidade de acurar quanto de produção foi perdida enquanto houve a manutenção externa.

As restrições que ocorrem nas máquinas de corte a laser são de total importância para eficácia do estudo, um detalhamento das restrições, junto aos entrevistados possibilita uma análise mais detalhada. A Figura 15 apresenta um exemplo de entrevista semiestruturada.

Figura 15 – Exemplo de entrevista semiestruturada

	
ENTREVISTA SEMI-ESTRUTURADA	
Máquinas analisada: Máquina CNC de corte a laser	
Setor: Corte/dobra	
Participantes: gerente de produção, operadores, técnico em manutenção mecânica, supervisores de fábrica e programador da máquina de corte a laser.	
Tópicos	
a) Alarme na máquina:	
b) Verificação:	
c) Registro:	
d) Problemas recorrentes:	
e) Priorização de problemas:	
f) Ações de Melhoria:	
g) Recursos:	

Fonte: o autor (2016)

3.4.3 Etapa 3 - Seleção das tipologias de paradas programadas e não programadas

Logo após a busca das restrições das máquinas, há um levantamento para análise das paradas programadas e não programadas a fim de se obter quais são as paradas que entram para

o cálculo do OEE. Com base no período de coleta definido, é possível quantificar os índices de OEE estratificados por equipamento.

A seleção das tipologias de paradas se faz necessária para obtenção das frequências no qual ocorrem e em futuras minimizações das mesmas. A planilha com as tipologias de paradas deve ser preenchida todos os dias, não importando quem estiver operando a máquina, sendo assim todos os operadores serão treinados, e posteriormente analisa-se o devido preenchimento pelo analista da qualidade, com supervisão do gestor da mesma área de trabalho.

Da mesma forma que é realizada uma avaliação quantitativa, é possível avaliar qualitativamente a atual situação que o indicador apresenta, em comparação aos níveis globais de OEE. Essa avaliação acontece juntamente com a equipe de implementação do OEE, aonde a priorização de paradas é tema importantíssimo para realização do estudo, aonde são avaliadas as paradas de máquina essenciais para o cálculo. São desconsideradas paradas de máquina que não são contadas como tempo disponível para operação, dentre elas férias e feriados, final de semana, paradas que não causam impacto no índice do OEE.

Após identificação das perdas, todas são quantificadas, em percentual, representando cada perda existente. Para obtenção dos índices de disponibilidade será dividido o tempo de operação pelo tempo programado, o índice de desempenho será obtido através da relação entre as horas previstas e as horas de produção. Por último e tão importante quanto os outros índices, o índice de qualidade sai da relação das peças aprovadas com o total de peças produzidas.

3.4.4 Etapa 4 - Treinamento operacional

Neste estudo o objetivo principal é a obtenção fidedigna do OEE, para isso os operadores das máquinas e equipe envolvida terão papel importantíssimo no resultado final do estudo. A equipe envolvida, incluindo os operadores e o programador, recebem treinamento com duração de 30 minutos, durante um período de 10 dias. Nesse treinamento acontece a exposição do método que é utilizado, qual sua importância, as empresas multinacionais que utilizam esse método, o papel dos operadores na implementação desse método, como deve ser preenchido a planilha de coleta de dados, a razão de se preencher esses dados com acuracidade e dúvidas surgidas.

É avaliada alguma premiação aos funcionários com as melhores sugestões de melhorias, mostrando o comprometimento esperado pela organização de todos os envolvidos na implementação da OEE, principalmente dos operadores das máquinas estudadas. A real

importância das anotações feitas no dia a dia pelos operadores influencia de maneira consistente os dados obtidos.

Ao final, é possível verificar quanto cada parada de máquina, cada peça rejeitada e também cada item com deficiência no tempo de ciclo impactam no OEE e mensurar os ganhos possíveis de reduzir ou eliminar determinada perda.

3.4.5 Etapa 5 - Implementação do método para obtenção de dados

A implementação do método para coleta de dados é de profunda relevância. Com a obtenção das informações, a análise obtém maior acuracidade, busca-se eliminar perdas que causem comprometimento da eficiência das máquinas. O período de coleta de dados acontece na primeira semana de março de 2017 até a primeira semana de abril de 2017.

Identificam-se as paradas dos operadores, as necessidades envolvidas no processo de corte a laser. Através da obtenção dos tempos das paradas designadas no dia a dia do operador, são analisadas futuras melhorias. É observado o devido preenchimento, podendo ser questionado paradas de máquinas não identificadas no registro, proposto para coleta de dados.

A coleta dos dados devidamente preenchidos junto aos operadores das máquinas acontece no começo do turno de trabalho, pelo analista da qualidade, autor do estudo. O mesmo preenche diariamente uma planilha eletrônica no Excel, que é compartilhada com os membros da equipe de implantação do OEE. Dados coletados podem ser confrontados com o apontamento da ordem de produção e com a quantidade de peças real.

3.4.6 Etapa 6 - Mensuração e avaliação do OEE obtido nas máquinas de corte a laser

A mensuração dos dados coletados com as paradas significativas para o cálculo do OEE é de análise da equipe, baseada na literatura do assunto abordado ocorre a identificação dos novos tempos de *setups*, troca de ferramenta, e verificação das paradas necessárias para cálculo. São verificadas as etapas envolvidas para geração das informações, desde a coleta, análise e tratamento dos dados de OEE.

Em análise conjunta com todos os membros da equipe de desenvolvimento do OEE, é proposta uma meta quantitativa para avaliação do OEE. A avaliação ocorre com o confronto do índice de rendimento obtido com o proposto pela equipe de trabalho.

Nesta etapa, além da identificação são analisadas as novas médias de produtividade,

setup e refugo. Para cada máquina de corte a laser é obtido um OEE individual, este é defrontado com o OEE proposto pela equipe. Com base no período de coleta definido, é possível quantificar os índices de OEE estratificados por equipamento, e também de forma global.

A máquina que obteve o OEE do dia anterior menor que a meta estabelecida, será identificada na cor vermelha, através disso é realizado uma análise do principal eixo de perda (disponibilidade, performance ou qualidade), e dentro do eixo constatado, são detalhadas as maiores perdas de cada máquina. No caso da perda por disponibilidade, são estratificadas as horas de máquina para o turno de trabalho.


3.4.7 Etapa 7 - Elaboração e implementação de propostas de melhoria para aumento do índice de eficiência

São propostas melhorias em todo o processo de corte a laser. É feito um *brainstorming* com os envolvidos na equipe de implantação do OEE, buscando melhorias que ajudem a melhorar a eficiência, performance e disponibilidade das máquinas. São avaliadas as ferramentas nas máquinas, as manutenções corretivas, preventivas e autônomas. Através da coleta de dados e com o auxílio do *Microsoft Excel*² será desenvolvido um gráfico da probabilidade de falhas e da confiabilidade da parada não programada com maior tempo, procurando uma solução para a mesma.

Na ordem de fabricação representada na Figura 16, percebe-se que os tempos são medidos de forma centesimal, estes são de forma unitária e multiplicados pela sua quantidade.

² O Microsoft Excel é um aplicativo do Software Office, que permite entre outras coisas, criar planilhas e gráficos para análises de dados (MICROSOFT, 2017).

Figura 16 – Ordem de fabricação

Ordem de Fabricação				RPRD0300_RGB			
O F : 172949		Emitido em:		Data: Pag.: 1 de 1			
				Reimpressão:			
ITEM: 18062	CORPO TQ INOX INF 1,8X741X1370MM						
Data Inicial:	Data Final:		Quantidade:	5,00			
ROTEIRO DE FABRICAÇÃO							
Seq.	Operação	Descrição	Centro Trabalho	Obrigmat.	Tempo Unitário	Tempo Total	
10	10	CORTAR	170 - LASER	Sim	0,99	4,95	
			Cod. Recurso	Descrição			
		2188232	LAS 02	1624 - MAQUINA LASER BYSTRONIC MOD.BRSPRINT NS1249			
Seq.	Operação	Descrição	Centro Trabalho	Obrigmat.	Tempo Unitário	Tempo Total	
20	40	DOBRAR	110 - DOBRADEIRAS		0,34	1,70	
			Cod. Recurso	Descrição			
		2188233	DBR 06	439 - DOBRADEIRA DURMA HAP 30160 NS 7051045461 150			
Seq.	Operação	Descrição	Centro Trabalho	Obrigmat.	Tempo Unitário	Tempo Total	
30	40	DOBRAR	110 - DOBRADEIRAS	Sim	1,00	5,00	
Obs. Oper.: ENVIAR P/ SOLDA							
			Cod. Recurso	Descrição			
		2188234	DBR 01	445 - DOBRADEIRA FERMASA PV 906 NS 9000 90T			
DEMANDAS							
Item	Descrição	REF	TP	UM	Almoxarifado	Qtd. Unit.	Qtd. Total
22	CHAPA INOX AISI 304 1,80X1240X3000	01010262	C	KG	130 - AX CENTRAL	16,1008	80,5038

Fonte: RGB do Brasil (2016)

3.4.8 Etapa 8 - Avaliação e reflexão sobre os resultados obtidos após a implementação

Por fim, é realizada uma análise referente às etapas supracitadas e uma avaliação sobre o atingimento dos objetivos especificados. É avaliado o resultado esperado para o índice de OEE, e seus possíveis ganhos ou perdas referentes as ações implementadas, se as mesmas foram empregadas com êxito no processo de corte a laser. Mesmo que a melhoria implementada não surta efeito, é dimensionado o OEE, a título de comparação entre o antes e o depois. Os índices de performance, disponibilidade e qualidade serão divulgados para todos da organização. A divulgação tem método expositivo, onde é estabelecido uma meta para o OEE, identificada na cor vermelha caso não esteja conforme. São expostos aos membros da equipe, posteriormente divulgado em todos os murais dos setores, através de gráficos e indicadores estratificando o OEE por equipamento.

3.5 CRONOGRAMA

Para finalizar o desenvolvimento da proposta é criado um cronograma que aborda o tempo necessário para a implantação do processo, a partir da aprovação da proposta. A elaboração do cronograma é realizada em conjunto com os membros da equipe.

Para cada etapa do trabalho é fundamental que sejam elencados os recursos necessários e um prazo para conclusão. A Figura 17 exhibe os prazos de cada etapa do trabalho.

Figura 17 – Cronograma

	ATIVIDADE:	Responsável	CRONOGRAMA																											
			jan/17				fev/17				mar/17				abr/17				mai/17				jun/17							
			SEMANA				SEMANA				SEMANA				SEMANA				SEMANA				SEMANA							
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4			
1	Análise do método de avaliação atual	Michel Pagatini																												
2	Identificar as restrições das máquinas	Michel Pagatini																												
3	Selecionar as tipologia de paradas programadas e não programadas	Michel Pagatini																												
4	Treinar operadores	Michel Pagatini																												
5	Implementar método para obtenção de dados	Michel Pagatini																												
6	Mensurar e avaliar IROG para cada uma das máquinas analisadas	Michel Pagatini																												
7	Propor e implementar ações de melhoria	Michel Pagatini																												
8	Avaliar e refletir sobre os resultados obtidos, na implementação realizada	Michel Pagatini																												
9	Apresentação TCC	Michel Pagatini																												

Fonte: o autor (2016)

3.6 CONSIDERAÇÕES

No capítulo 3, apresenta-se as oito etapas que são executadas no desenvolvimento da proposta para implantação do IROG. Estas etapas são programadas para facilitar e tornar organizado o processo de desenvolvimento e implantação do estudo, portanto são imprescindíveis para que o objetivo principal seja alcançado.

Dentro do ambiente fabril, espera-se algumas dificuldades, dentre elas a análise de preenchimento de dados, o cumprimento dos prazos e a precisão das informações, as quais deverão ser expostas de forma correta, sem dados incompletos ou que não condizem com a

verdade. Assim, é diariamente analisada a veracidade dos dados, junto aos operadores e ao programador da máquina estudada. As ações de melhoria são baseadas nas maiores restrições das máquinas de corte a laser.

A realização e a execução do estudo proposto possibilita um julgamento eficaz e assertivo, por parte de gestores e direção, sobre a eficiência operacional das máquinas de corte a laser. Através desse estudo são propostos novos tempos de *setup*, com estabelecimento de índices comparativos. As análises organizacionais, dentro da atual crise econômica que passa nosso país, têm de ser seguras e baseadas em dados com acuracidade elevada, para que não produzam erros de estratégia.

4 IMPLEMENTAÇÃO DA PROPOSTA DE TRABALHO

As etapas foram elaboradas para permitir que o desenvolvimento do trabalho seja realizado de forma organizada, contribuindo para que os objetivos propostos fossem alcançados.

4.1 ETAPA 1 – ANÁLISE DO MÉTODO DE AVALIAÇÃO ATUAL

Nesta etapa do trabalho foram analisadas as metodologias utilizadas para registros de atividades diárias feitas nas máquinas CNC de corte a laser. Como já visto anteriormente, a empresa não possui a ferramenta IROG, apenas um diário de bordo contendo paradas programadas e não programadas, para registros de atividades. A equipe responsável pela implementação do IROG conta com profissionais de diversas áreas e diferente formações como demonstrado no Quadro 4.

Quadro 4 – Profissionais responsáveis pela implementação do IROG

ENTREVISTADOS	FORMAÇÃO
Programados da máquina de corte a laser	Curso técnico
Operadores da máquina de corte a laser	Ensino superior incompleto / ensino médio completo
Gestor da qualidade	Ensino superior completo
Analista de processos	Ensino superior incompleto
Gerente fabril	Ensino superior incompleto
Analista da qualidade	Ensino superior incompleto
Técnico em manutenção	Curso técnico

Fonte: o autor (2017)

Com o auxílio do gestor da qualidade, do analista de processos e do gerente industrial foram feitas entrevistas com os operadores das máquinas, o programador e o técnico responsável pela manutenção da mesma.

Alguns tópicos significativos das entrevistas feitas na terceira e quarta semanas do ano de 2017 foram:

- a) necessidade de uma planilha com maior facilidade de entendimento e facilidade de preenchimento;
- b) analisar a possibilidade de haver uma interação maior das pessoas envolvidas;
- c) facilidade de manutenção;
- d) melhor qualidade de insumos e matéria prima;

eficiência das máquinas. Essa proposta será analisada pela gerência. Ocorreu semanalmente uma reunião com a equipe responsável pela implementação da ferramenta IROG, nessas reuniões foram discutidas pautas referentes à implementação do método.

A necessidade de se medir a eficiência das principais máquinas da empresa tornou-se um item essencial para a melhor integração dos setores de compras, programação da fábrica, produção e outros, pois os recursos estão cada vez mais escassos e uma compra com prazos e orçamento definidos de forma clara será essencial para um melhor fluxo de produção, já que a empresa não trabalha mais com estoque de matéria prima. Assim, foi integrado à equipe o comprador de matéria prima, tendo em vista que a principal matéria prima são chapas de inox 304 e os fornecedores estão localizados nas cidades de Cachoeirinha e Canoas no estado do Rio Grande do Sul, sendo selecionados conforme a disponibilidade do material e linha de crédito de cada uma das empresas.

Durante as entrevistas foram abordados tópicos relevantes, como a necessidade de se estabelecer parâmetros de corte pré-estabelecidos. Com a diversidade de produtos cortados nas máquinas de corte a laser há uma grande variedade de materiais, dependendo da espessura do material e suas características particulares como avanço, potência, entre outras. A amplitude de parâmetros é significativa, podendo causar retrabalho, sucateamento ou até mesmo alguma manutenção corretiva. A fim de haver uma padronização de parâmetros, na última semana de janeiro reuniu-se a equipe de implementação do IROG em uma quarta-feira pela manhã, com o intuito de se estabelecer parâmetros de padronização para o processo de usinagem abordado. A análise foi baseada no manual da máquina e na capacidade operacional da mesma, foram feitos testes ao longo do mês de fevereiro, alguns parâmetros foram identificados com um intervalo mínimo e máximo em consequência de possíveis imperfeições oriundas da qualidade dos insumos. A análise feita dos parâmetros das máquinas identificou uma diferenciação de parâmetros utilizados para ambas as máquinas.

Para a otimização do processo de análise foi proposta a parametrização das principais matérias primas atualmente fabricadas pela empresa, a fim de padronizar parâmetros e não mais ser utilizado o que o operador propôs.

Esses parâmetros serão essenciais para estabelecimento de futuras metas para o índice de eficiência, propondo uma visão sistemática do sistema.

Após as entrevistas foi desenvolvido o Quadro 5 para padronização de parâmetros.

Quadro 5 – Parâmetros de corte laser

Material/ espessura	Avanço (mm/min)	Padrão recomendado (mm/min)	Cabeçote	Potência	P (bar)	Gás
Carbono 1	6700-8200	7500	5,00	1000-1500	1-4	Oxigênio
Carbono 1,5	5100-6500	5700	5,00	1000-1500	1-4	Oxigênio
Carbono 2	4200-5400	4700	5,00	1000-1500	1-4	Oxigênio
Carbono 2,5	3600-4600	4000	5,00	1100-2200	0,3-4	Oxigênio
Carbono 3	3200-4100	3600	5,00	1100-2200	0,3-4	Oxigênio
Carbono 4	2700-3400	3000	7,5	1800-2200	0,2-0,8	Oxigênio
Carbono 5	2200-2800	2500	7,5	2000-2200	0,2-0,5	Oxigênio
Carbono 6	1800-2900	2100	7,5	2000-2200	0,2-0,5	Oxigênio
Carbono 8	1500-1900	1700	7,5	2200	0,2-0,5	Oxigênio
Carbono 10	900-1400	1000	7,5	2200	0,2-0,5	Oxigênio
Carbono 12	800-1100	900	7,5	2200	0,2-0,5	Oxigênio
Carbono 15	600-800	720	5,0	2200	0,2-0,5	Oxigênio
Inox 1	7200-9300	8100	5,0	2200	13-16	Nitrogênio
Inox 1,5	5800-7400	6500	5,0	2200	13-16	Nitrogênio
Inox 2	4200-5400	5200	5,0	2200	13-16	Nitrogênio
Inox 2,5	3600-4700	4100	5,0	2200	13-16	Nitrogênio
Inox 3	2700-3500	3100	5,0	2200	13-16	Nitrogênio
Inox 4	1800-2400	2000	7,5	2200	13-16	Nitrogênio
Inox 5	610-1200	1100	7,5	2200	13-16	Nitrogênio
Aço inox 6	800-1050	900	7,5	2200	13-16	Nitrogênio
Alumínio 1	7000-9000	8500	5,0	2200	10-15	Nitrogênio
Alumínio 1,5	5200-7000	6400	5,0	2200	10-15	Nitrogênio
Alumínio 2	4000-5100	4700	5,0	2200	10-15	Nitrogênio
Alumínio 2,5	2600-3300	2900	5,0	2200	10-15	Nitrogênio
Alumínio 3	1800-2400	2100	5,0	2200	12-15	Nitrogênio
Alumínio 4	1300-1700	1500	7,5	2200	12-15	Nitrogênio
Alumínio 5	1000-1300	1200	7,5	2200	12-15	Nitrogênio
Borracha 3	3400-3800	3600	5,0	1600-2200	12-15	Nitrogênio
Borracha 6	2000-2400	2200	5,0/7,5	1600-2200	12-15	Nitrogênio

Fonte: o autor (2017)

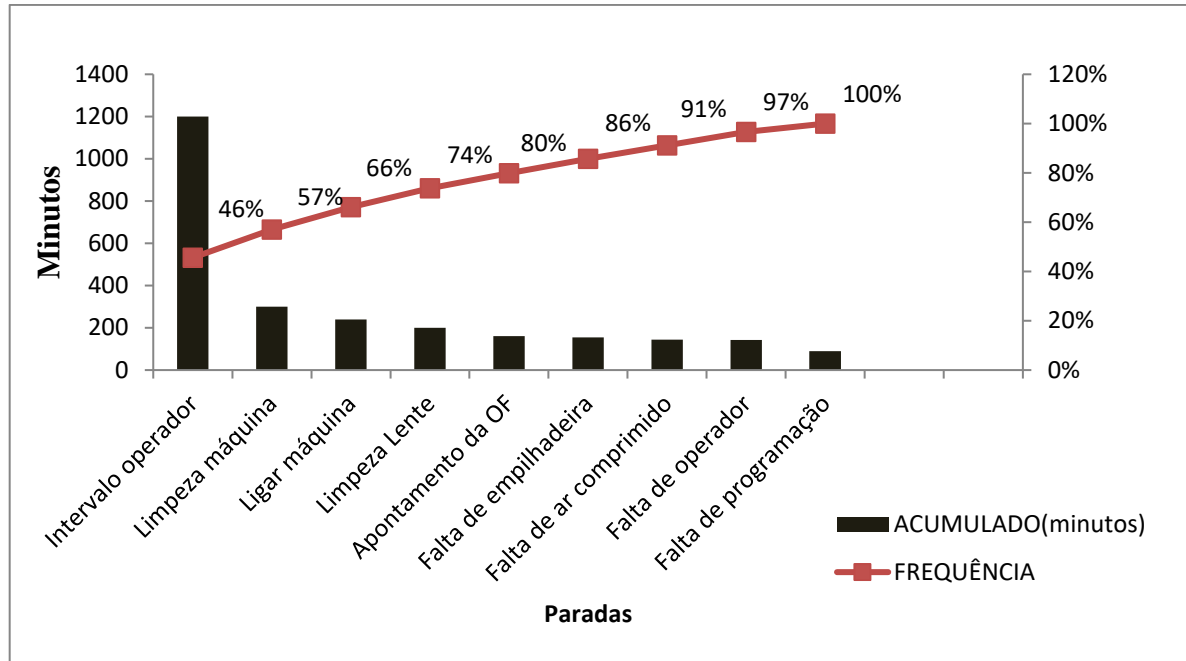
Os parâmetros do Quadro 5 foram feitos a partir de análise junto a empresa fabricante da máquina, e a exemplo da borracha foram feitos testes na própria empresa, analisando sua espessura com seus parâmetros.

4.2 ETAPA 2 - IDENTIFICAÇÃO DAS RESTRIÇÕES DAS MÁQUINAS

Para realização desta etapa foram analisadas as entrevistas feitas, com a preocupação de se entender quais as restrições que as máquinas de corte a laser iriam possuir. Com o auxílio de registros feitos pelos operadores chamados de diários de bordos, foi possível analisar as

principais perdas de eficiências das máquinas de corte a laser CNC. Com o auxílio do gráfico de Pareto, conforme a Figura 19, observou-se a porcentagem das principais perdas existentes em um período de 20 dias consecutivos.

Figura 19 – Gráfico de Pareto



Fonte: o autor (2017)

Entende-se pelo gráfico acima que o intervalo do operador e limpeza da máquina no final do turno correspondem a mais de 50% das paradas de máquinas realizadas. De acordo com o Quadro 6 estão representadas as porcentagens de todas as paradas envolvidas no processo de corte a laser.

Quadro 6 – Porcentagem de perdas

Paradas de máquinas	Porcentagem
Intervalo operador	46%
Limpeza máquina	11%
Ligar máquina	9%
Limpeza lente	8%
Apontamento da OF	6%
Falta de empilhadeira	6%
Falta de ar comprimido	5%
Falta de operador	5%
Falta de programação	3%

Fonte: o autor (2017)

Observa-se o Diagrama de Pareto da Figura 22, e nota-se que o parâmetro que apresentou maior influência significativa é o intervalo do operador, que corresponde a 60 minutos diários.

4.3 ETAPA 3 - IDENTIFICAÇÃO DAS PARADAS PROGRAMADAS E NÃO PROGRAMADAS

Nessa etapa do trabalho de implementação da ferramenta foi analisada a seleção do tipo de paradas que não estavam sendo estabelecidas anteriormente.

Através de um estudo feito pela gerência com o auxílio do autor do trabalho foram propostas as novas paradas programadas e não programadas, que estão identificadas no Quadro 7.

Quadro 7 – Programação de paradas

Paradas programadas	Paradas não programadas
Almoço	Falta de matéria prima
Manutenção preventiva	<i>Setup</i>
Reunião / treinamento	Falta de insumos
Protótipo	Manutenção corretiva
	Retrabalho de peças
	Falta de empilhadeira
	Falta de programa de máquina
	Parada – Manutenção autônoma
	Falta de demanda

Fonte: o autor (2017)

As paradas programadas e não programadas foram dispostas no mural do setor de corte/dobra.

4.4 ETAPA 4 - TREINAMENTO


Seguindo as etapas do trabalho, após análises com a equipe, foi proposto um treinamento intensivo durante 15 dias, três vezes por semana nas segundas, quartas e sextas-feiras, na sala de treinamento com os operadores, programadores e toda a equipe de implantação.

No primeiro momento apresentou-se o método, disponibilizando a cada um dos participantes um guia (Figura 20) com informações relevantes sobre a ferramenta. Além da

leitura do guia, o autor do trabalho explica todos os tópicos em palestras de 20 minutos.

Foi feita uma filmagem dos operadores no seu dia a dia com o intuito de ser observado pontos de melhorias no processo de manufatura.

Figura 20 – Guia de treinamento

		GUIA DE TREINAMENTO OEE		Registro: Reg. 01 Revisão: 00 Data: 10/03/17
Este relatório tem por objetivo identificar pontos importantes na implementação do OEE.				
<i>Diretoria:</i>	<i>Gestor:</i>	<i>Orientador:</i>	<i>Participante:</i>	
Itens abordados		Evidências		
Objetivo				
Onde surgiu o OEE?				
O que é OEE e TEEP?				
O que são paradas planejadas e não planejadas?				
O que é disponibilidade, performance e qualidade?				
Como calcular OEE e TEEP?				
Porque deve-se preencher corretamente a planilha de dados?				
Quais melhorias podem ser feitas no posto de trabalho?				
Quais são as 6 grandes perdas?				
Qual a máquina mais eficiente e qual a menos eficiente?				
A manutenção da máquina está feita de forma correta?				
É necessário trocar a máquina?				
É preciso planejar melhor os recursos?				
No que realmente a máquina está perdendo maior eficiência?				
A máquina em questão tem alguma restrição?				
Qual a real utilização do equipamento?				
Quais empresas utilizam esse indicador?				
Metas				
Sugestões de melhorias				

Fonte: o autor (2017)

Através desse treinamento identificou-se muitas dúvidas em relação ao assunto abordado, estas foram devidamente sanadas a fim de obter-se um melhor resultado da

ferramenta proposta.

4.5 ETAPA 5 - IMPLEMENTAÇÃO DO MÉTODO PARA OBTENÇÃO DE DADOS

A coleta de dados aconteceu entre os meses de março e abril de 2017, onde houve um aumento da produção das mesmas, ocasionando uma melhor análise por parte da equipe.

A planilha disposta aos operadores foi idealizada pelo autor do estudo com a aprovação da equipe de implementação, conforme apresentada na Figura 21.

Figura 21 – Diário de bordo laser idealizado para obtenção de dados

MÁQUINA LASER N° ()1 ()2		DIÁRIO DE BORDO LASER								Registro: Reg.56 Revisão: 01 Data: 23/03/2017
		TURNO: () DIA () NOITE		OPERADOR:						
PROGRAMA / MATERIAL	TEMPO DE CICLO (MIN)	DATA	HORÁRIO INICIAL	AVANÇO	HORÁRIO FINAL	QUANTIDADE DE PEÇAS BOAS	QUANTIDADE DE REFUGO	MOTIVO DA PARADA	TEMPO DA PARADA (MIN)	OBSERVAÇÕES
A	MANUTENÇÃO AUTÔNOMA	E	FALTA DE INSUMOS (AR, GÁS...)		I	MANUTENÇÃO PREVENTIVA		N	PROTÓTIPO	
B	SETUP	F	ALMOÇO		J	REUNIÃO/TREINAMENTO				
C	RETRABALHO DAS PEÇAS	G	FALTA DEMANDA		L	FALTA DE EMPILHadeira				
D	FALTA DE MATÉRIA PRIMA	H	MANUTENÇÃO CORRETIVA		M	FALTA DE PROGRAMA NA MÁQUINA				

Fonte: elaborado pelo autor (2017)

Após uma reunião com integrantes da equipe de implementação foi estabelecido que o autor do estudo irá ser o responsável pela coleta diária das planilhas dispostas aos dois operadores, através dessa coleta irás ser estabelecido o OEE para cada máquina de corte a laser. A planilha disposta aos operadores foi reorganizada de acordo com a equipe. A parada não programada “manutenção autônoma” foi anexada a fim de abranger todas as limpezas de cabeçotes e lentes, limpezas de máquinas, e outras manutenções feitas pelo operador. A parada não programa falta de insumos abrange todas as faltas de energia elétrica, falta de gás e outras necessidades das máquinas. O apontamento da OF (ordem de fabricação) passou a ser de

responsabilidade do estagiário, que passará por todas as máquinas auxiliando os operadores.

4.6 ETAPA 6 - MENSURAÇÃO E AVALIAÇÃO DO OEE OBTIDO NAS MÁQUINAS DE CORTE A LASER

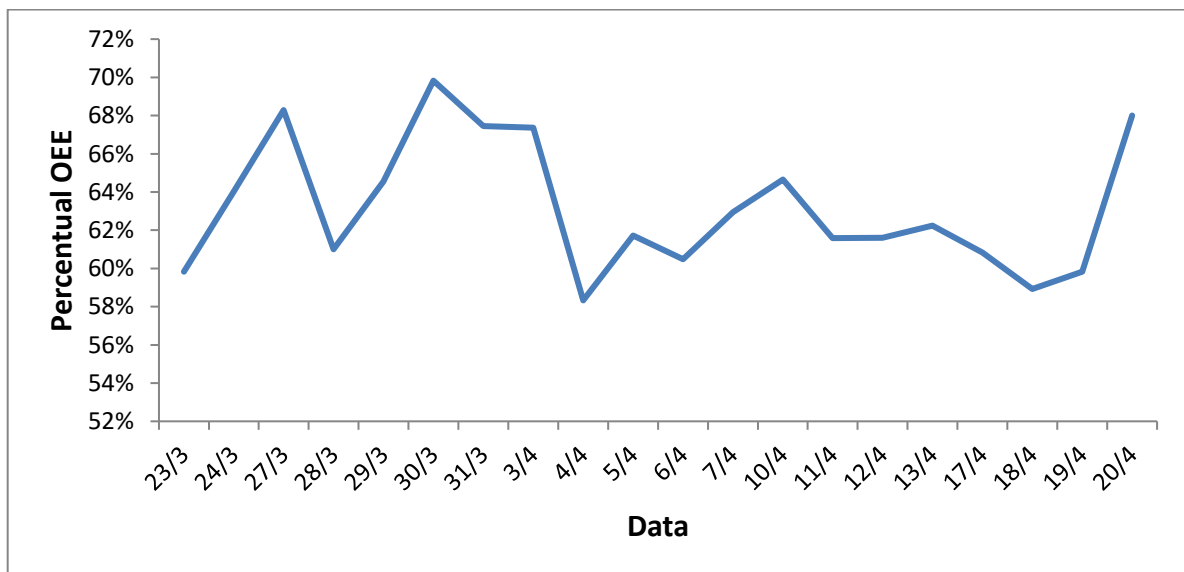
Analisando a literatura foi proposta uma meta quantitativa para o OEE, essa meta ficou em 75%, sendo esta abaixo do ideal. Segundo Nakajima (1989) o índice de empresas de classe mundial para o OEE é de 85%, sendo necessários índices superiores de 90% para a disponibilidade, índices superiores de 95% para a performance e índices superiores de 99% para a qualidade.

Identificou-se uma média para o índice OEE de 62% para o período de 23 de março até o dia 20 de abril de 2017 na máquina 1, com os valores demonstrados na Figura 22, ficando abaixo da meta estabelecida. O resultado é oriundo da equação de cálculo do OEE exemplificada a seguir:

$$OEE = \mu_1 \times \mu_2 \times \mu_3$$

$$OEE = 72\% \times 89\% \times 97\% = 62\%$$

Figura 22 – Índice OEE – Máquina laser 1



Fonte: elaborado pelo autor (2017)

Através da análise dos tempos obtidos é possível identificar que a máquina laser 1 teve

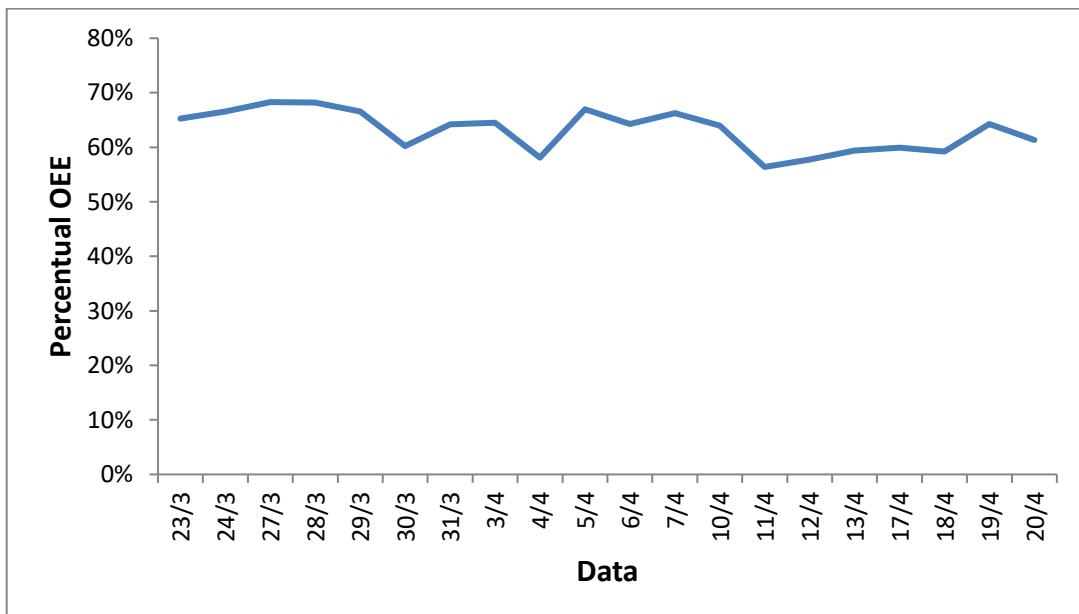
2641 minutos de paradas programadas e não programadas. Em relação ao tempo total foi constatado que a mesma ficou parada quase 28% do tempo total de 9600 minutos trabalhados ao longo dos 20 dias, ou seja, é como se a máquina ficasse quase 6 dias parada, sem estar usinando. As paradas programadas somadas durante o período de análise foram responsáveis por 897 minutos, enquanto as paradas não programadas foram responsáveis por 1744 minutos, colocando o índice OEE abaixo do aceitável.

Na máquina de corte a laser 2 houve uma diminuição desse índice, ficando com o OEE de 63%. A taxa de disponibilidade teve 2845 minutos de paradas, sendo 949 minutos de paradas programadas e 1896 minutos de paradas não programadas. A taxa de qualidade em comparação com a máquina de corte a laser número 1 diminuiu 1%. Houve um acréscimo de 5% na taxa de performance. O gráfico mostrando o OEE da máquina número 2 segue na Figura 23. O resultado é oriundo da equação exemplificada abaixo:

$$OEE = \mu_1 \times \mu_2 \times \mu_3$$

$$OEE = 70\% \times 94\% \times 96\% = 63\%$$

Figura 23 – Índice OEE – Máquina laser 2



Fonte: elaborado pelo autor (2017)

4.6.1 Estratificação das perdas em seus três eixos por equipamento

Nessa etapa, foram estratificadas as perdas do OEE do setor de corte a laser em seus três eixos (disponibilidade, performance e qualidade), por meio dos dados e analisados na planilha de gestão de OEE.

4.6.1.1 Análise de disponibilidade

O índice de disponibilidade ficou com uma média de 72% durante os 20 dias do estudo, durante o período de 23 de março até o dia 20 de abril de 2017 para a máquina laser número 1, assim estabelecida para facilitar o entendimento. Devido a obtenção diária do índice houve algumas oscilações em determinados dias como, por exemplo, no dia 4 de abril, quando o índice ficou com 67% devido a uma manutenção autônoma de aproximadamente 45 minutos para limpeza de lente e limpeza de cabeçote (nas Figuras 24 e 25 seguem fotos de uma lente e de um cabeçote de 7,5”).

Figura 24 – Lente da máquina laser



Fonte: RGB do Brasil (2017)

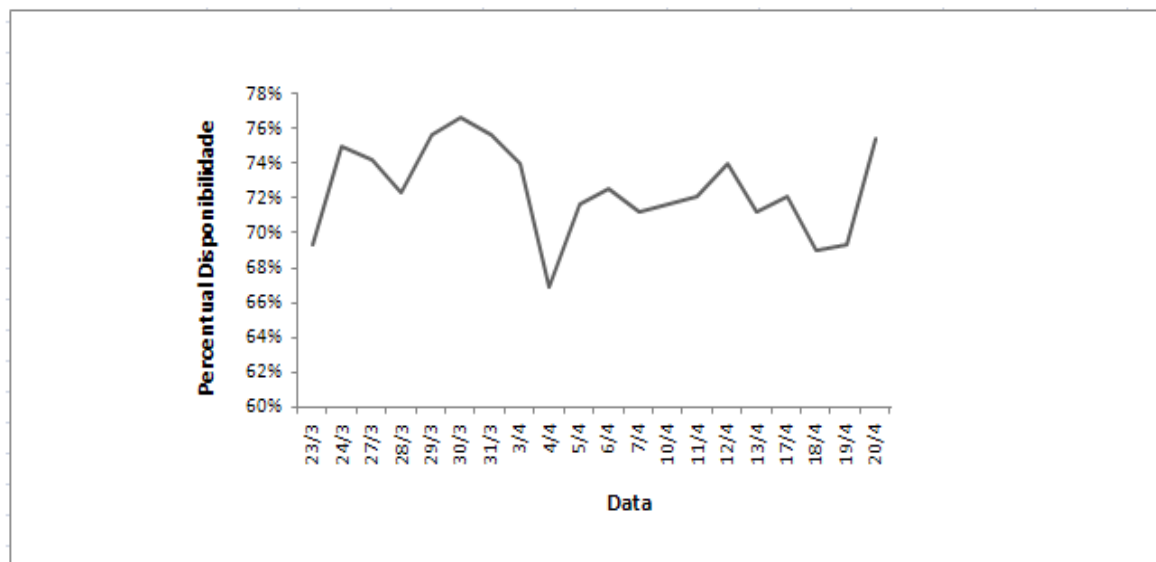
Figura 25 – Cabeçote 7,5’’



Fonte: RGB do Brasil (2017)

Essa manutenção é feita pois o material inox deixa um acúmulo de sujidades nos cabeçotes. As lentes devem ser limpas diariamente, por seu elevado custo devem ser cuidadosamente manuseadas. Como pode ser observado na Figura 26, no dia 30 do mês de março o índice ficou com 77%, o maior índice registrado na coleta de dados.

Figura 26 – Gráfico de disponibilidade – Máquina laser 1



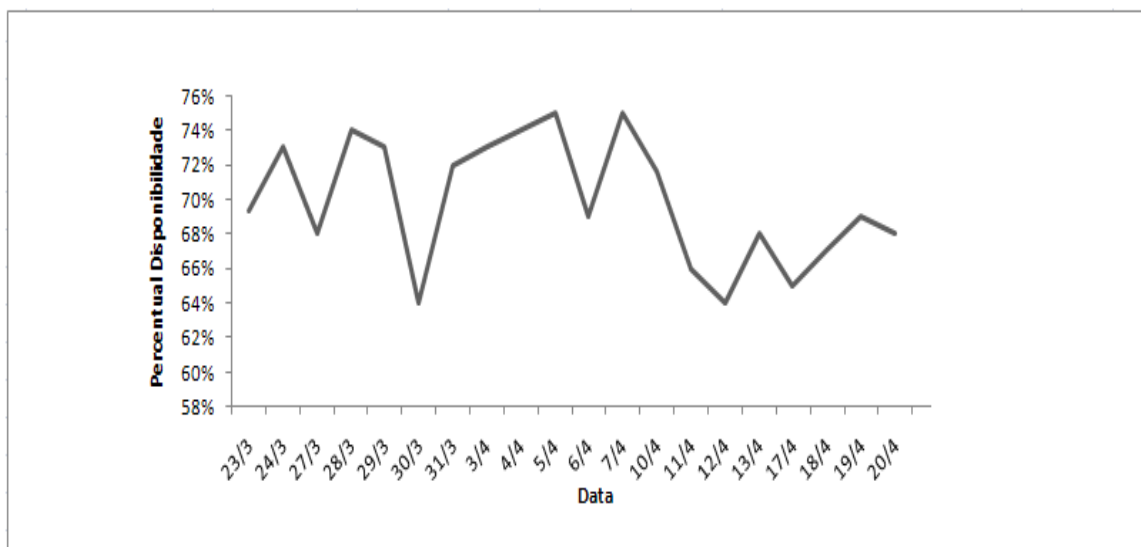
Fonte: elaborado pelo autor (2017)

Na máquina número 2 foi verificado o mesmo período de coleta de dados da máquina número 1. A máquina 2 ficou com uma média de 70% durante os 20 dias do estudo, essa média em comparação com a máquina 1 ficou abaixo devido a maior diversidade de produtos usinados, consequentemente o aumento de *setup*. No decorrer da obtenção dos dados houve

uma variação significativa do menor índice para o maior, de 64% a 75% de taxa de disponibilidade. A análise diária possibilitou a verificação de um aumento de paradas na segunda semana do mês de abril. Grande parte desse aumento foi devido a diferentes programas, ocasionando uma demora na regulação da máquina.

O técnico em manutenção da empresa solicitou uma manutenção corretiva do fabricante da máquina, ocasionando uma perda significativa no dia 30 de março e 12 de abril, oscilando negativamente o índice para 64% nestes dias. A Figura 27 mostra o gráfico da disponibilidade.

Figura 27 – Gráfico de disponibilidade – Máquina laser 2

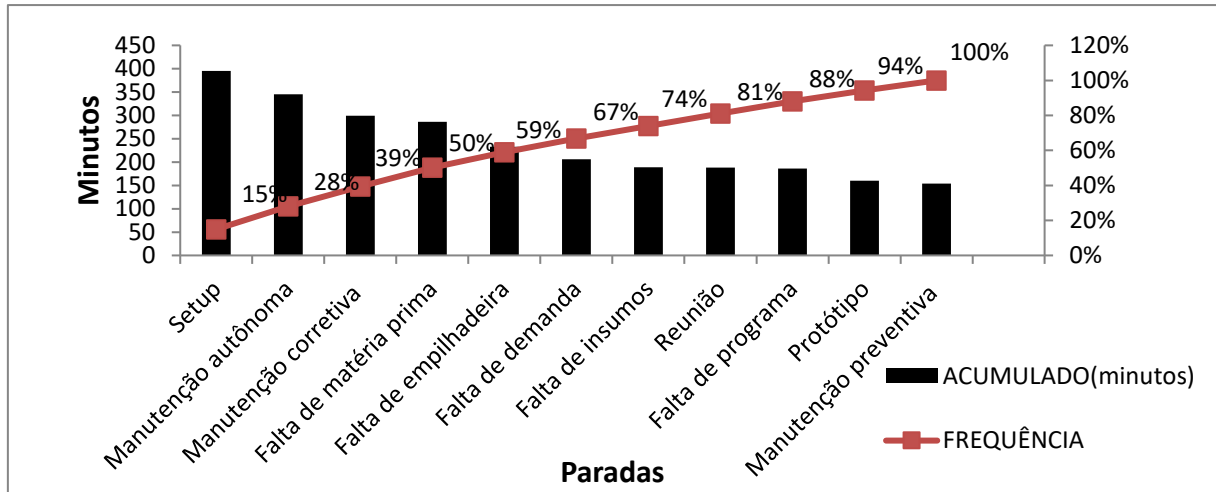


Fonte: elaborado pelo autor (2017)

4.6.1.1.1 Gráfico de Pareto – Máquina laser 1

Através da ferramenta gerou-se o gráfico de Pareto com finalidade de indicar todas as perdas, em ordem decrescente de acordo com o maior tempo de paradas, sendo que todas as perdas esperadas dependem do apontamento correto registrado pelo operador do equipamento. Este indicador facilita a decisão para planos de gestão de melhorias no setor. O gráfico de Pareto da máquina laser 1 é apresentado na Figura 28.

Figura 28 – Gráfico de Pareto da máquina 1



Fonte: elaborado pelo autor (2017)

É possível identificar que o tempo de *setup* é a maior perda com aproximadamente 395 minutos correspondente a troca de cabeçotes devido a espessuras de alguns materiais, mudança de parâmetros de máquinas, mudanças de insumos e outras variáveis fazem com que essa perda seja a mais elevada. Em segundo lugar, correspondendo a quase 28% das perdas ou 345 minutos, está manutenção autônoma realizada pelos próprios operadores, responsáveis pela limpeza de partes das máquinas, limpeza de lentes e cabeçote, troca de filtros, limpeza de grades e limpeza de armazenamento de pó metálico.

Correspondendo a quase 39% das perdas juntamente com *setup*, manutenção autônoma, a manutenção corretiva aparece na terceira posição, realizada pelo técnico em manutenção da empresa ou terceirizado é feita quando a máquina possui algum alarme que o operador não consegue identificar ou um item da máquina necessita ser trocado por estar extraviado.

Analisando Pareto é possível observar que 50% das perdas são ocasionadas pelas três paradas descritas acima mais a falta de matéria prima. O quarto lugar é uma parada não programada, devido atraso na entrega do material.

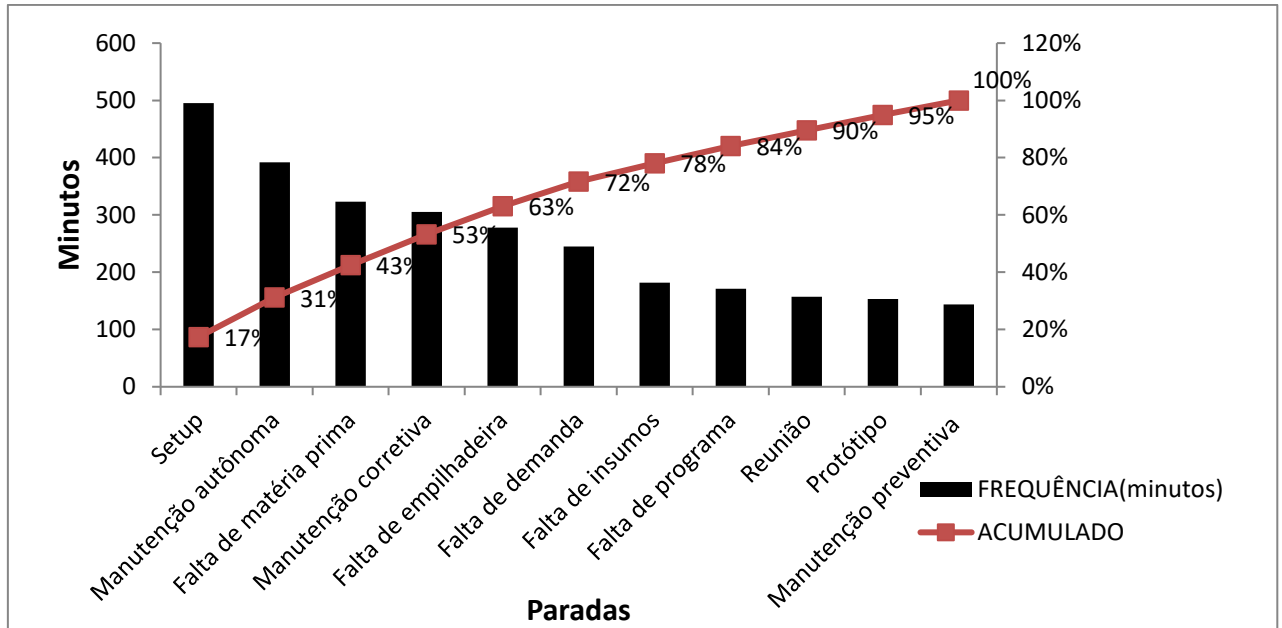
4.6.1.1.2 Gráfico de Pareto – Máquina laser 2

No diagrama de Pareto da máquina 2 (Figura 29), é possível identificar um maior tempo de *setup* em comparação com a máquina a laser número 1, devido à menor experiência do operador da máquina em regulagem e troca de ferramental. Em segundo lugar está a manutenção autônoma com 14% das paradas ou 392 minutos. A falta de matéria prima aparece

em terceiro lugar totalizando 43%.

Finalizando mais de 50% das paradas aparece a manutenção corretiva feita pelo técnico em manutenção.

Figura 29 – Gráfico de Pareto da máquina 2



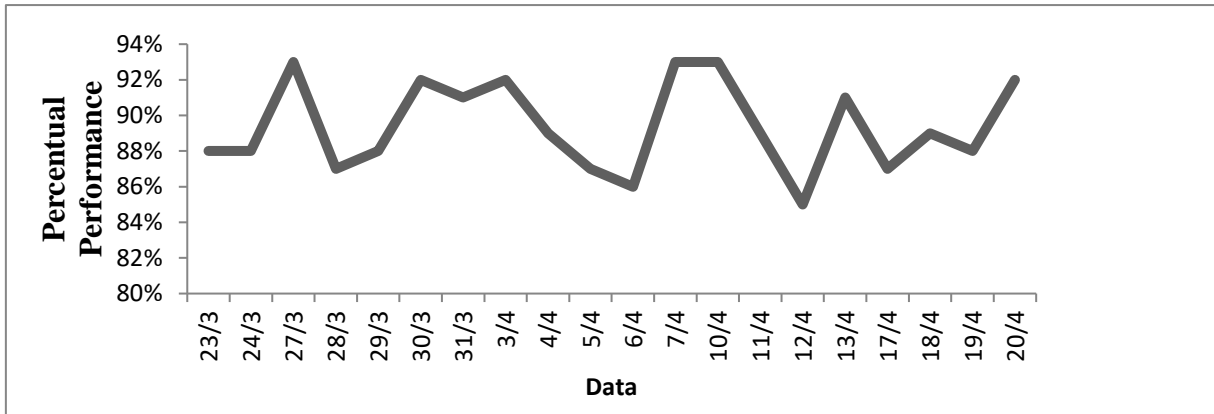
Fonte: elaborado pelo autor (2017)

4.6.1.2 Índice de performance

O índice de performance na operação de corte a laser no período já visto anteriormente é de 89% na máquina de corte a laser número 1. Em algumas circunstâncias ocorre a diminuição de avanços, entretanto essas oscilações são controladas pela equipe de implementação.

A padronização de avanços possibilitou aos operadores a descrição dos avanços utilizados. A Figura 30 apresenta o gráfico do índice de performance.

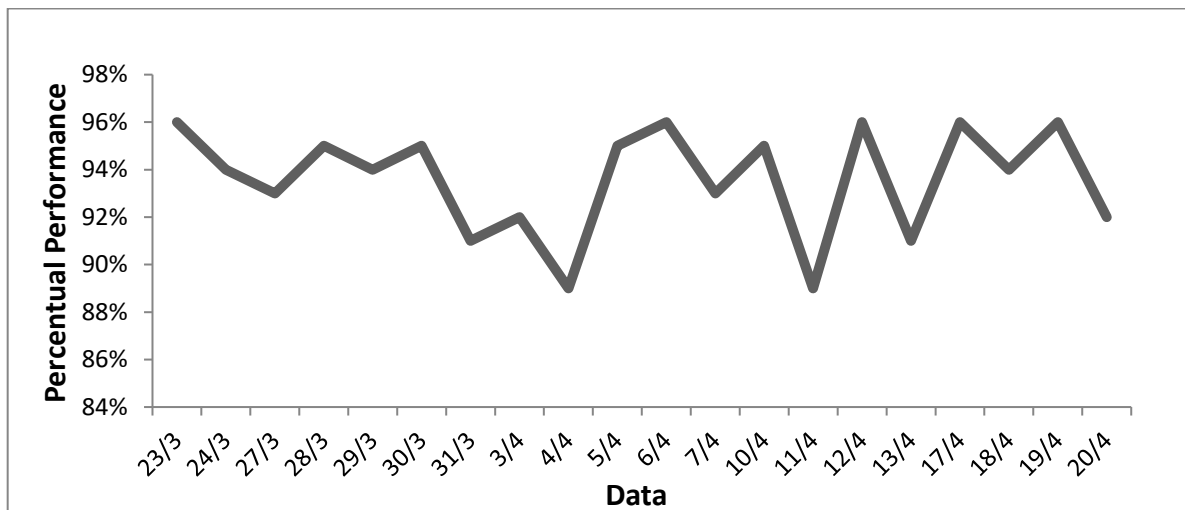
Figura 30 – Gráfico do índice de performance – Máquina laser 1



Fonte: elaborado pelo autor (2017)

A performance na máquina de corte a laser número 2 é de 94%, tendo oscilações devido a diminuição de avanços, causadas por peças protótipos. Os parâmetros utilizados nos protótipos são analisados pela engenharia e pelo programador da máquina laser, a fim de se evitar danificações na máquina e na matéria prima utilizada. A matéria prima que vem sem um determinado nível de qualidade tende a diminuição de avanços. O gráfico do índice de performance é apresentado na Figura 31, e os tempos e planos de corte de alguns itens encontram-se no anexo B.

Figura 31 – Gráfico do índice de performance – Máquina laser 2



Fonte: elaborado pelo autor (2017)

4.6.1.3 Análise de qualidade

O índice de qualidade tem como base as informações de sucata e retrabalho registradas em cartões específicos, os quais são lançados no sistema corporativo, após análise crítica do analista de qualidade da área. Os cartões utilizados estão representados na Figura 32.

Figura 32 – Cartões de retrabalho (amarelo) e sucata (vermelho)

The figure shows two quality control cards side-by-side. The left card is yellow and the right card is red. Both cards have a similar layout with the following fields:

- IDENTIFICAÇÃO DO PRODUTO** (Product Identification)
- Nº: OF, NF ou RNC** (Order, Invoice, or Receipt Number) and **Código do Item** (Item Code)
- Descrição do Item** (Item Description)
- Quantidade** (Quantity) and **Data** (Date)
- Não Conformidade** (Non-conformance)
- Obs:** Todos os campos acima devem ser preenchidos pelo solicitante. (All fields above must be filled by the requester.)
- * Retrabalho** (Rework) - * Campos restritos ao Controle de Qualidade. (Fields restricted to Quality Control.)
- O que fazer** (What to do)
- Encaminhado por:** (Forwarded by)

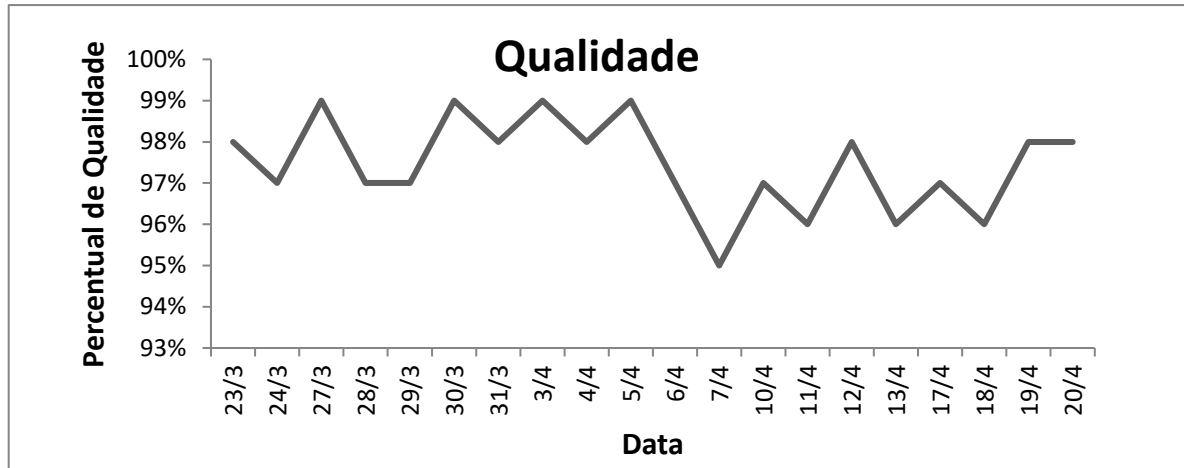
The red card (scrap) has additional fields: **QUANTIDADE**, **DATA NF/OF**, and **FORNECEDOR/CLIENTE**. It also features a large **REPROVADO** (REJECTED) stamp at the bottom, with fields for **DATA** and **NOME**.

Fonte: RGB do Brasil (2017)

Mesmo não havendo um ganho potencial representativo para o OEE, tendo em vista que a média do índice de qualidade no período é de 97%, superior aos outros dois índices da OEE, as análises críticas dos principais problemas de qualidade são desenvolvidas sistematicamente pelos analistas. A análise da causa da não conformidade é descrita em uma planilha eletrônica, e uma vez por semana acontece uma reunião com o supervisor da fábrica, analista de qualidade, engenharia de processos e gerente fabril afim de se analisar possíveis melhorias.

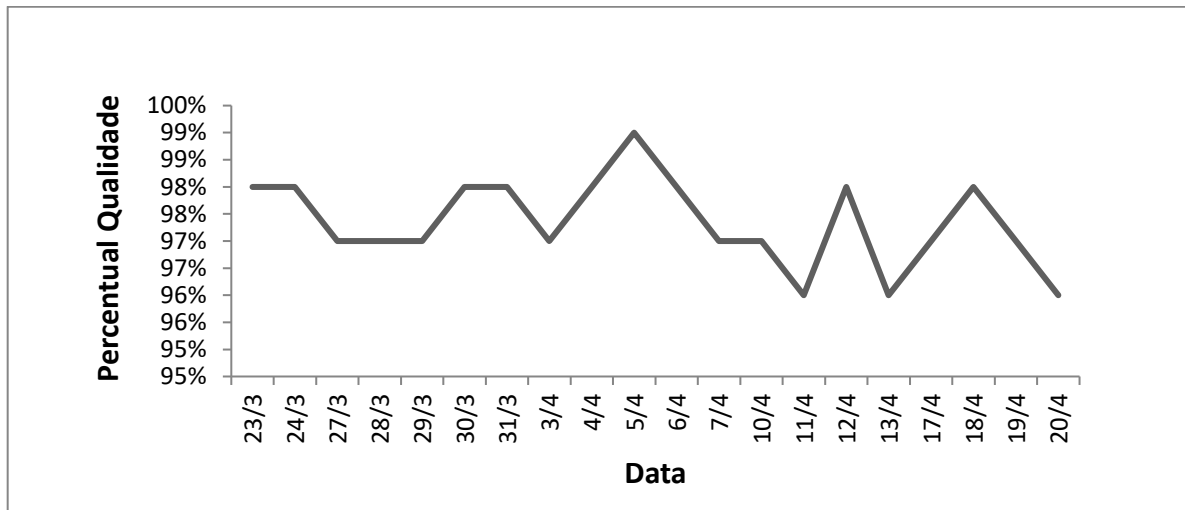
Nas Figuras 33 e 34 são apresentados os indicadores de qualidade para as máquinas 1 e 2, respectivamente.

Figura 33 – Indicador de qualidade – Máquina laser 1



Fonte: elaborado pelo autor (2017)

Figura 34 – Indicador de qualidade – Máquina laser 2



Fonte: elaborado pelo autor (2017)

Os principais problemas de não conformidade de produtos estão nas rebarbas oriundas de parâmetros equivocados. Estas rebarbas influenciam diretamente o processo de solda, pois a criticidade em se desenvolver tanques de combustível sem vazamentos se dá através de uma solda sem porosidade com total penetração, não sendo possível com peças sem um devido grau de acabamento. As peças cortadas nas máquinas de corte a laser ocasionalmente são retrabalhadas nas máquinas pois seu *setup* é muito demorado, e o operador perderia muito tempo na regulagem da máquina. Outro problema é o corte parcial dos produtos, a causa desse corte não conforme com as especificações é a leitura da chapa incorreta, pelo sensor da máquina ocasionada pela discrepância da informação dimensional feita pelo operador.

4.7 ETAPA 7 - ELABORAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DE PROPOSTAS DE MELHORIA

4.7.1 Disponibilidade

As perdas em disponibilidade, por decorrência de *setup*, conforme já apresentadas, representam o maior impacto no corte a laser. A padronização do método de realização de *setup* foi proposta, mas devido a demanda de produtos estar aumentando, não será realizada nesse momento. O estudo para padronização de *setups* será feito até o final do ano de 2017, com a junção do analista de processos e operadores. A fim de uma padronização e conseqüentemente melhoria dos tempos, o técnico do fabricante da máquina será chamado para fazer um treinamento para aumento de eficiência.

A manutenção autônoma, segundo lugar nas perdas como mostra Pareto, foi analisada e será criada uma cabine para limpeza dos cabeçotes, para facilitar o manuseio.

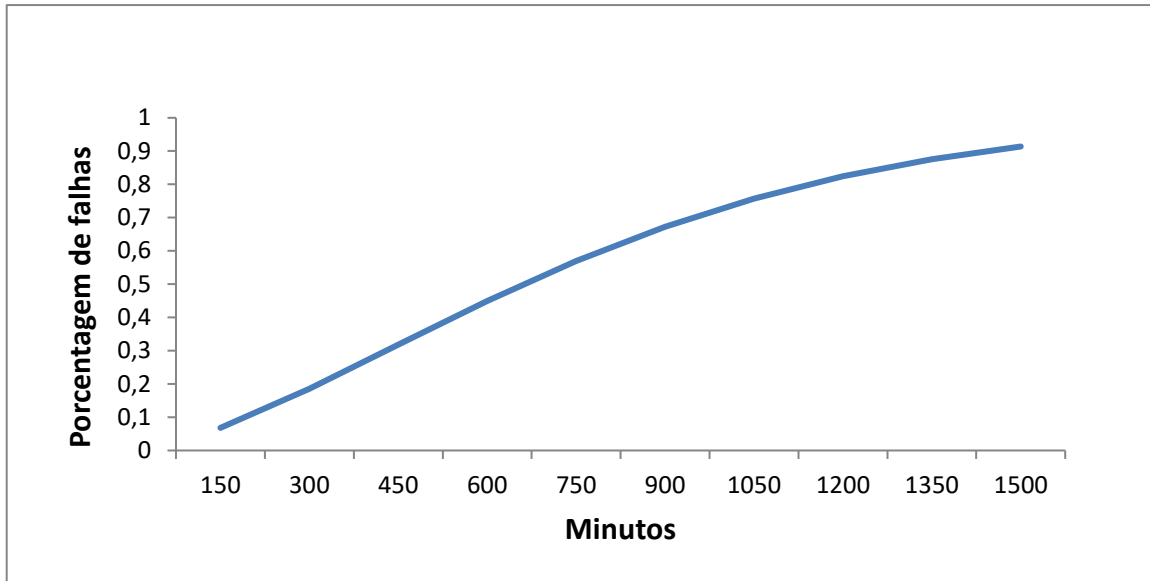
Foi realizado um estudo de confiabilidade dos filtros para a máquina que obteve maior tempo de manutenção autônoma, ou seja, a máquina número 2. Essa análise deve-se a um grande número de limpezas das lentes focais da máquina CNC. Essa análise só levou em conta a manutenção autônoma feita em decorrência da umidade, não sendo considerados alinhamentos de espelhos e sujidades das lentes. Utilizou-se a distribuição de Weibull³ para obtenção dos gráficos apresentados nas Figuras 35 e 36.

A Figura 35 referencia a probabilidade de falha dos filtros em função do tempo. É possível notar que após 838 minutos, 67% dos filtros falharão.

No gráfico de confiabilidade da Figura 36, há mais de 90% de confiabilidade que em até 150 minutos de corte a laser não ocorrerá falha nos filtros. Por outro lado, esse gráfico mostra que esse índice de confiabilidade vai diminuindo com o passar do tempo, atingindo 10% de confiabilidade em menos de 3 dias ou 1440 minutos.

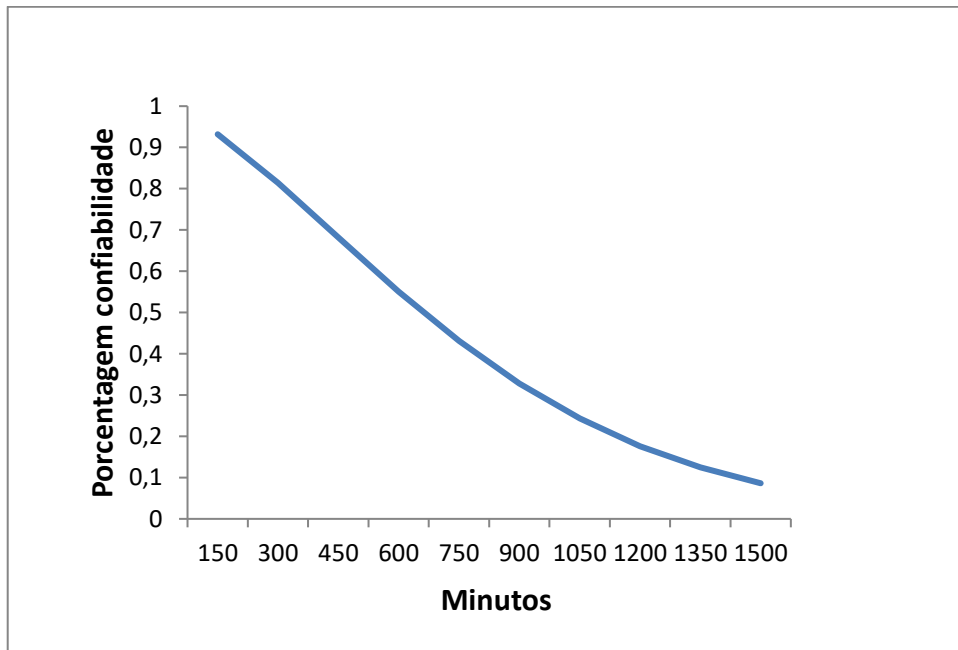
³ Weibull é uma distribuição de probabilidade contínua. Sua aplicação tem como objetivo a determinação do tempo de vida médio e da taxa de falhas em função do tempo da população analisada. Se $\beta > 1$, temos uma falha crescente, se $\beta = 1$ temos uma falha constante e se $\beta < 1$ é um indicativo que a taxa de falha decresce. Alfa α é a medida de escala ou propagação com relação a distribuição de dados.

Figura 35 – Indicador de probabilidade de falhas dos filtros – Máquina laser 2



Fonte: elaborado pelo autor (2017)

Figura 36 – Confiabilidade dos filtros – Máquina laser 2



Fonte: elaborado pelo autor (2017)

Tendo em vista o alto número de falhas apresentadas nos filtros, os mesmos foram trocados, diminuindo sistematicamente a limpeza das lentes em função da umidade.

A falta de empilhadeira foi analisada e identificou-se a falha de uma prévia comunicação entre operadores das máquinas laser e o operador da empilhadeira. Para isso a gerência disponibilizou um telefone junto às máquinas. Os operadores têm a responsabilidade de minutos

antes do término da usinagem das chapas, avisar o operador de empilhadeiras, a fim de que não haja espera por matéria prima.

Para um aumento do índice de disponibilidade, foi enviado para uma empresa terceirizada o cabeçote reserva de uma das máquinas, possibilitando uma troca mais ágil, excluindo o excesso de parada de máquina devido a limpeza de bico e cabeçote.

A manutenção preventiva foi analisada e verificou-se que estava sendo realizada de acordo com cronograma pré-estabelecido. O apêndice A apresenta planos de ações da disponibilidade.

4.7.2 Performance

Para a definição do plano de ação de melhoria na performance, foi realizada uma reunião com a participação de toda a equipe de implementação do OEE, com apoio da área comercial, devido a principal causa da perda de performance ser a diminuição do avanço devido a chapas irregulares, ocasionando um possível retrabalho. Esta diminuição ocorre pois com a ondulação da chapa a mesma tende a ficar com maior área. Outro motivo da máquina perder performance é o corte em vazio, que significa que a ferramenta não está cortando, mas está se deslocando. Foram reavaliadas pelo programador e pela equipe as microligações (pontos que não são cortados nas peças), utilizadas para não haver um deslocamento do produto. No apêndice B está ilustrado o plano de ações.

A falta de potência da máquina era ocasionada por um sensor da máquina 1 que não estava funcionando de acordo, através da ida de um técnico terceirizado foi resolvido o problema em aproximadamente 35 minutos.

O avanço utilizado para a usinagem de chapas carbono, chapas inox, borracha, alumínio e outros materiais eram estabelecidos pelos operadores e pelo programador, a fim de se obter uma exatidão maior nos resultados foi criada uma planilha com a padronização de intervalos de avanços para diferentes materiais de diferentes espessuras.

4.7.3 Qualidade

Para uma melhor abrangência desse índice foram estabelecidas novas instruções de trabalho, com a análise por parte dos inspetores de qualidade de determinados lotes, com maior frequência, possibilitando uma menor não conformidade.

A padronização dos avanços fez com que diminuísse em aproximadamente 95% os índices de rebarbas oriundas do corte a laser.

O item 2768 está sendo inspecionado 10% do lote e o produto 2333 contará com um gabarito *pokayoke* para facilitar a inspeção do diâmetro que está causando não conformidades.

No Apêndice C está ilustrado o plano de ações de qualidade que foi definido. Ressalta-se que algumas ações, já foram realizadas paralelamente. Com o desenvolvimento do estudo verifica-se os prazos estabelecidos, de acordo com a demanda dos itens as inspeções foram feitas com menor intervalo de tempo.

Segundo o departamento comercial da empresa nem todas as matérias primas não conformes podem ser devolvidas, portanto a verificação por parte dos operadores será de profunda importância.

4.8 ETAPA 8 - AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS

O ganho no índice de OEE foi realizado com base nas ações definidas para cada eixo (disponibilidade, performance e qualidade), de acordo com as prioridades trabalhadas. A análise dos dados ocorreu dos dias 2 de maio de 2017 até 29 de maio de 2017, com a exclusão de fins de semana e feriados.

De acordo com os apêndices, o que foi realizado em cada eixo do índice proporcionou um OEE para cada uma das máquinas conforme cálculo a seguir das máquinas 1 e 2 respectivamente:

$$OEE = \mu_1 \times \mu_2 \times \mu_3$$

$$77\% \times 90\% \times 97\% = 68\%$$

Verificando o cálculo observa-se que o índice de disponibilidade aumentou em 5% devido as melhorias propostas e já implementadas, a eficiência de performance aumentou em torno de 1% e o índice de qualidade se manteve.

O cálculo do OEE para a máquina laser 2 após a implementação das propostas é mostrado a seguir:

$$OEE = \mu_1 \times \mu_2 \times \mu_3$$

$$80\% \times 95\% \times 95\% = 72\%$$

Os índices de disponibilidade e performance obtiveram uma pequena elevação devido ao estabelecimento de maiores lotes de produção, com a diminuição de *setups* e a diminuição do tempo de manutenção autônoma. Mesmo com índices de disponibilidade e performance estarem maiores com as melhorias feitas, o mesmo sofreu uma queda devido ao eixo de qualidade ter ficado abaixo do esperado, esse índice ficou em 95%.

Um alto índice de não conformidade foi evidenciado durante o corte, onde o operador cortou o material de espessura diferente do especificado, causando um sucateamento elevado.

5 CONCLUSÃO

O trabalho teve como objetivo geral desenvolver uma proposta de implementação do índice de eficiência global das máquinas de corte a laser na empresa RGB do Brasil. Os objetivos específicos foram executados, sendo eles analisar os métodos de avaliação atuais, identificar as restrições das máquinas, selecionar as tipologias de paradas programadas e não programadas, treinar operadores, implementar método para obtenção de dados, mensurar e avaliar IROG para cada uma das máquinas analisadas, propor e implementar ações de melhoria e avaliar e refletir sobre os resultados obtidos na implementação relatada.

Foi possível analisar de forma clara que modificações no processo das máquinas laser podem elevar gradativamente o índice OEE, através da estratificação dos 3 eixos (disponibilidade, performance e qualidade). É possível avaliar claramente o que pode ser melhorado, através desse estudo foi possível aumentar em 6% o índice OEE na máquina de corte a laser 1 e de 9% o índice na máquina 2. Através da análise de confiabilidade foi possível notar o grande número de paradas ocasionadas pela limpeza das lentes, devido os filtros estarem com problemas. Os mesmos foram trocados e obteve-se uma significativa diminuição na limpeza das lentes, logo a disponibilidade de ambas as máquinas aumentaram, a exemplo da máquina 2 que teve sua disponibilidade aumentada em 10%.

O presente trabalho também permitiu concluir que a melhoria contínua do índice de OEE está ligada a toda equipe de trabalho envolvida. É necessário que os colaboradores compreendam a importância de evoluir continuamente, e que o trabalho que cada um exerce diariamente está contribuindo para o bom desempenho geral do setor e da empresa. A análise de perdas realizada nesse estudo embasa um trabalho que deverá entrar na rotina de toda equipe, que precisa estar focada nas atividades e buscando os resultados pretendidos

Os resultados obtidos impactaram em diferentes áreas da empresa, e podem servir como ferramentas para possíveis melhorias e evoluções da cadeia produtiva, possibilitando um envolvimento maior entre as áreas de engenharia, programação da fábrica, comercial, qualidade e suprimentos.

Além da importância para a empresa, este trabalho colaborou para o crescimento do pesquisador no âmbito profissional, pessoal e acadêmico. A realização do trabalho permitiu um envolvimento maior com pessoas de outras áreas, além de conhecer com mais detalhes outros setores da empresa.

Para trabalhos futuros, sugere-se realizar o IROG em todas as máquinas do processo

produtivo da empresa RGB do Brasil.

REFERÊNCIAS

ALBERTIN, M. R.; PONTES, H.L.J. **Administração da produção e operações**. Curitiba: Intersaberes, 2016.

ANTUNES et al. **Sistema de produção**: conceitos e práticas para projeto e gestão da produção enxuta. Porto Alegre: Bookman, 2008.

ANTUNES et al. **Uma revolução na produtividade**: a gestão lucrativa dos postos de trabalho. Porto Alegre: Bookman, 2013.

CHIAVERINI, V. **Tecnologia Mecânica**. 2 ed. São Paulo: McGraw-Hill, 1986.

CONRADO, R. D. **Efeitos do corte por laser sobre a integridade superficial de um aço médio carbono**. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Caxias do Sul, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, 2014.

CORTE com laser. Disponível em:

<<http://www.essel.com.br/cursos/material/01/ProcessosFabricacao/62proc.pdf>>. Acesso em: 30 set. 2016.

DINIZ, Anselmo Eduardo; MARCONDES, Francisco Carlos; COPPINI, Nivaldo Lemos. **Tecnologia da Usinagem dos Materiais**. 3. ed. São Paulo: Artliber, 2001.

DORNELLES FILHO, A. A. **Fundamentos de cálculo numérico**. Porto Alegre: Bookman, 2016.

GASPERIN, C., PALOMINO, R. C. **Aplicação do índice de eficiência global dos equipamentos numa indústria metal-mecânica de pequeno porte**. In: XII Simpósio de engenharia de produção. Bauru, 2006.

HANSEN, Robert C. **Eficiência Global dos Equipamentos**: uma poderosa ferramenta de produção/manutenção para o aumento dos lucros. Porto Alegre: Bookman, 2006.

MACHADO, Ana Paula. Setor automotivo prevê queda de 19% nas vendas em 2016 no Brasil. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 07 jun. 2016. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/mercado/2016/06/1778936-setor-automotivo-preve-queda-de-19-nas-vendas-em-2016-no-brasil.shtml>>. Acesso em: 20 ago. 2016.

MAY, M.E. **Toyota: a fórmula da inovação**. 4ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

MICROSOFT. Disponível em: <<https://products.office.com/pt-br/excel>>. Acesso em 17 maio. 2017.

OHNO, T. **O sistema Toyota de Produção**: além da produção em larga escala. 5 ed. Porto Alegre: Bookman, 1997.

PACHECO, Diego Augusto et al. Modelo de gerenciamento da capacidade produtiva:

integrando teoria das restrições e o índice de rendimento operacional global (IROG). **Produção Online**, Florianópolis, v. 12, n. 3, p.806-826, 13 ago. 2012. Disponível em: <<https://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/981>>. Acesso em: 2 set. 2016.

REIS, Zaida Cristiane dos. **Antecedentes na Implementação da Filosofia Lean no Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP)**. Tese (Doutorado) - Curso de Administração, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2014.

RGB DO BRASIL (Caxias do Sul). **Mercado e Área de Atuação**. Disponível em: <<http://www.rgb.ind.br/site/index.php>>. Acesso em: 01 ago. 2016.

RITZMAN, Larry P.; KRAJEWSKI, Lee J. **Administração da Produção e Operações**. São Paulo: Prentice Hall, 2004.

ROGNITZ, H. Máquinas e processos para a usinagem de metais. In: SASS, F.; BOUCHÉ, Ch; LEITNER, A. (Ed.) **Dubbel. Manual do engenheiro mecânico**. 13 ed. São Paulo: Hemus, 1979.

SATOLO, E.G.; CALARGE, F.C.; SALLES, J.A.A; MAESTRELLI, A.J.; PAPA, M.C.O; ABACKERLI, A.J. **Uma análise sobre questões atuais do Sistema LeanProduction: um estudo exploratório de um site internacional de discussões**. In: Simpósio Internacional de Engenharia Automotiva, 14, São Paulo, 2006.

SHINGO, Shigeo. **O Sistema Toyota de Produção: Do ponto de vista da engenharia de produção**. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SLACK, N. et al. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 1996.

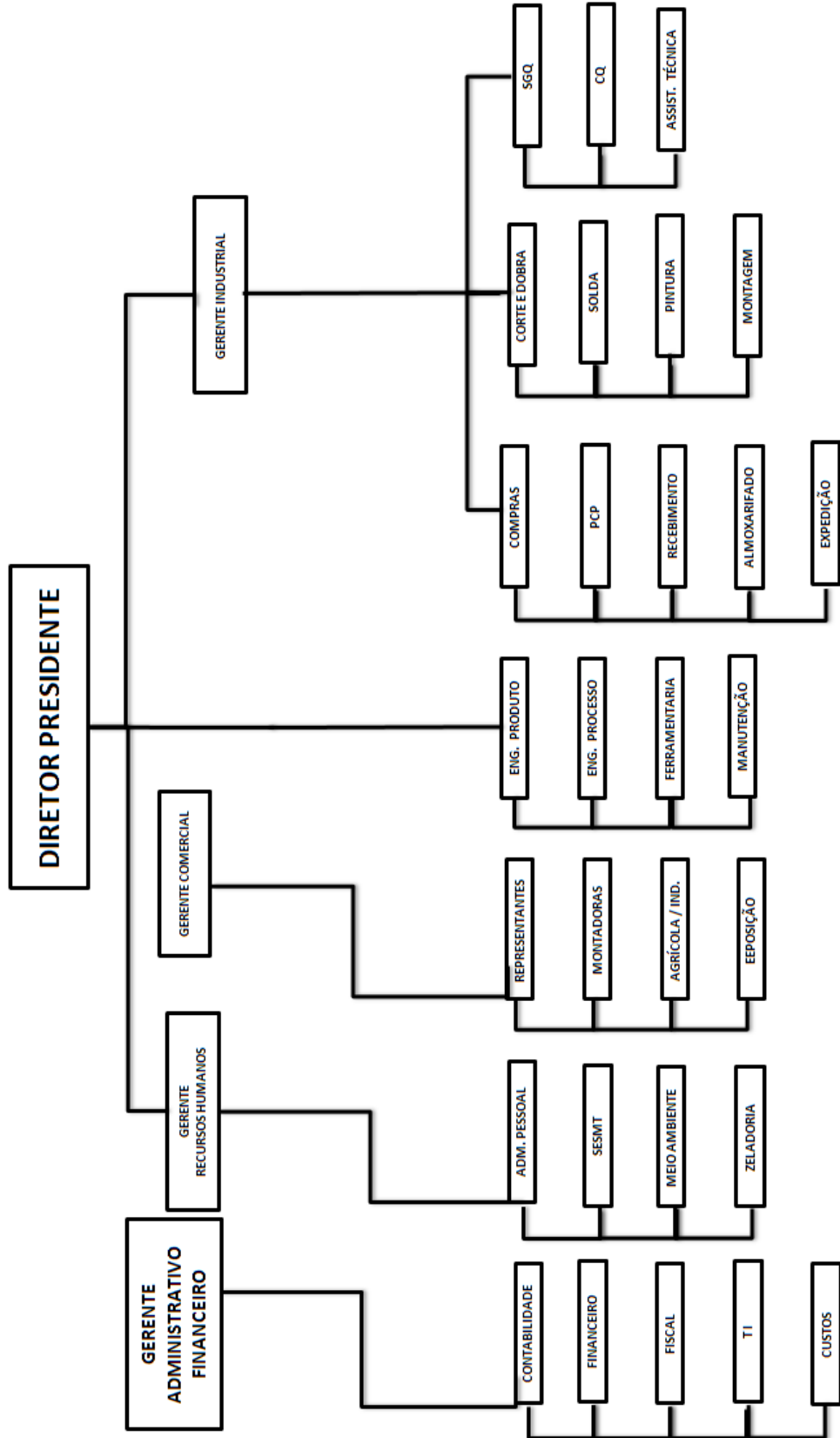
TAKAHASHI, Yoshikazu; OSADA, Takashi. **Manutenção Produtiva Total**. São Paulo: Instituto IMAM, 1993.

VASCONCELLOS, Elza. **O laser**. Disponível em: <http://www.comciencia.br/reportagens/fisica/fisica13.htm>. Acesso em 30 set. 2016.

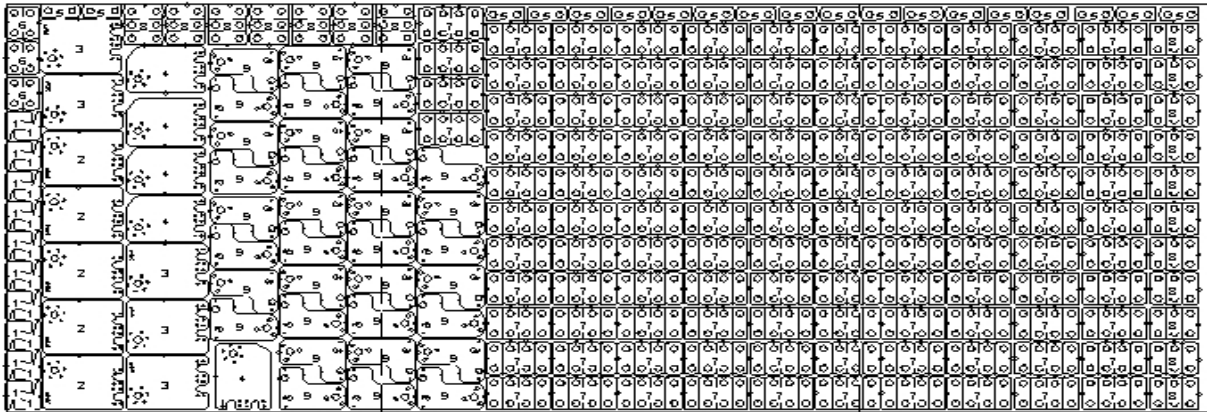
YIN, R. K. **Estudo de caso: Planejamento e Métodos**. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

ANEXO A – ORGANOGRAMA DA RGB DO BRASIL

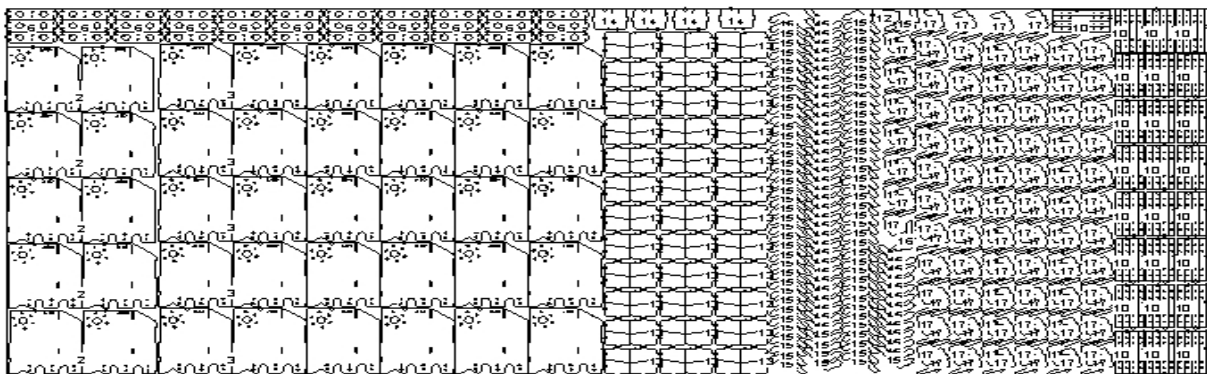
ORGANOGRAMA RGB DO BRASIL LTDA



ANEXO B – PLANOS E TEMPOS DE CORTE



Unidades	Itens	Dimensões	Partes	Tempo de corte	Peso
1,00	34945,00	65.00 x 85.00mm	20,00	0h0min7 segundos	0.09kg
2,00	34943,00	204.10 x 164.00mm	5,00	0h0min43 segundos	1.05kg
3,00	34946,00	204.10 x 164.00mm	5,00	0h0min43 segundos	1.05kg
4,00	4590,00	140.00 x 200.01mm	5,00	0h0min38 segundos	0.85kg
5,00	33926,00	100.00 x 40.00mm	19,00	0h0min11 segundos	0.11kg
6,00	33926A	100.00 x 80.00mm	3,00	0h0min20 segundos	0.22kg
7,00	33926B	100.00 x 160.00mm	114,00	0h0min38 segundos	0.44kg
8,00	33926C	100.14 x 120.00mm	18,00	0h0min29 segundos	0.33kg
9,00	3436,00	130.00 x 168.00mm	35,00	0h0min28 segundos	0.51kg



Unidades	Itens	Dimensões	Partes	Tempo de corte	Peso
2,00	21359,20	369.00 x 212.10mm	5,00	0h2min39 segundos	3.49kg
3,00	21359A	1107.00 x 212.10mm	5,00	0h8min3 segundos	10.48kg
6,00	31436,30	128.00 x 114.00mm	11,00	0h2min13 segundos	0.60kg
10,00	31381,40	147.00 x 72.00mm	25,00	0h1min11 segundos	0.50kg
12,00	30883,00	65.00 x 50.21mm	1,00	0h0min9 segundos	0.13kg
13,00	30883,40	133.39 x 89.68mm	36,00	0h0min26 segundos	0.57kg
14,00	30883A	67.95 x 89.68mm	4,00	0h0min15 segundos	0.27kg
15,00	30882,00	47.62 x 96.20mm	127,00	0h0min10 segundos	0.09kg
16,00	30882A	47.62 x 96.20mm	1,00	0h0min10 segundos	0.09kg
17,00	29819,00	65.00 x 91.00mm	149,00	0h0min12 segundos	0.12kg

APÊNDICE A – PLANO DE AÇÃO DISPONIBILIDADE

APÊNDICE A - PLANO DE AÇÃO DISPONIBILIDADE					
PROBLEMAS	MÁQUINA LASER	AÇÃO	RESPONSÁVEL	PRAZO	STATUS
Perdas com tempo de <i>setup</i>	1 e 2	Padronização de <i>setups</i> /Troca rápida de ferramenta/Compra de ferramenta Philips pneumática	Douglas B.	31/12/2017	EA
Perdas com manutenção de máquina	2	Sensor do fluxo da água- NÃO CARREGAVA O LASER	Gelson	5/5/2017	C
Perdas com manutenção autônoma	1 e 2	Cabine para limpeza das lentes	Gelson	20/8/2017	EA
Limpeza de grelhas	1 e 2	Troca das grelhas	Gelson	5/5/2017	C
Limpeza frequente de cabeçote e lente	1 e 2	Trocar filtros de ar, porque esta umedecendo a lente, passa do filtro e fica na rede de ar da máquina	Gelson	07/5/2017	C
Falta de empilhadeira	1 e 2	Disponibilização de telefones	Gelson	10/5/2017	C
Perdas com manutenção corretiva	1	Troca de mangueira de ar	Arildo	10/5/2017	C
	2	Conserto de cabeçote reserva	Arildo	10/5/2017	C

APÊNDICE B – PLANO DE AÇÃO PERFORMANCE

APÊNDICE I - PLANO DE AÇÃO Performance					
Problemas	Máquina	Ação	Prazo	Responsável	STATUS
Chapa de aço inox ondulada, causando diminuição de avanço	Laser 1 e 2	Realizar revisão dos procedimentos de inspeção	31/07/2017	Fernando	EA
Falta de potência na máquina	Laser 1	Manutenção corretiva no sensor da máquina	31/05/2017	Gelson G.	C
Avanço não está de acordo com material usinado	Laser 1 e 2	Padronização dos avanços	31/05/2017	Fernando	C
Corte em vazio com excesso de micro ligações	Laser 1 e 2	Análise dos programas de corte da laser	31/05/2017	Gelson G.	EA

APÊNDICE C – PLANO DE AÇÃO QUALIDADE

APÊNDICE I - PLANO DE AÇÃO QUALIDADE					
Problemas	Máquina	Ação	Prazo	Responsável	STATUS
Usinagem de chapa com espessura não conforme a ordem de fabricação	Laser 1	Realizar revisão dos procedimentos de inspeção	31/07/2017	Michel P.	EA
Rebarbas nas chapas de aço inox	Laser 1 e 2	Padronização dos avanços	02/05/2017	Pablo G.	C
Produto item 2768 não esta de acordo com dimensional	Laser 1 e 2	Inspeção 10 % do lote	10/05/2017	Fernando	C
Produto item 2333 não está com diâmetro de acordo com tolerância especificada no projeto	Laser 1 e 2	Elaboração de um gabarito POKA YOKE/ Inspeção 25% do lote	31/07/2017	Douglas/ Michel P.	EA
Chapa de aço carbono oxidada	Laser 1 e 2	Inspeção 100 % do lote	31/05/2017	Fernando	C