

**THIAGO PEREIRA SILVA**

**SISTEMÁTICA DE REDUÇÃO DO TEMPO DE *SETUP* COM BASE NA  
METODOLOGIA DE TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS: O CASO DE UM  
PROCESSO DE VAZAMENTO CONTÍNUO DE CHAPAS (Caster) DE UMA  
FUNDIÇÃO**

Monografia apresentada à Escola Politécnica  
da Universidade de São Paulo para obtenção  
do certificado de Especialista em Gestão e  
Engenharia da Qualidade - MBA/USP

**São Paulo**  
**2013**

**THIAGO PEREIRA SILVA**

**SISTEMÁTICA DE REDUÇÃO DO TEMPO DE *SETUP* COM BASE NA  
METODOLOGIA DE TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS: O CASO DE UM  
PROCESSO DE VAZAMENTO CONTÍNUO DE CHAPAS (Caster) DE UMA  
FUNDIÇÃO**

Monografia apresentada à Escola Politécnica  
da Universidade de São Paulo para obtenção  
do certificado de Especialista em Gestão e  
Engenharia da Qualidade - MBA/USP

Orientador:

Prof. Dr. Adherbal Caminada Netto

**São Paulo**

**2013**

## **DEDICATÓRIA**

**Aos meus pais, que nunca mediram esforços  
em prol da minha formação profissional.**

**Ao meu irmão, que sempre acreditou e motivou  
a minha busca contínua pelo conhecimento.**

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Prof. Dr. Adherbal Caminada Netto, pela orientação neste trabalho e  
penhor em dividir uma pequena fatia do seu conhecimento comigo.

Ao corpo docente do MBA em Gestão e Engenharia da Qualidade, pela  
preocupação contínua na formação de profissionais preparados para os desafios do  
mercado.

**A mente que se abre a uma nova ideia jamais  
voltará ao seu tamanho original.**

**(Albert Einstein)**

## RESUMO

Este trabalho tem como objetivo propor melhorias na produtividade do processo de manufatura através da implantação das ideias do *Just In Time* aliadas com a metodologia de Troca Rápida de Ferramentas. Apresentou-se um caso exemplo que descreve a redução do tempo de duas operações de *setup* encontradas em um equipamento de vazamento contínuo (Caster), localizado na área de fundição de uma grande companhia de alumínio. Para a obtenção do sucesso nessa implantação foi necessário criar uma equipe de trabalho, envolver a alta direção e coletar informações sobre o tempo e operações de “*setup*” do equipamento. A etapa de planejamento foi importante para deixar claro a meta de redução estabelecida pela alta gerência e elaborar um cronograma para a execução do fluxograma de implantação das técnicas de Troca Rápida de Ferramentas. O processo de *setup* atual foi medido e os problemas foram identificados e analisados pela equipe. Com base nas técnicas de Troca Rápida de Ferramentas abordadas nesse trabalho foi proposta uma nova sequência de atividades para a realização das duas operações de *setup* do equipamento. O *setup* proposto foi verificado através de uma segunda filmagem e padronizado. As reduções de tempo de *setup* alcançadas neste trabalho foi de 30,2% e 40,1% nos tempos das operações de troca de cilindro e injetor, respectivamente.

Palavras-chave: *Just In Time*. Troca Rápida de Ferramentas. Redução do *setup*. Caster.

## ABSTRACT

This monograph aims at proposing improvements in the productivity of the manufacturing process through the implementation of the Just In Time ideas allied Quick Changeover Methodology. It was presented an example case that describes the time reduction of two *setup* operations found in a machine of continuous leak (Caster) located in the casting zone of a large aluminum company. In order to achieve success in this implantation it was necessary to create a working group, to involve the senior managers in the process and to collect information about time and *setup* operations of the equipment. The planning stage was important to make clear the goal of reduction established by the senior managers and to prepare a schedule to carry out the flowchart implantation of Quick Changeover techniques. The current setup process was measured and the problems were identified and analyzed by the team. Based on the techniques of Quick Changeover discussed in this work, it was proposed a new sequence of activities to perform the two setup operations of the equipment. The proposed setup was verified by a second filming and standardized. The setup time reductions achieved in this work were 30.2% and 40.1% in the cylinder and injector exchange operations times, respectively.

**Keywords:** Just In Time. Quick Changeover. Reduction of setup. Caster.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Filosofia JIT, conjunto de técnicas de planejamento e controle [Slack 2002] .....	18
Figura 2 - Comparativo entre o fluxo tradicional e o JIT [Slack 2002] .....	20
Figura 3 - Interligação de varias áreas com a implantação do JIT [Martins 2005].....	22
Figura 4 – Fluxo da estratégia da TRF [Black 1998] .....	30
Figura 5 – Fluxograma de implantação da TRF [Shingo 1996] .....	32
Figura 6 - Esquema de uma matriz e um parafuso convencional com 15 filetes de rosca [Shingo 1996] .....	34
Figura 7 - Uso de uma arruela em U [Shingo 1996] .....	34
Figura 8 – Distribuição dos elementos na natureza [CBA 2008] .....	38
Figura 9 – Processo de mineração [CBA 2008] .....	39
Figura 10 – Processo Bayer [CBA 2008].....	40
Figura 11 – Esquema de um forno de eletrólise ígnea tipo Soderberg [CBA 2008] .....	41
Figura 12 – Produtos da área de fundição [CBA 2008] .....	42
Figura 13 – Ciclo PDCA do projeto .....	43
Figura 14 – Organograma da empresa com foco na gerência da fundição .....	44
Figura 15 – Funcionamento de um Caster .....	46
Figura 16 – Produção consolidada dos Casters 1 a 6 no período base .....	47
Figura 17 – Gráfico de Pareto para as paradas da produção no período base .....	48
Figura 18 – Gráfico de Pareto representando o tempo de parada do setup distribuído entre as máquinas.....	49
Figura 19 – Gráfico comparativo dos tempos de setup .....	51
Figura 20 – Cronograma do projeto .....	55
Figura 21 – Layout do Caster 2 .....	57
Figura 22 – Mapa de deslocamento da operação de troca de cilindro .....	62



Figura 23 – Mapa de deslocamento da operação de troca do injetor .....	63
---	----

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Período base (agosto/11 até fevereiro/12) .....	46
Tabela 2 – Motivos das paradas da produção (agosto/11 até fevereiro/12) .....	47
Tabela 3 – Percentagem acumulada dos eventos (agosto/11 até fevereiro/12) .....	48
Tabela 4 – Percentagem acumulada das máquinas (agosto/11 até fevereiro/12) .....	49
Tabela 5 – Avaliação do setup em função dos principais concorrentes .....	51
Tabela 6 – Composição da equipe do projeto .....	53
Tabela 7 – Equipe de filmagem .....	58
Tabela 8 – Atividades da operação de troca de cilindro .....	59
Tabela 9 – Atividades da operação de troca de injetor .....	60
Tabela 10 – Análise de deslocamento na operação de troca de cilindro .....	61
Tabela 11 – Análise de deslocamento na operação de troca do injetor .....	62
Tabela 12 – Separação do setup interno e externo (Troca de cilindro) .....	64
Tabela 13 – Separação do setup interno e externo (Troca do injetor) .....	65
Tabela 14 – Nova classificação das atividades (Troca de cilindro) .....	67
Tabela 15 – Nova classificação das atividades (Troca do injetor) .....	68
Tabela 16 – Conversão do setup interno em externo (Troca de cilindro) .....	69
Tabela 17 – Conversão do setup interno em externo (Troca do injetor) .....	69
Tabela 18 – Tempo de retirada e montagem dos flexíveis e juntas rotativas (troca do cilindro) .....	70
Tabela 19 – Resultados obtidos com a aquisição da ferramenta pneumática (troca do cilindro).....	71
Tabela 20 –Atividade que envolve ajustes (troca do cilindro) .....	72
Tabela 21 –Atividade que envolve ajustes (troca do injetor) .....	72
Tabela 22 – Redução nas etapas de ajustes (troca do cilindro e injetor) .....	73
Tabela 23 – Tempos das atividades na segunda filmagem (troca de cilindro).....	75
Tabela 24 – Tempos das atividades na segunda filmagem (troca do injetor) .....	76

Tabela 25 – Comparativo entre o setup proposto e a segunda filmagem (troca do cilindro e injetor) .....	77
Tabela 26 – Resultado do projeto .....	78

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

<b>IOT</b>	Instrução operacional de trabalho
<b>FTP</b>	Fábrica de transformação plástica
<b>JIT</b>	Just-in-time
<b>SMED</b>	Single Minute Exchange of Die - Troca de ferramenta em um minuto
<b>STP</b>	Sistema Toyota de Produção
<b>TPE</b>	Setup externo
<b>TPI</b>	Setup interno
<b>TRF</b>	Troca Rápida de Ferramenta

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>18</b>
2.1. JUST IN TIME .....	18
2.1.1. FILOSOFIA JUST IN TIME .....	22
2.1.2. ELIMINAÇÃO DE DESPERDÍCIO .....	23
2.1.3. ENVOLVIMENTO DAS PESSOAS .....	24
2.1.4. APERFEIÇOAMENTO CONTÍNUO .....	24
2.2. SETUP .....	24
2.2.1. HISTÓRIA DA TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTA .....	25
2.2.2. O CONCEITO DE SETUP .....	26
2.2.3. ESTÁGIOS CONCEITUAIS PARA A IMPLANTAÇÃO DA TRF .....	28
2.2.4. AS PRINCIPAIS TÉCNICAS EMPREGADAS NA IMPLANTAÇÃO DA TRF.....	30
<b>3. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS .....</b>	<b>37</b>
3.1. EMPRESA .....	37
3.2. USO DO CICLO PDCA NO PROJETO .....	42
3.3. FASE DE PLANEJAMENTO .....	43
3.3.1. ENVOLVIMENTO DA ALTA DIREÇÃO .....	43
3.3.2. O PROCESSO ESTUDADO .....	45
3.3.3. DEFINIÇÃO DAS OPERAÇÕES DE SETUP DO EQUIPAMENTO .....	50
3.3.4. METAS .....	51
3.3.5. FORMAÇÃO DA EQUIPE DO PROJETO .....	52
3.3.6. TREINAMENTO DA EQUIPE DO PROJETO.....	53
3.3.7. ELABORAÇÃO DO CRONOGRAMA DO PROJETO.....	54
3.4. FASE DE EXECUÇÃO .....	55
3.4.1. TREINAMENTO DOS OPERADORES .....	55
3.4.2. O PROCEDIMENTO EXISTENTE DE SETUP .....	56
3.4.3. SEPARAÇÃO DO SETUP INTERNO E EXTERNO .....	63
3.4.4. CONVERSÃO DO SETUP INTERNO EM EXTERNO .....	68
3.4.5. PADRONIZAÇÃO DE FUNÇÕES .....	69
3.4.6. UTILIZAÇÃO DE FIXADORES FUNCIONAIS .....	69

3.4.7. UTILIZAÇÃO DE DISPOSITIVOS INTERMEDIÁRIOS .....	71
3.4.8 IMPLEMENTAÇÃO DE OPERAÇÕES EM PARALELO .....	72
3.4.9. ELIMINAÇÃO DE AJUSTES .....	72
3.4.10. MECANIZAÇÃO .....	73
3.4.11. PRATICAR A NOVA OPERAÇÃO DE SETUP .....	73
3.5. FASE DE VERIFICAÇÃO.....	74
3.5.1 ACOMPANHAMENTO DA APLICAÇÃO DO NOVO PLANO DE SETUP .....	74
3.6. FASE DE AÇÃO .....	77
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	78
5. CONCLUSÕES .....	79
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	80
APÊNDICE A – PLANILHA DE CONTROLE DE PRESENÇA DO TREINAMENTO .....	82
APÊNDICE B – GRÁFICO DE GANTT PARA A OPERAÇÃO DE TROCA DO CILINDRO (PROCEDIMENTO EXISTENTE DO SETUP) .....	83
APÊNDICE C – GRÁFICO DE GANTT PARA A OPERAÇÃO DE TROCA DO INJETOR (PROCEDIMENTO EXISTENTE DO SETUP) .....	89
APÊNDICE D – CHECKLIST CRIADO PARA A OPERAÇÃO DE TROCA DO CILINDRO E INJETOR .....	92
APÊNDICE E – PROCEDIMENTO DE SETUP PARA A OPERAÇÃO DE TROCA DO CILINDRO .....	93
APÊNDICE F – PROCEDIMENTO DE SETUP PARA A OPERAÇÃO DE TROCA DO INJETOR .....	94
APÊNDICE G – PROCEDIMENTO DE CALIBRAÇÃO DO ENTREFERRO .....	95
APÊNDICE H – PROCEDIMENTO DE CALIBRAÇÃO (PARÂMETROS DA MÁQUINA) .....	96
APÊNDICE I – GRÁFICO DE GANTT PARA A OPERAÇÃO DE TROCA DO CILINDRO (SETUP PROPOSTO) .....	97
APÊNDICE J – GRÁFICO DE GANTT PARA A OPERAÇÃO DE TROCA DO INJETOR (SETUP PROPOSTO) .....	101
APÊNDICE L – GRÁFICO DE GANTT PARA A OPERAÇÃO DE TROCA DO CILINDRO (2º FILMAGEM) .....	103
APÊNDICE M – GRÁFICO DE GANTT PARA A OPERAÇÃO DE TROCA DO INJETOR (2º FILMAGEM) .....	107

<b>APÊNDICE N – COMPARATIVO ENTRE OS MAPAS DE DESLOCAMENTO NA OPERAÇÃO DE TROCA DO CILINDRO .....</b>	<b>109</b>
<b>APÊNDICE O – COMPARATIVO ENTRE OS MAPAS DE DESLOCAMENTO NA OPERAÇÃO DE TROCA DO INJETOR .....</b>	<b>110</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A utilização diversificada do alumínio em diversos tipos de produtos aumentou a procura por ligas com esse metal no mercado mundial. Trata-se de um mercado altamente competitivo onde empresas estão investindo cada vez mais em ações de melhorias no processo produtivo, a fim de atender todos os requisitos dos clientes e garantir preços competitivos.

A necessidade de produzir lotes diversificados proporciona um aumento nos custos operacionais devido à elevada incidência de processos de preparação das máquinas. Esta etapa de preparação e substituição de ferramentas na troca de um lote é conhecida como *setup* ou troca de ferramenta.

Muitas empresas buscaram na filosofia do *Just In Time* (JIT) estratégias para utilizar com o máximo de eficiência os seus recursos humanos, materiais e instalações. O objetivo desta ferramenta consiste na redução extrema dos estoques da empresa viabilizando a produção de lotes diversificados.

O uso do sistema de Troca Rápida de Ferramentas (TRF) garante a versatilidade na produção de pequenos lotes. Trata-se de um conjunto de técnicas que visam reduzir os tempos de *setup* proporcionando um aumento no tempo de operação da máquina. Shingo complementa que o TRF é uma ferramenta poderosa no processo de implementação da filosofia JIT.

Na presente monografia as oportunidades de melhoria foram estudadas na área de fundição do maior complexo integrado de alumínio do mundo, localizado em Alumínio - SP. A planta possui quatro processos distintos conhecidos como: Properzzi, Lingoteira, Caster e Wagstaff. Estes são responsáveis pela produção de lâminas, vergalhões, lingotes e tarugos/placas, respectivamente. Devido à variedade de ligas produzidas, os equipamentos da fundição passam constantemente por processos de *setup*.

Este trabalho tem como objetivo implantar as ideias do *Just In Time* aliado com a metodologia de Troca Rápida de Ferramentas (TRF), desenvolvida por Shingo, a fim de apresentar uma proposta para a redução dos tempos de *setup*. Este trabalho será delimitado a reduzir o tempo de *setup* no processo de vazamento



contínuo de chapas, conhecido como Caster.

Foram definidos os seguintes objetivos específicos para alcançar o objetivo principal com sucesso: **O primeiro passo** consiste em confrontar as condições atuais apresentadas no setor em estudo a fim de identificar os problemas enfrentados pelos preparadores dos equipamentos. **Posteriormente** os problemas são isolados e analisados. É proposto uma estratégia de redução do *setup* com a demonstração de todas as oportunidades de melhoria. **Finalmente** são analisados os ganhos na redução da preparação dos equipamentos, comparados com um período base antes do trabalho.

Espera-se deste trabalho uma redução significativa no tempo de *setup* dos Casters com a finalidade de aumentar a disponibilidade dos fornos, diminuir as filas de entrega e consequentemente reduzir os custos operacionais da área. Com a aplicação da TRF, apresentada neste trabalho, a empresa estudada irá apresentar maior flexibilidade com relação a variabilidade dos seus lotes de produção. A fundição poderá cumprir a carteira comercial com eficiência e com um elevado grau de utilização do equipamento, permitindo um custo unitário do produto mais competitivo em relação aos concorrentes.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1. JUST IN TIME

O *Just in Time* (JIT) é uma filosofia de gerenciamento de processos produtivos originada no Japão em meados da década de 60. Desenvolvido na Toyota Motor Company, seus princípios foram desenvolvidos pelo vice- presidente Taiichi Ohno que tinha como meta a redução do desperdício (MARTINS, 2005). Slack (2002) complementa que o JIT difunde a ideia de produção de bens e serviços na quantidade certa de acordo com a demanda do mercado. Esta filosofia proporciona uma produção eficiente em termos de custos através de uma estratégia que visa utilizar o mínimo de recursos humanos, materiais e instalações. A figura 1 mostra o JIT como uma filosofia. Além disso, o JIT é composto por um conjunto de técnicas que garantem a implantação desta filosofia no nível operacional. Algumas dessas técnicas estão relacionadas ao planejamento e controle da produção.

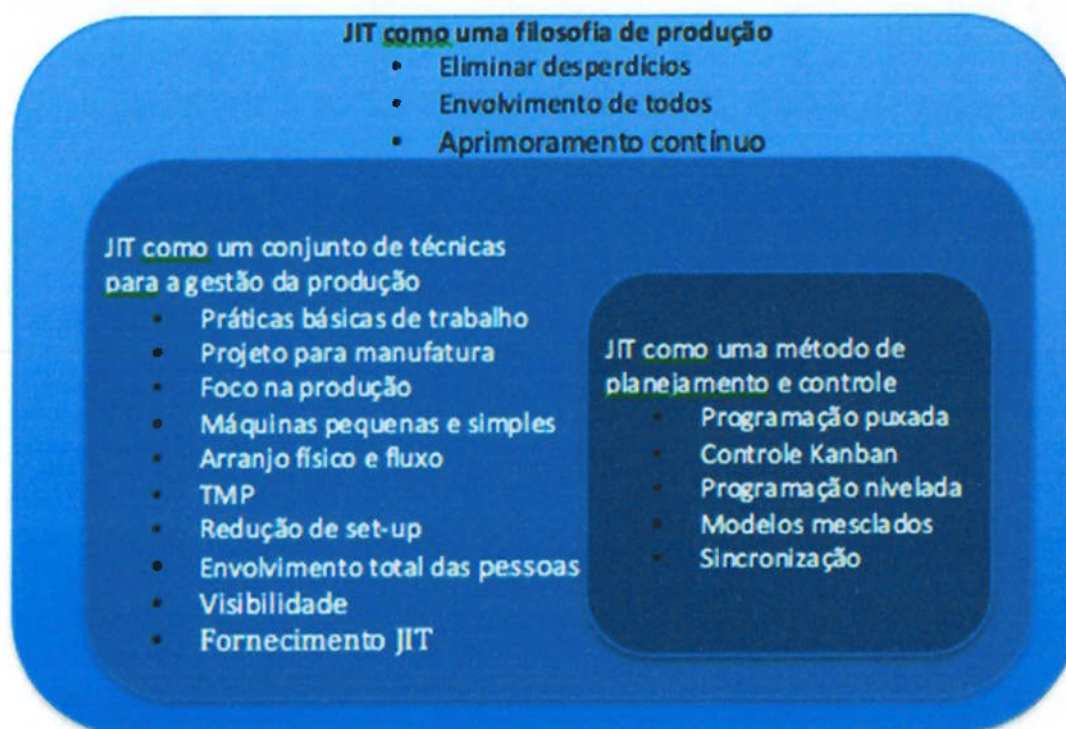


Figura 1 - Filosofia JIT, conjunto de técnicas de planejamento e controle.  
Fonte: Slack (2002)

O objetivo do JIT é eliminar o máximo dos estoques de uma empresa, porém sem esquecer-se de garantir um nível de qualidade elevado em seus produtos ou serviços (TAVEIRA, 2006). Corrêa e Giansesi (1993) complementam que o foco do JIT consiste na discriminação do conceito de melhoria contínua no processo produtivo. Com a redução dos níveis dos estoques da empresa, problemas de produção tendem a aparecer. Estes problemas podem ser divididos em três categorias:

1. *Problemas de qualidade*: o uso de estoques enxutos não admite a alta incidência de não conformidades em seus produtos. Caso isso ocorra, a chance de interromper o fluxo de entrega para o cliente é alta.

2. *Problemas de quebra de equipamento*: um evento de indisponibilidade de um equipamento pode acarretar na paralisação de outros processos devido à falta de estoque.

3. *Problemas de setup no equipamento*: a diversificação de lotes produzidos em um equipamento eleva a frequência de processos de *setup*. As trocas de ferramentas consomem uma quantidade significativa de tempo e recursos financeiros. Sua prática interfere diretamente no tamanho do lote e, conseqüentemente, no tamanho do estoque. Um processo de *setup* extenso e/ou frequente reduz o grau de utilização do equipamento podendo aumentar o custo unitário do produto.

Segundo Slack (2002) é possível apresentar particularidades entre um sistema produtivo tradicional e o JIT. O modo de produção tradicional utiliza estoques amortecedores com a missão de proteger toda a sua cadeia produtiva dos possíveis desvios do processo. Neste caso, a produção é empurrada por cada fase produtiva que possui autonomia no seu planejamento produtivo e nas soluções de problemas. O JIT defende a estratégia de produção puxada, ou seja, cada fase do processo se comporta como um cliente e delimita qual a necessidade de material que a fase anterior deve produzir. Esse tipo de sistema torna todas as etapas produtivas altamente dependentes. Uma falha no processo tem efeito em todas as etapas, porém, todo o sistema está envolvido na eliminação dos problemas. A figura 2 mostra as particularidades entre as duas abordagens.

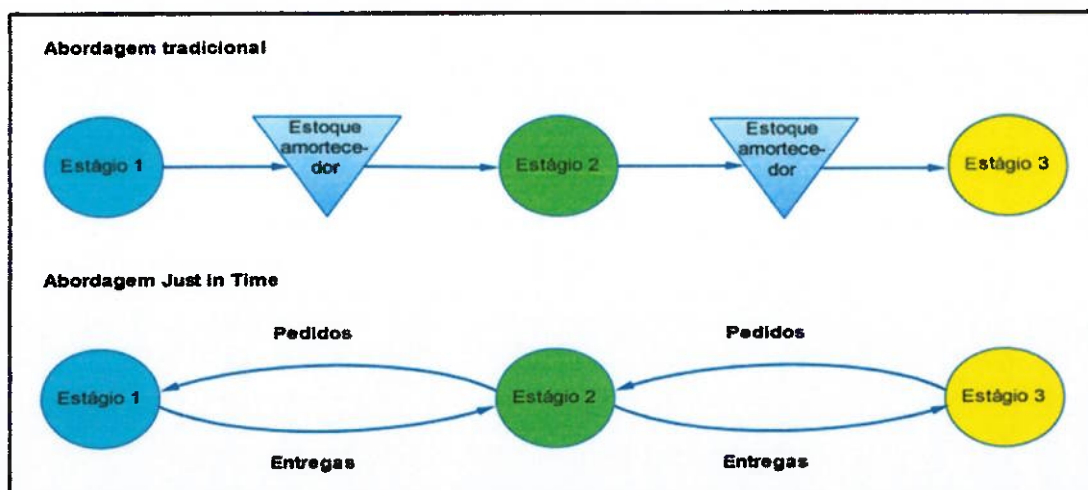


Figura 2 - Comparativo entre o fluxo tradicional e o JIT  
 Fonte: Slack (2002)

Segundo Martins (2005) para atingir o sucesso na implantação do JIT é interessante se apoiar em alguns conceitos apresentados abaixo:

- Programa mestre (*master plan*): Trata-se de um programação global da produção com a finalidade de envolver todos os postos envolvidos, inclusive os fornecedores externos. Todos devem planejar os seus trabalhos. Sua fase de implantação dura de 1 a 3 meses. Pós implantação, o *master plan* é atualizado diariamente a fim de garantir um volume balanceado entre as etapas produtivas e os fornecedores.
- Kanban: É responsável por manter o fluxo constante de material entre os postos de trabalho. Geralmente, as fábricas utilizam *containers* para armazenar o material de um posto, sendo que apenas alguns *containers* são encaminhados para a próxima estação. Um posto só envia um *container* se receber um vazio do posto posterior. Se todos os *containers* de um posto ficarem cheios, a máquina paralisa o seu funcionamento e espera a normalização do fluxo. A etapa de montagem final é responsável por puxar toda a cadeia de produção.
- Tempos de preparação: Na teoria o JIT visa produzir lotes de produtos de acordo com a demanda e com conceito de estoque zero. Em muito casos, esta estratégia pode ser inviável financeiramente devido aos altos custos com as trocas de ferramentas. Dificilmente a empresa conseguirá eliminar totalmente os seus estoques. A ideia é manter o foco na produção de lotes menores, com ciclos de produção mais rápidos, a fim de reduzir ao máximo o estoque. Reduzir os tempos de

*setup* é um ponto importante para o sucesso do sistema JIT.

- **Colaborador multifuncional:** Para garantir a produção de lotes menores, o colaborador deve estar preparado para executar as trocas rápidas de ferramentas. O operador deve ter experiência e habilidade para realizar o *setup* do equipamento, pequenos reparos e algumas manutenções preventivas. Erros ou atrasos por parte do operador podem proporcionar paradas nas etapas produtivas anteriores.

- **Layout:** Com a implantação do sistema JIT, as grandes áreas com função de armazenamento de estoque irão diminuir drasticamente. O material originado do fornecedor externo junto com material inacabado do processo ficam na área produtiva entre as estações de trabalho. Geralmente o volume de material é baixo, o suficiente para manter o processo produtivo por algumas horas.

- **Qualidade:** No sistema JIT não existem estoques para suprir os problemas de qualidade do produto. A ocorrência de um erro de fabricação em uma estação de trabalho pode proporcionar uma parada em toda a linha de produção. Garantir a qualidade é crucial para o sucesso da implantação do sistema JIT. Porém por ser tratar de um processo puxado com alta dependência entre as estações, geralmente um problema originado de uma estação será detectado na próxima. No modelo de produção tradicional os estoques intermediários podem encobrir esses erros.

- **Fornecedores:** A rotina do fornecedor é extremamente alterada com a implantação do JIT em uma empresa. As entregas de materiais passam a ser destinadas às linhas de produção e sua frequência de entrega sobe consideravelmente. Devido a elevada preocupação na qualidade dos produtos, o fornecedor deve fornecer matérias com o mínimo de não conformidade a fim de evitar possíveis paradas na linha de produção do cliente. O fornecedor deve estar inteiramente integrado como as necessidades do cliente.

Martins (2005) defende que o JIT engloba toda a cadeia produtiva de uma empresa. A figura 3 descreve o envolvimento de diversas áreas de uma empresa, através de programas de melhoria a fim de garantir o aumento no retorno sobre o investimento.



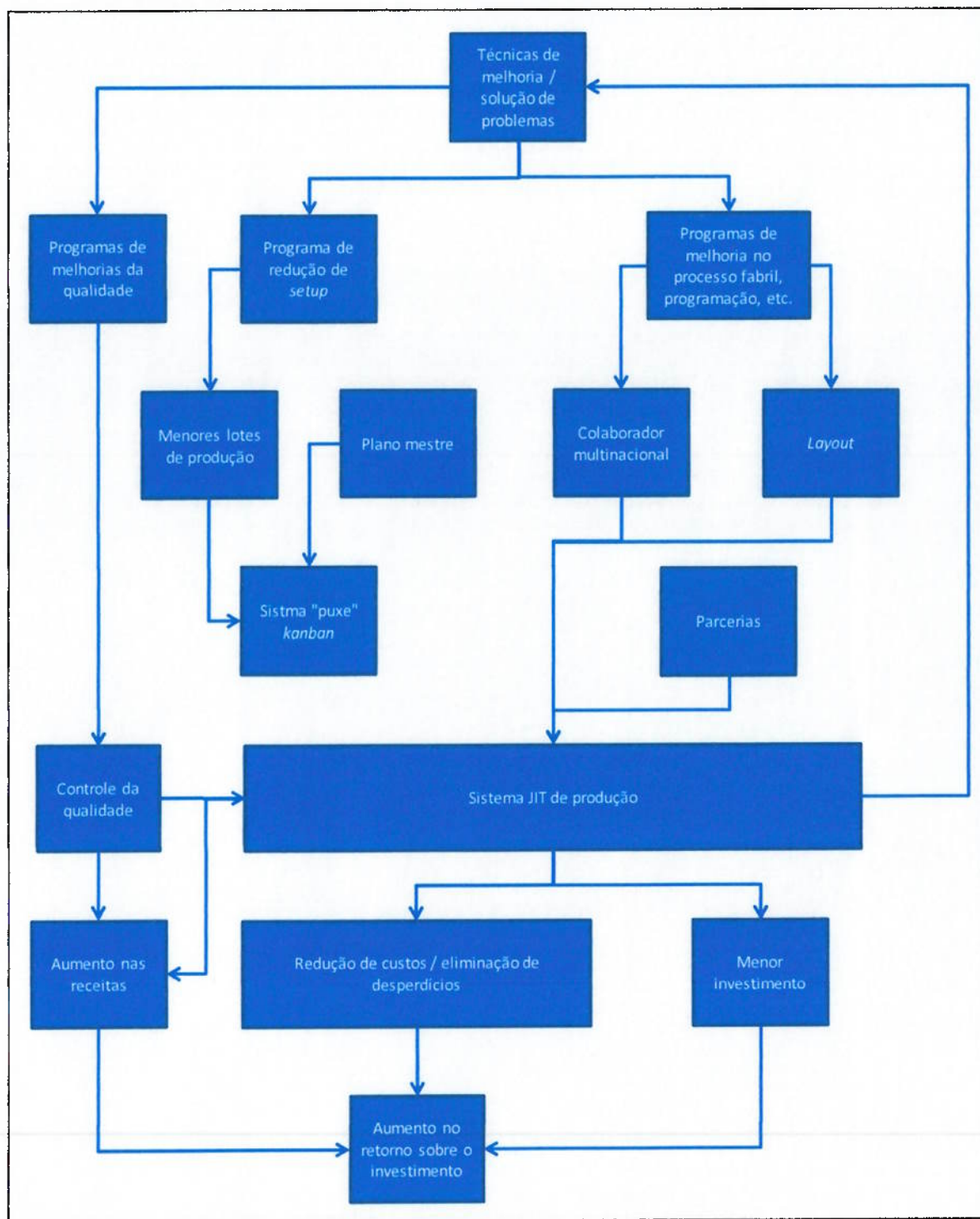


Figura 3 - Interligação de varias áreas com a implantação do JIT  
 Fonte: Martins (2005)

### 2.1.1. FILOSOFIA JUST IN TIME

Segundo Slack (2002) a essência da filosofia está concentrada em três

conceitos: a eliminação do desperdício, o envolvimento dos funcionários na produção e o foco no aperfeiçoamento contínuo.

### 2.1.2. ELIMINAÇÃO DE DESPERDÍCIO

Segundo Slack (2002) todas as atividades que não agregam valor ao processo produtivo devem ser excluídas. Criar estratégias para identificar essas atividades é o primeiro passo para eliminar o desperdício. Os sete tipos de desperdícios são ideias criadas pela Toyota para reduzir o desperdício em toda cadeia produtiva. Estes conceitos se tornaram base da filosofia JIT e são listados abaixo:

- **Superprodução:** De acordo com as ideias da Toyota, o excesso de produção nos postos de trabalho é a fonte de desperdício mais significativa dentro da empresa.
- **Tempo de espera:** A produção em excesso a fim de gerar estoque pode aumentar o tempo de espera de materiais em outras áreas da cadeia produtiva.
- **Transporte:** O transporte de materiais por grandes trechos dentro da fábrica não agrega valor ao processo. A mudança no *layout* dos equipamentos pode ser uma solução para aproximar os postos de trabalho e consequentemente reduzir a movimentação dos materiais.
- **Processo:** O processo pode apresentar focos de desperdícios. Criar estratégias de melhoria na manutenção dos equipamentos e procedimentos operacionais podem contribuir na redução dos desperdícios na área.
- **Estoque de produtos:** Para reduzir os estoques é necessário entender as causas desta prática. Empresas que possuem equipamentos com procedimentos de *setup* extenso e/ou frequente procuram produzir excedentes para garantir um elevado grau de utilização dos equipamentos.
- **Movimentação:** Simplificar os procedimentos para realização de uma tarefa pode ajudar o operador a reduzir o tempo gasto com movimentação.

- **Produtos defeituosos:** O desperdício da produção com produtos não conformes cria custos significativos para a empresa. A empresa deve constantemente atacar as causas do aumento destes custos.

### **2.1.3. ENVOLVIMENTO DAS PESSOAS**

A filosofia JIT visa englobar todo o corpo de colaboradores da empresa. A gestão dos recursos humanos é uma marca registrada no JIT. As pessoas são incentivadas a usar as suas habilidades para solucionar os problemas encontrados em suas áreas, com total autonomia. O aparecimento constante de desafios de melhoria contribui para o enriquecimento do profissional através de programas de multi-habilidades, rotação de cargos e aumento de responsabilidades (SLACK, 2002).

### **2.1.4. APERFEIÇOAMENTO CONTÍNUO**

Slack (2002) procura explicar a essência do JIT como um conjunto de ideais que procuram chegar a uma condição ideal. Esta condição seria:

*“Atender à demanda no momento exato com qualidade perfeita e sem desperdício” (SLACK, 2002, p.489).*

O aperfeiçoamento contínuo é um conceito importante na filosofia JIT porque desperta nas empresas a necessidade de buscar melhorias diariamente a fim de chegar próximo da condição ideal. A filosofia Kaizen é uns dos pilares do JIT, pois desperta em cada colaborador a necessidade de buscar a melhoria contínua (SLACK, 2002).

## **2.2. SETUP**



### 2.2.1. HISTÓRIA DA TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTA

O contexto de *setup* nasceu no Japão no início da década de 50, origem de diversas ferramentas de produtividade e qualidade. O engenheiro japonês Shingeo Shingo foi percussor do conceito de tempo de *setup* como uma poderosa ferramenta para reduzir os tempos de preparação de ferramentas de empresas japonesas.

Tudo começou em 1950 numa planta automobilística que fabricava veículos de 3 rodas, tratava-se da Mazda da Toyo Kogyo, localizada em Hiroshima. Shingo liderava um estudo que visava aumentar a produtividade de grandes prensas de estampagem. Em um processo de *setup* de uma prensa, observou-se uma perda significativa de tempo na busca de ferramentas e adaptações de peças. Constatou-se que era inadmissível manter uma máquina parada por falta de uma peça como um parafuso. Shingo percebeu que o processo de *setup* poderia ser classificado de duas formas: tempo de montagem ou troca de peças no qual obrigatoriamente a máquina deve estar parada, ou o tempo de preparação, transporte de peças e ferramentas que podem ser realizadas com a máquina em funcionamento. Nasce o conceito de *setup* interno e externo, respectivamente. (SHINGO, 2000)

O segundo desafio ocorreu em 1957 num estaleiro da Mitsubishi, também localizado em Hiroshima. O setor de motores desta planta não estava trabalhando em eficiência máxima devido ao moderado grau de utilização da plaina. Esta tinha a função de servir de preparação de peças para a usinagem dos motores. Shingo sugeriu a instalação de uma segunda mesa de plaina a fim de executar a centragem e dimensionamento da base do motor, ou seja, a etapa de *setup*, enquanto a outra base estava em pleno funcionamento realizando a atividade de usinagem. Esta ideia aumentou significativamente o grau de utilização da plaina, conseqüentemente houve um aumento de 40% na produtividade do setor. Inicia-se as primeiras ideias de converter as atividades de *setup* interno em externo, porém este conceito ganhou força na ferramenta TRF após alguns anos (SHINGO, 2000).

A terceira experiência foi em 1969 no setor de carrocerias da planta principal da Toyota Motor. Existia a necessidade de reduzir o tempo de *setup* de uma prensa de 1.000 toneladas, pois um concorrente alemão já conseguia executar o mesmo

*setup* em uma prensa similar com a metade do tempo em relação à montadora japonesa. Utilizando a metodologia de separar *setup* interno (TPI) e externo (TPE) com a visão de buscar melhorias individualizadas em cada tipo de *setup*, após seis meses de trabalho, Shingo conseguiu reduzir o *setup* do equipamento de quatro horas para 90 minutos (SHINGO, 2000).

Ainda insatisfeita, a gerência da Toyota estipulou uma nova meta de redução de tempo de *setup* que era reduzir o *setup* do mesmo equipamento para menos de três minutos. Shingo elaborou uma sistemática que englobava oito técnicas de redução de tempos de *setup* e a meta foi atingida após três meses de trabalho. Com o sucesso desta sistemática nasce um novo conceito que defende qualquer troca de ferramenta em menos de dez minutos, nasce a “Troca de ferramentas em um tempo inferior a dez minutos - Single Minute Exchange of Die (SMED), também conhecido como Troca rápida de ferramentas (TRF)”. Posteriormente, essa técnica foi adotada em todas as plantas da Toyota tornando-se uma sistemática base para o Sistema Toyota de Produção (STP) (SHINGO, 2000).

Ohno defende que o STP trouxe grandes mudanças na forma de gerenciar a produção. O conceito Ford, criado por Henry Ford, na Ford Motors Company, caracterizava pela produção de grandes lotes de peças, a fim de evitar *setups*, começa a perder força para STP que visa à produção de pequenos lotes de peças viabilizando o conceito de troca rápida de ferramentas (OHNO, 1997)

Segundo Shingo, a redução dos tempos de *setup*, aumento no tempo de operação das máquinas, produção de pequenos lotes e versatilidade são benefícios que garantem a redução significativa dos estoques de produtos acabados. Tais benefícios fortalecem o conceito de Just-In-Time (JIT). Para o engenheiro japonês, JIT não é o meio para o sucesso da gestão da produção, mas sim o resultado final, ou seja, é necessário um conjunto de ferramentas inclusive a TRF para se obter o sucesso no JIT (SHINGO, 2000). O engenheiro acrescenta:

*“Acredito firmemente que*

*o sistema TRF é o método mais efetivo para implementar a produção Just-In-Time”*  
(SHINGO, 2000, p.9).

### **2.2.2. O CONCEITO DE SETUP**

Burger (2004) define *setup* como um conjunto de atividades necessárias para garantir a mudança produtiva de um lote A para o lote B. O período de *setup* estende-se desde a última peça do lote A até a produção da primeira peça do lote B, e deve garantir todos os padrões de qualidade estipulado pela empresa. Seguindo a mesma linha, Moura (1996) delimita como sendo o tempo que se inicia na produção da última peça do lote anterior até a primeira peça do lote seguinte. Trata-se de um método científico que visa analisar os tempos gastos na preparação de troca de ferramentas com o objetivo de obter melhorias no processo através da sistemática da TRF (BLACK, 1998).

Segundo Shingo (2000) o grande objetivo da TRF é aumentar o tempo útil de funcionamento da máquina proporcionando um aumento da flexibilidade do equipamento e assim, viabilizar a produção de pequenos e médios lotes (FAGUNDES, 2003). Harmom e Peterson (1991) acrescentam que é uma condição indispensável para reduzir custos operacionais providos por *setups* longos, erros operacionais e utilização de grandes estoques. Porém, não é aconselhado realizar mudanças no processo a fim de reduzir o tempo de *setup* ou comprometer a segurança para melhorar a eficiência do processo (MOURA, 1996).

Os grupos de atividades encontrados em um processo de *setup* podem ser divididos em duas categorias: *setup* interno e externo. *Setup* interno consiste nas atividades que exigem uma parada ou ritmo reduzido do equipamento para permitir a alteração. Já o *setup* externo delimita-se as atividades que não interrompem o funcionamento do equipamento.

Segundo Shingo (2000) o sucesso da implantação da TRF depende desta classificação. Com a missão de reduzir o tempo de *setup* das máquinas, o engenheiro percebeu que é possível converter as atividades internas em externas.

É importante lembrar que a distribuição adequada dos equipamentos pode ajudar na diminuição dos tempos de transporte interno melhorando a condição do *setup*. Além de reduzir problemas relacionados à segurança dos colaboradores. O estudo dos layouts da área produtiva deve ser feito com atenção a fim de garantir que uma mudança na posição do equipamento não crie riscos à segurança ou saúde do operador (MOURA, 1996).

Idrogo (2008) defende que o uso da ferramenta TRF pode contribuir no aumento de competitividade da empresa em relação às demandas do mercado.

### 2.2.3. ESTÁGIOS CONCEITUAIS PARA A IMPLANTAÇÃO DA TRF

Burger (2004) afirma que a meta de redução do tempo de fabricação de um produto, desde o recebimento da matéria prima até a expedição do produto acabado, pode ser auxiliado com a utilização da ferramenta TRF. Shingo (2000) acrescenta que o principal foco desta ferramenta é a redução ou até a eliminação das perdas relacionadas à troca de ferramentas. Consequentemente o TRF pode ajudar na produção de diferentes linhas de produtos proporcionando um nivelamento da produção (OHNO, 1997)

A princípio, Shingo (2000) definiu uma metodologia para minimizar as perdas em um processo de *setup*, a qual depende de fatores como a habilidade e o conhecimento do operador ou preparador a respeito das rotinas do processo e parâmetros do equipamento. O tamanho do lote será definido em função da frequência e duração de um procedimento de *setup*. É necessário estudar o custo de um procedimento de *setup* extenso e/ou frequente para avaliar a viabilidade de produção de pequenos lotes.

Para ocorrer o processo de conversão de *setup* interno para externo Shingo (2000) dividiu todo o processo TRF em quatro estágios conceituais:

- Estágio zero ou inicial: *Setup* interno e externo não se distinguem;
- Estágio 1: Separando *setup* interno e externo;
- Estágio 2: Convertendo *setup* interno em externo;
- Estágio 3: Racionalizando todos os aspectos da operação do *setup*.

#### **Estágio zero ou inicial: *Setup* interno e externo não se distinguem**

Nesta fase, são avaliadas as condições reais do processo de *setup* sem a implantação de um processo de melhoria. Geralmente, não existe uma visão, por parte dos operadores, em classificar o *setup* em interno e externo. É comum, neste estágio, o equipamento ficar parado em um processo de *setup* por causa de falta de peças ou procura de ferramentas (SHINGO, 2000).

O uso de ferramentas como cronoanálise, entrevistas, amostragens do trabalho e filmagem do processo são boas estratégias de análise. Trata-se de métodos que ajudam a provocar a equipe a respeito da necessidade de buscar melhorias (SHINGO, 2000).

### **Estágio 1: Separando *setup* interno e externo**

Shingo (2000) considera esta como a etapa mais importante da TRF. É inadmissível que atividades como preparação de peças ou ferramentas sejam executadas com a máquina parada. Nesta etapa é necessário realizar uma análise a fim de isolar as atividades de *setup* interno e externo. É importante incluir nesta análise todas peças envolvidas, ferramentas, medidas, tempo de deslocamento, procedimento a fim de evitar tempos desnecessários de parada do equipamento.

Realizar o máximo de tarefas como *setup* externo é a linha para o sucesso da implantação da ferramenta TRF, podendo reduzir de 30% a 50% o tempo que a máquina fica parada (SHINGO, 2000)

### **Estágio 2: Convertendo *setup* interno em externo**

Esse estágio consiste em esforços para converter o máximo de atividades de *setup* interno em externo. É importante reanalisar todas as atividades de *setup* visando encontrar possíveis erros de classificação, principalmente atividades que foram consideradas como *setup* interno. Um exemplo de conversão seria a realização do pré-aquecimento de um elemento com a máquina em operação a fim de evitar esse pré-aquecimento com a máquina desligada, ou seja, durante o *setup* interno (SHINGO, 2000).

### **Estágio 3: Racionalizando todos os aspectos da operação de *setup***

Em muitos casos, atingir a meta de *setup* abaixo de 10 minutos não é possível apenas com a etapa 1 e 2. É necessário realizar uma análise mais profunda a fim de encontrar oportunidades extras de melhoria. O objetivo deste estágio é reduzir ainda mais o tempo das atividades de *setup* interno. Estratégias com

eliminação de ajustes, mudanças nos métodos de fixação ou até mesmo a mecanização de atividades podem ajudar a atingir essa meta (SHINGO 2000).

Shingo (2000) defende que as etapas 2 e 3 podem ocorrer simultaneamente. A figura 4, considerando as ideias de Black (1998), mostra o fluxo de uma estratégia de Troca Rápida de Ferramenta (TRF) abordada em 4 estágios, como citado anteriormente.

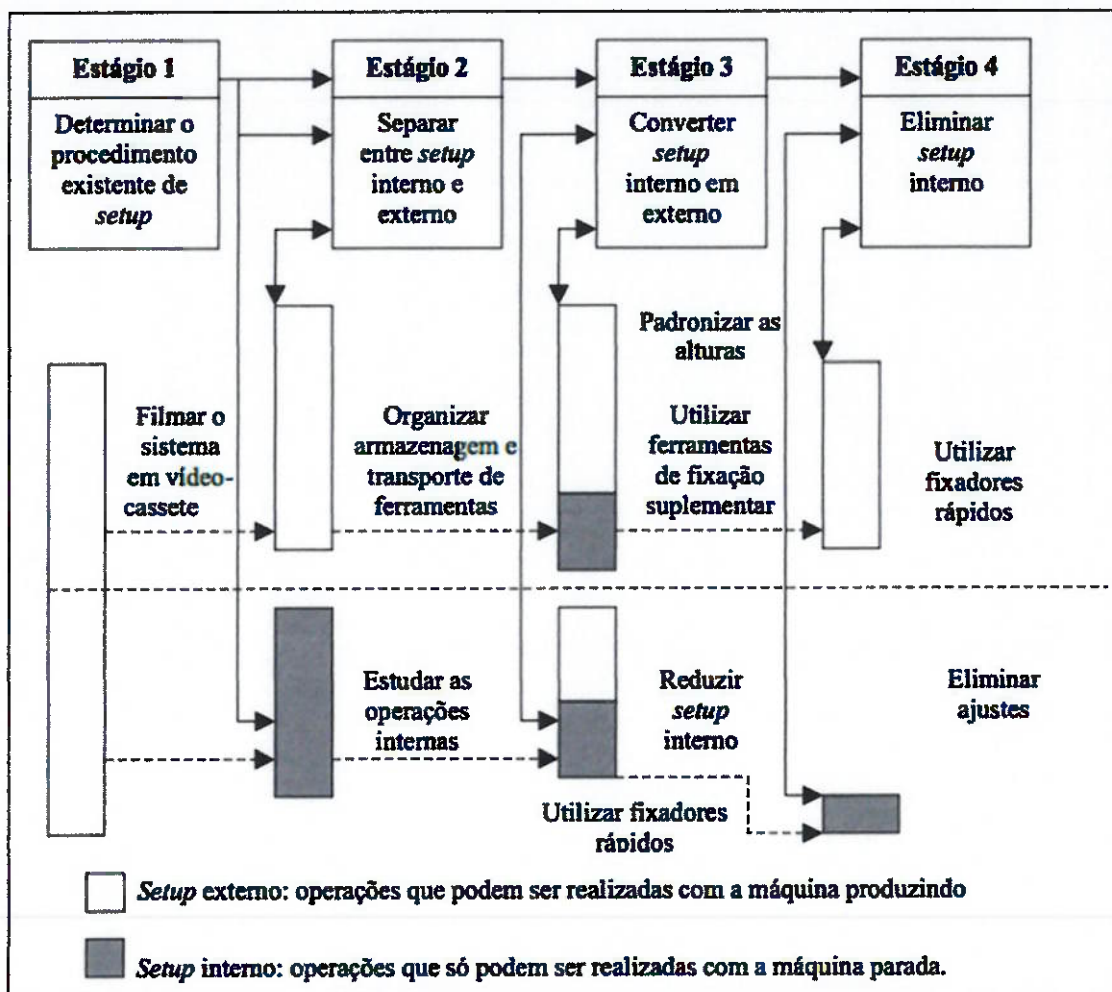


Figura 4 – Fluxo da estratégia da TRF  
 Fonte: Black (1998)

## 2.2.4. AS PRINCIPAIS TÉCNICAS EMPREGADAS NA IMPLANTAÇÃO DA TRF

Para o sucesso da implantação da TRF, Shingo (2000) propôs o uso de oito principais técnicas na aplicação dos 4 estágios conceituais abordados anteriormente. São elas:

- Separação do *setup* interno e externo;
- Conversão de *setup* interno em externo;
- Padronização de funções;
- Utilização de fixadores funcionais;
- Utilização de dispositivos intermediários;
- Implementação de operações em paralelo;
- Eliminação de ajustes;
- Mecanização.

Gilmore e Smith (1996) defendem a aplicação das técnicas seguindo uma estratégia que avalie a qual das mesmas é mais adequada para solucionar o problema estudado.

Shingo (2000) considera outras atividades que não estão relacionados à máquina estudada mas consideradas como atividades que fazem parte da “atmosfera” do *setup*. Para um trabalho mais profundo é importante estudar os tempos de *setups* de operações de processamento, inspeções, transporte e estocagem.

Fagundes (2003) acrescenta que é importante criar indicadores de tempos de *setup* a fim de criar um comparativo entre o período de pré-implantação e pós implantação. Também se pode utilizar o lote econômico de produção como base de cálculo para avaliar o tamanho do lote em função da minimização do custo unitário do produto e o custo de *setup*.

A Figura 5 representa um fluxograma para a implantação das oito técnicas apresentadas por Shingo (1996). Das oito técnicas, as de número 1, 2 e 6 não envolvem mudanças estruturais, ou seja, apenas analisam e organizam as atividades contidas no *setup*. O restante das atividades podem envolver investimentos significativos na mudança na estrutura do equipamento.

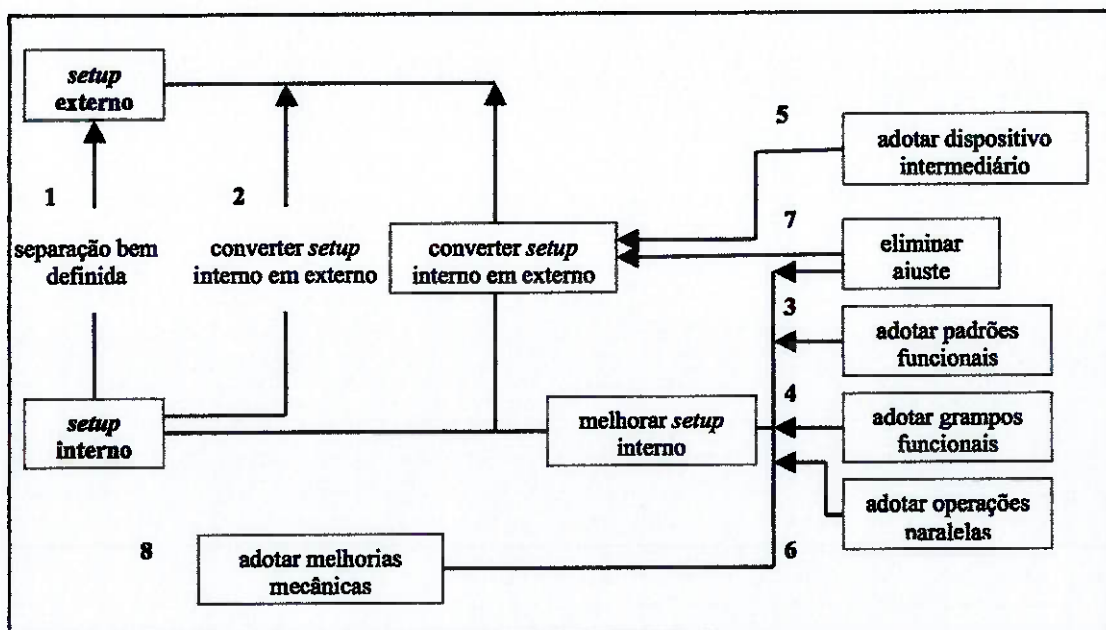


Figura 5 – Fluxograma de implantação da TRF  
Fonte: Shingo (1996)

### Separação do *setup* interno e externo

Nesta etapa deve estar claro que todas as tarefas que podem ser realizadas com a máquina em funcionamento devem ser classificadas como *setup* externo. Um *checklist* pode ser utilizado com a finalidade de organizar todas as pessoas, peças, ferramentas e passos envolvidos na operação. A fim de evitar possíveis confusões e perdas quando se usa um *checklist* global para a fábrica, Shingo (2000) aconselha o uso de um *checklist* individual para cada máquina.

A utilização de uma lista de verificação é um bom mecanismo para avaliar se todas as condições de trabalho estão adequadas. Esta estratégia evita que alguma surpresa aconteça quando a máquina está parada como o mau funcionamento de uma ferramenta. Este evento pode acarretar uma inevitável demora no *setup* interno (SHINGO, 2000).

Todo o transporte de matrizes, peças, ferramentas e máquinas auxiliares deve ser executado com a máquina em funcionamento, ou seja, fazem parte da etapa de *setup* externo (SHINGO, 2000).

Shingo (2000) afirma que apenas com o uso desta técnica é possível reduzir o tempo de troca de ferramenta entre 30 a 50%.

### Conversão de *setup* interno em externo



Segundo Shingo (2000), esta ferramenta consiste em encontrar caminhos diferentes para converter o máximo de atividades consideradas como *setups* internos em *setups* externos. É comum nesta etapa a necessidade de investimentos financeiros em suportes, sistemas de pré-aquecimento de matrizes ou aquisição de pequenos equipamentos. Porém, os investimentos envolvidos na redução do tempo de parada da máquina são amortizados com os ganhos decorrentes do aumento da produção.

### **Padronização de funções**

O foco na padronização da forma geométrica da ferramenta ou matriz utilizadas no processo de *setup*, as vezes, não é o melhor caminho para melhorar a operação. O aumento do tamanho de uma matriz, visando a padronização, pode aumentar o material necessário em sua composição e o uso de peças acarretando em um aumento nos custos (SHINGO, 2000).

Shingo (2000) aconselha padronizar a forma das matrizes apenas nos itens cujas funções são importantes na operação do *setup*. Para o sucesso desta técnica é necessário realizar uma avaliação de todas as funções de uma matriz como dimensionamento, aperto, centragem, fixação e torque. Após esta avaliação são escolhidas quais são as funções que serão padronizadas. Um exemplo desse pensamento é o uso de calços nas bases das matrizes de menor altura a fim de padronizar as alturas.

### **Utilização de fixadores funcionais**

Shingo (2000) define um fixador universal como:

*“Um dispositivo de fixação que serve para manter objetos no local com mínimo de esforço” (SHINGO, 2000, p.71).*

Os parafusos convencionais são os dispositivos de fixação mais utilizados na fixação de objetos. Geralmente, eles possuem vários filetes de rosca exigindo vários giros com a chave no processo de aperto. O uso deste tipo de parafuso pode elevar o tempo de *setup* além de gerar fadiga para o operador ou mecânico que está realizando a etapa de fixação. Na prática, é o último giro que tem a função de fixar

ou soltar, logo o restante dos giros são desnecessários. Shingo (2000) propõe o uso de parafusos de uma volta com o auxílio de furos em forma de pera, arruela em U, rosca fendida, grampos, cunhas e molas. É importante utilizar a quantidade mínima de fixadores no processo de fixação a fim de reduzir o tempo de *setup*. As figuras 6 e 7 mostram um parafuso convencional e um parafuso com uma arruela em U, respectivamente. O uso de uma arruela em U diminui o número de giros no processo de aperto.

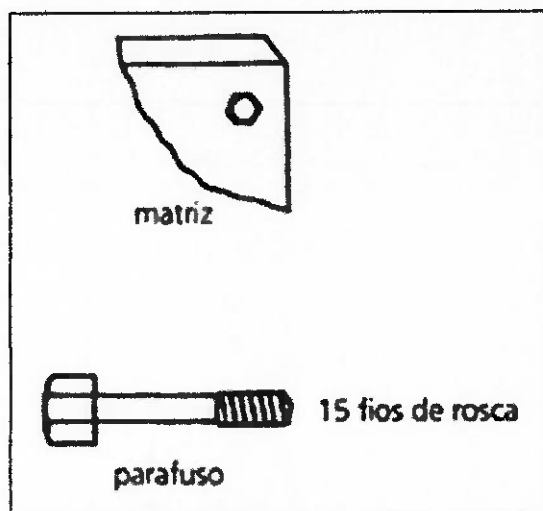


Figura 6 – Esquema de uma matriz e um parafuso convencional com 15 filetes de rosca  
Fonte: Shingo (1996)

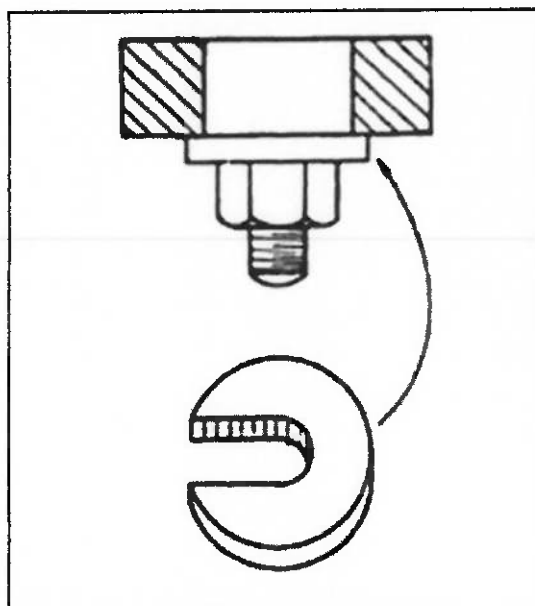


Figura 7 – Uso de uma arruela em U  
Fonte: Shingo (1996)

## **Utilização de dispositivos intermediários**

O tempo de espera durante a etapa de *setup* interno devido a operações de centragem, ajustes e fixação podem ser evitadas com a adição de um outro dispositivo padronizado. Enquanto uma peça é processada em um dispositivo, no segundo dispositivo ocorre o processo de preparação de próxima peça em um procedimento de *setup* externo. Este segundo dispositivo é conhecido como guia intermediária. Com essa estratégia o equipamento só fica parado o tempo suficiente para trocar o dispositivo, pois a peça já está fixada e centralizada (SHINGO, 2000).

## **Implementação de operações em paralelo**

Operações de *setup* em grande equipamentos como injetoras de plástico ou máquinas de fundição necessitam de tarefas em diferentes posições do equipamento. Neste caso um operador irá perder uma parcela do tempo devido ao deslocamento ao redor do equipamento. Uma saída é o uso de dois ou mais operadores realizando um conjunto de tarefas em paralelo, simultaneamente. O tempo de *setup* pode ser reduzido em 50 % com o uso desta técnica, porém irá aumentar o número de horas-homem necessárias para a realização do *setup* (SHINGO, 2000).

Shingo (2000) defende que deve existir uma boa sincronização entre os operadores a fim de evitar esperas desnecessárias dentro da equipe. Uma boa estratégia é o uso de folhas de procedimentos para operações paralelas. O engenheiro afirma:

*“Na verdade, operações paralelas mal concebidas podem não resultar em ganho algum” (SHINGO, 2000, p.69).*

## **Eliminação de ajustes**

Eliminar os ajustes e testes pilotos poderão resultar em grandes ganhos de tempo, já que estes podem ser responsáveis por 50% do tempo de *setup* interno. A princípio, o importante é compreender que preparação e ajuste são duas funções

distintas. Preparação pode ser entendida como procedimento que precede alguma tarefa contida no *setup* interno. O ajuste é uma operação desnecessária devido a um erro na etapa de preparação (SHINGO, 2000).

Para eliminar os ajustes, o operador deve abandonar o vício de usar a intuição na etapa de preparação das máquinas. Uma estratégia para superar este vício é utilizar procedimentos de calibração e padronização das operações. O grau de experiência necessário em um operador cresce de acordo com o aumento do número de ajustes encontrados em um equipamento (SHINGO, 2000).

## **Mecanização**

O uso da mecanização consiste na última alternativa após a utilização de todas as técnicas comentadas anteriormente. Utilizar a mecanização no início de um projeto de redução de *setup* pode ser perigoso, pois existe a possibilidade de falhas elementares do processo não serem solucionadas (SHINGO, 2000).

Segundo Shingo (2000), deve-se avaliar se tempo ganho em um *setup* devido a mecanização compensa o capital investido no equipamento. Muitas vezes as técnicas abordadas anteriormente conseguem diminuir o *setup* de um equipamento de 2 horas para 3 minutos. O uso da mecanização irá auxiliar em um ganho de mais 1 minuto.

Porém, Shingo (2000) recomenda o uso da mecanização como uma boa saída para reduzir o tempo de *setup* de equipamentos de fundição ou grandes injetoras que possuem grandes matrizes. Vários métodos, a seguir, podem auxiliar no processo de mecanização, seguem alguns:

1. *Utilização de empilhadeiras para alinhar matrizes;*
2. *Mesas móveis;*
3. *Uso de esteiras de roletes;*
4. *Uso de estantes elevadoras;*
5. *Mecanização de matrizes;*
6. *Ajuste automático de altura.*

### **3. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS**

#### **3.1. EMPRESA**

Localizada à 85 km da cidade de São Paulo, na cidade de Alumínio (SP), esta empresa é referência na produção de alumínio primário e semimanufaturados desde 1955. Trata-se do maior complexo verticalizado de produção de alumínio do mundo em operação. De forma integrada a empresa executa atividades desde a extração de bauxita até o beneficiamento de semimanufaturados. Possui capacidade instalada de 238.000 t/ano de alumínio primário, tornando-se líder brasileiro neste setor.

Sua linha de produtos atende diversos seguimentos do mercado como: eletricidade, bens de consumo, embalagens, transporte e construção civil. A maior parcela dos seus clientes estão concentrados no mercado nacional, porém, a empresa possui forte atuação no mercado externo, principalmente em países da Europa, América Latina e Estados Unidos.

Seu processo produtivo para a obtenção do alumínio primário e semimanufaturados pode ser dividido em 5 fases:

1. Extração e beneficiamento da bauxita;
2. Produção do óxido de alumínio (Alumina);
3. Redução do alumínio na cubas de redução eletrolíticas;
4. Fundição ( fabricação de chapas, tarugos, vergalhões, placas e lingotes);
5. Transformação plástica (chapas laminadas, fios, cabos e perfis extrusados).

O alumínio é um elemento químico, geralmente encontrado na natureza na forma de óxido, sendo o terceiro elemento mais abundante da crosta terrestre. O minério mais utilizado na cadeia do alumínio é a Bauxita. Trata-se de um composto formado por óxido de alumínio, titânio, sílica e óxido de ferro. A empresa possui reservas deste minério no estado de Minas Gerais (Cataguases, Mantiqueira e

Poços de Caldas) e no Pará (Trombetas e Paragominas). A figura 8 mostra a distribuição dos elementos na natureza.

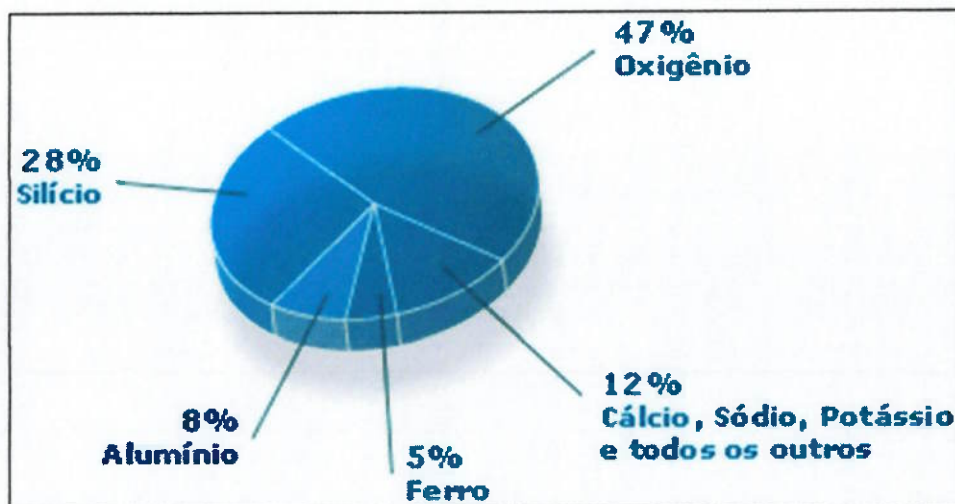


Figura 8 – Distribuição dos elementos na natureza  
 Fonte: Site da Companhia Brasileira de Alumínio (CBA)

A Bauxita é extraída das lavras com auxílio de retroescavadeiras de grande porte. Geralmente, as jazidas encontram-se próximas da superfície e possui uma espessura que pode variar entre 2 a 10 m. O minério é transportado via caminhão basculante (capacidade que pode variar de 10 até 30 toneladas) até a área de beneficiamento. Nesta fase a bauxita passa por etapas de britagem, peneiramento e lavagem a fim de separar uma parcela das impurezas que não agregam valor ao processo. São retirados areia, resíduos ferrosos e argila que serão destinados a uma represa de retenção. O material processado é encaminhado para a área de homogeneização com o auxílio de correias transportadoras e de empilhadeiras automáticas tipo Stacker. Este equipamento tem a função de equalizar os diversos lotes de minérios originados de diferentes lavras.

O minério beneficiado é transportado para a fábrica via transporte férreo. São transportados em torno de 195.000 toneladas por mês de minério provido das minas de Poços de Caldas e Cataguases, com percursos até a fábrica de 260 e 860 km respectivamente. Para o melhor aproveitamento no processo industrial, o minério deve possuir uma granulometria abaixo de 50 mm, teor de alumina entre 42 a 43 % e uma concentração de 3,5% de sílica. A figura 9 mostra o fluxo do processo de mineração.

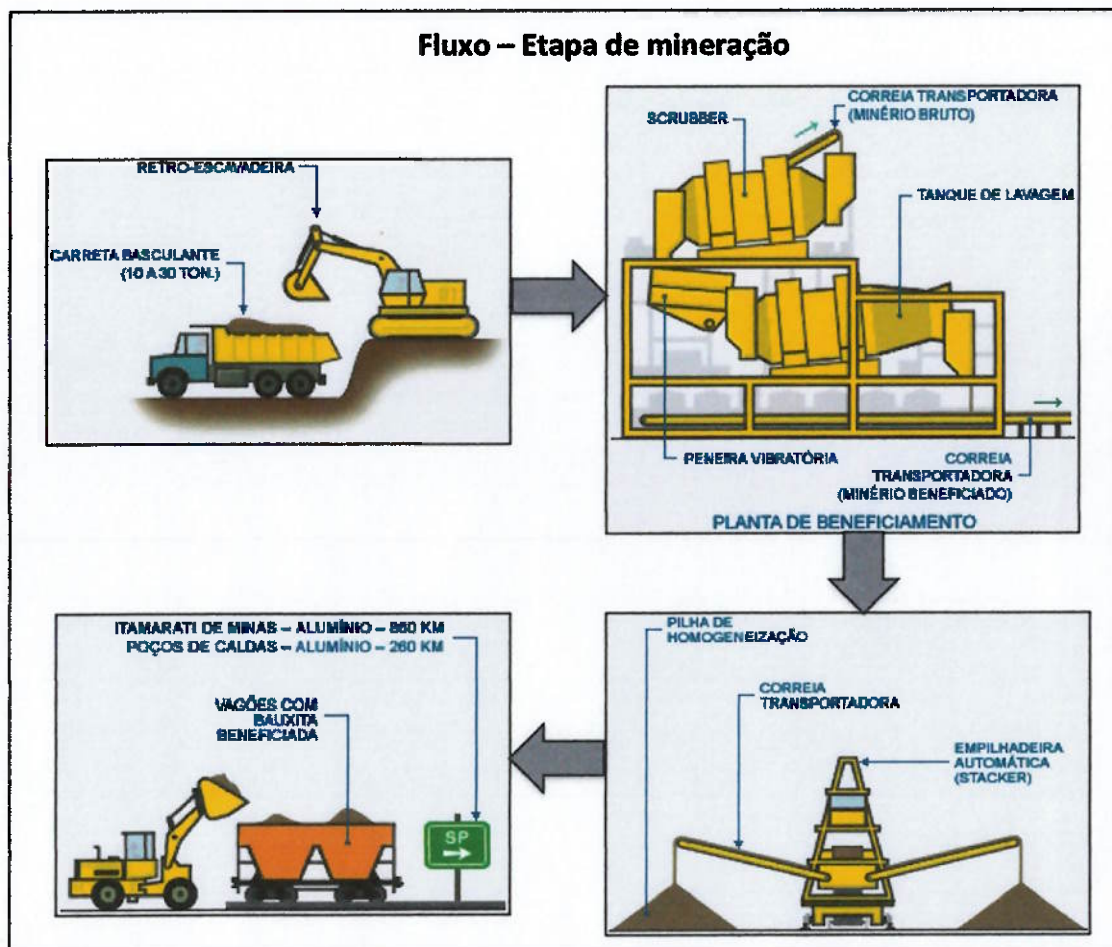


Figura 9 – Processo de mineração  
Fonte: Site da Companhia Brasileira de Alumínio (CBA)

Ao chegar ao seu destino final, em Alumínio – SP, os vagões originados das duas áreas de mineração são destinados ao pátio de recebimento de minério onde são virados com auxílio de um equipamento conhecido como “Virador de vagões”. A bauxita é transportada por esteiras até a área de estocagem para alimentar a usina de Alumina.

A usina de Alumina utiliza o processo Bayer para transformar a bauxita em óxido de alumínio (Alumina). Este processo consiste na solubilidade a quente do hidrato de alumínio em soda cáustica. A princípio, o minério é transportado da área de estocagem até o setor de moagem nos moinhos de bola. Nesta etapa, acrescenta-se soda cáustica, água e cal a fim de formar uma mistura pastosa.

Essa mistura é bombeada para os autoclaves onde ocorre um processo de cozimento em temperaturas de 100 °C a 150 °C. Inicia-se a formação de um composto instável conhecido como aluminato de sódio que é bombeado para os filtros para separar os resíduos conhecidos como “Lama Vermelha”. Após a fase de



filtragem e decantação no hidrolisadores ocorre a separação da soda cáustica na etapa de filtragem Gérmen e a formação do hidróxido de alumínio. Grande parcela da soda cáustica  recuperada para o processo e o hidróxido  encaminhado para o forno de calcinação. Os fornos operam com uma temperatura aproximada de 960 °C, com a liberação da água surge um p fino branco denominado óxido de alumínio. A figura 10 mostra as fases do processo Bayer usado na usina de Alumina.

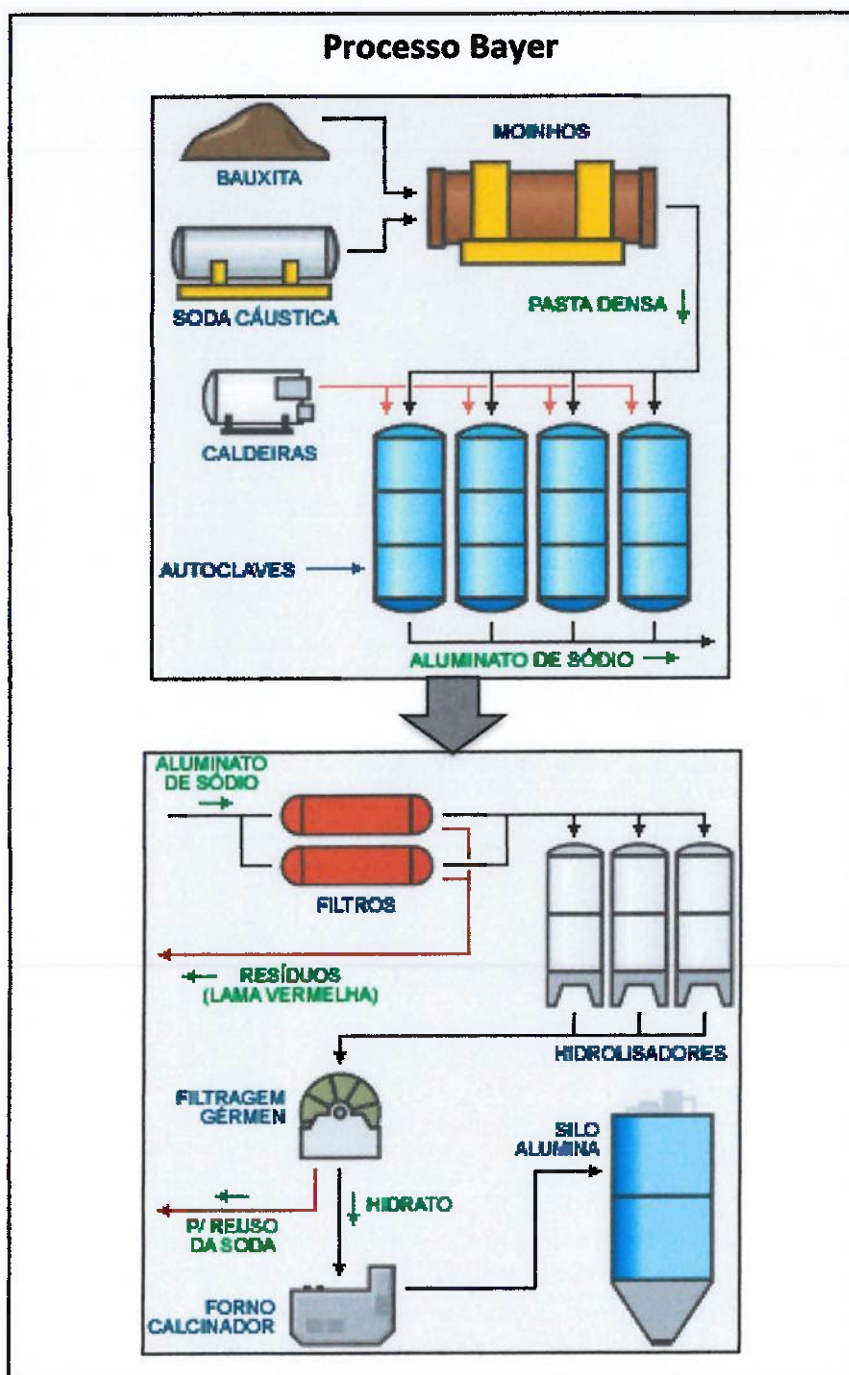


Figura 10 – Processo Bayer

Fonte: Site da Companhia Brasileira de Alumínio (CBA)



A alumina calcinada é transportada via caminhão da Usina de Alumina até os silos de estocagem das Salas de Redução, também conhecidas como Salas Fornos.

A produção de alumínio primário é obtida através da reação de redução do alumínio via eletrólise ígnea em cubas tipo Soderberg. A reação de oxi-redução  $2\text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{C} = 4\text{Al} + 3\text{CO}_2$  ocorre na presença de uma corrente elétrica elevada, em torno de 127.000 Amperes. A cuba é confeccionada em aço especial preenchida por material refratário, possui um bloco de carbono com a função de anodo e um catodo constituído por blocos de ferro gusa, este localizado na base da cuba. A reação de redução do alumínio ocorre na região do forno conhecido como eletrólito (ou banho), trata-se de uma mistura de criolita e fluoretos fundidos em uma temperatura aproximada de  $940^\circ\text{C}$ . O alumínio metálico formado nessa área é depositado no fundo do forno, próximo ao anodo. A figura 11 mostra o esquema de funcionamento de uma cuba de eletrólise ígnea tipo Soderberg.

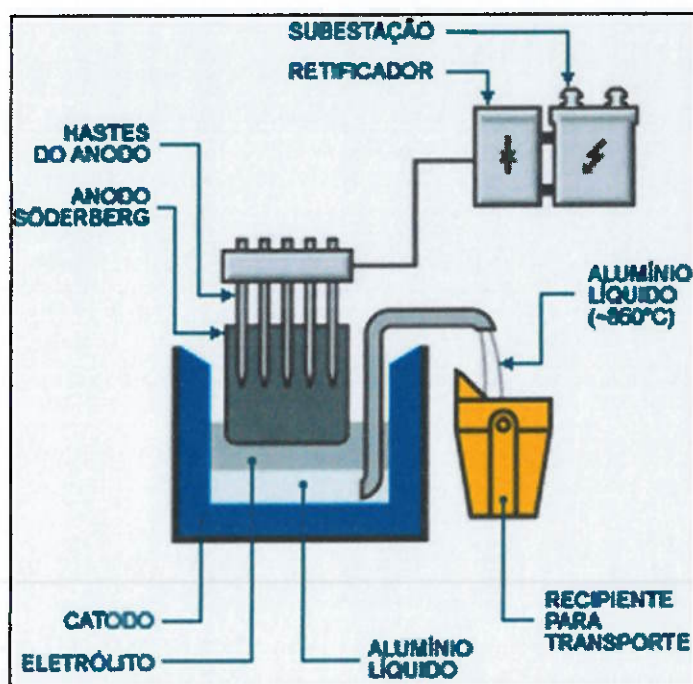


Figura 11 – Esquema de um forno de eletrólise ígnea tipo Soderberg  
Fonte: Site da Companhia Brasileira de Alumínio (CBA)

Diariamente são retirados aproximadamente 920 Kg de alumínio de cada forno com o auxílio de um cadinho hermeticamente fechado (capacidade de 1,5t) capaz de sugar o material fundido e expelir para um recipiente de transporte (capacidade de 6,0t).

O alumínio fundido sai das Salas Fornos, a aproximadamente 850 °C e pureza mínima de 99,7 %. Seu destino é os fornos de fusão da fundição onde, se necessário, são adicionado outros metais como magnésio, silício, manganês e ferro de acordo com a especificação da liga. Na fundição são produzidos lingotes, placas/tarugos, vergalhões e bobinas através dos processos de lingoteira, Wagstaff, Properzzi e Caster respectivamente. Parte desses produtos são destinados à comercialização, quanto à utilização interna, ambos são destinados a área de transformação plástica conhecida como FTP. A figura 12 mostra a linha de produtos da área de fundição.

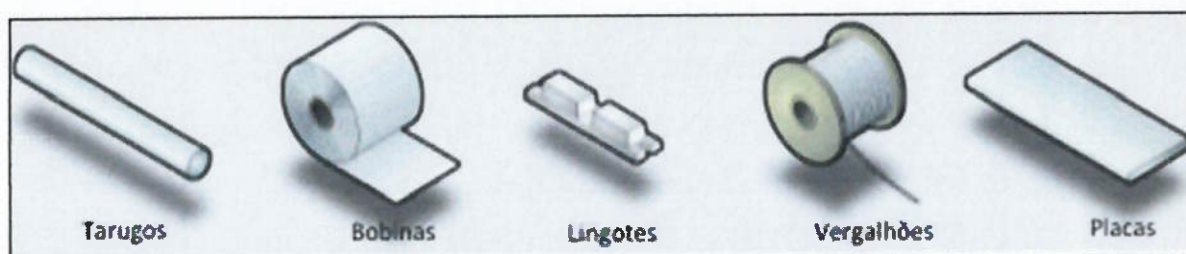


Figura 12 – Produtos da área de fundição  
Fonte: Site da Companhia Brasileira de Alumínio (CBA)

### 3.2. USO DO CICLO PDCA NO PROJETO

Para atingir a excelência no projeto de redução do tempo de *setup* foi necessário elaborar uma metodologia que englobasse uma atmosfera maior em função do fluxo de implantação da TRF. Foi escolhida uma ferramenta bastante utilizada nas empresas e que está bem difundida na empresa estudada, trata-se do ciclo PDCA. Esta ferramenta visa a busca contínua pela melhoria através da divisão do projeto em quatro fases: Plan (planejamento do projeto), Do (implantação do TRF), Check (Avaliação dos resultados) e Act (ação sobre resultados fora da meta ou melhorias adicionais). A figura 13 mostra um ciclo PDCA com todas as fases do projeto distribuídas em cada etapa.

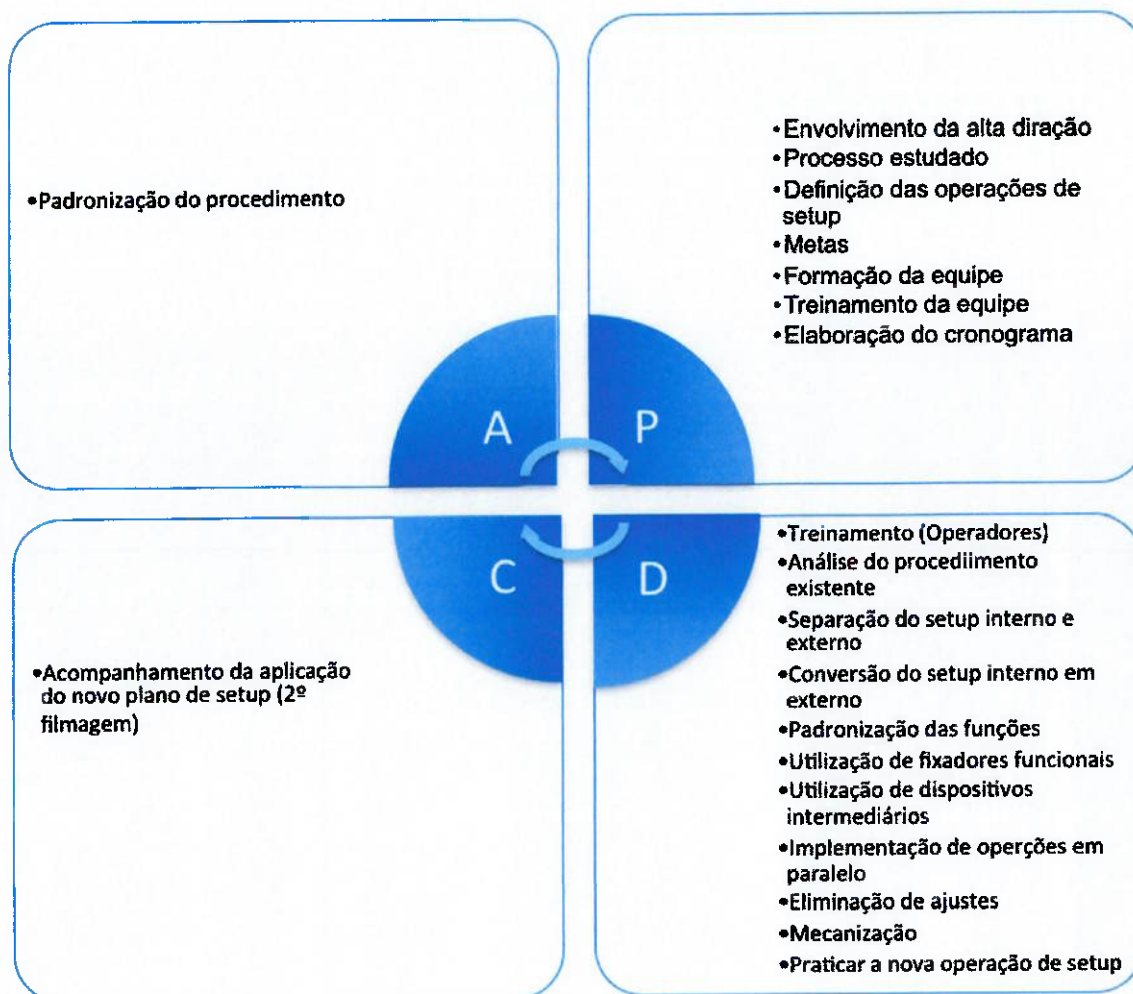


Figura 13 – Ciclo PDCA do projeto

### 3.3. FASE DE PLANEJAMENTO

#### 3.3.1. ENVOLVIMENTO DA ALTA DIREÇÃO

A alta direção da unidade de Alumínio é composta pelo diretor industrial e os gerentes gerais de cada área, são elas: Alumina, Salas Fornos, Fundição, Transformação Plástica (FTP), Manutenção, RH/Almoxarifado e Sistemas de Gestão. As áreas comercial e suprimentos estão localizados no prédio corporativo, o qual está localizado na cidade de São Paulo – SP. A figura 14 representa o organograma da unidade incluindo a alta direção.

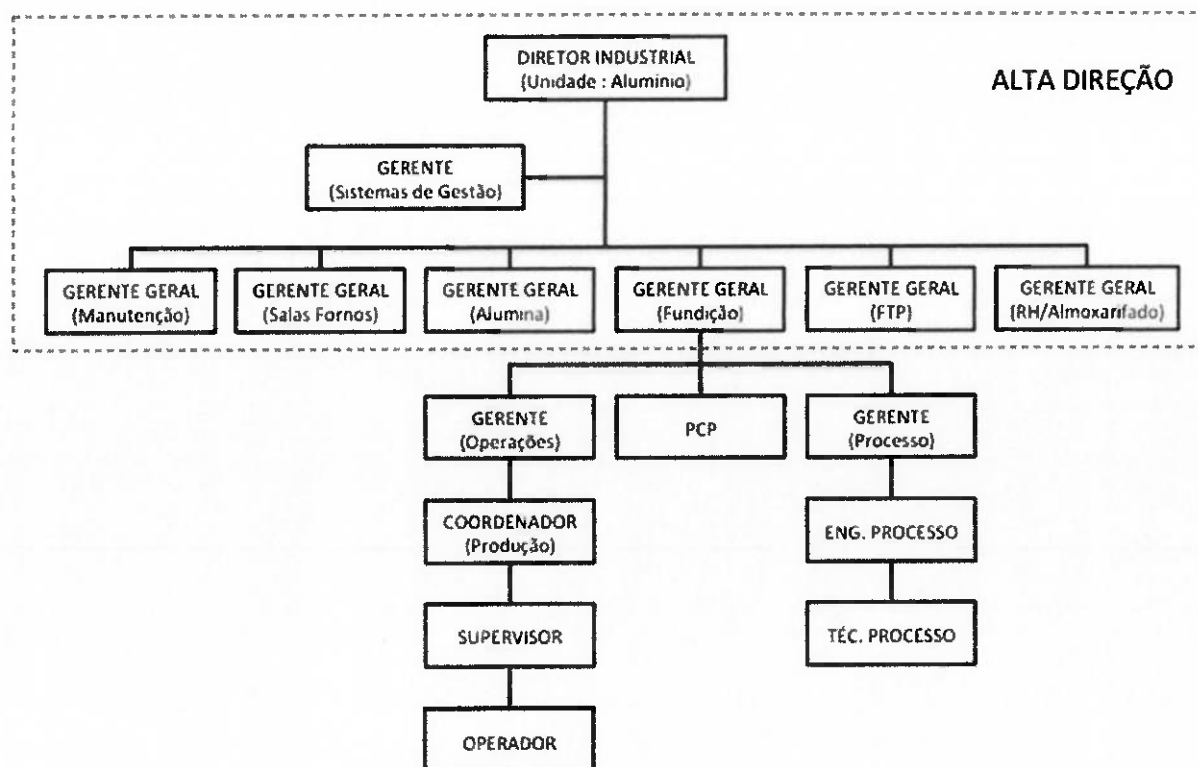


Figura 14 – Organograma da empresa com foco na gerência da fundição

Devido ao fato da área de fundição ser o escopo deste trabalho, sua gerência está descrita com maior nível de detalhamento no organograma.

A função do diretor da planta envolve a cobrança dos resultados em função das metas estabelecidas e garantir o cumprimento do planejamento estratégico junto ao corporativo. Os gerentes gerais tem a missão de administrar as suas áreas de forma independente, ou seja, possuem seu próprio orçamento, dimensionamento de quadro, centro de custo e planejamento estratégico para a área.

No caso de um projeto de melhoria na área de Fundição é necessário obter o envolvimento de toda a área, desde o operador até os gerentes de produção e processo. O gerente geral da Fundição tem a função de patrocinador do projeto. Ele deve incentivar toda a equipe de melhoria, cobrar resultados e ajudar na minimização de dificuldades enfrentadas pela equipe.

Para o gerente geral ficar envolvido com o projeto, foram criadas reuniões semanais de progresso, com duração de 1 hora, a fim de acompanhar o andamento do projeto.

### 3.3.2. O PROCESSO ESTUDADO

O processo *Twin Roll Caster*, conhecido popularmente como Caster, consiste no vazamento contínuo de metal fundido para a fabricação de chapas. A empresa possui 8 equipamentos desse tipo, capazes de fabricar chapas entre 3 a 9 mm de espessura. Os equipamentos são capazes de produzir 200 toneladas/dia.

Seu funcionamento inicia-se no transporte do metal líquido do forno até o injetor com o auxílio de uma calha de transporte. Durante esse trajeto, o metal sofre um processo de desgaseificação, recebe refinadores de grão e passa por um sistema de filtragem (filtro cerâmico e filtro de bolas). Esses tratamentos têm a função de garantir um material com alta qualidade metalúrgica e mecânica. O injetor é composto por material cerâmico e tem a função de distribuir de forma uniforme o metal no cilindro.

Os dois cilindros rotativos são confeccionados de aço e possuem um sistema de refrigeração interna com água. O metal originado do injetor sofre um processo de solidificação e deformação. A chapa formada sai do cilindro sem sofrer processo de recristalização com uma temperatura aproximada de 300 ° C. A espessura final da chapa é definida pelo distanciamento entre os cilindros.

O bom funcionamento do injetor e dos cilindros são cruciais para a qualidade do produto final. Os cilindros devem garantir uma alta taxa de resfriamento que pode variar de 150 °C/s até taxas acima de 300 °C/s dependendo da espessura da chapa fabricada. A figura 15 mostra o funcionamento de um Caster.

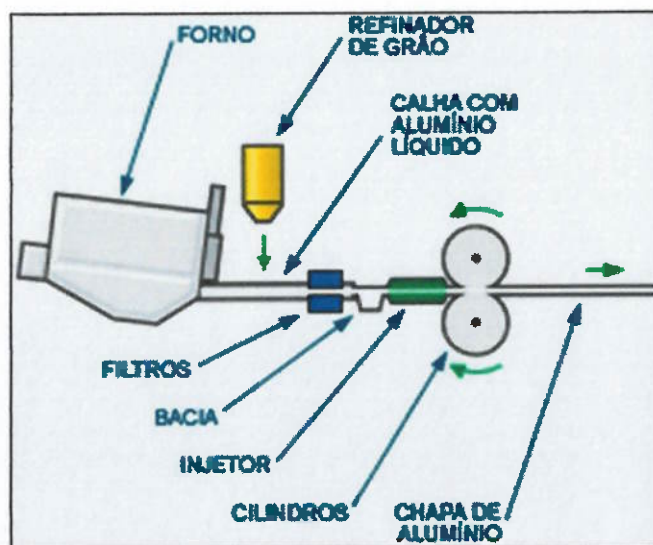


Figura 15 – Funcionamento de um Caster

Para avaliar o comportamento do setor de Casters foi utilizado um período base cedido pela empresa. Este período tem a duração de sete meses e abrange os meses de agosto de 2011 até fevereiro de 2012. Neste período foram avaliados quesitos como produção, tempo disponível, tempo de parada e tempo de produção dos equipamentos.

Esta avaliação foi realizada para os Casters 1 a 6 devido a similaridade dos equipamentos. Os Casters 7 e 8 são equipamentos mais modernos, com capacidade de produção superior e com processo de *setup* diferente. A tabela 1 apresenta a informação sobre o período base seguido da figura 16 que mostra o gráfico de comportamento da produção neste intervalo de tempo.

Tabela 1 – Período base (agosto/11 até fevereiro/12)

MÁQUINA	CASTER 1	CASTER 2	CASTER 3	CASTER 4	CASTER 5	CASTER 6	CONSOLIDADO
PRODUÇÃO (ton.)	4.781,5	5.705,6	6.284,9	6.530,9	4.870,7	6.084,7	34.258,2
HORAS DISPONÍVEIS (h)	5.112,0	5.112,0	5.112,0	5.112,0	5.112,0	5.112,0	30.672,0
PARADAS (h):							
MANUTENÇÃO	999,5	224,1	393,4	233,2	493,6	587,0	2.930,7
PRODUÇÃO	277,1	466,8	243,5	342,8	386,3	185,2	1.901,7
HORAS PRODUTIVAS (h)	3.835,4	4.421,1	4.475,2	4.536,0	4.232,1	4.339,9	25.839,7



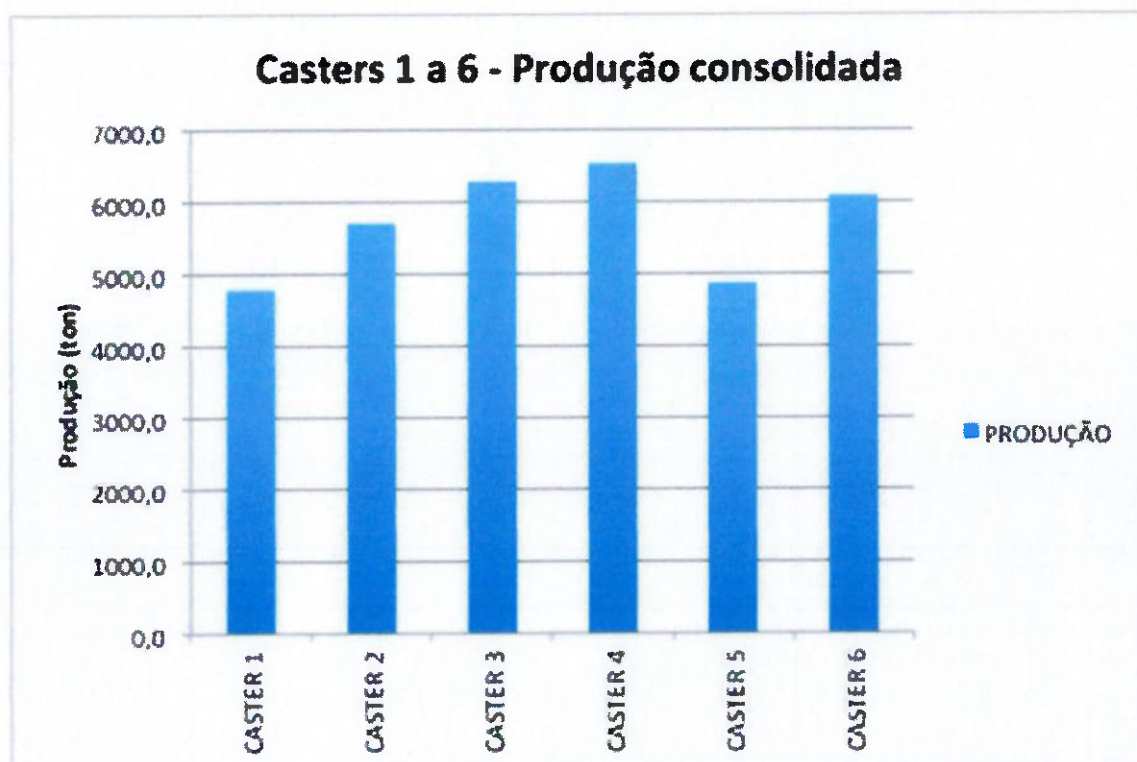


Figura 16 – Produção consolidada dos Casters 1 a 6 no período base

Para os tempos de paradas dos equipamentos foi efetuada uma avaliação mais profunda a fim de classificar os principais motivos dessas interrupções. Em virtude do escopo deste trabalho foram desconsideradas as paradas devido à manutenção. Os dados foram organizados em uma tabela e os tempos de paradas da produção foram divididos nos seguinte itens: *setup*, ajustes, espera de material, interrupções (Outros motivos que justificam a parada do equipamento) e intervalos (tempo de atraso relacionado a troca de turno e retorno da refeição). A tabela 2 representa os principais motivos das paradas de produção.

Tabela 2 – Motivos das paradas da produção (agosto/11 até fevereiro/12)

MÁQUINA	CASTER 1	CASTER 2	CASTER 3	CASTER 4	CASTER 5	CASTER 6	CONSOLIDADO
SETUP (h)	190,7	344,93	151,1	259,75	286,73	137,87	1.371,08
AJUSTES (h)	47,1	52,1	64	47,6	56,7	20,9	288,4
ESPERA DE MATERIAL (h)	18,9	43,8	9,5	14,5	26,7	15,5	128,9
INTERRUPÇÕES (h)	11,1	12,9	10	10,8	9,5	6,7	61
INTERVALOS (h)	9,3	13,1	8,9	10,1	6,7	4,2	52,3
TOTAL (h)	277,1	466,83	243,5	342,75	386,33	185,17	1.901,68

Para entender a importância de cada motivo foi criado um gráfico de Pareto em função dos valores consolidados de todas as máquinas. Para a elaboração deste gráfico foi necessário elaborar uma tabela que revelasse a percentagem de cada motivo em função do total de horas paradas da produção, posteriormente achou-se a percentagem acumulada. A tabela 3 apresenta a percentagem acumulada para cada quesito seguido da figura 17 que mostra o gráfico de Pareto.

Tabela 3 – Percentagem acumulada dos eventos (agosto/11 até fevereiro/12)

MÁQUINA	CONSOLIDADO (h)	PERCENTAGEM (%)	PERCENTAGEM ACUMULADA (%)
SETUP	1.371,08	72,1	72,1
AJUSTES	288,4	15,2	87,3
ESPERA DE MATERIAL	128,9	6,8	94,0
INTERRUPÇÕES	61	3,2	97,2
INTERVALOS	52,3	2,8	100,0
TOTAL	1.901,68	100,0	-

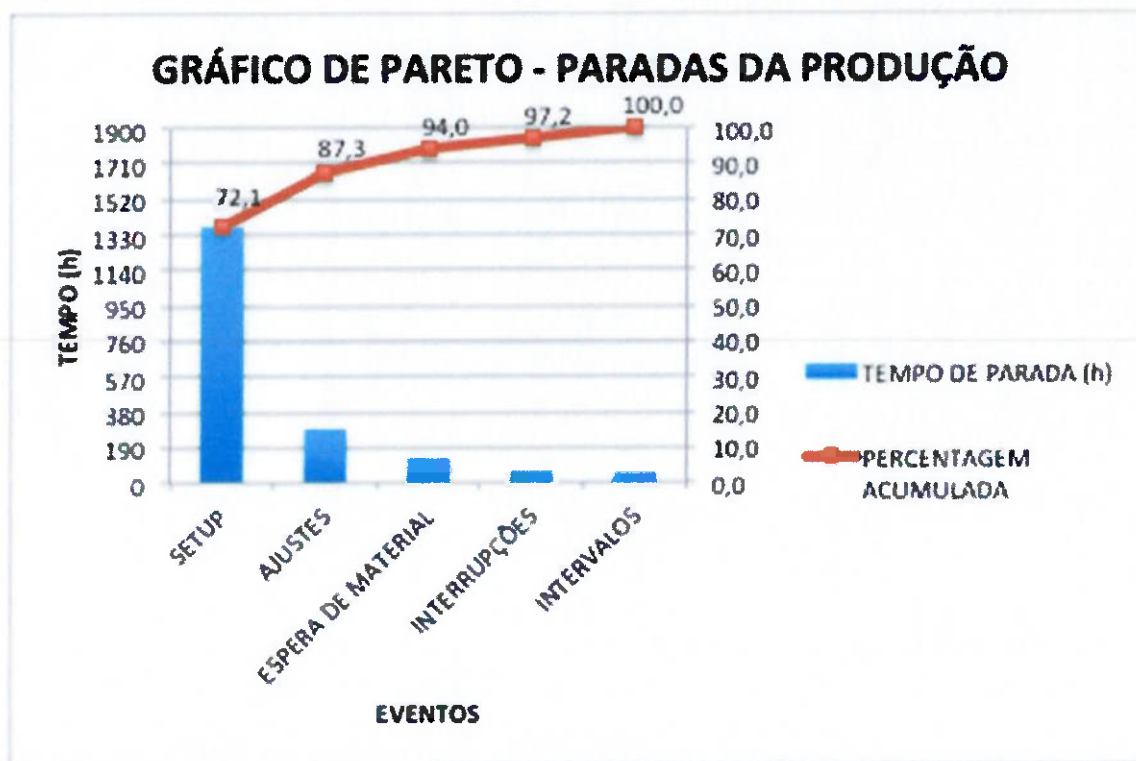


Figura 17 – Gráfico de Pareto para as paradas da produção no período base



O gráfico de Pareto revelou que 72,1% das paradas da produção ocorrem por causa das operações de *setup*. Posteriormente foi feita uma estratificação do tempo gasto em *setup* a fim de definir quais máquinas apresentaram o número maior de horas paradas no período base. Foi elaborada uma tabela que representa a percentagem acumulada destas máquinas e um gráfico de Pareto. A tabela 4 apresenta a percentagem acumulada para cada máquina seguida da figura 18 que mostra o gráfico de Pareto.

Tabela 4 – Percentagem acumulada das máquinas (agosto/11 até fevereiro/12)

MÁQUINA	CASTER 2	CASTER 5	CASTER 4	CASTER 1	CASTER 3	CASTER 6	CONSOLIDADO
PARADA (h) - <i>SETUP</i>	344,93	286,73	259,75	190,7	151,1	137,87	1.371,08
PERCENTAGEM (%)	25,2	20,9	18,9	13,9	11,0	10,1	100,0
PERCENTAGEM ACUMULADA (%)	25,2	46,1	65,0	78,9	89,9	100,0	-

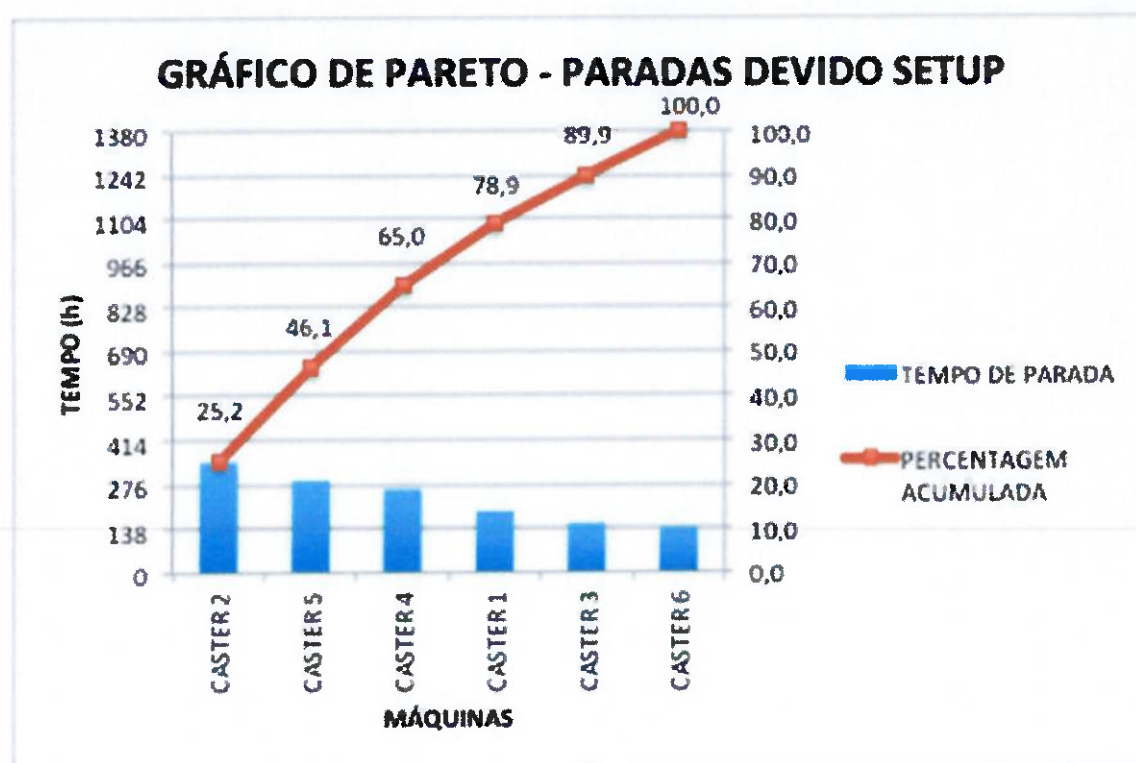


Figura 18 – Gráfico de Pareto representando o tempo de parada do *setup* distribuído entre as máquinas.

Esta estratificação mostrou que, dentro do período base, o Caster 2 foi o

equipamento com maior número de horas paradas devido ao *setup*, cerca de 25,2% das horas totais.

### 3.3.3. DEFINIÇÃO DAS OPERAÇÕES DE *SETUP* DO EQUIPAMENTO

A etapa de *setup* dos Casters pode ser dividida em duas operações conhecidas como: troca de injetor e cilindro. Trata-se de duas operações complexas que envolvem procedimentos de desmontagem e movimentação de peças pesadas com o auxílio de pontes rolantes. O ambiente onde os operadores realizam a atividade é insalubre devido à temperatura elevada, logo o fator fadiga influencia diretamente o desempenho da equipe.

A troca de cilindro é necessária quando ocorre uma mudança de liga ou no surgimento de problemas na homogeneização da chapa. São utilizados dois tipos de cilindros neste modelo de equipamento. Os cilindros de cobre são indicados para ligas que suportam elevadas velocidades de rotação, já os confeccionados de aço são destinados à ligas que utilizam velocidades reduzidas.

A troca do injetor ocorre quando há um desgaste excessivo na peça ou incrustações originadas de impurezas que podem prejudicar a vazão de metal fundido nos cilindros.

O processo de *setup* dos Casters não possuem uma programação de execução. Geralmente, ocorrem quando se finaliza uma campanha, ou seja, a produção de uma liga durante sete dias no equipamento. Neste momento é realizada uma avaliação para decidir a necessidade da troca de um cilindro ou injetor. Porém, essa prática não é uma regra, é comum procedimentos de *setup* durante uma campanha devido ao desgaste de um injetor ou cilindro, ou até mesmo, devido à mudança para uma liga específica.

As duas operações de *setup* descritas ocorrem de forma independente e na maioria dos momentos em períodos diferentes. Por se tratar de operações que mantêm a máquina parada por horas, ações de melhoria podem aumentar a capacidade da área de produzir diferentes ligas em lotes específicos de acordo com a demanda da FTP.

### 3.3.4. METAS

No caso desta empresa, não houve a apresentação de um diagnóstico para mapear as oportunidades de melhorias no setor. Através de um processo de *Benchmarking* com outras empresas do setor e analisando os dados do período base estudado, o gerente geral da área de Fundição concluiu que o processo de preparação da máquina na área de Casters da fundição era muito longo em relação ao verificado nos concorrentes. Levando em conta as operações de troca de injetor e cilindro abordadas no item 3.3.3, a tabela 5 indica a avaliação do tempo de *setup* em função dos principais concorrentes, seguido pela figura 19 que representa o gráfico comparativo.

Tabela 5 – Avaliação do *setup* em função dos principais concorrentes

AVALIADOS	EMPRESA	CONCORRENTE A	CONCORRENTE B	CONCORRENTE C
<b>OPERAÇÃO DO <i>SETUP</i> (h):</b>				
TROCA DE INJETOR	4,9	2,5	3,1	2,8
TROCA DE CILINDRO	9,6	7,2	8,6	7,8

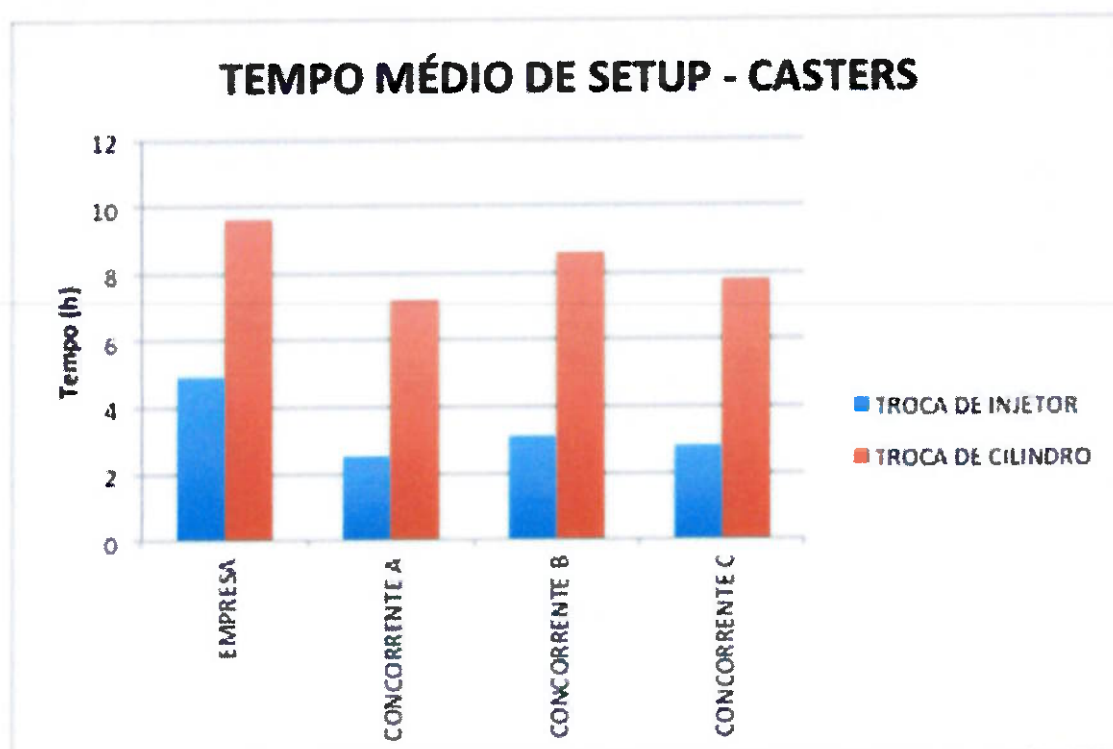


Figura 19 – Gráfico comparativo dos tempos de *setup*

Levando em consideração que os Casters dos concorrentes são originados do mesmo fabricante, o gerente geral da área de Fundição propôs o desafio de reduzir o tempo de *setup* atual em 15% em função da operação de troca de cilindro e 35% em relação à operação de troca de injetor. O concorrente A apresenta a melhor marca com um tempo de 7,2 horas para a operação de troca de cilindro (25 % mais rápido) e 2,5 horas para a atividade de troca de injetor (49% mais rápido).

Ao avaliar o comportamento das máquinas ao longo do período base apresentado no item 3.3.2, o gerente geral sugeriu focar o projeto no Caster 2, pois foi a máquina que apresentou o maior número de horas paradas devido ao *setup*. A princípio este trabalho foi limitado ao Caster 2. Caso os resultados sejam expressivos, o procedimento de redução de *setup* será padronizado e disseminado. O processo de disseminação para os Casters de 1 a 6 não será abordado neste trabalho.

### 3.3.5. FORMAÇÃO DA EQUIPE DO PROJETO

Para o processo de formação da equipe do projeto de melhoria do *setup*, foram analisados os seguintes critérios:

- A equipe deve possuir um responsável capaz de tomar decisões e ter facilidade para conseguir recursos.
- Cada participante envolvido deve conhecer o funcionamento do equipamento e deve estar apto para receber o treinamento sobre JIT e TRF.
- Envolver coordenadores de outras áreas como manutenção, PCP e processo a fim de reunir ideias de melhoria que possa ser útil para o projeto.
- Todos os supervisores de turno envolvidos com o equipamento devem participar

Através da avaliação dos critérios descritos, foi composta uma equipe por oito pessoas, sendo que três pessoas tinham a função de apoio, ou seja, para auxílio na solução de dúvidas ligadas a outras áreas. Na tabela 6 apresenta-se a estrutura da equipe do projeto.

Tabela 6 – Composição da equipe do projeto

<b>CARGO</b>	<b>FUNÇÃO NA EQUIPE DO PROJETO</b>
<b>GERENTE DE OPERAÇÕES</b>	COORDENADOR
<b>COORDENADOR DE PRODUÇÃO</b>	MULTIPLICADOR
<b>SUPERVISOR DIURNO</b>	MULTIPLICADOR
<b>SUPERVISOR VESPERTINO</b>	MULTIPLICADOR
<b>SUPERVISOR NOTURNO</b>	MULTIPLICADOR
<b>COORDENADOR – MANUTENÇÃO</b>	APOIO
<b>COORDENADOR – PCP</b>	APOIO
<b>ENGENHEIRO DE PROCESSO</b>	APOIO

O gerente geral da fundição teve a função de patrocinador deste projeto. Seu contato com a equipe deu-se através das reuniões semanais de progresso, onde a equipe reportou o cumprimento do cronograma e as dificuldades encontradas durante a semana.

### 3.3.6. TREINAMENTO DA EQUIPE DO PROJETO

O objetivo do treinamento foi garantir que todas as pessoas envolvidas diretamente no projeto conhecessem os conceitos de JIT e a sistemática de TRF, abordadas nos capítulos 2.1 e 2.2 respectivamente. O treinamento foi dividido em duas fases:

- Fase 1: Treinamento da equipe do projeto
- Fase 2: Treinamento dos operadores

O treinamento para o público da primeira fase foi dividido em 3 sessões com duração de 6 horas cada, totalizando 18 horas de curso. Foi elaborada uma apostila fundamentada nos capítulos 2.1 e 2.2 deste trabalho e foram adicionados casos reais de empresas contidas no livro 'Sistema de Troca Rápida de Ferramenta', este escrito por Shingo.

Esta primeira fase teve o objetivo de capacitar a equipe do projeto para ser referência no conhecimento das técnicas para a implantação da TRF. Posteriormente, esses participantes tiveram a missão de multiplicar esse

conhecimento para a equipe de operadores na fase de execução do projeto. O anexo 1 mostra o controle de presença do treinamento.

### **3.3.7. ELABORAÇÃO DO CRONOGRAMA DO PROJETO**

O gerente geral estipulou um prazo de 2 meses para implantar a sistemática de TRF no Caster 2. A equipe do projeto elaborou um cronograma de implantação a fim de criar uma estratégia segura para o cumprimento do prazo. Todos os passos contidos no ciclo PDCA foram listados de forma sequencial, com seus respectivos responsáveis e as datas estipuladas para o início e fim de cada passo. O cronograma possuía um campo referente a uma breve descrição sobre a atividade.

As reuniões de progresso junto com o gerente geral foram realizadas todas as semanas e foram mostradas nesse cronograma. A figura 20 apresenta o cronograma criado para a implantação da TRF.

EMPRESA X	CRONOGRAMA DO PROJETO DE REDUÇÃO DO TEMPO DE SETUP			
	UNIDADE: Alumínio			
	EQUIPAMENTO: Caster 2			
	INÍCIO: 06/04/12		TÉRMINO: 07/06/12	
ATIVIDADE	PRAZO DE REALIZAÇÃO		BREVE DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE	RESPONSÁVEL
	INÍCIO	TÉRMINO		
Reunião com a alta direção	06/04/12	06/04/12	Abertura do projeto e apresentação da equipe	Gerente geral
Levantar informações na área	09/04/12	12/04/12	Conhecer a IOT e montar o layout da área	Equipe
Reunião com a alta direção	13/04/12	13/04/12	Apresentar uma visão inicial sobre a área e possíveis dificuldades	Gerente geral
Processo de filmagem do setup atual	16/04/12	19/04/12	Realizar a filmagem para a operação de troca de cilindro e injetor	Equipe
Reunião com a alta direção	20/04/12	20/04/12	Mostrar um resumo da filmagem e abordar possíveis melhorias	Gerente geral
Elaborar o mapa de deslocamento do setup atual	23/04/12	25/04/12	Elaborar um mapa de deslocamento para cada operação	Equipe
Elaborar melhorias no setup atual	26/04/12	14/05/12	Gráfico de Gantt, Separação do setup interno e externo, conversão do setup interno em externo e melhorias	Equipe
Reunião com a alta direção	27/04/12	27/04/12	Mostrar os mapas de deslocamento e os primeiros passos da etapa de melhora	Gerente geral
Reunião com a alta direção	04/05/12	04/05/12	Discutir os potenciais de melhoria e possíveis investimentos financeiros	Gerente geral
Reunião com a alta direção	11/05/12	11/05/12	Discutir o andamento do projeto e melhorias adicionais	Gerente geral
Elaboração do setup proposto	15/05/12	17/05/12	Gráfico de Gantt do setup proposto, checklist e procedimentos criados	Equipe
Reunião com a alta direção	18/05/12	18/05/12	Apresentar o setup proposto	Gerente geral
Praticar a nova operação de setup	21/05/12	24/05/12	Acompanhar a execução da nova proposta junto aos operadores	Equipe
Reunião com a alta direção	25/05/12	25/05/12	Discutir o andamento do projeto e abordar a prática de uma segunda filmagem	Gerente geral
Realização da segunda filmagem	28/05/12	31/05/12	Gráfico de Gantt e mapa de deslocamento	Equipe
Reunião com a alta direção	01/06/12	01/06/12	Apresentação dos resultados da segunda filmagem	Gerente geral
Padronização do setup	04/06/12	06/06/12	Oficializar a nova sequência de atividades do setup	Equipe
Reunião com a alta direção	07/06/12	07/06/12	Apresentação dos resultados e fechamento do projeto	Gerente geral

Figura 20 – Cronograma do projeto

### 3.4. FASE DE EXECUÇÃO

#### 3.4.1. TREINAMENTO DOS OPERADORES

Trata-se da segunda fase do treinamento, este destinado aos operadores da produção. Esse treinamento teve o objetivo de transmitir os conceitos básicos do JIT

e TRF. Os operadores receberam uma orientação teórica e durante o projeto foram constantemente treinados na área pela equipe do projeto.

Elaborou-se uma apostila simplificada baseada nos capítulos 2.1 e 2.2 deste trabalho. Um treinamento foi desenvolvido e administrado pelos integrantes da equipe do projeto e teve duração de 6 horas. Utilizou-se o mesmo controle de presença utilizado na primeira fase de treinamento, encontrado no anexo 1.

### **3.4.2. O PROCEDIMENTO EXISTENTE DE *SETUP***

A equipe deslocou-se até a área da fundição onde está localizado o Caster 2 a fim de levantar informações adicionais sobre o equipamento. Devido à fase de treinamento, todos os integrantes do projeto já conheciam os operadores da máquina.

O primeiro passo foi levantar o procedimento operacional padrão para a operação de *setup* do equipamento, este conhecido como IOT (Instrução Operacional de Trabalho). Posteriormente foi montado um *layout* da área a fim de mostrar a disposição dos equipamentos. A figura 21 mostra o *layout* montado pela equipe.



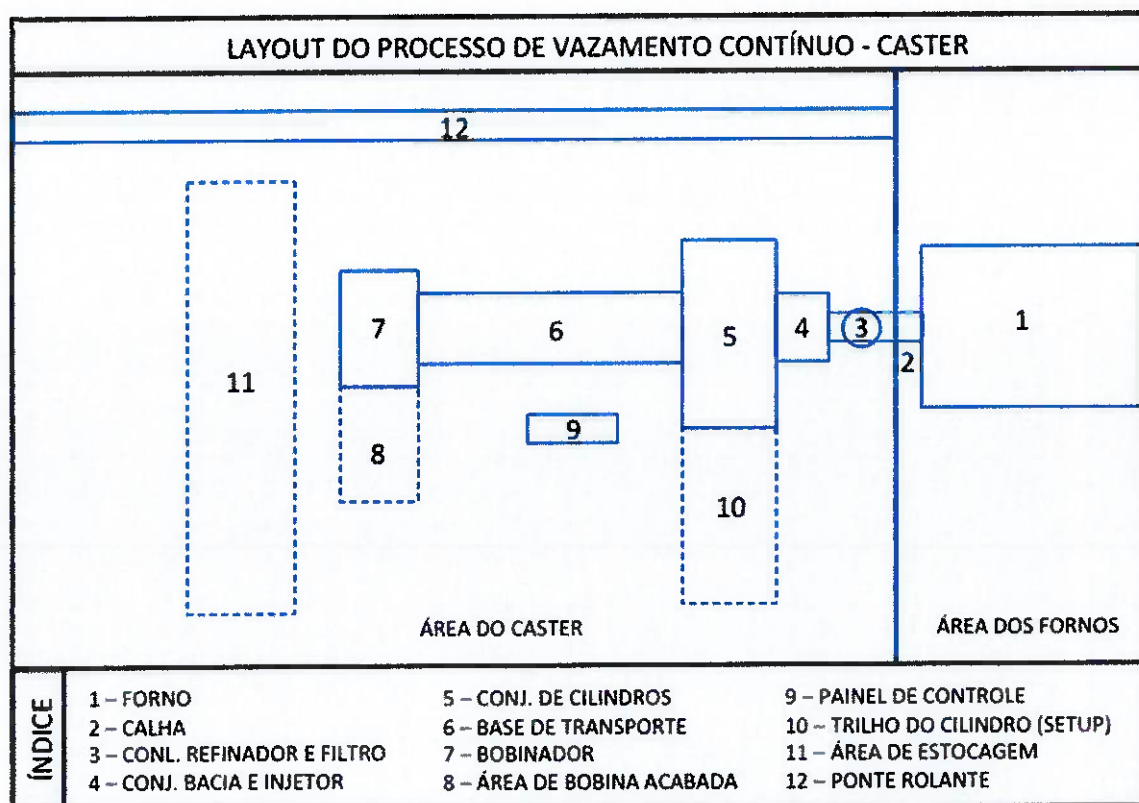


Figura 21 – Layout do Caster 2

Com o layout pronto, iniciou-se o processo de filmagem das duas operações de *setup*. Foi realizada uma reunião na área com a equipe a fim de definir a estratégia de filmagem. Utilizou-se uma câmera fixa capaz de registrar toda a operação e câmeras móveis com o objetivo de filmar as atividades de cada operador. Foram escolhidas duas pessoas da equipe do projeto para a atividade: o coordenador e supervisor de produção. Emprestou-se dois técnicos da área de processo para auxiliar essas pessoas no processo de filmagem.

Realizou-se uma breve reunião com os operadores, sendo a filmagem programada para um dia comum de *setup*. As duas operações foram registradas em dias diferentes e os operadores foram orientados para realizarem suas atividades de forma normal, ou seja, sem aumento de ritmo. A tabela 7 representa a distribuição da equipe e os operadores filmados nas duas operações:

Tabela 7 – Equipe de filmagem

CÂMERA	EQUIPE DO PROJETO	OPERADOR FILMADO
FIXA	COORDENADOR DE PRODUÇÃO	-
1	SUPERVISOR DE PRODUÇÃO	OP1
2	TÉCNICO DE PROCESSO	OP2
3	TÉCNICO DE PROCESSO	OP3

Nos dias das respectivas filmagens, os responsáveis pelas câmeras iniciaram as filmagens alguns minutos antes do início da operação de *setup*. Foram filmadas todas as ações de cada operador. Em nenhum momento do processo de registro os operadores foram abordados ou receberam aconselhamentos sobre as suas ações. O fim da filmagem ocorreu quando o primeiro lote foi confeccionado atendendo todos os parâmetros de qualidade. Após a etapa de filmagem, os filmes foram editados e organizados de forma sequenciada para mostrar as duas operações.

Para analisar as atividades, todos os envolvidos inclusive os operadores foram convidados. Nesta etapa, os operadores assistiram ao filme e identificaram o momento de início e fim de cada atividade. Essa análise foi um pouco demorada pois o filme foi visto várias vezes.

Todas as atividade encontradas dentro das operações de troca de cilindro e injetor foram listadas de forma sequenciada, junto com o tempo de duração de cada uma. O quesito ponte rolante foi anexado a fim de mapear as atividades de movimentação de peças pesadas que contribuem para o aumento do tempo de *setup*. As tabelas 8 e 9 apresenta as atividades listadas, com seus tempos de duração, para as operações de troca de cilindro e injetor, respectivamente.

Tabela 8 – Atividades da operação de troca de cilindro

ITEM	ATIVIDADE	DURAÇÃO (min)	USO DA PONTE
1	Corte do rolo	4	Não
2	Efetuação parada da máquina	9	Não
3	Efetuação limpeza calhas e bacia	8	Não
4	Retirando bacia e calha intermediária	20	Sim
5	Efetuação limpeza nos cilindros	34	Não
6	Aguardando Manutenção para bloqueio de energia do CFF	46	Não
7	Buscando o coletor de metal (ponte rolante)	10	Sim
8	Esgotando filtro CFF/PDBF	31	Não
9	Bloqueio de energia	18	Não
10	Drenagem de água do cilindro	13	Não
11	Retirada dos flexíveis e juntas rotativas com a ponte rolante	51	Sim
12	Colocação dos calços de segurança	20	Não
13	Buscar o calço de segurança no Caster 3	6	Não
14	Retirada do calço do carrinho	7	Não
15	Retirada do cilindro da gaiola	18	Sim
16	Retirada de chapa e body dos trilhos	81	Sim
17	Retirada da chaparia do piso (com ponte rolante)	4	Sim
18	Buscar pino trava no Caster 1	5	Não
19	Colocação do cilindro na máquina e calço de segurança	21	Sim
20	Acerto nos calços do carrinho	14	Não
21	Buscar calço para carrinho no caster 5 e 6	9	Não
22	Limpeza no porão do cilindro	47	Sim
23	Colocação dos cilindros na gaiola	15	Sim
24	Retirada dos calços de segurança e posicionamento dos calços de apoio	14	Não
25	Colocação dos calços no carrinho	3	Não
26	Montagem das juntas e flexíveis	94	Sim
27	Montagem da bacia e calha intermediária	28	Sim
28	Acerto do entreferro	79	Não
29	Limpeza de roca no Caster 3	6	Não
30	Descontrole de nível no Caster 3	9	Não
31	Limpeza e aquecimento do cilindro	30	Não

Tabela 9 – Atividades da operação de troca de injetor

ITEM	ATIVIDADE	DURAÇÃO (min)	USO DA PONTE
1	Efetuar limpeza calhas e bacia	8	Não
2	Esgotar filtro CFF/PDBF	30	Não
3	Efetuar parada da máquina	9	Não
4	Abrir dreno	6	Não
5	Limpeza do alpur	20	Não
6	Retirada da calha intermediária	13	Sim
7	Retirada da bacia	7	Sim
8	Retirada do injetor	4	Sim
9	Limpeza e lixar cilindros	10	Não
10	Acerto do entreferro	5	Não
11	Corte e retirada do rolo	4	Não
12	Buscar injetor na sala de confecção	44	Não
13	Montagem do injetor	40	Sim
14	Colocação da bacia / calha intermediária	21	Sim
15	Colocação do bico / preparação da bacia	17	Sim
16	Retirada do coletor e colocação de outro para partida	4	Sim
17	Preparação dos cilindros com grafite	5	Não
18	Fechamento do BC	7	Não
19	Retirada da chapa do leito da máquina	8	Sim
20	Esvaziar coletor com empilhadeira	47	Não
21	Drenagem do metal e partida	27	Não
22	Ajuste dos parâmetros da máquina em vazamento	40	Não

Para auxiliar os próximos passos do projeto de redução de *setup* do Caster 2, a equipe elaborou um mapa de deslocamento dos operadores com auxílio da filmagem do *setup*. Esta etapa consiste em desenhar sobre o *layout* apresentado todo o percurso que os operadores realizaram durante as duas operações.

A equipe estipulou um movimento como um percurso acima de 5 metros, devido às dimensões da máquina. No processo de avaliação do filme foram anotados todos os locais envolvidos no deslocamento e quantas vezes foram feitos esses percursos. Foi dado foco nos movimentos em torno da máquina que consomem tempo e esforços dos operadores. A movimentação sobre o *layout* foi traçada com linhas de cores diferentes para diferenciar o trajeto de cada operador.

Finalizados todos os traçados, o mapa foi impresso em uma folha de tamanho A2 com as dimensões da área do Caster 2 e suas dependências. Todos os trajetos foram medidos e obtidas as distâncias aproximadas de cada operador. As tabelas 10

e 11 mostram a análise de deslocamento seguidos pelas figuras 22 e 23 que representam os mapas de deslocamento confeccionados para as operações de troca de cilindro e injetor, respectivamente.

Tabela 10 – Análise de deslocamento na operação de troca de cilindro

ITEM	TRAJETO	OPERADOR	DISTÂNCIA (m)	FREQUÊNCIA (vezes)	TOTAL (m)
1	Área do injetor/calha até área de peças	OP2	14,6	16	233,6
2	Área do injetor/calha até área do cilindro/sucata	OP2	20,2	2	40,4
3	Área do injetor/calha até painel de controle	OP1	14,5	5	72,5
4	Circulação envolta do carrinho do cilindro e gaiola	OP1	12,0	7	84
5	Área do trilho do cilindro até área do cilindro reserva e sucata	OP2	9,4	10	94
6	Circulação envolta da gaiola	OP1	5,5	10	55
7	Deslocamento até o Caster 3	OP2	27,4	6	164,4
8	Deslocamento até os Casters 5 e 6	OP1	111,1	2	222,2
9	Deslocamento até o Caster 1	OP2	31,2	2	62,4
10	<b>TOTAL</b>	-	-	-	<b>1028,5</b>

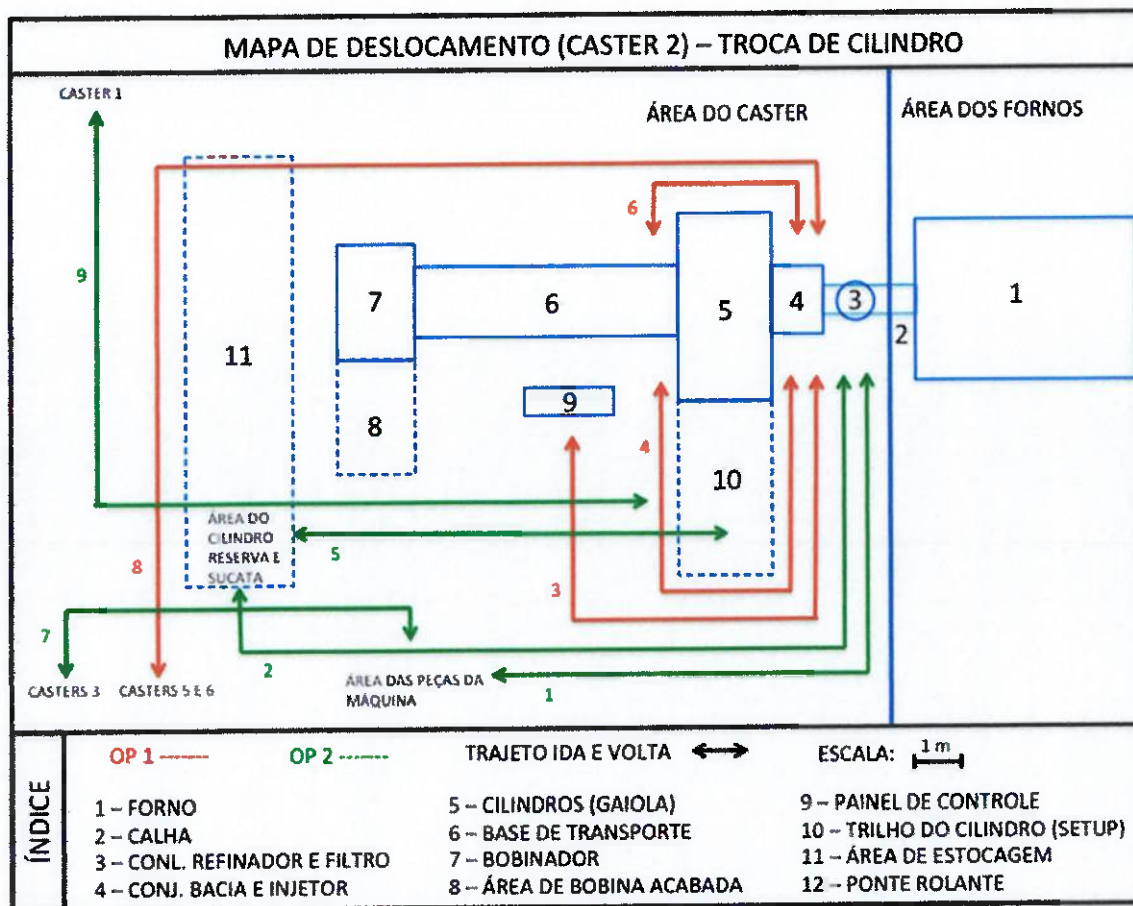


Figura 22 – Mapa de deslocamento da operação de troca de cilindro

Tabela 11 – Análise de deslocamento na operação de troca do injetor

ITEM	TRAJETO	OPERADOR	DISTÂNCIA (m)	FREQUÊNCIA (vezes)	TOTAL (m)
1	Área do injetor/calha até área de peças	OP2	14,6	10	146
2	Área do injetor/calha até sala de confeção do injetor	OP2	48,5	2	97
3	Área do injetor/calha até painel de controle	OP1	8	4	32
4	Circulação envolta gaiola do cilindro (lado esquerdo)	OP1	6,7	10	67
5	Área do injetor/calha até área do coletor reserva	OP2	15,2	2	30,4
6	Circulação envolta da gaiola (lado direito)	OP1	6,1	4	24,4
7	Gaiola do cilindro até a bobinador	OP3	5,5	2	11
10	<b>TOTAL</b>	-	-	-	<b>407,8</b>

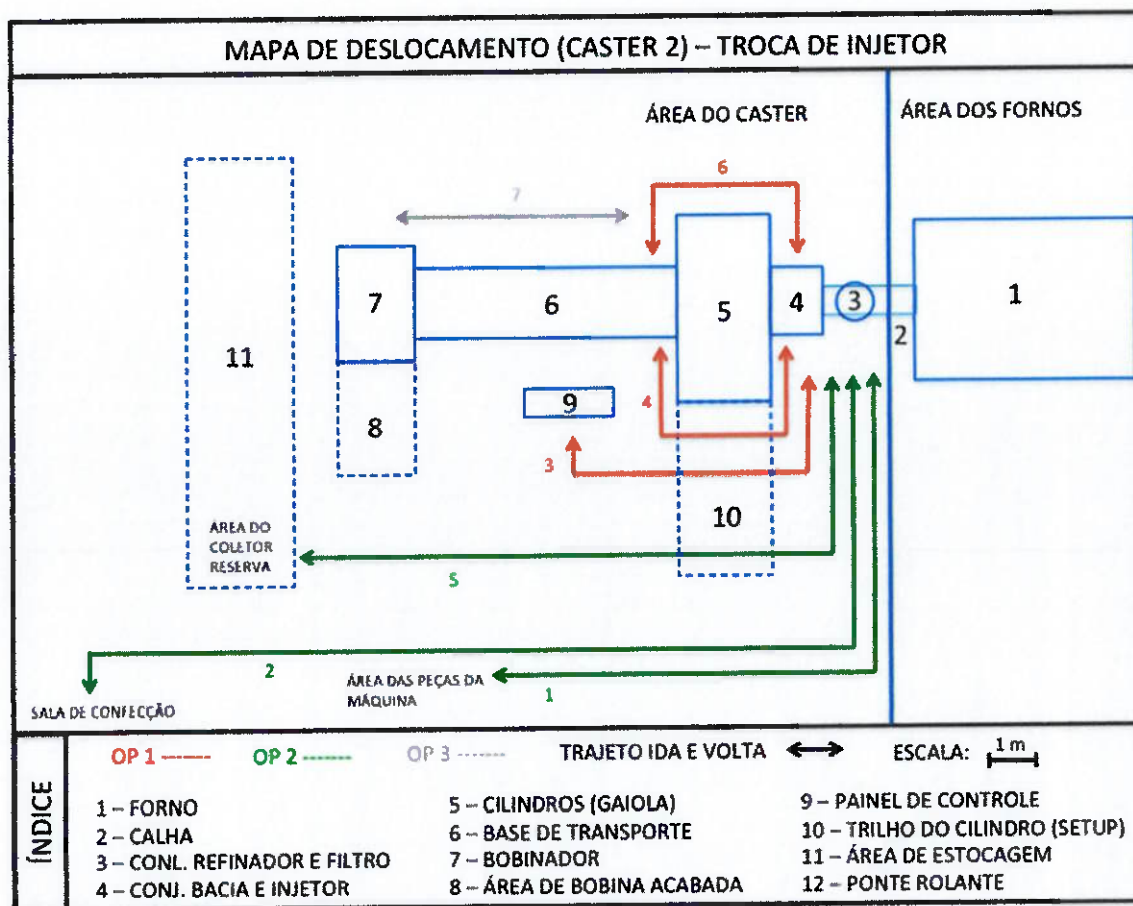


Figura 23 – Mapa de deslocamento da operação de troca do injetor

Com os mapas de deslocamento finalizados foram construídos dois gráficos de Gantt para representar o tempo de *setup*. Todas as atividades foram distribuídas no gráfico de forma sequenciada em função da operação. As duas operações possuíam mais de um operador, logo era comum encontrar atividades ocorrendo em paralelo. Com o gráfico finalizado, foi possível encontrar um tempo de *setup* de 9,3 horas (558 minutos) para a operação de troca de cilindro e 4,23 horas (254 minutos) para a troca de injetor. Os apêndices B e C apresentam os dois gráficos de Gantt das operações de troca do cilindro e injetor, respectivamente.

### 3.4.3. SEPARAÇÃO DO *SETUP* INTERNO E EXTERNO

Com base no capítulo 2.2.4 deste trabalho, as atividades das duas operações de *setup* foram identificadas e organizadas em uma tabela a fim de classificar em

função do tipo de *setup*: interno ou externo. Estas atividades foram avaliadas pela equipe do projeto com auxílio dos operadores da área. A classificação foi colocada em uma coluna ao lado de cada atividade. As tabelas 12 e 13 mostram as classificações em função do tipo de *setup* para as operações de troca de cilindro e injetor, respectivamente.

Tabela 12 – Separação do *setup* interno e externo (Troca de cilindro)

ITEM	ATIVIDADE	SETUP INTERNO	SETUP EXTERNO
1	Corte do rolo	X	
2	Efetuação parada da máquina	X	
3	Efetuação limpeza calhas e bacia	X	
4	Retirando bacia e calha intermediária	X	
5	Efetuação limpeza nos cilindros	X	
6	Aguardando Manutenção para bloqueio de energia do CFF	X	
7	Buscando o coletor de metal (ponte rolante)	X	
8	Esgotando filtro CFF/PDBF	X	
9	Bloqueio de energia	X	
10	Drenagem de água do cilindro	X	
11	Retirada dos flexíveis e juntas rotativas com a ponte rolante	X	
12	Colocação dos calços de segurança	X	
13	Buscar o calço de segurança no Caster 3	X	
14	Retirada do calço do carrinho	X	
15	Retirada do cilindro da gaiola	X	
16	Retirada de chapa e body dos trilhos	X	
17	Retirada da chaparia do piso (com ponte rolante)	X	
18	Buscar pino trava no Caster 1	X	
19	Colocação do cilindro na máquina e calço de segurança	X	
20	Acerto nos calços do carrinho	X	
21	Buscar calço para carrinho no caster 5 e 6	X	
22	Limpeza no porão do cilindro	X	
23	Colocação dos cilindros na gaiola	X	
24	Retirada dos calços de segurança e posicionamento dos calços de apoio	X	
25	Colocação dos calços no carrinho	X	
26	Montagem das juntas e flexíveis	X	
27	Montagem da bacia e calha intermediária	X	
28	Acerto do entreferro	-	-
29	Limpeza de roca no Caster 3	X	
30	Descontrole de nível no Caster 3	X	
31	Limpeza e aquecimento do cilindro	-	-



Tabela 13 – Separação do *setup* interno e externo (Troca do injetor)

ITEM	ATIVIDADE	SETUP	SETUP
		INTERNO	EXTERNO
1	Efetuar limpeza calhas e bacia	X	
2	Esgotar filtro CFF/PDBF	X	
3	Efetuar parada da máquina	X	
4	Abrir dreno	X	
5	Limpeza do alpur	X	
6	Retirada da calha intermediária	X	
7	Retirada da bacia	X	
8	Retirada do injetor	X	
9	Limpeza e lixar cilindros	X	
10	Acerto do entreferro	X	
11	Corte e retirada do rolo	X	
12	Buscar injetor na sala de confecção	X	
13	Montagem do injetor	X	
14	Colocação da bacia / calha intermediária	X	
15	Colocação do bico / preparação da bacia	X	
16	Retirada do coletor e colocação de outro para partida	X	
17	Preparação dos cilindros com grafite	X	
18	Fechamento do BC	X	
19	Retirada da chapa do leito da máquina	X	
20	Esvaziar coletor com empilhadeira	X	
21	Drenagem do metal e partida	X	
22	Ajuste dos parâmetros da máquina em vazamento	X	

Após a classificação, a equipe constatou que todas as atividades das duas operações ocorreram com a máquina parada. Detectou-se que algumas atividades não fazem parte da etapa de *setup* do equipamento, logo não foram classificadas como *setup* interno ou externo. Trata-se dos itens 31 e 32 da operação de troca de cilindro. Neste caso, um dos operadores interrompeu o processo de *setup* para atender um chamado do operador do Caster 3. Este tipo de atividade foi excluída do processo de *setup*.

A equipe percebeu que muitas atividades executadas com a máquina parada ocorreram devido à falta de planejamento dos operadores. Buscar ferramentas ou esperar a equipe de bloqueio de energia são práticas inadmissíveis. Elaborou-se um *checklist* a fim de organizar todas as peças, ferramentas envolvidas e condições de

trabalho. O apêndice D mostra o *checklist* criado para ajudar no planejamento das atividades.

O transporte do cilindro reserva, peças e coletores teve prioridade para ocorrer com a máquina em funcionamento. Com base no *layout* da sala, as áreas onde essas peças se encontravam foram modificadas para uma região próxima da gaiola do cilindro. Essa estratégia visou diminuir o tempo de transporte da ponte rolante.

Após a finalização dessas medidas, elaborou-se uma nova tabela para cada operação de *setup*. Nessa tabela, as atividades consideradas como *setup* interno passaram a ser classificadas como *setup* externo, com o auxílio dessas ações. As tabelas 14 e 15 mostram uma nova classificação e as medidas tomadas para essas mudanças.

Tabela 14 – Nova classificação das atividades (Troca de cilindro)

ITEM	ATIVIDADE	SETUP	SETUP	MEDIDA
		INTERNO	EXTERNO	
1	Corte do rolo	X		
2	Efetuação parada da máquina	X		
3	Efetuação limpeza calhas e bacia	X		
4	Retirando bacia e calha intermediária	X		
5	Efetuação limpeza nos cilindros	X		
6	Aguardando Manutenção para bloqueio de energia do CFF		X	Checklist
7	Buscando o coletor de metal (ponte rolante)	X		
8	Esgotando filtro CFF/PDBF	X		
9	Bloqueio de energia	X		
10	Drenagem de água do cilindro	X		
11	Retirada dos flexíveis e juntas rotativas com a ponte rolante	X		
12	Colocação dos calços de segurança	X		
13	Buscar o calço de segurança no Caster 3		X	Checklist
14	Retirada do calço do carrinho	X		
15	Retirada do cilindro da gaiola	X		
16	Retirada de chapa e body dos trilhos	X		
17	Retirada da chaparia do piso (com ponte rolante)	X		
18	Buscar pino trava no Caster 1		X	Checklist
19	Colocação do cilindro na máquina e calço de segurança	X		
20	Acerto nos calços do carrinho	X		
21	Buscar calço para carrinho no caster 5 e 6		X	Checklist
22	Limpeza no porão do cilindro	X		
23	Colocação dos cilindros na gaiola	X		
24	Retirada dos calços de segurança e posicionamento dos calços de apoio	X		
25	Colocação dos calços no carrinho	X		
26	Montagem das juntas e flexíveis	X		
27	Montagem da bacia e calha intermediária	X		
28	Acerto do entreferro	X		
29	Limpeza de roca no Caster 3	-	-	Não é atividade de setup
30	Descontrole de nível no Caster 3	-	-	Não é atividade de setup
31	Limpeza e aquecimento do cilindro	X		

Tabela 15 – Nova classificação das atividades (Troca do injetor)

ITEM	ATIVIDADE	SETUP	SETUP	MEDIDA
		INTERNO	EXTERNO	
1	Efetuar limpeza calhas e bacia	X		
2	Esgotar filtro CFF/PDBF	X		
3	Efetuar parada da máquina	X		
4	Abrir dreno	X		
5	Limpeza e aquecimento do alpur	X		
6	Retirada da calha intermediária	X		
7	Retirada da bacia	X		
8	Retirada do injetor	X		
9	Limpeza e lixar cilindros	X		
10	Acerto do entreferro	X		
11	Corte e retirada do rolo	X		
12	Buscar injetor na sala de confecção		X	Transporte de peça
13	Montagem do injetor	X		
14	Colocação da bacia / calha intermediária	X		
15	Colocação do bico / preparação da bacia	X		
16	Retirada do coletor e colocação de outro para partida	X		
17	Preparação dos cilindros com grafite	X		
18	Fechamento do BC	X		
19	Retirada da chapa do leito da máquina	X		
20	Esvaziar coletor com empilhadeira	X		
21	Drenagem do metal e partida	X		
22	Ajuste dos parâmetros da máquina em vazamento	X		

#### 3.4.4. CONVERSÃO DO *SETUP* INTERNO EM EXTERNO

Após a classificação das atividades em internas e externas, considerando aquelas que foram excluídas do plano, foram levantadas as atividades internas que podem ser convertidas em externas com o auxílio de melhorias. Essas melhorias podem envolver apenas mudanças de procedimentos ou necessitam de investimentos para ocorrer.

Com base nas tabelas 14 e 15 mostradas no item 3.4.3, a equipe montou uma nova tabela contendo apenas as atividades internas que sofreram conversão, seguido das colunas: melhoria para converter para *setup* externo, investimento e aprovação do gerente geral. As tabelas 16 e 17 mostraram a análise das atividades

realizadas pela equipe e a conversão de algumas atividades para *setup* externo, estes para as operações de troca de cilindro e injetor, respectivamente.

Tabela 16 – Conversão do setup interno em externo (Troca de cilindro)

ITEM	ATIVIDADE (SETUP INTERNO)	MELHORIA PARA CONVERTER EM SETUP EXTERNO	INVESTIMENTO	APROVAÇÃO (GERENTE)
16	Retirada de chapa e body dos trilhos	Retirar as chapas com a máquina em funcionamento	Nenhum	Não é necessário
17	Retirada da chaparia do piso	Retirar as chapas com a máquina em funcionamento	Nenhum	Não é necessário

Tabela 17 – Conversão do setup interno em externo (Troca do injetor)

ITEM	ATIVIDADE (SETUP INTERNO)	MELHORIA PARA CONVERTER EM SETUP EXTERNO	INVESTIMENTO	APROVAÇÃO (GERENTE)
20	Esvaziar coletor com empilhadeira	Esvaziar o coletor após o funcionamento da máquina. É necessário dois coletores extras	Adquirir mais um coletor reserva	Sim

### 3.4.5. PADRONIZAÇÃO DE FUNÇÕES

A equipe constatou que não é necessário a padronização de funções. Para as duas operações de *setup*, troca de cilindro ou injetor, as peças possuem o mesmo dimensionamento com práticas de fixação e centralização padronizadas. No caso do cilindro o que difere um conjunto do outro é apenas o material da sua composição.

### 3.4.6. UTILIZAÇÃO DE FIXADORES FUNCIONAIS

Com o auxílio do filme das operações de *setup* e observações feitas pelos operadores, a equipe constatou que existem muitos parafusos convencionais

atuando como fixador. Esses parafusos comprometem a velocidade de algumas atividades com o uso das chaves convencionais, principalmente na operação de troca de cilindro. As atividades de retirada e montagem dos flexíveis acrescido das juntas rotativas chamaram a atenção nesta operação. Foram duas atividades que possuíam um tempo significativo no *setup* devido a quantidade de parafusos. Com base na tabela 8 deste trabalho foi elaborada a tabela 18 que representou os tempos destas atividades e sua parcela de contribuição no tempo total de *setup*, este com o valor de 9,3 horas.

Tabela 18 – Tempo de retirada e montagem dos flexíveis e juntas rotativas (troca do cilindro)

ITEM	ATIVIDADE	DURAÇÃO (min)	CONTRIBUIÇÃO EM FUNÇÃO DO <i>SETUP</i> TOTAL (%)
11	Retirada dos flexíveis e juntas rotativas	51	9,1
27	Montagem das juntas e flexíveis	94	16,8

Através desta tabela a equipe concluiu que essas duas atividades representam 25,9% do tempo de *setup* da troca de cilindro. Os operadores foram convidados para discutir soluções de melhoria para essas atividades. Na reunião foi proposta a mudança do tipo de roscas junto ao fabricante a fim de realizar um número menor de voltas dos parafusos, ou a aquisição de uma ferramenta pneumática de aperto. As duas medidas necessitavam de investimento financeiro.

Foi decidido testar a ferramenta pneumática devido ao fato da área já possuir um ramal de ar comprimido com pressão suficiente para proporcionar o torque adequado nos parafusos e existia uma ferramenta disponível na fábrica para a execução do teste.

O teste ocorreu numa operação rotineira de troca de cilindro. Antes da operação, os operadores receberam um breve treinamento a respeito do manuseio da ferramenta. A equipe de melhoria filmou as duas atividades e cronometrou os tempos. A tabela 19 demonstra os resultados obtidos com essa medida.

Tabela 19 – Resultados obtidos com a aquisição da ferramenta pneumática (troca do cilindro)

ITEM	ATIVIDADE	TEMPO SEM FERRAMENTA PNEUMÁTICA (min)	TEMPO COM FERRAMENTA PNEUMÁTICA (min)	REDUÇÃO (min)	MELHORIA (%)
11	Retirada dos flexíveis e juntas rotativas	51	35,6	15,4	30,2
27	Montagem das juntas e flexíveis	94	46,1	47,9	50,1

Com a utilização de ferramenta pneumática foi possível reduzir o tempo dessas atividades em 1,05 horas, cerca de 11,3% do tempo total do *setup* desta operação.

Os operadores foram orientados a utilizar a ferramenta pneumática, quando necessário, nas duas operações de *setup*. Porém, o restante das atividades possuíam poucos parafusos resultando em poucos resultados significativos.

### 3.4.7. UTILIZAÇÃO DE DISPOSITIVOS INTERMEDIÁRIOS

No caso dos Casters, não foi possível criar dispositivos intermediários. No caso da operação de troca de cilindro, a equipe pesquisou outros fabricantes no mercado e encontrou equipamentos de vazamento contínuo de origem chinesa que possuíam um sistema de dois trilhos, um em cada lado da gaiola. No trilho 1, um cilindro reserva é preparado (fixado e ajustado) enquanto a máquina está em funcionamento. Quando ocorre a parada da máquina, o cilindro atual é retirado pelo trilho 2 e rapidamente o cilindro reserva é colocado na gaiola.

A equipe constatou que seria necessário grandes investimentos financeiros para adaptar a máquina para esse sistema, logo foi inviabilizada essa ideia.

### 3.4.8. IMPLEMENTAÇÃO DE OPERAÇÕES EM PARALELO

Foi realizada uma reunião com a equipe e os operadores a fim de discutir uma estratégia para realizar o máximo de atividades em paralelo para reduzir o tempo de *setup*. Constatou-se através de depoimentos e análises do filme que em algumas atividades era necessário o uso dos dois operadores devido ao elevado peso da peça ou dificuldade de manuseio com apenas um operador. Um guia foi elaborado com a finalidade de orientar os dois operadores em função da sequência de atividades que cada um irá executar. Esta prática visou garantir uma boa sincronização entre os operadores. Os apêndices E e F demonstram os procedimentos para a realização das atividades de *setup* nas operações de troca de cilindro e injetor, respectivamente.

### 3.4.9. ELIMINAÇÃO DE AJUSTES

A equipe constatou que existem atividades no final das duas operações de *setup* que envolvem tempos significativos de ajustes, antes da produção do primeiro lote. As tabelas 20 e 21 mostram essas atividades e as suas contribuições em função dos tempos totais de *setup* das operações de troca de cilindro e injetor, respectivamente.

Tabela 20 –Atividade que envolve ajustes (troca do cilindro)

ITEM	ATIVIDADE	DURAÇÃO (min)	CONTRIBUIÇÃO EM FUNÇÃO DO <i>SETUP</i> TOTAL (%)
28	Acerto do entreferro	79	14,15

Tabela 21 –Atividade que envolve ajustes (troca do injetor)

ITEM	ATIVIDADE	DURAÇÃO (min)	CONTRIBUIÇÃO EM FUNÇÃO DO <i>SETUP</i> TOTAL (%)
22	Ajuste dos parâmetros da máquina em vazamento	40	15,8



Para reduzir os tempos dos ajustes, a equipe formulou procedimentos de calibração destas atividades para eliminar o vício do operador de utilizar o intuito para calibrar a máquina. Os apêndices G e H demonstram esses procedimentos.

Os operadores foram orientados a utilizarem esses procedimentos de calibração nas operações de *setup*. Realizou-se um teste com o foco nessas atividades e foi constatado que houve uma redução de tempo nessas atividades que envolvem ajustes. A tabela 22 mostra a redução destes tempos.

Tabela 22 – Redução nas etapas de ajustes (troca do cilindro e injetor)

ITEM	ATIVIDADE	OPERAÇÃO	ANTES DA AÇÃO	DEPOIS DA AÇÃO	MELHORIA (%)
28	Acerto do entreferro	Troca do cilindro	79	32	59,5
22	Ajuste dos parâmetros da máquina em vazamento	Troca do injetor	40	30	25

#### 3.4.10. MECANIZAÇÃO

A equipe constatou que existem algumas possibilidades de mecanização neste equipamento, porém seria necessário investir um capital elevado. O gerente geral da fundição informou que a empresa não tem planos para investimentos dessa magnitude na área, logo a equipe não apresentou propostas de mecanização para esse equipamento.

#### 3.4.11. PRATICAR A NOVA OPERAÇÃO DE *SETUP*

Após a finalização das melhorias nas duas operações de *setup* do Caster 2, marcou-se uma reunião com a participação de toda a equipe e operadores. Com o objetivo de apresentar a nova proposta do *setup*, foram elaborados dois gráficos de

Gantt para representar as duas operações de *setup* como uma sequência de atividade aperfeiçoada em relação a prática antiga. Padronizou-se as atividades comuns para as duas operações no quesito sequenciamento e tempo. Os tempos de *setup* para as operações de troca de cilindro e injetor foram 6,73 horas (404 min) e 2,88 horas (173 min), respectivamente. Os apêndices I e J mostram os gráficos de Gantt com a nova sequência de atividades para as operações de troca de cilindro e injetor, respectivamente.

Orientou-se os operadores sobre todos os passos deste projeto de redução de *setup*, inclusive os seus documentos em anexo. Após o esclarecimento de dúvidas, os operadores iniciaram o próximo *setup* com essa nova proposta.

### **3.5. FASE DE VERIFICAÇÃO**

#### **3.5.1. ACOMPANHAMENTO DA APLICAÇÃO DO NOVO PLANO DE *SETUP***

Foi realizada uma nova filmagem das duas operações para analisar se a nova proposta está de acordo com as expectativas da equipe em relação a redução dos tempos.

Para a etapa de segunda filmagem, a equipe utilizou toda a sequência de avaliação abordada no item 3.4.2 deste trabalho. Os resultados foram demonstrados a seguir. As tabelas 23 e 24 mostram os tempos de cada atividade com a nova sequência e melhorias de redução.

Tabela 23 – Tempos das atividades na segunda filmagem (troca de cilindro)

ITEM	ATIVIDADE	DURAÇÃO (min)	TEMPO (min)
		2º FILMAGEM	PROPOSTA
1	Corte do rolo	3	4
2	Efetuação parada da máquina	11	9
3	Efetuação limpeza calhas e bacia	10	8
4	Retirando bacia e calha intermediária	17	20
5	Efetuação limpeza nos cilindros	40	34
6	Esgotando filtro CFF/PDBF	28	31
7	Bloqueio de energia	9	18
8	Drenagem de água do cilindro	13	13
9	Retirada dos flexíveis e juntas rotativas com a ponte rolante	40	35,5
10	Colocação dos calços de segurança	16	20
11	Retirada do calço do carrinho	8	7
12	Retirada do cilindro da gaiola	17	18
13	Retirada do cilindro da máquina (com ponte rolante)	13	15
14	Colocação do cilindro na máquina e calço de segurança	18	21
15	Acerto nos calços do carrinho	16	14
16	Limpeza no porão do cilindro	30	47
17	Colocação dos cilindros na gaiola	24	15
18	Retirada dos calços de segurança e posicionamento dos calços de apoio	18	14
19	Colocação dos calços no carrinho	4	3
20	Montagem das juntas e flexíveis	58	46,1
21	Montagem da bacia e calha intermediária	41	28
22	Acerto do entreferro	38	32
23	Limpeza e aquecimento do cilindro	40	30

Tabela 24 – Tempos das atividades na segunda filmagem (troca do injetor)

ITEM	ATIVIDADE	DURAÇÃO (min)	TEMPO (min)
		2º FILMAGEM	PROPOSTA
1	Corte do rolo	8	4
2	Efetuar parada da máquina	7	9
3	Efetuar limpeza calhas e bacia	11	8
4	Retirar bacia e calha intermediária	16	20
5	Limpeza e lixar cilindros	15	10
6	Esgotar filtro CFF/PDBF	24	30
7	Limpeza do alpur	23	20
8	Abrir o Dreno	4	6
9	Retirada do injetor	8	4
10	Montagem do injetor	32	40
11	Colocar do bico / preparação da bacia	17	21
12	Colocar da bacia / calha intermediária	23	17
13	Retirada do coletor e colocação de outro para partida	6	4
14	Preparação dos cilindros com grafite	7	5
15	Fechamento do BC	5	7
16	Retirada da chapa do leito da máquina	9	8
17	Drenagem do metal e partida	21	27
18	Acerto do entreferro	9	5
19	Ajuste dos parâmetros da máquina	35	30

Com a medição dos tempos da segunda filmagem foi possível elaborar os gráficos de Gantt para chegar no tempo total de *setup* de cada operação. Após a elaboração dos gráficos, a equipe verificou que os operadores estavam conseguindo executar a nova sequência de atividades do *setup*. Os tempos de *setup* para as operações de troca de cilindro e injetor foram 6,5 horas (390 min) e 3,13 horas (188 min), respectivamente. No caso da operação da troca do injetor, os operadores atrasaram a operação em 15 min, esta variação pode ser explicada por uma variação de desempenho dos operadores devido ao ambiente da sala. A tabela 25 mostra um comparativo entre os tempos de *setup* proposto e os tempos da segunda filmagem. Os anexos L e M mostram os gráficos de Gantt da segunda filmagem.

Tabela 25 – Comparativo entre o *setup* proposto e a segunda filmagem (troca do cilindro e injetor)

OPERAÇÃO	TEMPO DE <i>SETUP</i> PROPOSTO (min)	TEMPO DE <i>SETUP</i> DA 2ª FILMAGEM (min)
TROCA DO CILINDRO	404	390
TROCA DO INJETOR	173	188

Para complementar a análise, a equipe montou os mapas de deslocamento dos operadores nesta segunda filmagem. Ficou constatado que os operadores se deslocaram menos com essa nova sequência de atividades e com a estratégia de manter todas as peças próximas do equipamento. Os apêndices N e O mostram essa melhoria através de uma análise comparativa entre os mapas de antes e depois do projeto de melhoria.

### 3.6. FASE DE AÇÃO

No caso deste projeto, todas as expectativas da equipe foram alcançadas com os resultados da avaliação da segunda filmagem. As metas do gerente geral foram atingidas com êxito, estas serão abordadas no próximo capítulo. Porém, a equipe deve ter o espírito de melhoria contínua, ou seja, melhorias são possíveis e devem ser buscadas no futuro.

A nova sequência de atividades foi padronizada e será utilizada nos outros Casters da fundição. Porém, este trabalho não abordará futuras intervenções de melhoria na máquina e o processo de disseminação para os outros equipamentos.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O projeto de redução de *setup* conseguiu atingir a meta estipulada pela alta gerência nas duas operações de *setup* realizadas no Caster 2. A tabela 26 faz um comparativo entre a meta estipulada e o resultado do projeto de melhoria.

Tabela 26 – Resultado do projeto

OPERAÇÃO	TEMPO DE <i>SETUP</i> HISTÓRICO (h)	META DE REDUÇÃO (%)	META ESTIPULADA (h)	TEMPO DE <i>SETUP</i> IMPLANTADO (h)	REDUÇÃO ATINGIDA (%)
TROCA DO CILINDRO	9,6	15	8,2	6,7	30,2
TROCA DO INJETOR	4,9	35	3,18	2,9	40,1

A redução do *setup* foi além da expectativa da alta gerência, principalmente na operação de troca de cilindro. Este resultado demonstra que existia grandes oportunidades de melhoria na área e que a estruturação de uma boa equipe e planejamento foram cruciais para o sucesso do projeto.

## 5. CONCLUSÕES

O acesso ao acervo de literatura teórica proporcionou um bom embasamento teórico para implantar a metodologia de troca rápida de ferramentas numa fundição de grande porte. A filosofia *Just-in-time* foi escolhida como base porque representa um bom exemplo de um pensamento focado no aumento da eficiência da produção, e tem no *setup* um dos seus pilares.

O envolvimento da alta gerência foi um fator importante para o sucesso na implantação da proposta de troca rápida de ferramentas. O gerente geral da fundição desempenhou o papel de um grande patrocinador do projeto e ofereceu apoio integral no período de melhoria.

A equipe do projeto apresentou boa sintonia e foco na melhoria contínua. Todos apresentam boa fundamentação teórica no assunto desenvolvido e não pouparam esforços na área. O uso do ciclo PDCA ajudou a equipe a elaborar um bom planejamento com foco em dados históricos do equipamento e na meta estipulada pela alta gerência. Na fase de execução, os operadores do equipamento foram participativos e abertos às sugestões relativas ao projeto de redução do *setup*. A segunda filmagem foi essencial para confirmar a aplicabilidade na nova sequência de atividades do *setup*.

O trabalho foi limitado a apenas um equipamento, o Caster 2. Porém, os resultados obtidos foram expressivos, com redução de 30,2% e 40,1% nos tempos das operações de troca de cilindro e injetor, respectivamente. Esses resultados acima da meta motivam o gerente geral da fundição em disseminar esse projeto para os outros Casters da fundição. Alguns gerentes gerais de outros setores demonstraram interesse em utilizar a metodologia de troca rápida de ferramentas nos equipamentos das suas áreas.

Para garantir o sucesso de futuros projetos e a perenidade dos valores alcançados, será necessário conscientizar todos que venham a conhecer as ideias de troca rápida de ferramentas e os benefícios que a redução do tempo de *setup* trazem para a organização.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BLACK, J.T. **O Projeto da Fábrica com Futuro**. Porto Alegre: Bookman, 1998, 288p

CBA – Companhia Brasileira de Alumínio, 2008. Disponível em: <http://www.aluminiocba.com.br/pt/processos.php>. Acesso em 12/08/2012

BURGER, M. **O Balanced ScoreCard no monitoramento do Desempenho do processo de implementação da Produção enxuta: um estudo de caso**. Recife: UFPE, 2004. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção, Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Pernambuco, 2004

CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N. **Just in time, MRP II e OPT: um enfoque estratégico**. 2a ed. São Paulo: Atlas, 1993.

FAGUNDES, P. R. M.; FOGLIATTO, F. S. **Troca rápida de ferramentas: proposta metodológica e estudo de caso**. Gestão e Produção. v.10, n.2, ago. 2003

GILMORE, M.; SMITH, D. J. **Setup reduction in pharmaceutical manufacturing: an action research study**. International Journal of Operations & Production Management. Derby, UK, v.16, n.3, 1996.

HARMON, R. L.; PETERSON, L. D. **Reinventando a Fábrica**. Conceitos modernos de produtividade aplicados na prática. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1991, 380p.

IDROGO, A. A. A.; LEITE, M. S. A.; MAIA, R. A. **O uso da troca rápida de ferramenta (TRF) para otimizar as operações de setup em uma indústria do ramo calçadista**. XXVIII ENEGEP – BR. 2008.

MARTINS, P.G.;LAUGENI, F.P. **Administração da Produção**. 2 ed. São Paulo; Saraiva, 2005

MOURA, R. A.; BANZATO, E. **Redução do tempo de Setup: troca rápida de ferramentas e ajustes de máquinas**. São Paulo: IMAM, 1996.



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

SHINGO, S. **Sistema de Troca Rápida de Ferramenta** – uma revolução nos sistemas produtivos. Porto Alegre: Bookman, 2000.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção**, do ponto de vista da engenharia de produção. Porto Alegre: Bookman, 1996.

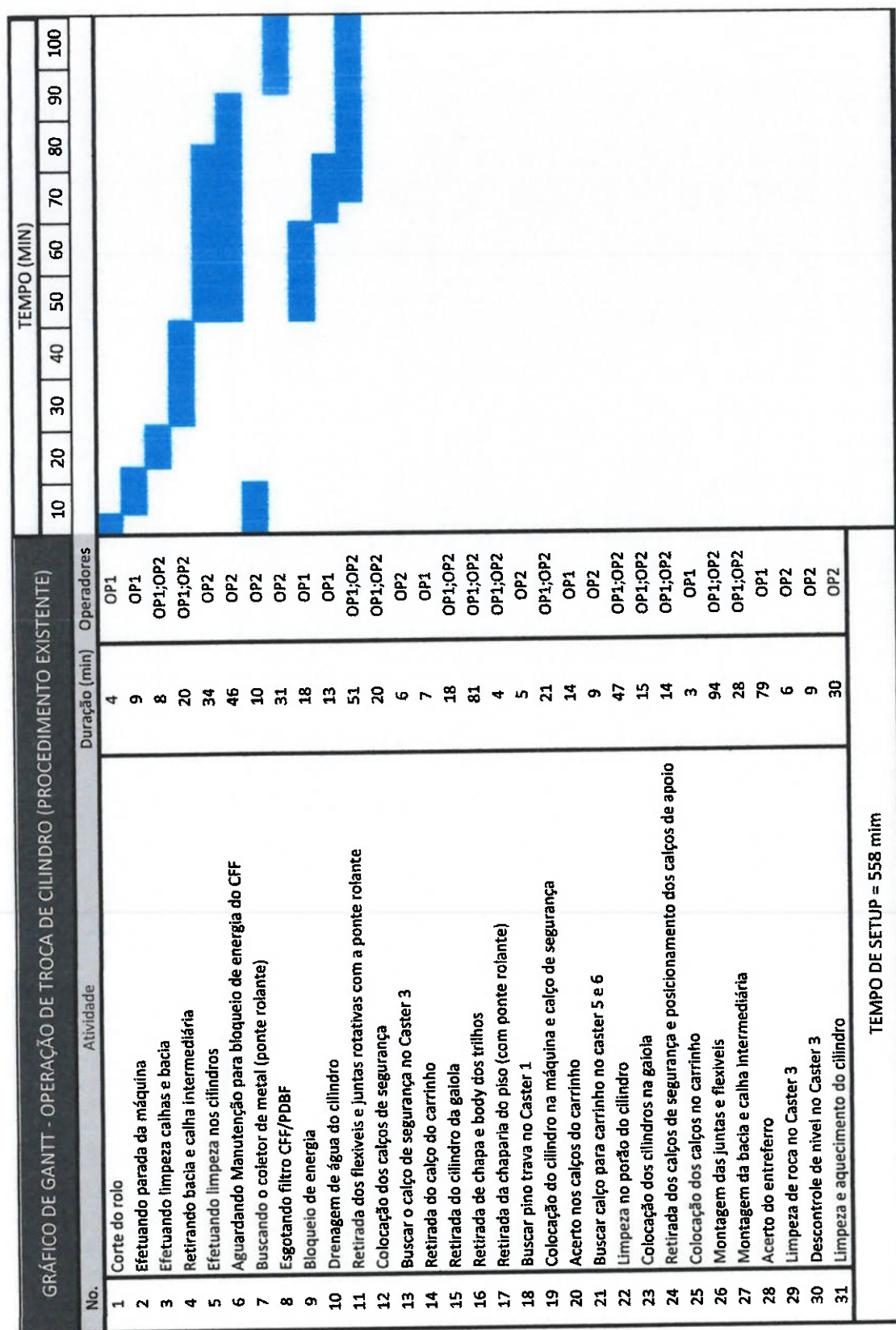
SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 2002.

## APÊNDICE A – PLANILHA DE CONTROLE DE PRESENÇA DO TREINAMENTO

REGISTRO DE TREINAMENTO					
Treinamento:		Data:	Certificado:		
Local / Sala:		Horário:	Carga Horária:		
Instrutor:		Entidade:	Visto do Instrutor:		
N°	Matrícula	Nome do treinado	Sector	Visto do Treinado	
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

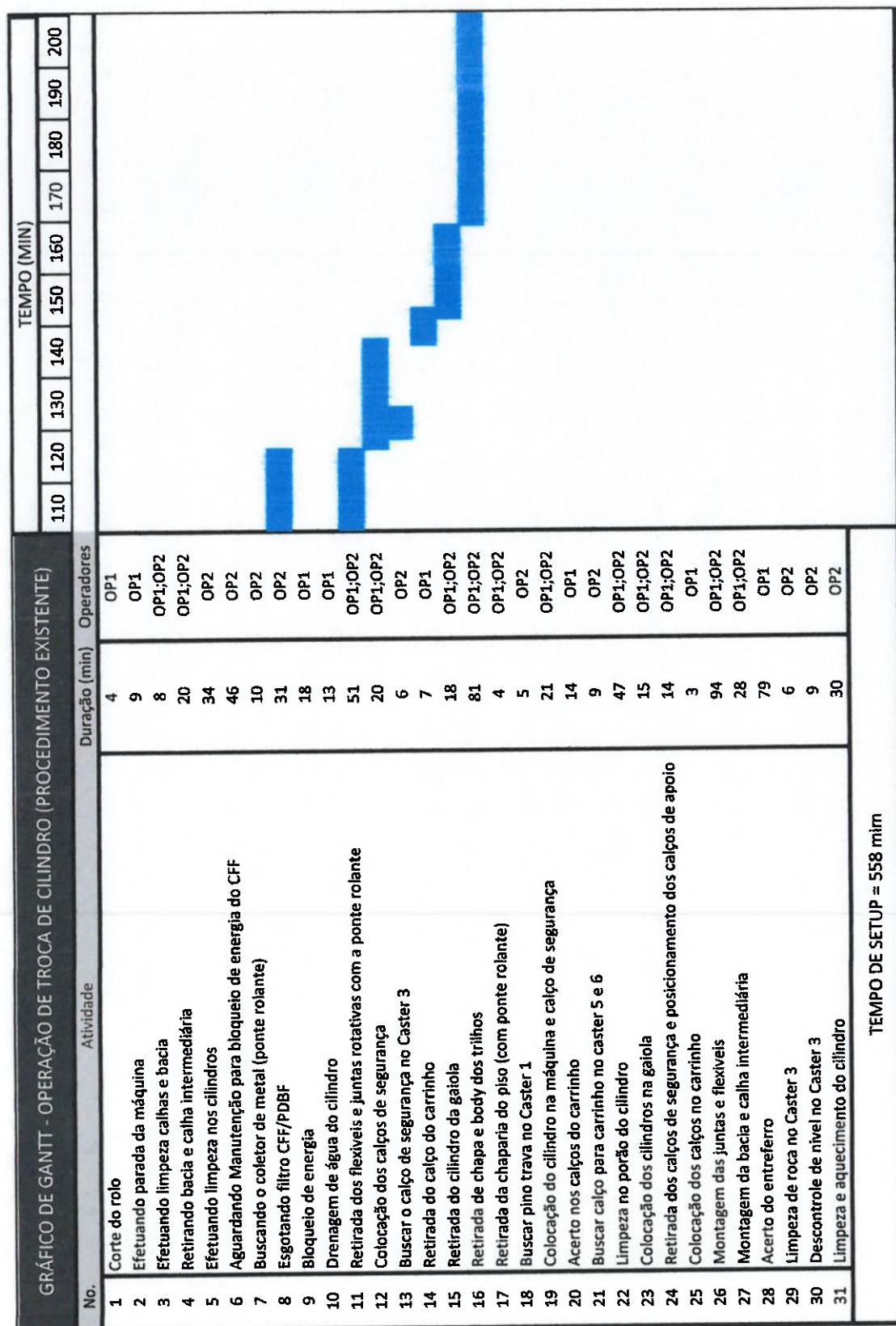
APÊNDICE B – GRÁFICO DE GANTT PARA A OPERAÇÃO DE TROCA DO CILINDRO (PROCEDIMENTO EXISTENTE DO SETUP)

(PARTE 1)



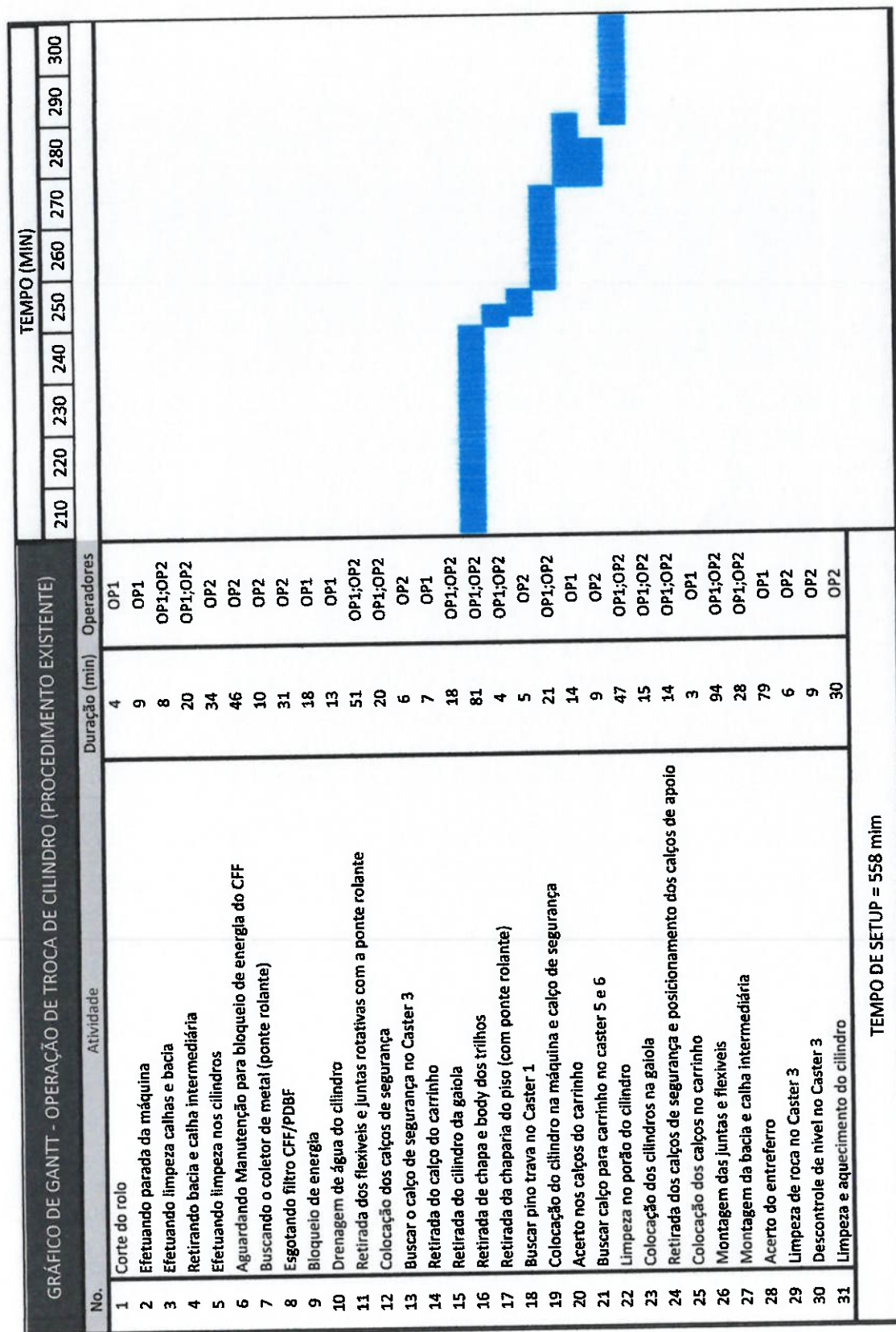
# APÊNDICE B – GRÁFICO DE GANTT PARA A OPERAÇÃO DE TROCA DO CILINDRO (PROCEDIMENTO EXISTENTE DO SETUP)

(PARTE 2)



# APÊNDICE B – GRÁFICO DE GANTT PARA A OPERAÇÃO DE TROCA DO CILINDRO (PROCEDIMENTO EXISTENTE DO SETUP)

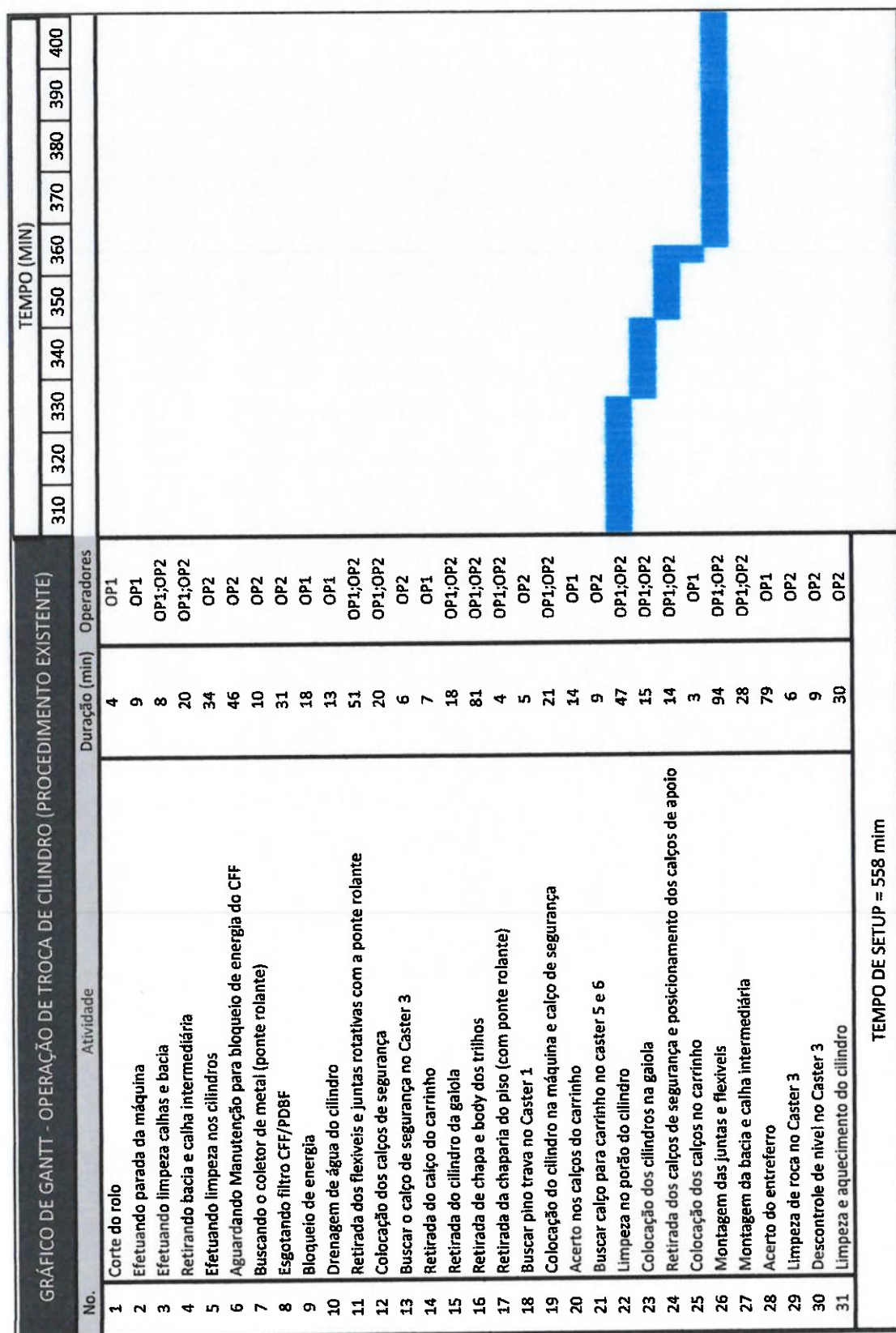
(PARTE 3)





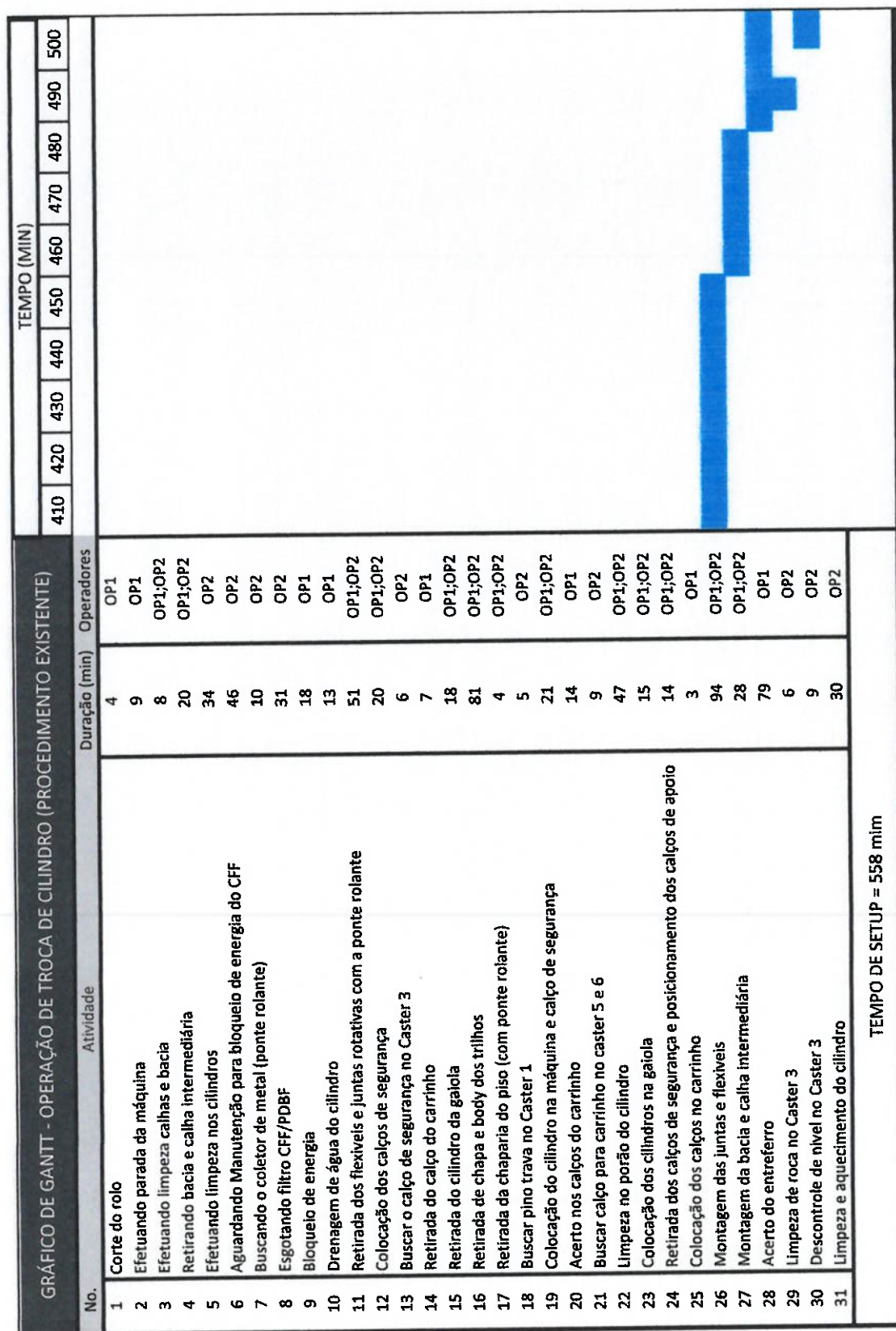
# APÊNDICE B – GRÁFICO DE GANTT PARA A OPERAÇÃO DE TROCA DO CILINDRO (PROCEDIMENTO EXISTENTE DO SETUP)

(PARTE 4)



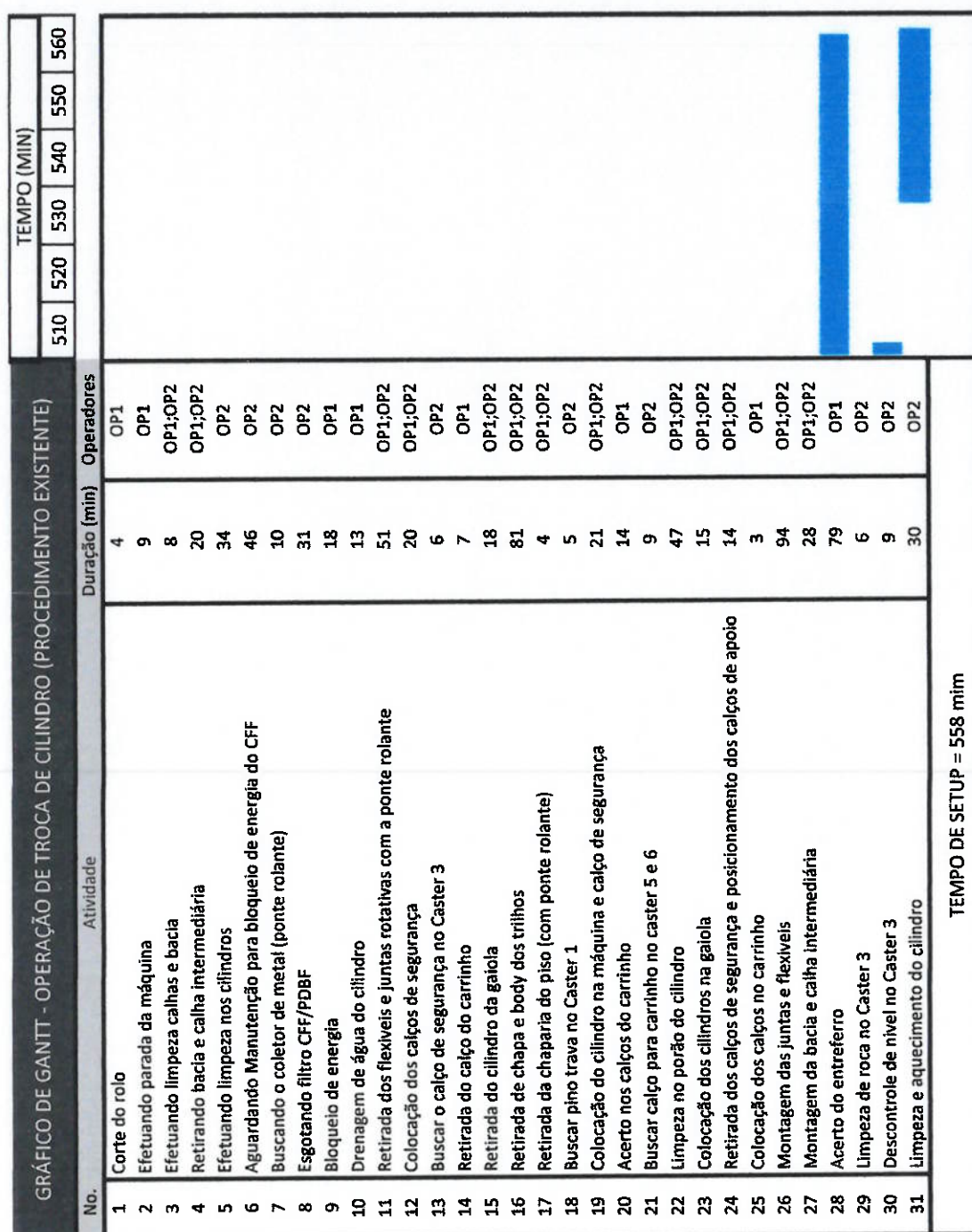
# APÊNDICE B – GRÁFICO DE GANTT PARA A OPERAÇÃO DE TROCA DO CILINDRO (PROCEDIMENTO EXISTENTE DO SETUP)

(PARTE 5)



# APÊNDICE B – GRÁFICO DE GANTT PARA A OPERAÇÃO DE TROCA DO CILINDRO (PROCEDIMENTO EXISTENTE DO SETUP)

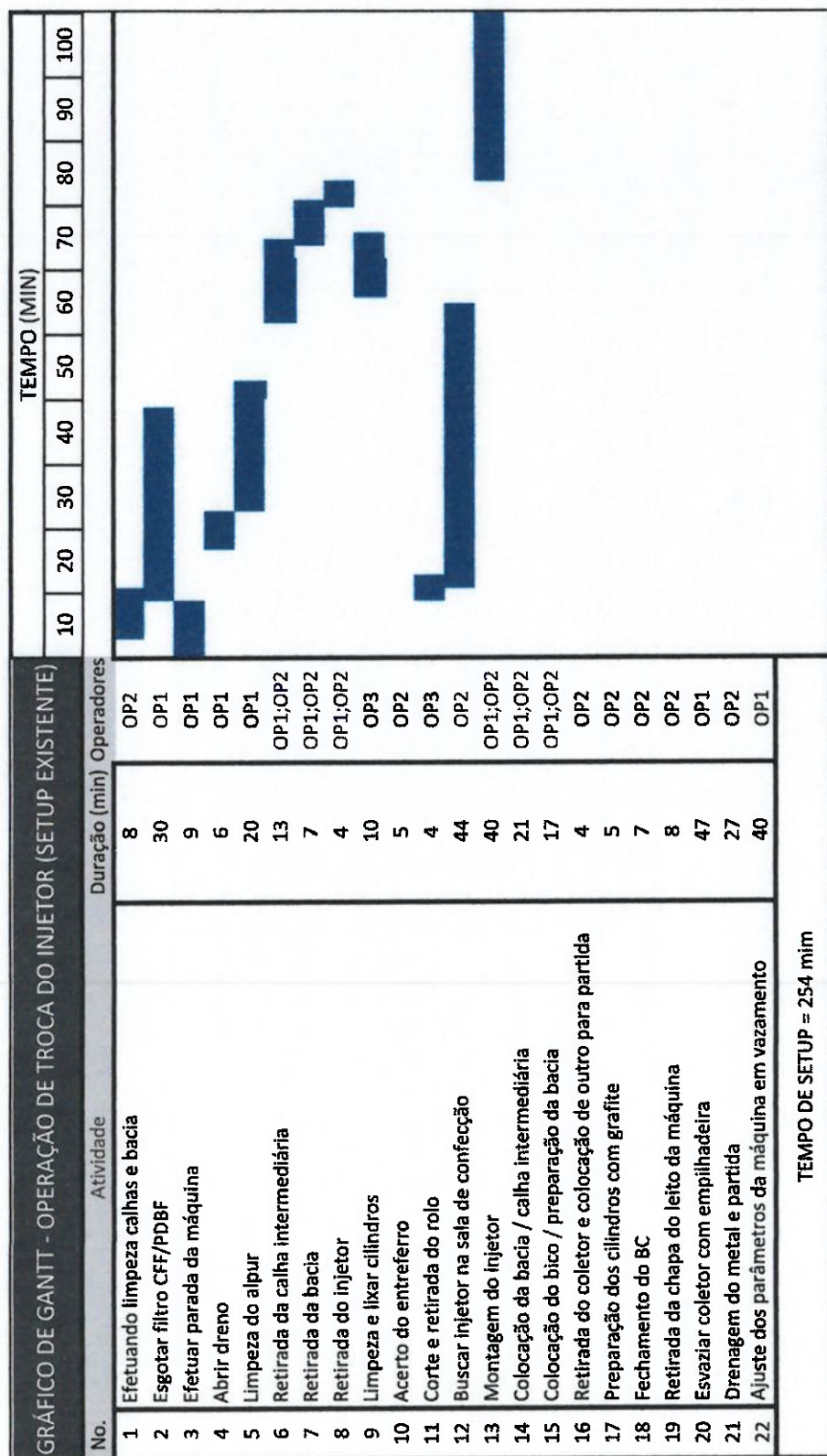
(PARTE 6)





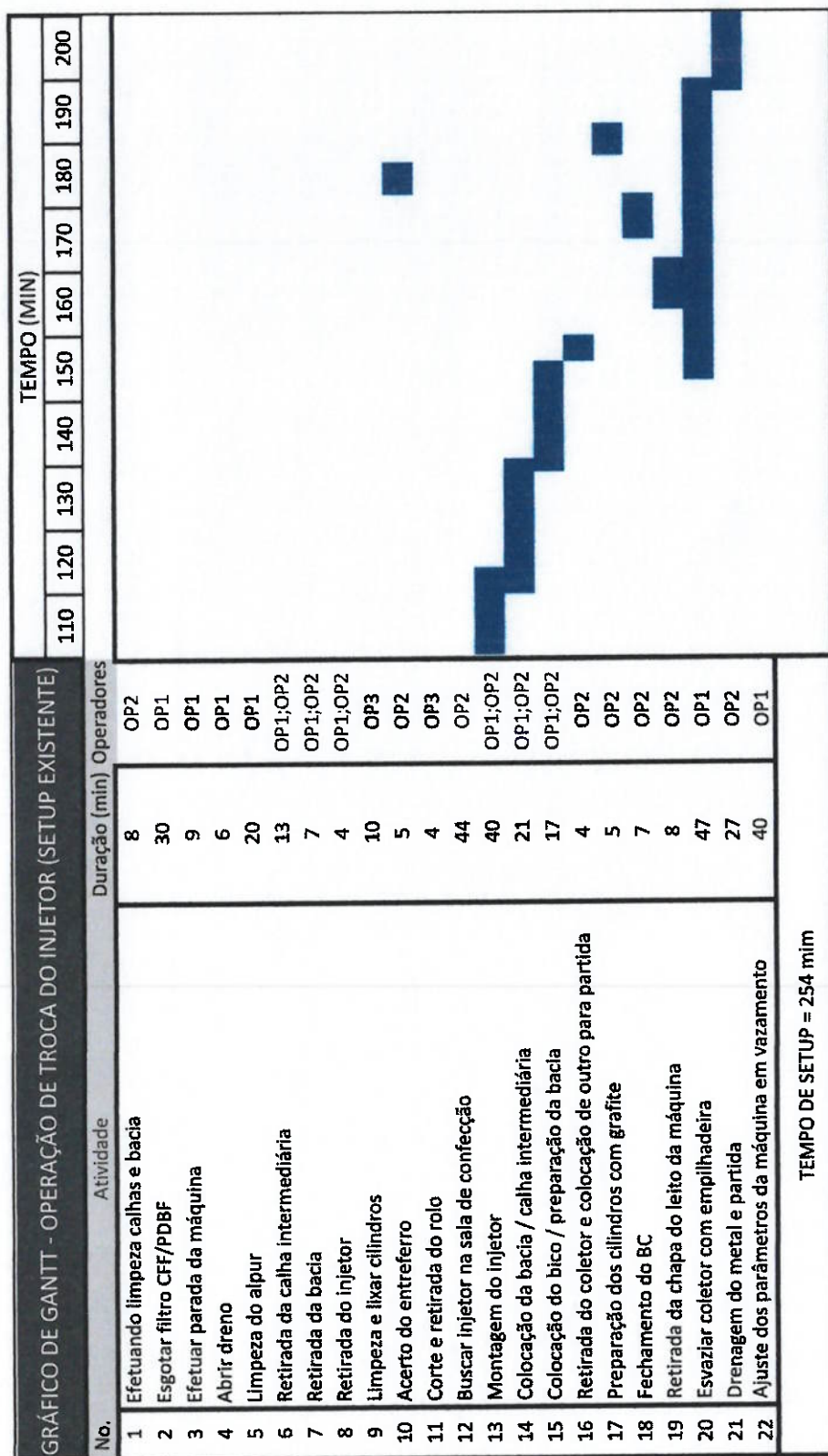
# APÊNDICE C – GRÁFICO DE GANTT PARA A OPERAÇÃO DE TROCA DO INJETOR (PROCEDIMENTO EXISTENTE DO SETUP)

(PARTE 1)



# APÊNDICE C – GRÁFICO DE GANTT PARA A OPERAÇÃO DE TROCA DO INJETOR (PROCEDIMENTO EXISTENTE DO SETUP)

(PARTE 2)



# APÊNDICE C – GRÁFICO DE GANTT PARA A OPERAÇÃO DE TROCA DO INJETOR (PROCEDIMENTO EXISTENTE DO SETUP)

(PARTE 3)

GRÁFICO DE GANTT - OPERAÇÃO DE TROCA DO INJETOR (SETUP EXISTENTE)									
No.	Atividade	Duração (min)	Operadores	TEMPO (MIN)					
				210	220	230	240	250	260
1	Efetuar limpeza calhas e bacia	8	OP2						
2	Esgotar filtro CFF/PDBF	30	OP1						
3	Efetuar parada da máquina	9	OP1						
4	Abrir dreno	6	OP1						
5	Limpeza do alpur	20	OP1						
6	Retirada da calha intermediária	13	OP1;OP2						
7	Retirada da bacia	7	OP1;OP2						
8	Retirada do injetor	4	OP1;OP2						
9	Limpeza e lixar cilindros	10	OP3						
10	Acerto do entreferro	5	OP2						
11	Corte e retirada do rolo	4	OP3						
12	Buscar injetor na sala de confecção	44	OP2						
13	Montagem do injetor	40	OP1;OP2						
14	Colocação da bacia / calha intermediária	21	OP1;OP2						
15	Colocação do bico / preparação da bacia	17	OP1;OP2						
16	Retirada do coletor e colocação de outro para partida	4	OP2						
17	Preparação dos cilindros com grafite	5	OP2						
18	Fechamento do BC	7	OP2						
19	Retirada da chapa do leito da máquina	8	OP2						
20	Esvaziar coletor com empilhadeira	47	OP1						
21	Drenagem do metal e partida	27	OP2						
22	Ajuste dos parâmetros da máquina em vazamento	40	OP1						
TEMPO DE SETUP = 254 min									

# APÊNDICE D – CHECKLIST CRIADO PARA A OPERAÇÃO DE TROCA DO CILINDRO E INJETOR

EMPRESA X		CHECK LIST	
		Intervenção no equipamento	
<b>Segurança</b>  <b>EPIs</b> <input type="checkbox"/>		<b>Acessórios</b>  <input type="checkbox"/> Coletor vazio <input type="checkbox"/> Massa refretária <input type="checkbox"/> Manta <input type="checkbox"/> Acqua gel p/ pintura das calhas <input type="checkbox"/> Bico <input type="checkbox"/> Fiberflex cortado p/ lateral <input type="checkbox"/> Cabo termopar <input type="checkbox"/> Filtro 17 polegadas <input type="checkbox"/> Ponto de ar comprimido com mangueira <input type="checkbox"/> Cabo de aço com manilha <input type="checkbox"/> Manta cortada e chapa de alumínio para anteparo <input type="checkbox"/> Calço de apoio	
<b>Ferramentas</b> <input type="checkbox"/> Alavanca / Pá / Concha / Vergalhão <input type="checkbox"/> Maçarico instalado <input type="checkbox"/> Chave Allen de 6 e 10 mm <input type="checkbox"/> Chave inglesa <input type="checkbox"/> Estilete <input type="checkbox"/> Alicates <input type="checkbox"/> Tenaz para direcionamento da chapa <input type="checkbox"/> Trena <input type="checkbox"/> Chave de fenda <input type="checkbox"/> Chave conjugada 19 mm <input type="checkbox"/> Regua de alumínio			
<b>Operações</b> <input type="checkbox"/> Ponte rolante com check list realizado <input type="checkbox"/> Alertar empilhadeira para esvaziar coletores <input type="checkbox"/> Avisar manutenção para bloqueio <input type="checkbox"/> Lavar e preparar reservatório de grafite			

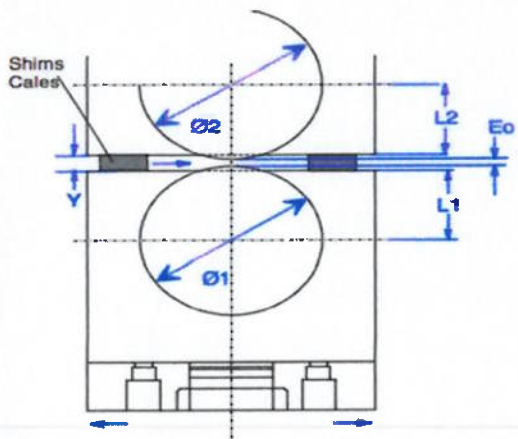
# APÊNDICE E – PROCEDIMENTO DE SETUP PARA A OPERAÇÃO DE TROCA DO CILINDRO

EMPRESA X		FOLHA DE PROCEDIMENTO DE SETUP	
		UNIDADE: Alumínio	
		EQUIPAMENTO: Caster 2	
		OPERAÇÃO: Troca de cilindro	
OPERADOR 1 (OP1) - SEQUÊNCIA DE ATIVIDADES			
Nº	ATIVIDADE	DURAÇÃO (min)	FINALIZADO
1	Corte do rolo	4	Ir para a atividade 2
2	Efetuando parada da máquina	9	Ir para a atividade 13
3	Bloqueio de energia	18	Ir para a atividade 4
4	Drenagem de água do cilindro	13	Ir para a atividade 14
5	Retirada do calço do carrinho	7	Ir para a atividade 16
6	Acerto nos calços do carrinho	14	Ir para a atividade 19
7	Colocação dos calços no carrinho	3	Ir para a atividade 22
8	Acerto do entreferro	32	Fim
OPERADOR 2 (OP2) - SEQUÊNCIA DE ATIVIDADES			
Nº	ATIVIDADE	DURAÇÃO (min)	FINALIZADO
9	Efetuando limpeza calhas e bacia	8	Ir para a atividade 13
10	Efetuando limpeza nos cilindros	34	Ir para a atividade 11
11	Esgotando filtro CFF/PDBF	31	Ir para a atividade 14
12	Limpeza e aquecimento do cilindro	30	Fim
OPERADOR 1 + OPERADOR 2 (OP1;OP2) - SEQUÊNCIA DE ATIVIDADES			
Nº	ATIVIDADE	DURAÇÃO (min)	FINALIZADO
13	Retirando bacia e calha intermediária	20	OP1:ir para ativiade 3      OP2:ir para atividade 10
14	Retirada dos flexíveis e juntas rotativas	35,5	OP1:ir para ativiade 15      OP2:ir para atividade 15
15	Colocação dos calços de segurança	20	OP1:ir para ativiade 5      OP2:ir para atividade 16
16	Retirada do cilindro da gaiola	18	OP1:ir para ativiade 17      OP2:ir para atividade 17
17	Retirada do cilindro da máquina	15	OP1:ir para ativiade 18      OP2:ir para atividade 18
18	Colocação do cilindro na máquina e calço	21	OP1:ir para ativiade 6      OP2:ir para atividade 19
19	Limpeza no porão do cilindro	47	OP1:ir para ativiade 20      OP2:ir para atividade 20
20	Colocação dos cilindros na gaiola	15	OP1:ir para ativiade 21      OP2:ir para atividade 21
21	Retirada dos calços de segurança	14	OP1:ir para ativiade 7      OP2:ir para atividade
22	Montagem das juntas e flexíveis	46,1	OP1:ir para ativiade 23      OP2:ir para atividade 23
23	Montagem da bacia e calha	28	OP1:ir para ativiade 8      OP2:ir para atividade 12

# APÊNDICE F – PROCEDIMENTO DE SETUP PARA A OPERAÇÃO DE TROCA DO INJETOR

EMPRESA X	FOLHA DE PROCEDIMENTO DE SETUP		
	UNIDADE: Alumínio		
	EQUIPAMENTO: Caster 2		
	OPERAÇÃO: Troca de injetor		
OPERADOR 1 (OP1) - SEQUÊNCIA DE ATIVIDADES			
Nº	ATIVIDADE	DURAÇÃO (min)	FINALIZADO
1	Efetuar parada da máquina	9	Ir para a atividade 16
2	Limpeza do alpur	20	Ir para a atividade 3
3	Abrir o Dreno	6	Ir para a atividade 17
4	Fechamento do BC	7	Ir para a atividade 5
5	Drenagem do metal e partida	27	Ir para a atividade 6
6	Ajuste dos parâmetros da máquina	30	Fim
OPERADOR 2 (OP2) - SEQUÊNCIA DE ATIVIDADES			
Nº	ATIVIDADE	DURAÇÃO (min)	FINALIZADO
7	Efetuar limpeza calhas e bacia	8	Ir para a atividade 20
8	Esgotar filtro CFF/PDBF	30	Ir para a atividade 17
9	Retirada do coletor e colocação de outro	4	Ir para a atividade 10
10	Preparação dos cilindros com grafite	5	Ir para a atividade 11
11	Retirada da chapa do leito da máquina	8	Ir para a atividade 12
12	Acerto do entreferro	5	Fim
OPERADOR 3 (OP3) - SEQUÊNCIA DE ATIVIDADES			
Nº	ATIVIDADE	DURAÇÃO (min)	FINALIZADO
13	Corte do rolo	4	Ir para a atividade 15
14	Limpeza e lixar cilindros	10	Fim
OPERADOR 1 + OPERADOR 2 (OP1;OP2) - SEQUÊNCIA DE ATIVIDADES			
Nº	ATIVIDADE	DURAÇÃO (min)	FINALIZADO
15	Retirar bacia e calha intermediária	20	OP1:ir para ativiade 2      OP2:ir para atividade 8
16	Retirada do injetor	4	OP1:ir para ativiade 18      OP2:ir para atividade 18
17	Montagem do injetor	40	OP1:ir para ativiade 19      OP2:ir para atividade 19
18	Colocar do bico / preparação da bacia	21	OP1:ir para ativiade 20      OP2:ir para atividade 20
19	Colocar da bacia / calha intermediária	17	OP1:ir para ativiade 4      OP2:ir para atividade 9

# APÊNDICE G – PROCEDIMENTO DE CALIBRAÇÃO DO ENTREFERRO

EMPRESA X		PROCEDIMENTO DE CALIBRAÇÃO
		UNIDADE: Alumínio
		EQUIPAMENTO: Caster 2
		OPERAÇÃO: Troca do cilindro ou Injetor
ACERTO DO ENTREFERRO		
Nº	PASSOS	
1	Selecionar o modo "Volume" e regular a abertura do vão no painel de controle. Digitar o valor encontrado da medição manual via canivete de folga. Carregar e salvar os dados no sistema eletrônico.	
2	Passar para o modo "Posição" e observar se este, está na condição automática.	
3	Para evitar o contato entre as camisas do cilindro, no caso de uma pane hidráulica, é necessário colocar os calços entre os mancais de rolamento.	
4	<p>Determinação da espessura de calço entre mancais (espessura teórica "Y")</p> $Y = \frac{\varnothing_1}{2} + \frac{\varnothing_2}{2} + E_o - (L_1 + L_2) = \frac{\varnothing \text{ Cilindre inf.}}{2} + \frac{\varnothing \text{ Cilindre sup.}}{2} + \text{entreferro} - 1\,045$ <p>Onde:  L1 : distância entre o eixo do cilindro e a parte de cima do mancal inferior  L2 : distância entre o eixo do cilindro e a parte de baixo do mancal superior.</p>  	



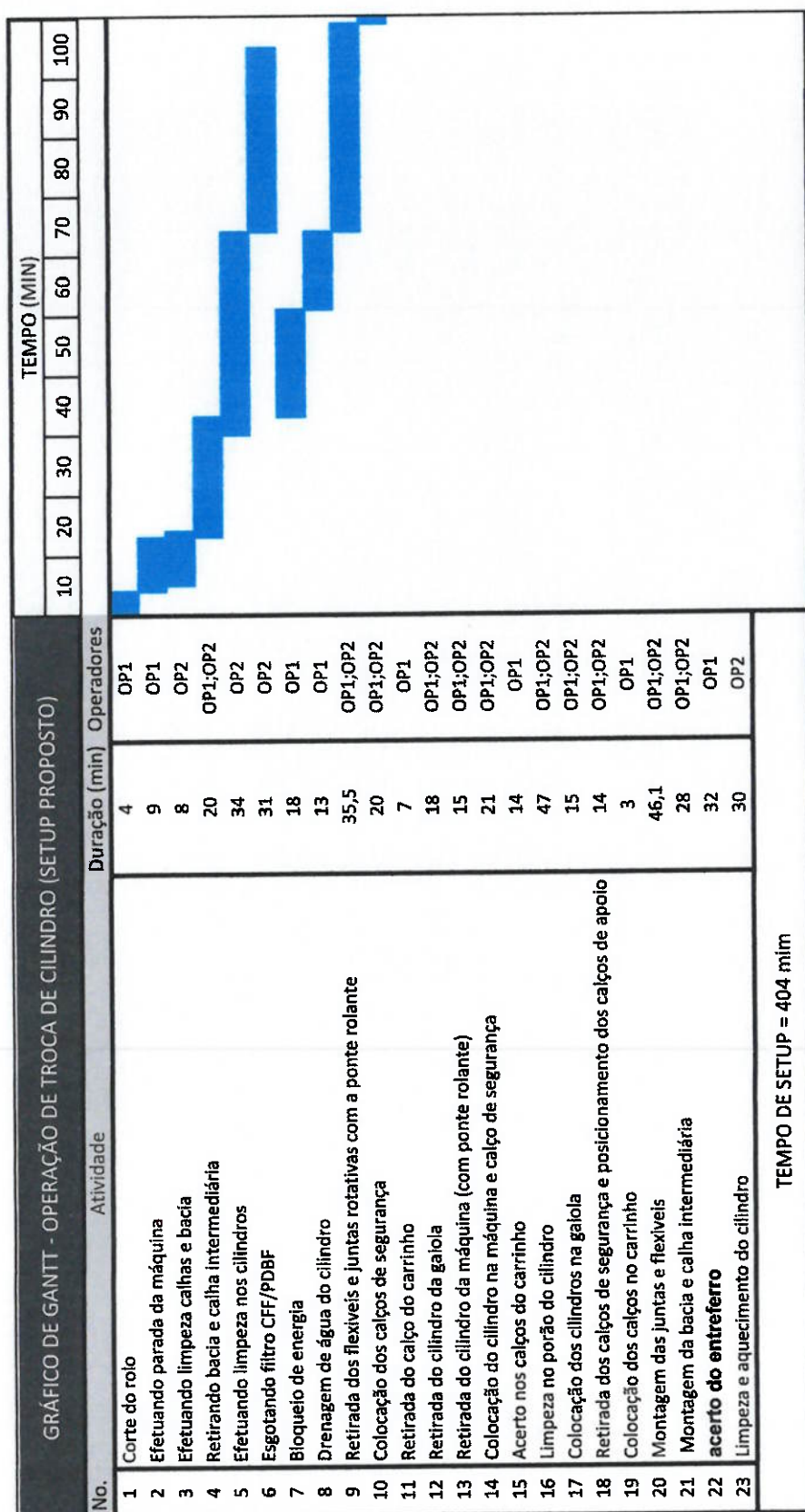
## APÊNDICE H – PROCEDIMENTO DE CALIBRAÇÃO (PARÂMETROS DA MÁQUINA)

EMPRESA X		PROCEDIMENTO DE CALIBRAÇÃO
		UNIDADE: Alumínio
		EQUIPAMENTO: Caster 2
		OPERAÇÃO: Troca do cilindro ou injetor
PARÂMETROS DA MÁQUINA		
Nº	PASSOS	
1	Verificar a composição química do metal e se este possui uma temperatura entre 780 a 860°C. Operar com a (regulagem da temperatura no modo biqueira.	
2	O alpur deve estar limpo e pré-aquecido (temperatura em torno de 850°C).	
3	Avaliar as condições de aquecimento as calhas, bico, flutuador, bacia e injetor.	
4	Verificar a posição da Roca que deve indicar 35 a 60mm de abertura	
5	Verificar a Temperatura do filtro cerâmico, este deve estar em torno de 800°C.	
6	Os filtros devem estar com o vão entre 2.4 a 3.6 mm.	
7	Checar o aquecimento do injetor.	
8	Checar a temperatura dos cilindros, estes devem estar entre 45 a 50°C	
9	Verificar se foi passado pedra de grafite na camisa	
10	Verificar possíveis vazamentos nas calhas, coletor e injetor	
11	Avaliar o funcionamento dos sensores de temperatura na bacia	
12	As caçambas coletora de metal devem estar disponível e limpas	
13	Checar os sensores óticos de detecção da chapa	
14	verificar o sistema e a suspensão de grafite (2.0%).	
15	Colocar em funcionamento as bombas na posição automática.	
16	Ajustar as vazões, largura da tracanagem e velocidade na mesa principal de comando	
17	Colocar as pistolas em posição partida, com acionamento do spray inferior e superior	
18	Colocar em posição o sistema de medição de espessura.	
19	erificar o nível de óleo dos bujões de lubrificação da fresadoras.	
20	Testar a tesoura.	
21	Preparar as pinças de encaixe da chapa de alumínio e manta seca, que será usada em caso de sangramento.	
22	Os cilindros devem estar girando no sentido produção com uma velocidade de 0.70 m/min	



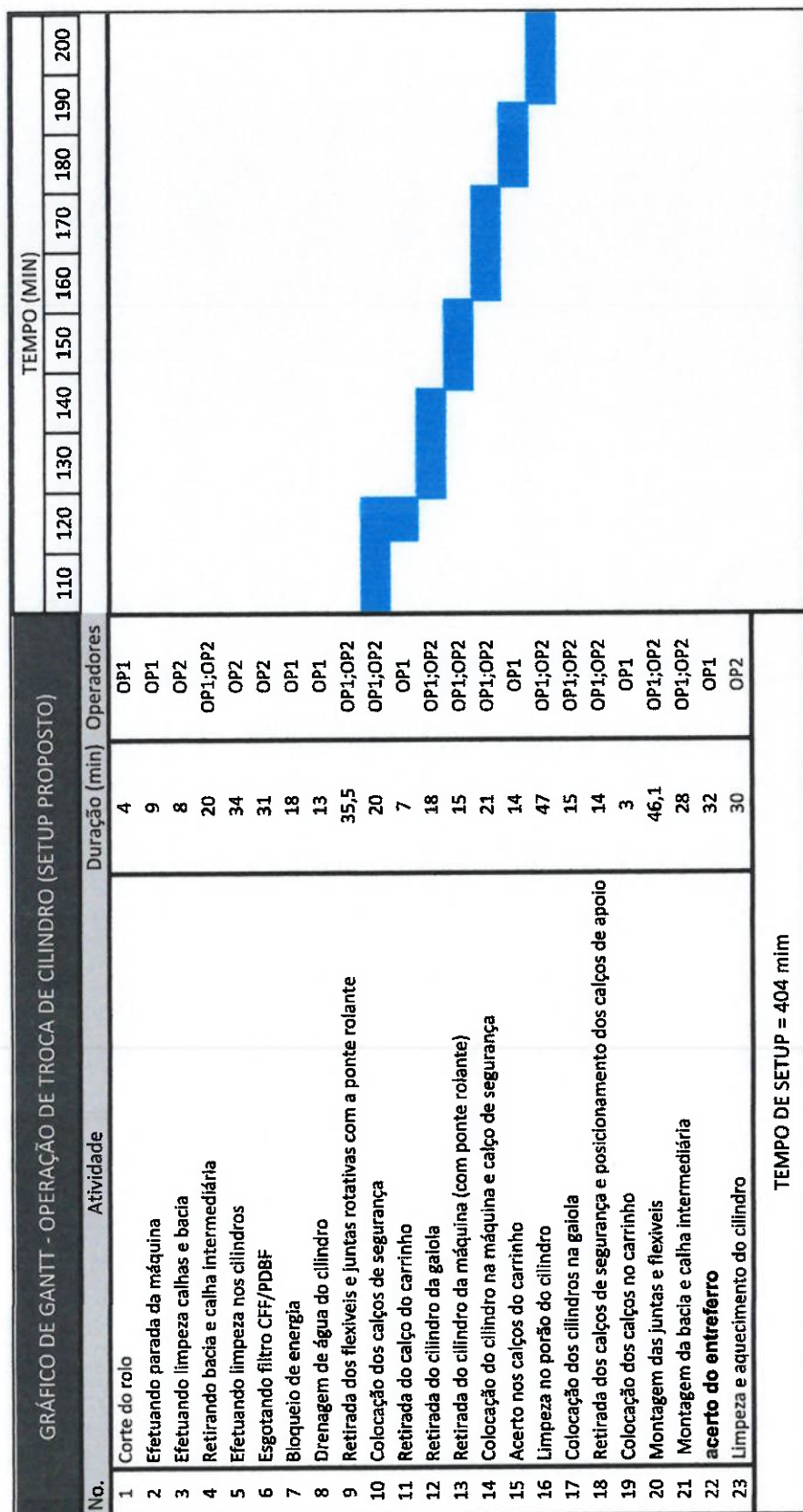
# APÊNDICE I – GRÁFICO DE GANTT PARA A OPERAÇÃO DE TROCA DO CILINDRO (SETUP PROPOSTO)

(PARTE 1)



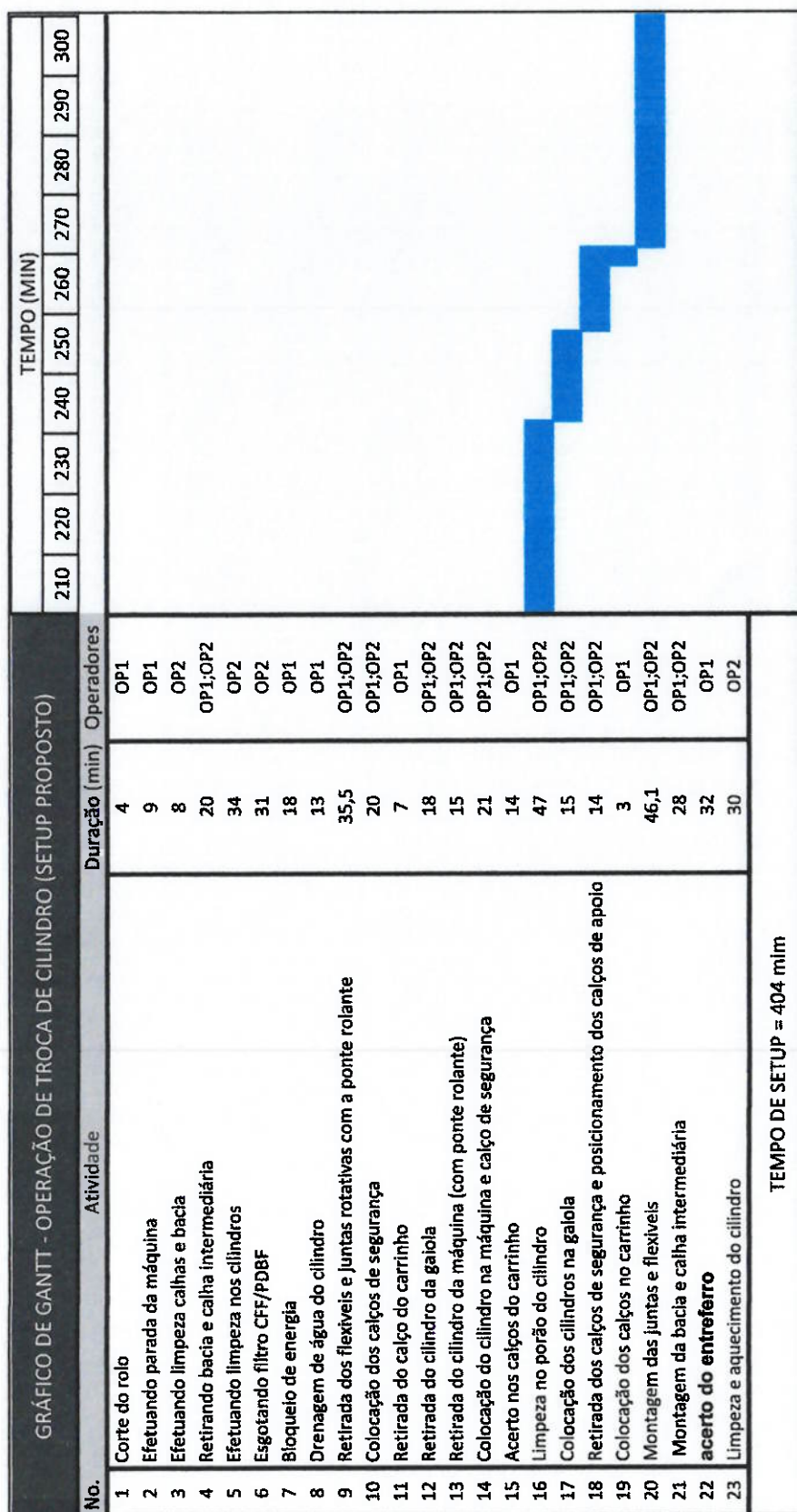
# APÊNDICE I – GRÁFICO DE GANTT PARA A OPERAÇÃO DE TROCA DO CILINDRO (SETUP PROPOSTO)

(PARTE 2)



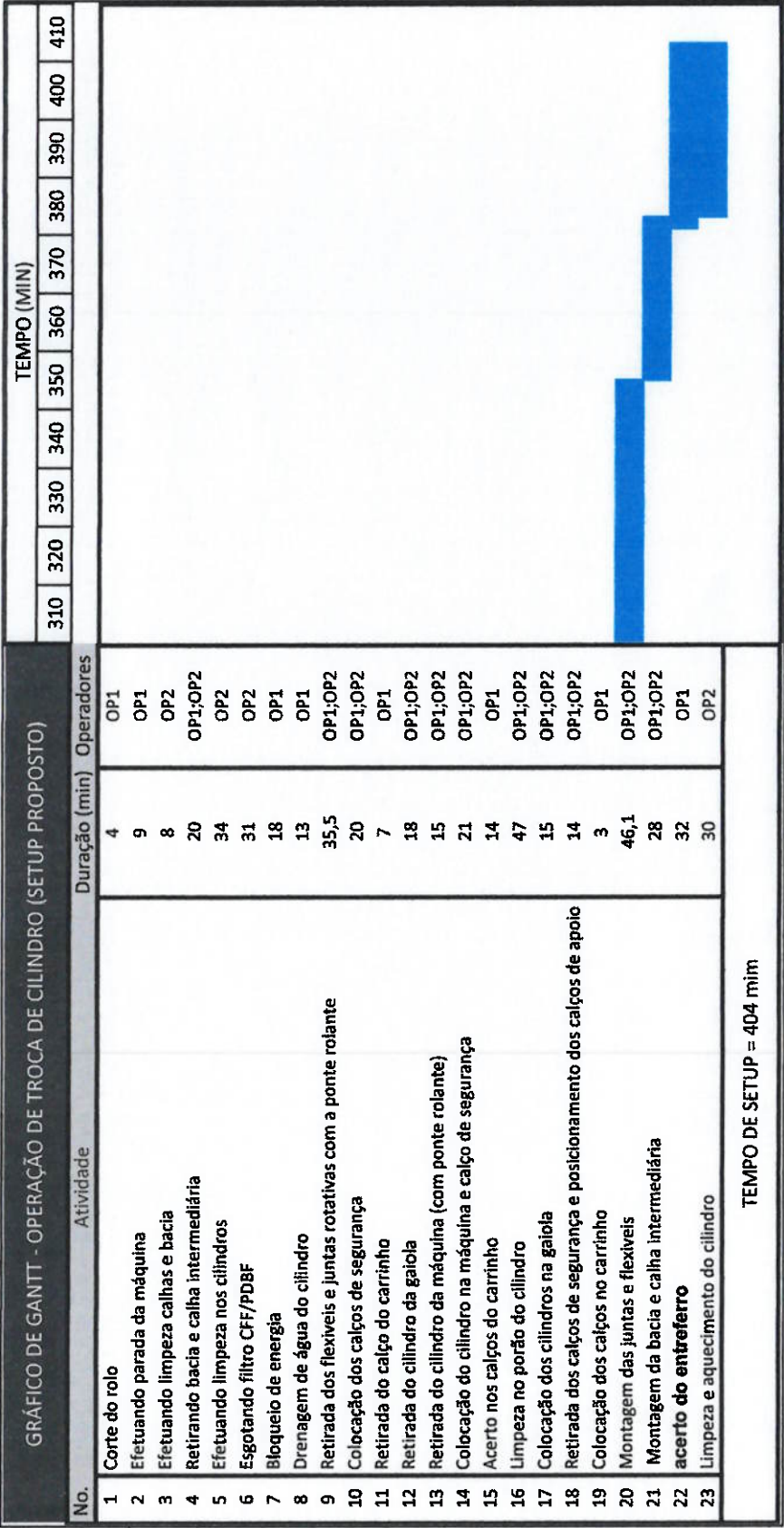
# APÊNDICE I – GRÁFICO DE GANTT PARA A OPERAÇÃO DE TROCA DO CILINDRO (SETUP PROPOSTO)

(PARTE 3)



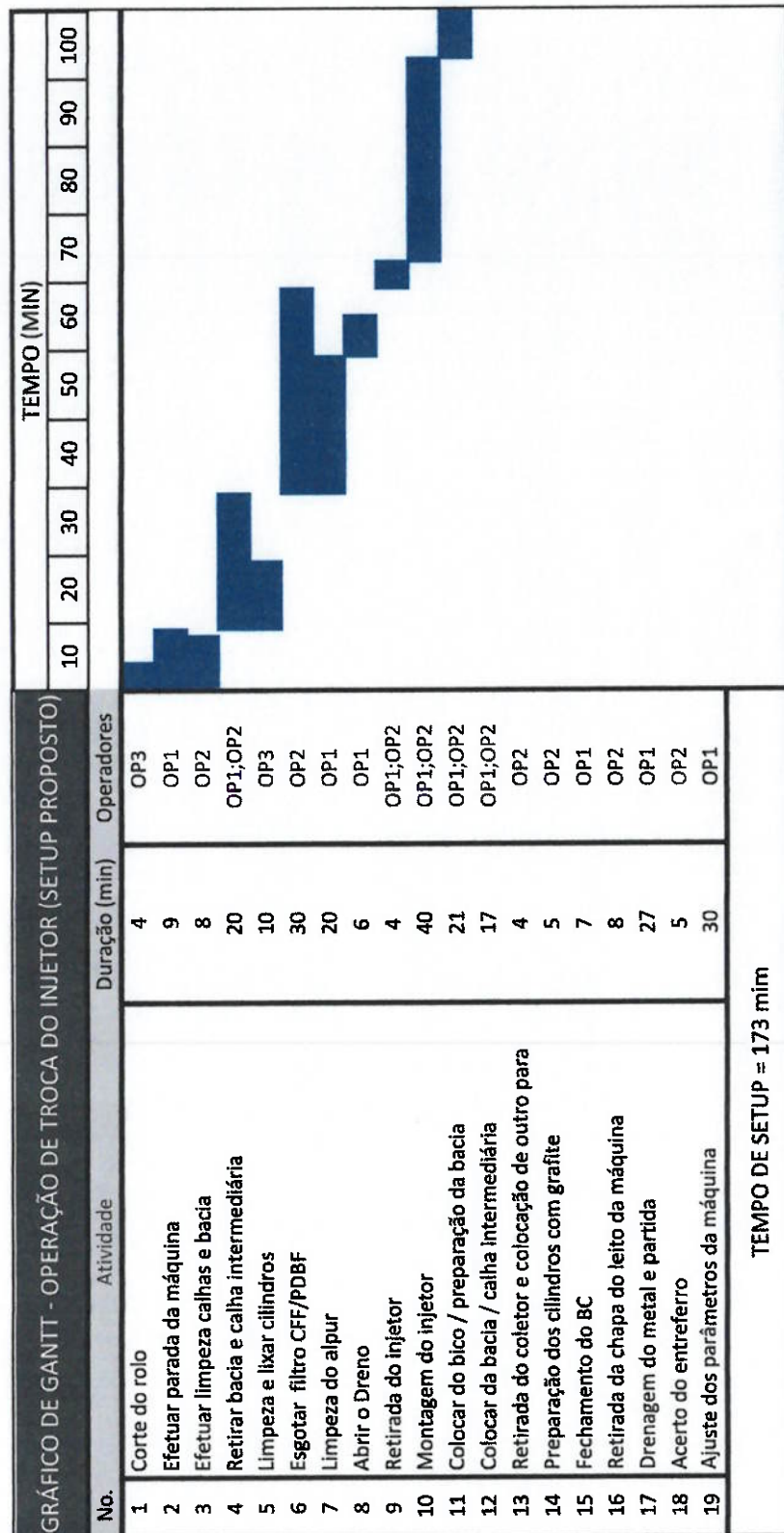
APÊNDICE I – GRÁFICO DE GANTT PARA A OPERAÇÃO DE TROCA DO CILINDRO (SETUP PROPOSTO)

(PARTE 4)



# APÊNDICE J – GRÁFICO DE GANTT PARA A OPERAÇÃO DE TROCA DO INJETOR (SETUP PROPOSTO)

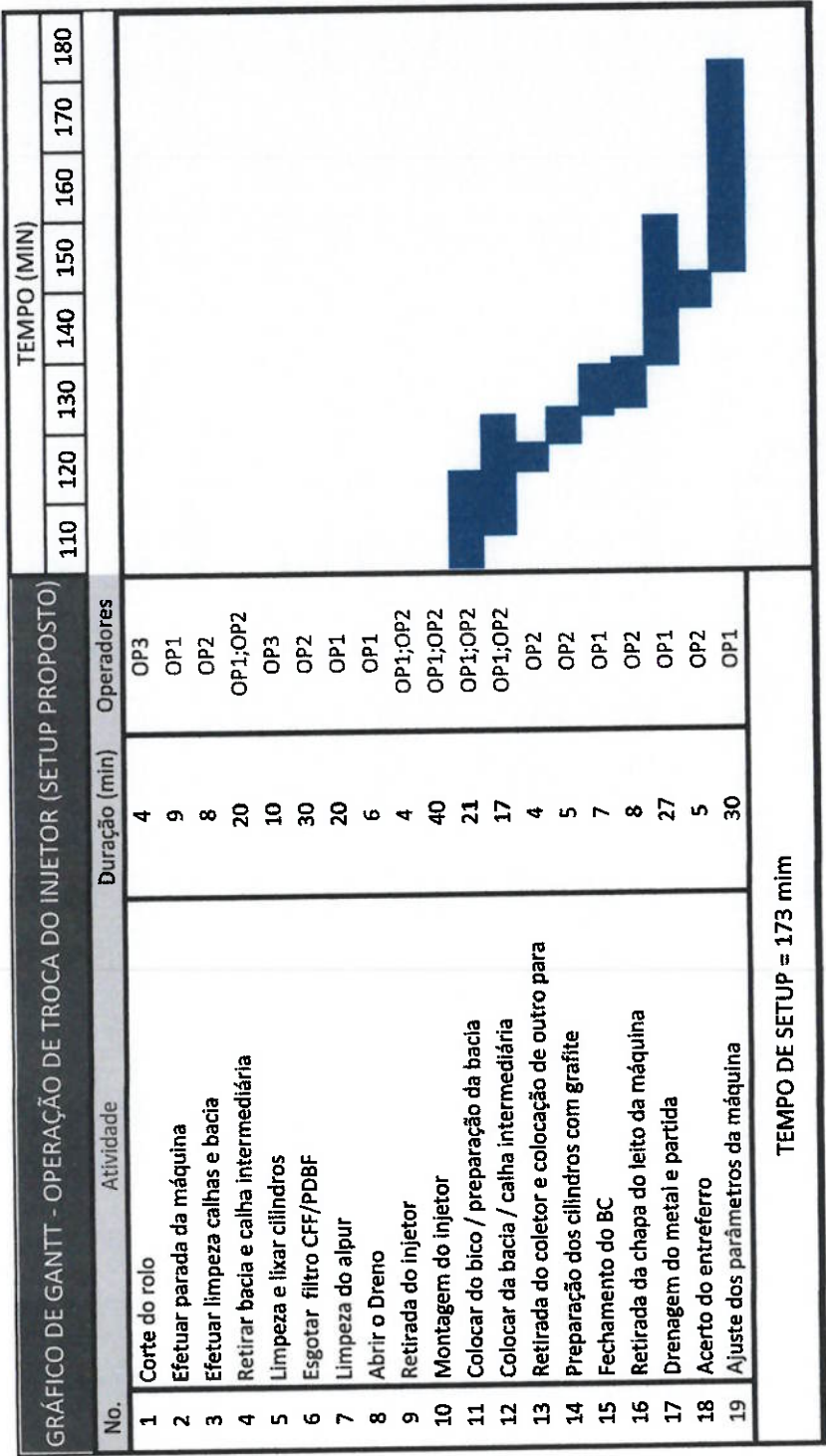
(PARTE 1)





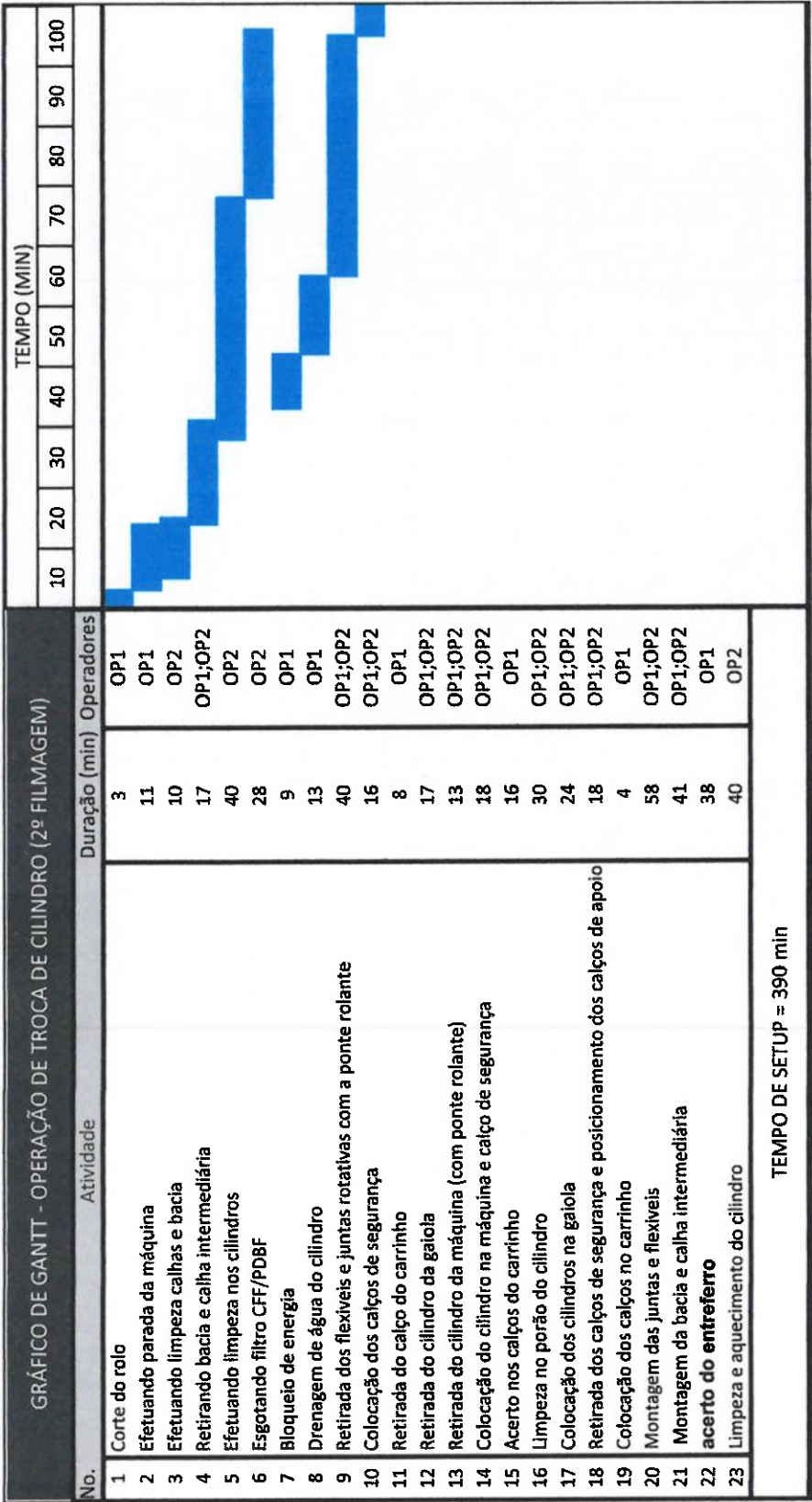
APÊNDICE J – GRÁFICO DE GANTT PARA A OPERAÇÃO DE TROCA DO INJETOR (SETUP PROPOSTO)

(PARTE 2)



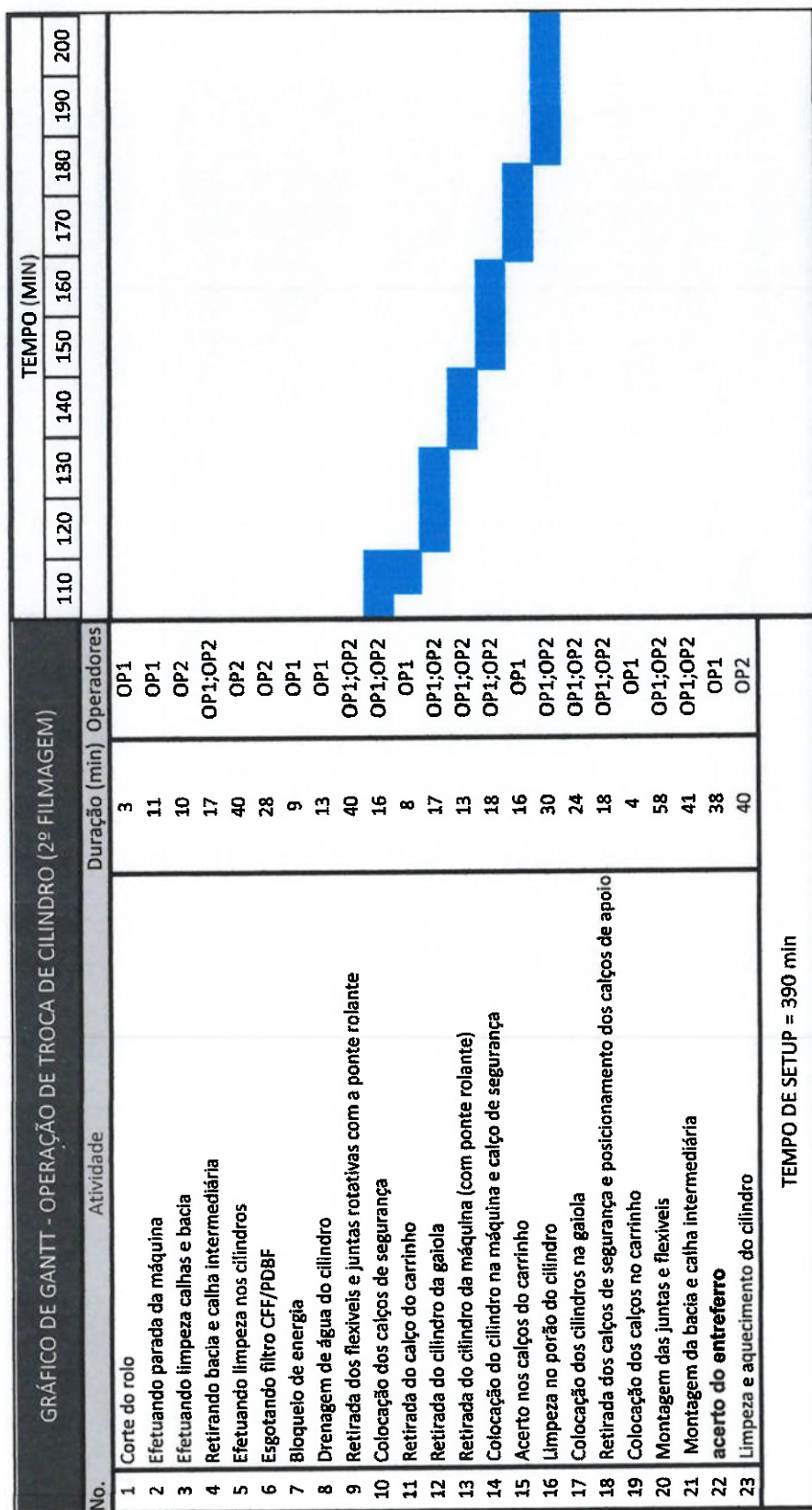
APÊNDICE L – GRÁFICO DE GANTT PARA A OPERAÇÃO DE TROCA DO CILINDRO (2º FILMAGEM)

(PARTE 1)



# APÊNDICE L – GRÁFICO DE GANTT PARA A OPERAÇÃO DE TROCA DO CILINDRO (2º FILMAGEM)

(PARTE 2)

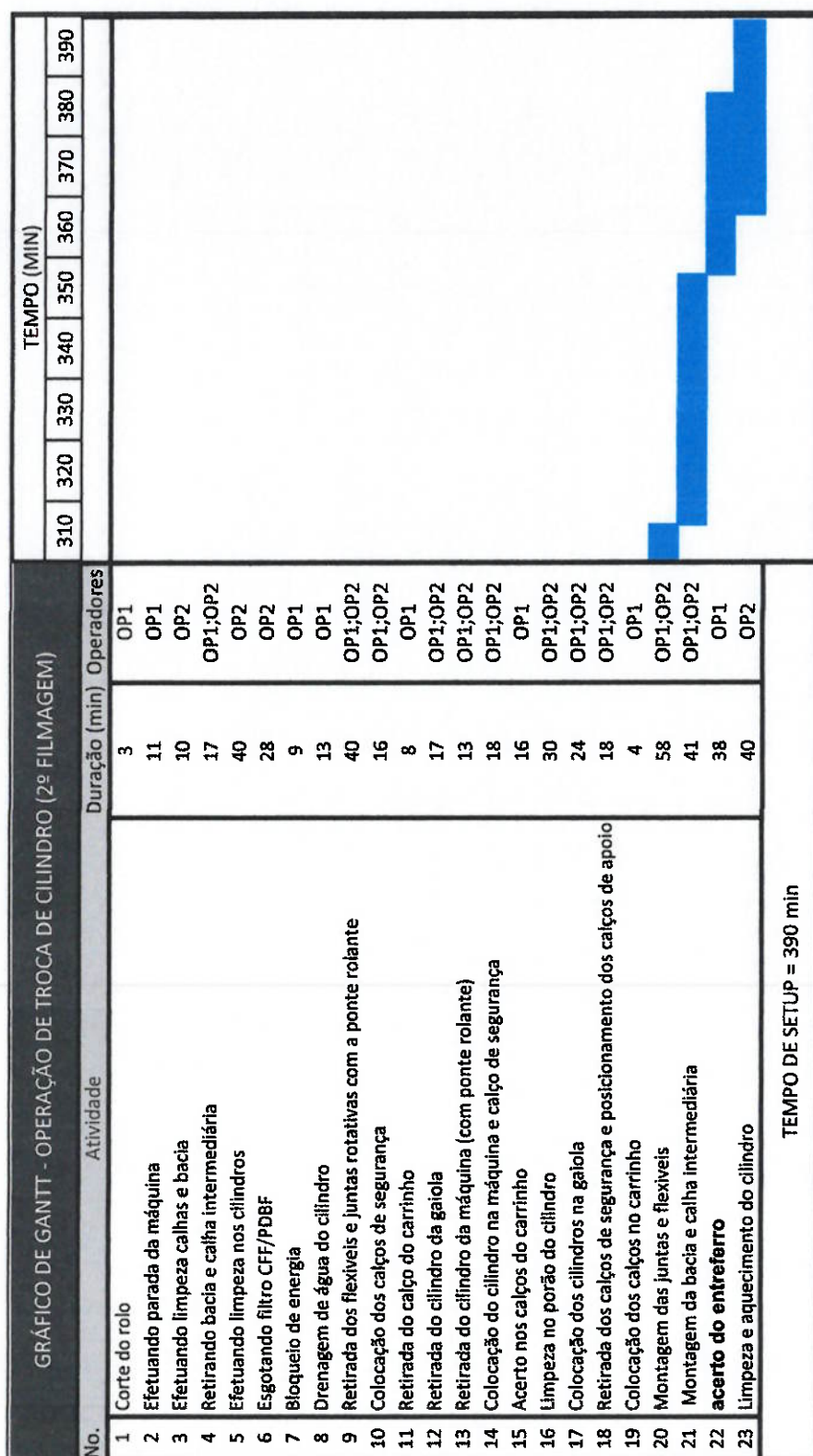






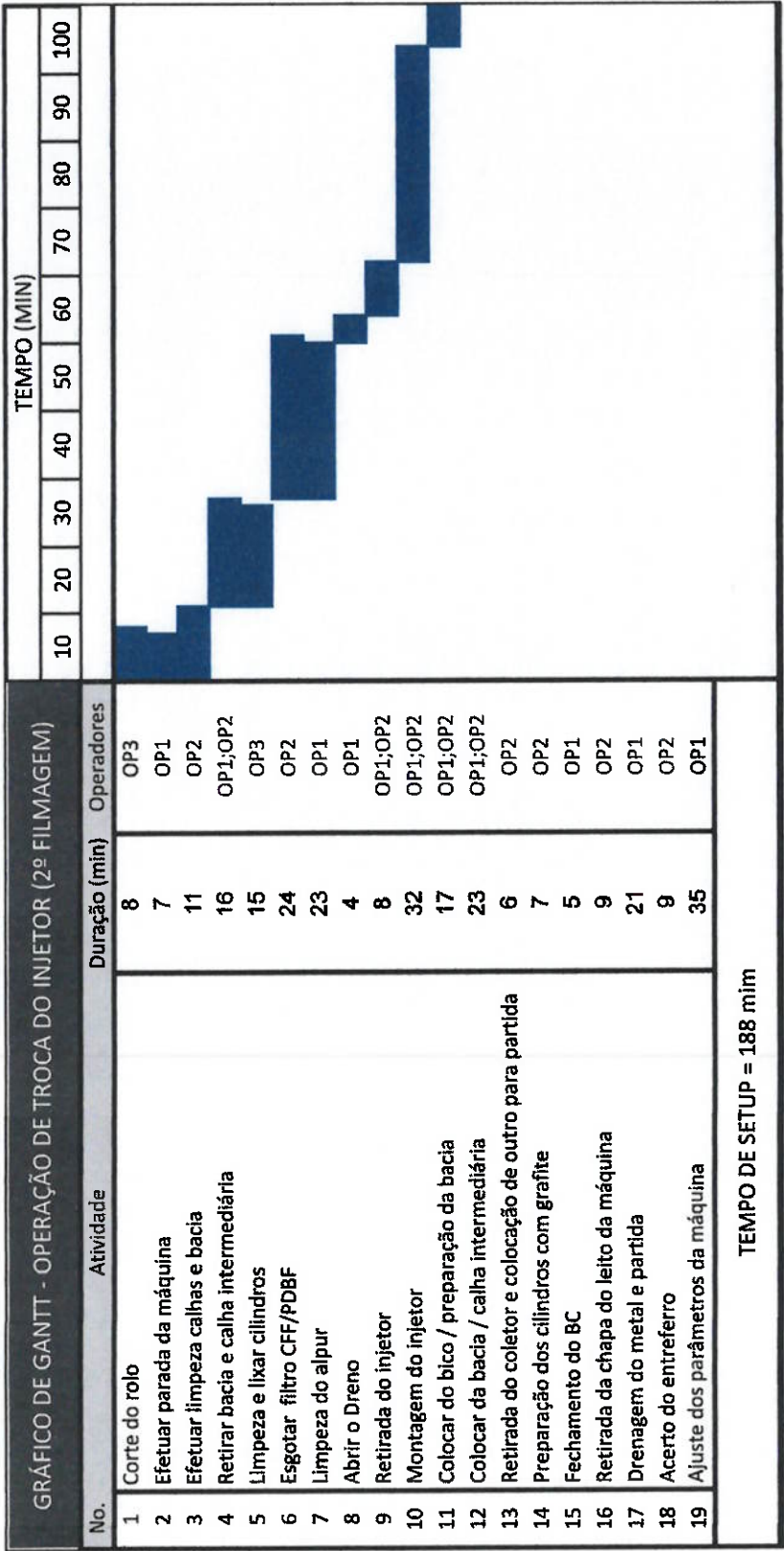
# APÊNDICE L – GRÁFICO DE GANTT PARA A OPERAÇÃO DE TROCA DO CILINDRO (2º FILMAGEM)

(PARTE 4)



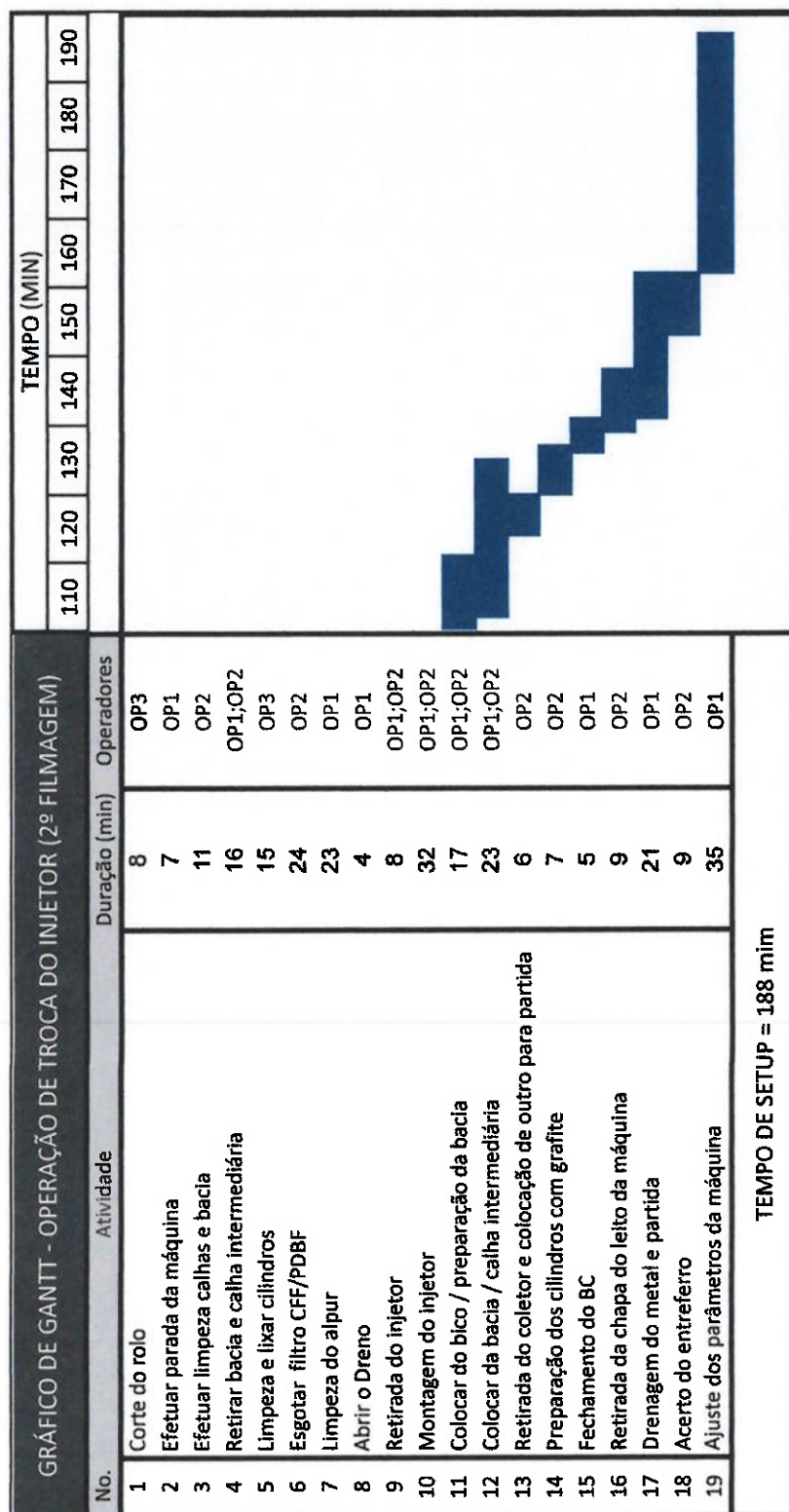
APÊNDICE M – GRÁFICO DE GANTT PARA A OPERAÇÃO DE TROCA DO INJETOR (2º FILMAGEM)

(PARTE 1)

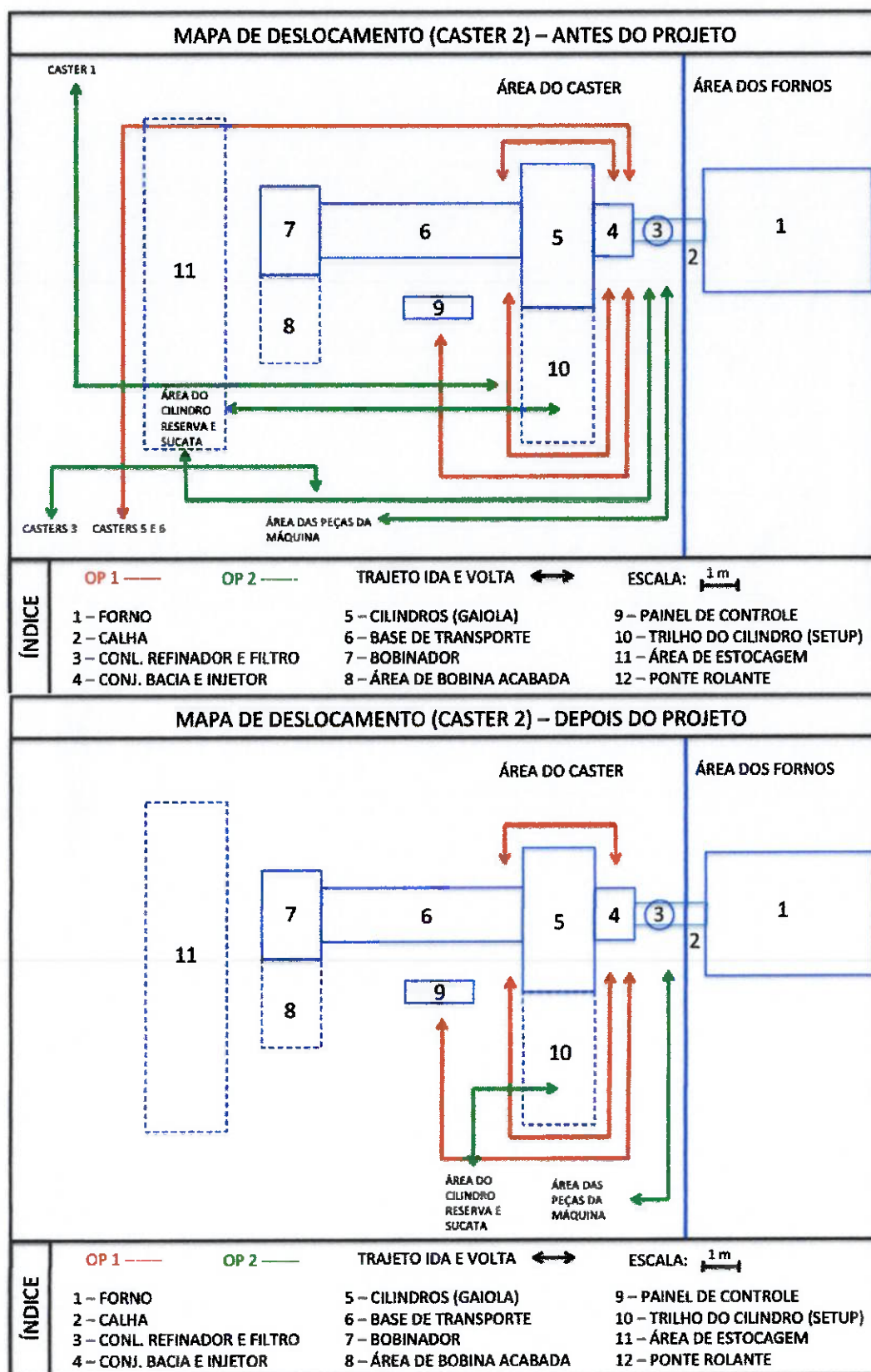


# APÊNDICE M – GRÁFICO DE GANTT PARA A OPERAÇÃO DE TROCA DO INJETOR (2º FILMAGEM)

(PARTE 2)



# APÊNDICE N – COMPARATIVO ENTRE OS MAPAS DE DESLOCAMENTO NA OPERAÇÃO DE TROCA DO CILINDRO





# APÊNDICE O – COMPARATIVO ENTRE OS MAPAS DE DESLOCAMENTO NA OPERAÇÃO DE TROCA DO INJETOR

