



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO – ESCOLA DE MINAS**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA**

---



**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**ANÁLISE DA IMPLEMENTAÇÃO DO PROGRAMA DE MANUTENÇÃO  
AUTÔNOMA: ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DE MINERAÇÃO DE  
BAUXITA**

**Rafaela de Oliveira**

Ouro Preto

2017

**Rafaela de Oliveira**

**ANÁLISE DA IMPLEMENTAÇÃO DO PROGRAMA DE MANUTENÇÃO  
AUTÔNOMA: ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DE MINERAÇÃO DE  
BAUXITA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia de Minas da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Engenharia de Minas.

Orientadora: Prof. Dr. Hernani Mota de Lima

Ouro Preto

2017

ii

O482a Oliveira, Rafaela.  
Análise da implementação do programa de manutenção autônoma  
[manuscrito]: estudo de caso em uma empresa de mineração de bauxita / Rafaela  
Oliveira. - 2017.

60f.: il.: color; tabs; Anexos.

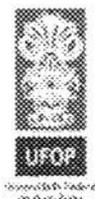
Orientador: Prof. Dr. Hernani Mota de Lima.

Monografia (Graduação). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de  
Minas. Departamento de Engenharia de Minas.

1. Minérios - Controle de Processos. 2. Tratamento de minérios. 3.  
Britagem (Beneficiamento de minério). I. Lima, Hernani Mota de. II.  
Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU: 622.73

Catálogo: [ficha@sisbin.ufop.br](mailto:ficha@sisbin.ufop.br)



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO  
Universidade Federal de Ouro Preto  
Escola de Minas - Departamento de Engenharia de Minas

## ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aos 06 dias do mês de abril de 2017, às 14:00 horas, na sala 07 do Departamento de Engenharia de Minas da Escola de Minas - DEMIN/EM, foi realizada a defesa do Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia de Minas requisito da disciplina MIN-491 – Trabalho de Conclusão de Curso II, intitulado “ANÁLISE DA IMPLEMENTAÇÃO DO PROGRAMA DE MANUTENÇÃO AUTÔNOMA: ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DE MINERAÇÃO DE BAUXITA”, pela aluna **Rafaela de Oliveira**, sendo a comissão avaliadora formada por **Prof. Dr. Hernani Mota de Lima (orientador)**, **Prof. Dr. Davi das Chagas Neves e Eng<sup>a</sup> de Minas Paula Cristine Lela Oliveira**.

Após arguição sobre o trabalho, a comissão avaliadora deliberou por unanimidade pela *aprovação* da candidata, com a nota *9,5* concedendo-lhe o prazo de 15 dias para incorporar no texto final da monografia as alterações determinadas/sugeridas pela banca.

A aluna fará jus aos créditos e conceito de aprovação na disciplina MIN-491 – Trabalho de Conclusão de Curso II após a entrega dos exemplares definitivos (Cd e cópia impressa) da versão final da monografia defendida, conforme modelo do CEMIN-2009, no Colegiado do Curso de Engenharia de Minas – CEMIN.

Para fins de registro, foi lavrada a presente ata que, depois de lida e aprovada é assinada pelos membros da comissão avaliadora e pelo discente.

Prof. Dr. Hernani Mota de Lima  
Presidente da Comissão Avaliadora e Professor Orientador

Ouro Preto, 06 de abril de 2017.

Prof. Dr. Davi das Chagas Neves  
Membro da Comissão Avaliadora

*Paula Cristine Leal Oliveira*  
Eng<sup>a</sup> de Minas Paula Cristine Leal Oliveira  
Membro da Comissão Avaliadora

*Rafaela de Oliveira*  
Rafaela de Oliveira

Prof. Ms.C. José Fernando Miranda  
Professor responsável pela Disciplina Min 491 – Trabalho de Conclusão de Curso

Aos meus pais

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente à Deus, por me proporcionar tamanha vitória.

Ao meu orientador, Xana, pela oportunidade e aprendizado.

À minha família por todo esforço e amor.

Ao César pelo carinho e companheirismo durante essa trajetória.

Aos amigos de Ouro Preto por estarem sempre presentes, em especial Miller e Alexandre.

À Elisa e Ana Valente, pela solicitude e paciência.

Às empresas em que tive oportunidade de estagiar pela oportunidade de estágio, por todo aprendizado profissional e pessoal. À Escola de Minas da UFOP e ao DEMIN pelos professores e ensino de qualidade.

À Ouro Preto por proporcionar momentos inesquecíveis em minha vida e finalmente à minha amada Minas Novas, ex-alunas e moradoras pela amizade, ensinamentos e anos incríveis!

## RESUMO

O cenário econômico atual, cada vez mais competitivo, tem levado as empresas a buscarem alternativas capazes de otimizar seus processos, o que inclui sistemas de manutenção eficientes e economicamente viáveis. O objetivo deste trabalho foi descrever um caso de aplicação do programa de manutenção autônoma em um setor de britagem de uma empresa de mineração de bauxita. O programa tem foco no desenvolvimento e capacitação de pessoas, possibilitando a identificação e mitigação eficiente de possíveis quebras, falhas e defeitos nos equipamentos. Após o estudo de caso, os principais resultados da implementação da metodologia foram: a redução em aproximadamente 25% de horas paradas devido à falha, aumento do tempo médio entre falhas dos equipamentos e o aumento gradativo de inconformidades identificadas pelos operadores ao longo do ano de 2016, além de ganhos em segurança, qualidade e meio ambiente, indicando que a Manutenção Autônoma pode ser uma importante ferramenta para empresas que buscam a melhoria contínua de seus produtos e processos.

**Palavras-chaves:** Manutenção produtiva total, manutenção autônoma, britagem

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>11</b>
2.1 Objetivo Geral .....	11
2.2 Objetivos Específicos.....	11
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>12</b>
3.1 Manutenção: definição .....	12
3.2 Histórico .....	13
3.3 Benefícios da manutenção .....	15
3.4 Tipos de manutenção .....	17
3.4.1 Manutenção corretiva .....	17
3.4.2 Manutenção preventiva .....	18
3.4.3 Manutenção preditiva .....	19
3.4.4 Manutenção detectiva.....	19
3.4.5 Engenharia de manutenção.....	20
3.5 A manutenção no cenário atual do Brasil .....	21
3.6 Indicadores de manutenção.....	23
3.7 Gestão da manutenção .....	25
3.8 Manutenção produtiva total (TPM) .....	26
3.8.1 A origem e evolução da manutenção produtiva total.....	26
3.8.2 Objetivos e definição da TPM.....	27
3.9 Manutenção autônoma.....	30
3.9.1 Implementação da manutenção autônoma.....	26
3.8.2 Objetivos e definição da TPM.....	27
<b>4. ESTUDO DE CASO: IMPLEMENTAÇÃO DA MANUTENÇÃO AUTÔNOMA NA BRITAGEM .....</b>	<b>34</b>
4.1 Descrição da Empresa .....	34
4.2 Descrição da Britagem.....	35
4.3 Implementação da manutenção autônoma .....	38
4.4 Resultados obtidos com a Implementação da manutenção autônoma .....	50
<b>5. CONCLUSÃO.....</b>	<b>55</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>56</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>58</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1	Relação de custos.....	13
Figura 3.2	Tipos de manutenção.....	21
Figura 3.3	A situação da manutenção no Brasil.....	22
Figura 3.4	Cenário Favorável para a melhoria dos resultados no Brasil.....	23
Figura 3.5	Pilares do TPM.....	28
Figura 3.6	Os 7 passos da manutenção autônoma.....	30
Figura 3.7	Classificação dos tipos de auditoria.....	33
Figura 4.1	Fluxograma da britagem.....	37
Figura 4.2	Áreas e equipamentos selecionado para manutenção autônoma.....	38
Figura 4.3	Cronograma de implementação.....	39
Figura 4.4	Equipamentos selecionados para o programa de manutenção autônoma.....	39
Figura 4.5	Etiquetas de inconveniência.....	40
Figura 4.6	Fluxograma de aplicação de etiquetas.....	41
Figura 4.7	Gráfico do número de inconveniências encontradas.....	41
Figura 4.8	Exemplos de inconveniências encontradas na área da britagem.....	42
Figura 4.9	Detalhamento dos processos de MA do britador primário.....	42
Figura 4.10	Pareto das oportunidades de MA na britagem.....	43
Figura 4.11	Relatório semanal de identificação de fontes sujeira.....	44
Figura 4.12	Marcação de parafuso para identificação rápida de inconformidade..	45
Figura 4.13	Equipamento com TAG de identificação.....	45
Figura 4.14	Medição de temperatura.....	46
Figura 4.15	Padrão provisório de limpeza e inspeção de correias transportadoras.....	46
Figura 4.16	Treinamento de medição de espessura de correias.....	48
Figura 4.17	Plataforma do programa de registro de etiquetas de manutenção autônoma.....	50
Figura 4.18	Controle de falhas e análise crítica de manutenção autônoma da britagem.....	51
Figura 4.19	Gráficos de MTBF – Britagem.....	52
Figura 4.20	Inconveniências operacionais identificadas e resolvidas.....	53

## LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1	Histórico da evolução da manutenção.....	15
Tabela 3.2	As quatro gerações da TPM.....	27
Tabela 3.3	Resumo das etapas da manutenção autônoma.....	32
Tabela 4.1	Atividades de manutenção autônoma da britagem.....	47
Tabela 4.2	Acompanhamento dos treinamentos de manutenção autônoma.....	48
Tabela 4.3	Comparativo de elementos qualitativos antes e após a implementação do programa.....	53

## LISTA DE SÍMBOLOS, NOMENCLATURA E ABREVIACÃO

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRAMAN – Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos

FS – Fonte de sujeira

JIT – *Just in time*

J.I.P.M – *Japanese Institute of Plant Maintenance*

LDA – Locais de difícil acesso

MTBF – *Mean Time Between Failure*

MTTR – *Mean Time to Repair*

NBR – Norma Brasileira

ROM – *Run of Mine*

TMEF – Tempo médio entre falhas

TMPR – Tempo médio para reparo

TPM – *Total Productive Maintenance*

UBQ – União Brasileira para a Qualidade

## **1. INTRODUÇÃO**

O cenário econômico mundial é marcado pela grande competitividade entre as empresas, o que pode ser atribuído ao crescimento acelerado da globalização que exige cada vez mais um alto grau de aperfeiçoamento das organizações, seja através dos seus processos ou produtos. Desse modo, as empresas buscam por novos negócios que possuam tecnologias inovadoras e metodologias gerenciais eficazes, com o objetivo de se manterem competitivas e atraentes dentro do mercado que estão inseridas.

O setor de mineração está entre os setores mais impactados pela grave crise econômica que atingiu o Brasil, responsável pela frequente oscilação no preço dos minérios e instabilidade do setor, levando as empresas a buscarem alternativas que otimizem seu processo, permitindo que as metas de produção sejam alcançadas rapidamente.

Nesse contexto, a metodologia da manutenção autônoma, surge como opção para as empresas que desejam garantir a disponibilidade e confiabilidade de seus sistemas produtivos, possibilitando a capacitação dos funcionários para o diagnóstico de possíveis falhas, evitando desse modo que intervenções desnecessárias sejam realizadas, garantindo efetivo funcionamento e desempenho dos equipamentos, com consequente garantia da qualidade, confiabilidade e cumprimento dos prazos e custos das atividades relacionadas a produção. Assim, a manutenção autônoma dentro das organizações deve ser vista de maneira estratégica, sendo necessário que tais atividades sejam incorporadas de modo eficaz no processo produtivo, levando a uma completa transformação na gestão das empresas, garantindo assim a sua colocação no mercado.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

O presente trabalho tem como objetivo apresentar as etapas e ferramentas utilizadas pela Manutenção Autônoma, através da implantação da metodologia na área de britagem em uma empresa de mineração de bauxita.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- ✓ Descrever como foi a aplicação das técnicas de manutenção autônoma no ambiente de trabalho do setor de britagem;
- ✓ Evidenciar mudanças operacionais com a utilização da manutenção autônoma;
- ✓ Avaliar os benefícios que a manutenção autônoma pode trazer para a empresa.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Manutenção: definição

Muitos são os conceitos de manutenção encontrados na literatura que auxiliam na compreensão dos diferentes aspectos do setor, que tem recebido cada vez mais destaque devido ao cenário industrial mais competitivo, bem como às flutuações econômicas no mercado.

O termo manutenção teve sua origem no vocábulo militar, cujo entendimento era manter nas unidades o efetivo e os materiais utilizados em combate em constante estado de aceitação (Monchy, 1989).

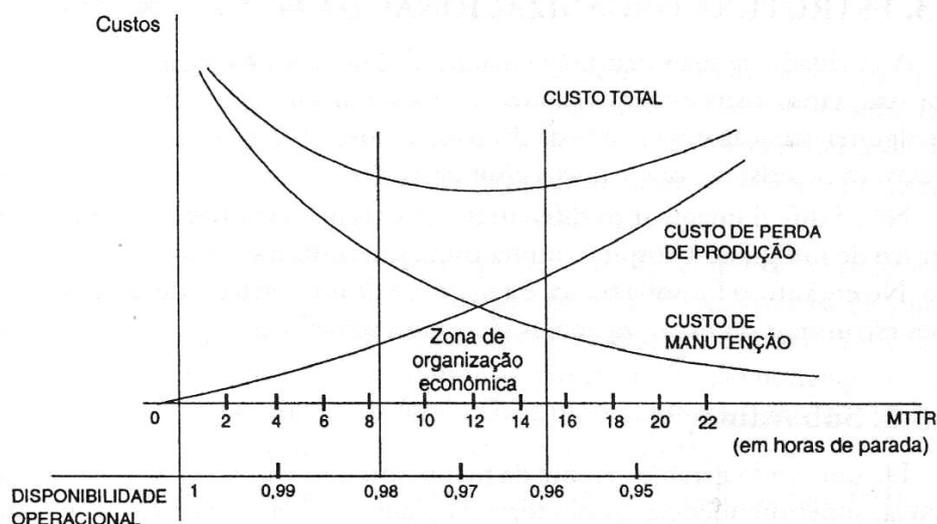
Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (NBR 5462, 1994), a manutenção pode ser definida como sendo a “combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida”.

Para Britto *et al.*, (2003), a manutenção dos equipamentos é uma atividade que inclui o tratamento e análise de falhas, realização de inspeções, reparos, e o desenvolvimento de medidas para evitar reincidências.

De modo mais atual, pode-se definir manutenção como o conjunto de intervenções – planejadas ou não – aplicadas aos equipamentos e instalações, que tem como objetivo conservar os equipamentos e componentes em funcionamento, durante o maior tempo e com o melhor rendimento possível, garantindo a disponibilidade necessária aos processos produtivos, com confiabilidade e segurança e a custos adequados (Kardec *et al.*, 2009).

A Figura 3.1, ilustra os elementos associados ao custo total referente a uma falha no sistema. O custo total é composto pelo custo propriamente dito de manutenção, ou seja, gastos que se tem com ferramentas, materiais, mão-de-obra, para que o equipamento volte ao funcionamento normal mais o custo vinculado às perdas de produção decorrentes da parada dos equipamentos. O custo de perda de produção é diretamente proporcional ao tempo de parada enquanto o custo de manutenção diminui à medida que os reparos são realizados, seja corretiva ou preventivamente. A chamada “Zona de organização econômica” acontece quando se

consegue adequar o total de horas paradas equilibrando ambos os custos (Kardec *et al.*, 2009).



**Figura 3.1** - Relação de custos

Fonte: Kardec *et al.*, 1999.

É interessante compreender a evolução do conceito de manutenção, que se aprimorou à medida em que o setor deixou de ser considerado coadjuvante e adquiriu valor estratégico para as organizações.

### 3.2 Histórico

O desenvolvimento da manutenção acompanhou o desenvolvimento industrial ao longo dos anos. Com avanço tecnológico advindo da Revolução Industrial no século XVIII, surgiu a necessidade de atividades de conserto que mantivessem os equipamentos em funcionamento. Havia pouca mecanização, os equipamentos eram simples e a produtividade nas indústrias não era prioridade, de forma que a manutenção era realizada pelos próprios operadores em caráter corretivo, ou seja, apenas após a quebra (Kardec *et al.*, 2009). A partir da Primeira Guerra Mundial, com a introdução de linhas de montagem por Henry Ford, os sistemas de manutenção se tornaram mais rápidos e eficazes com admissão de pessoas responsáveis pela manutenção, entretanto os reparos ainda eram realizados de forma emergencial após falha em algum item, provocando eventual indisponibilidade de equipamentos (Filho, 2008).

A predominância da manutenção corretiva se estendeu do início da Segunda Guerra Mundial até meados dos anos 60, onde o aumento da procura por todos os tipos de produto e a diminuição da disponibilidade de mão-de-obra, impulsionaram a mecanização das indústrias que tinham que produzir de forma cada vez mais enxuta. Diante desse cenário, iniciou-se o monitoramento dos equipamentos, de forma que as correções começaram a ser realizadas a intervalos de tempo fixo, a fim de que as falhas nos equipamentos fossem evitadas, similarmente ao que hoje se compreende por manutenção preventiva. Outro fator relevante, foi o aumento dos custos com manutenção, que fez com que começasse a surgir as primeiras concepções de planejamento de manutenção, com a preocupação de estender a vida útil dos equipamentos. Mais tarde, a função manutenção, corretiva e preventiva, viria assumir relevância igual à função produção dentro da indústria (Filho, 2008; Kardec *et al.*, 2009). Kardec *et al.*, (2009) denominam essa fase de “2ª Geração” na evolução da manutenção.

A partir da década de 70, com o grande aumento na automação e mecanização das indústrias, as paradas de produção se tornaram uma preocupação generalizada à medida em que aumentavam os custos e afetavam a qualidade dos produtos, podendo significar em muitos casos a paralização das fábricas.

Disponibilidade e confiabilidade passaram a ser palavras chaves, impulsionando as empresas a desenvolverem o setor, com a criação de departamentos direcionados à gestão da manutenção. Embora o maior emprego da manutenção preventiva tenha trazido bons resultados aos quesitos de disponibilidade, confiabilidade, segurança e meio ambiente, ainda provocava efeitos negativos na produtividade e conseqüentemente no custo dos produtos, devido as frequentes interrupções nos equipamentos. A partir dos avanços tecnológicos e aumento dos recursos computacionais, foi possível desenvolver critérios de previsão de falhas apoiados nas inovações de controle, medição de inconformidades e tratamento de dados. As intervenções nos equipamentos se tornaram mais curtas, conscientes e precisas, a partir das análises de condições e riscos envolvidos de forma individual. Surge então o conceito de Manutenção Preditiva e Controle da Manutenção (Filho, 2008).

As equipes de manutenção adquiriram mais autonomia com a utilização de microcomputadores e criação de controles mais simples, o que permitiu enorme avanço no manuseio de informações e análise dos dados, envolvendo os setores de manutenção e produção que buscavam trabalhar em conjunto para otimizar a qualidade e a produtividade de seus sistemas (Tavares, 2000).

Outro aspecto importante na evolução da manutenção foi a necessidade da criação de equipes multidisciplinares na interação de todas as fases dos projetos, proporcionando melhorias na produção e eficiência de custos. Os setores de manutenção das empresas continuam se aprimorando para atender as demandas por produto e qualidade, com mais rigor e confiabilidade, diminuindo falhas e retrabalhos já que, como dito anteriormente, desempenham papel estratégico nas organizações.

**Tabela 3.1** Histórico da evolução da manutenção

<b>Evolução da Manutenção</b>	<b>Ambientes Situacionais</b>	<b>Expectativas quanto ao desempenho</b>	<b>Políticas e filosofias predominantes</b>	<b>Técnicas e procedimentos</b>
1ª Geração (até 1940-1950)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tecnologia simples</li> <li>- Pouca redundância</li> <li>- Grandes estoques de sobressalentes</li> <li>- Produtos estandardizados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reparo após avaria</li> <li>- Estabilidade da capacidade de produção</li> </ul>	Corretiva	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Substituição de itens</li> <li>- Reparos de emergência</li> <li>- Isolamento da falha</li> </ul>
2ª Geração (1950-1980)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tecnologia semi-automatizada</li> <li>-Alguma redundância</li> <li>- Estoques moderados</li> <li>-Produtos especializados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maior disponibilidade e produtividade dos ativos físicos</li> <li>- Maior vida útil dos equipamentos e componentes</li> <li>- Menores custos</li> </ul>	Preventiva	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Troca sistematizada</li> <li>- Revisões gerais programadas (“overhauls”)</li> <li>-Sistemas de planejamento e controle</li> <li>- Informática “<i>main frame</i>”</li> </ul>
3ª Geração (1980-2000)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tecnologia automatizada</li> <li>- Alta redundância</li> <li>- Estoques “Just in Time”</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maior disponibilidade e confiabilidade dos ativos físicos</li> <li>- Maior vida útil dos</li> </ul>	Preditiva TPM MCC (RCM)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Monitoramento de condições e parâmetros operacionais de processos</li> <li>- Inclusão de confiabilidade e</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Sistemas complexos</li> <li>-Altos investimentos de capitais</li> <li>-Produtos personalizados</li> </ul>	<p>equipamentos e sistemas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Maior segurança operacional</li> <li>- Melhor qualidade dos serviços e produtos</li> <li>- Ausência de danos ao meio ambiente</li> <li>- Melhor custo benefício dos processos</li> <li>-Maior produtividade, competitividade e lucratividade</li> </ul>		<p>manutenibilidade nos projetos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Análise de riscos, modos de falhas, causas e efeitos</li> <li>- Microinformática</li> <li>- Versatilidade e “teamwork”</li> </ul>
4ª Geração (2000 - ...)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tecnologia avançada</li> <li>-Processamento contínuo</li> <li>- Sistemas interconectados</li> <li>-Investimentos otimizados</li> <li>-Produtos inteligentes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alinhamento com os objetivos estratégicos corporativos</li> <li>- Inserção nos sistemas integrados de gestão</li> <li>- Respeito aos preceitos da sustentabilidade</li> <li>- Engenharia de manutenção e melhoria da manutenibilidade</li> </ul>	Pró-ativa Asset Management (Gestão de Ativos Físicos)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Redes neurais</li> <li>-Sistemas especialistas</li> <li>-Auto-teste e auto-diagnóstico</li> <li>-Interfaces “wireless” e “blue tooth”</li> <li>Multidisciplinaridade</li> <li>-Multiespecialização</li> </ul>

Fonte: Arcuri Filho, 2005

### 3.3 Benefícios da manutenção

De acordo com Slack (2009), o foco da produção é cuidar de suas instalações de forma sistemática, já que vários benefícios são obtidos quando a manutenção é executada de modo eficiente. Pode-se citar como exemplo desse benefício:

- **Confiabilidade aumentada:** diminui o tempo gasto com o conserto das instalações, além da diminuição do número de interrupções das atividades rotineiras de produção, com conseqüente aumento na confiança do nível de serviço;

- **Qualidade maior:** equipamentos bem mantidos apresentam desempenho dentro do padrão e provocam menos problemas de relacionados à qualidade;
- **Custos de operação mais baixos:** manutenções regulares garantem o funcionamento eficaz de maquinário, representando menores custos na troca de peças, por exemplo;
- **Tempo de vida mais longo:** o cuidado regular representado por ações de limpeza e lubrificação prologam a vida útil dos equipamentos, eliminando pequenos problemas nos mesmo, cujo efeito a longo prazo causa desgaste e deterioração;
- **Valor final mais alto:** equipamentos bem mantidos tem menores taxas de depreciação, sendo mais fáceis de vender no mercado de segunda mão (Slack, 2009).

### 3.4 Tipos de manutenção

Existe uma variedade muito grande de denominações para classificar a atuação da manutenção, que está diretamente relacionada ao momento em que a intervenção é realizada no sistema. Porém, as práticas mais usuais definem os principais tipos de manutenção, que são: manutenção corretiva não planejada, manutenção corretiva planejada, manutenção preventiva, manutenção preditiva, manutenção detectiva e engenharia de manutenção (Pinto *et al.*, 2001).

#### 3.4.1 Manutenção corretiva

A manutenção corretiva consiste na substituição de peças ou componentes dos equipamentos que apresentaram baixo desempenho ou que provocaram uma parada na produção devido à falha. O objetivo desse tipo de manutenção é restaurar as condições produtivas ideais do sistema, não sendo necessariamente realizada de forma emergencial. Pode-se dividir em duas categorias: planejada e não-planejada (Kardec *et al.*, 2009).

- **Manutenção corretiva não-planejada:** ocorre quando a correção da falha é realizada após o fato ter ocorrido, sem acompanhamento ou planejamento anterior, de forma aleatória, muitas vezes realizada em caráter emergencial. Envolve altos custos, uma vez que uma parada inesperada provoca perdas de produção além da perda de qualidade do produto e elevados custos indiretos

de operação, podendo gerar danos maiores aos equipamentos (Otani *et al.*, 2008).

- **Manutenção corretiva planejada:** é a correção da avaria realizada em função da decisão gerencial para operar até a quebra do componente ou em função de acompanhamento preditivo (Pinto *et al.*, 2001), permitindo melhor planejamento de recursos e alinhamento com o setor de produção.

Ao adotar estratégia de manutenção essencialmente corretiva, deve-se assumir os riscos e os custos elevados que estão associados à necessidade de estoque de peças sobressalentes, mão-de-obra imediatamente disponível, indisponibilidade das máquinas e baixa ou nenhuma produção no período. Esses custos aumentam à medida que o tempo de reparo é maior. Segundo Almeida, (2000), o custo do reparo realizado de modo corretivo, tende a ser a 3 vezes maior do que quando é realizado de forma preventiva. Essa política pode ser utilizada em equipamentos que apresentam baixa criticidade no processo produtivo, onde os custos envolvidos em um reparo inesperado são inferiores aos custos de uma manutenção preventiva por exemplo.

### 3.4.2 Manutenção preventiva

É a manutenção que busca evitar que a falha ocorra a partir da programação de intervenções em intervalos de tempo pré-definidos (Pinto *et al.*, 2001). Ou seja, as atividades de limpeza, lubrificação, substituição e verificação são programadas levando em consideração os tempos dos equipamentos, que podem ser definidos pelo fabricante ou pela própria empresa através de estatísticas como por exemplo o tempo médio para falha (Almeida, 2000).

Alguns fatores devem ser levados em conta ao se realizar os planos de manutenção preventiva, uma vez que nem sempre os fabricantes oferecem dados precisos acerca dos tempos dos equipamentos e, ao se adotar estatísticas deve-se considerar as particularidades da planta, ou seja, as condições operacionais e ambientais que influenciam o funcionamento e a degradação do maquinário. A determinação da frequência na intervenção e substituição deve ser definida para cada equipamento ou no máximo para instalações similares em condições de operação similares, evitando dessa forma os dois problemas mais comuns na adoção dessa estratégia: a realização de reparos e trocas de componentes antecipadamente,

desperdiçando peças e trabalho, e o mais preocupante que é a ocorrência da falha no intervalo de duas manutenções preventivas, o que implicará em uma corretiva, aumentando os custos (Kardec *et al.*, 2009).

Se adotada de maneira eficaz, tem-se como vantagens da aplicação da manutenção preventiva o maior controle das atividades, melhor gerenciamento de recursos e materiais sobressalentes, maior disponibilidade e confiabilidade de produção e como desvantagem a necessidade da retirada do maquinário de operação para execução das atividades programadas (Almeida, 2000).

### **3.4.3 Manutenção preditiva**

É a manutenção realizada a partir do acompanhamento dos dados de medições sistemáticas de variáveis e parâmetros de desempenho dos equipamentos. Tem por objetivo o monitoramento dos ativos de modo a prever o tempo até a falha, para que a intervenção seja realizada no momento correto, possibilitando a operação contínua do sistema pelo maior tempo possível, uma vez que as verificações são realizadas com o equipamento produzindo. Quando o grau de deterioração alcança o limite pré-estabelecido, é tomada a decisão de intervenção, com planejamento prévio da atividade, de forma a causar o menor impacto à produção (Kardec *et al.*, 2009).

Para que essa estratégia de manutenção seja adotada, é necessário que o equipamento necessite de acompanhamento e possibilite monitoramento/medição, para que as possíveis falhas tenham sua progressão acompanhada. A maior vantagem atribuída à manutenção preventiva está relacionada à frequência de ocorrência das falhas não esperadas que fica bastante reduzida, o que reflete no aumento da produtividade e qualidade do produto com conseqüente redução de custos (Almeida, 2000). Por outro lado, requer equipe especializada para trabalhar com os instrumentos de precisão, realizar as inspeções periódicas e diagnósticos, bem como investimento para aquisição dos materiais necessários.

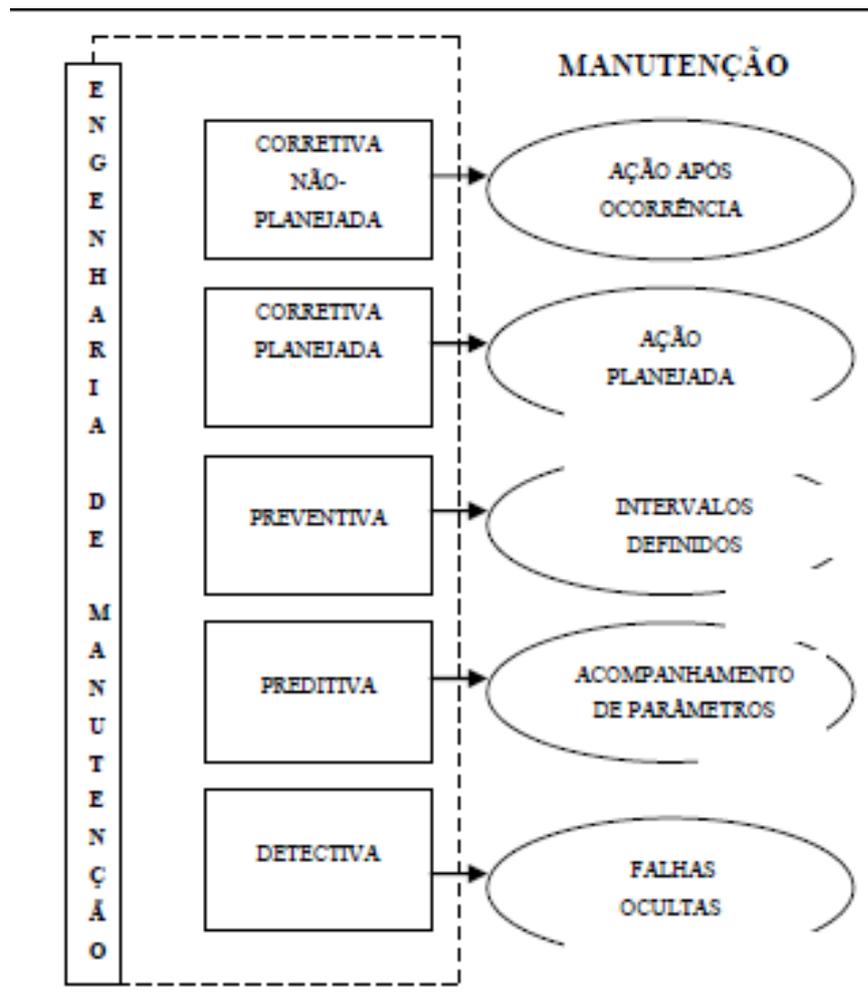
### **3.4.4 Manutenção detectiva**

É a manutenção que busca detectar e corrigir falhas ocultas ou que passam despercebidas pela equipe de operação (Pinto *et al.*, 2001). Seu conceito ficou conhecido nos anos 90, e sua prática resulta em uma maior confiabilidade dos equipamentos dos sistemas de proteção à medida em que sua prática mantém os

mantém funcionando com o índice de falha próximo de zero. É uma prática especialmente importante quanto maior o grau de automação das organizações ou quando o processo é crítico e não tolera falhas.

### **3.4.5 Engenharia de manutenção**

A Engenharia de Manutenção surge como uma quebra de paradigma provocando uma mudança cultural nas indústrias à medida em que reuniu práticas de melhoria contínua com mudanças significativas na rotina das atividades de manutenção. Consiste segundo Kardec *et al.*,(2009) em “perseguir *benchmarks*, aplicar técnicas modernas, estar nivelado com a manutenção do Primeiro Mundo”. Essa prática utiliza os dados fornecidos pelos acompanhamentos realizados pelas equipes de manutenção – corretiva, preventiva e principalmente preditiva – para análise de estudos, proposição de melhorias, confecção de planos mais assertivos de manutenção que buscam atuar na causa raiz e agir antes da ocorrência de falhas. Tem como objetivo aumentar a confiabilidade, disponibilidade, segurança e manutenibilidade, eliminando problemas recorrentes e melhorando a gestão de pessoas, materiais e sobressalentes, sempre acompanhando indicadores baseados em documentações técnicas, podendo ser considerada uma evolução do sistema de manutenção (Kardec *et al.*, 2009). A Figura 3.2 abaixo expõe de maneira clara, as diferenças entre os tipos de manutenção e a posição que a Engenharia de Manutenção ocupa neste contexto.

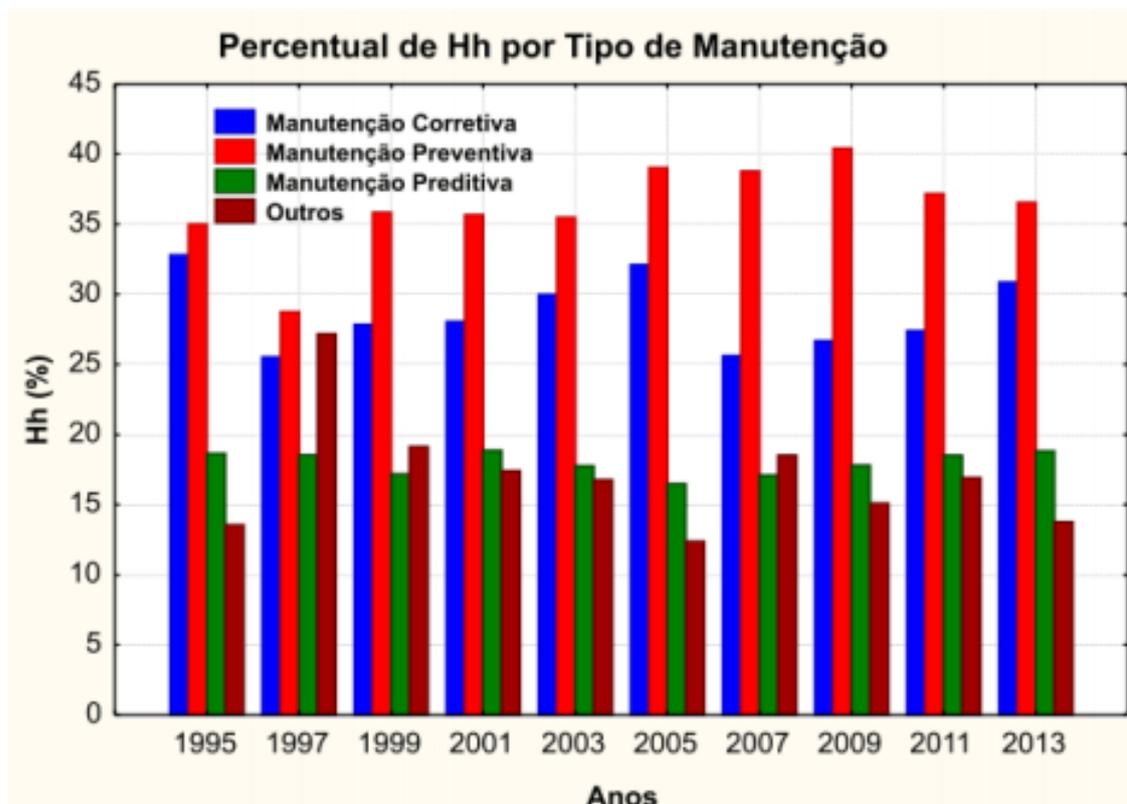


**Figura 3.2** Tipos de manutenção

Fonte: Kardec *et al.*, 2009

### 3.5 A manutenção no cenário atual do Brasil

A Figura 3.3 retirada do Documento Nacional 2013 – A Situação da Manutenção no Brasil – produzido pela ABRAMAN (Associação Brasileira de Manutenção), mostra a proporção de horas gastos em serviços de manutenção em relação ao total de horas trabalhadas no Brasil.



Média das Últimas Pesquisas			2013
Manutenção Corretiva	Manutenção Preventiva	Manutenção Preditiva	Outros
Média: 28,69%	Média: 36,27%	Média: 17,97%	Média: 17,07%
Dp: 2,61%	Dp: 3,18%	Dp: 0,84%	Dp: 4,19%

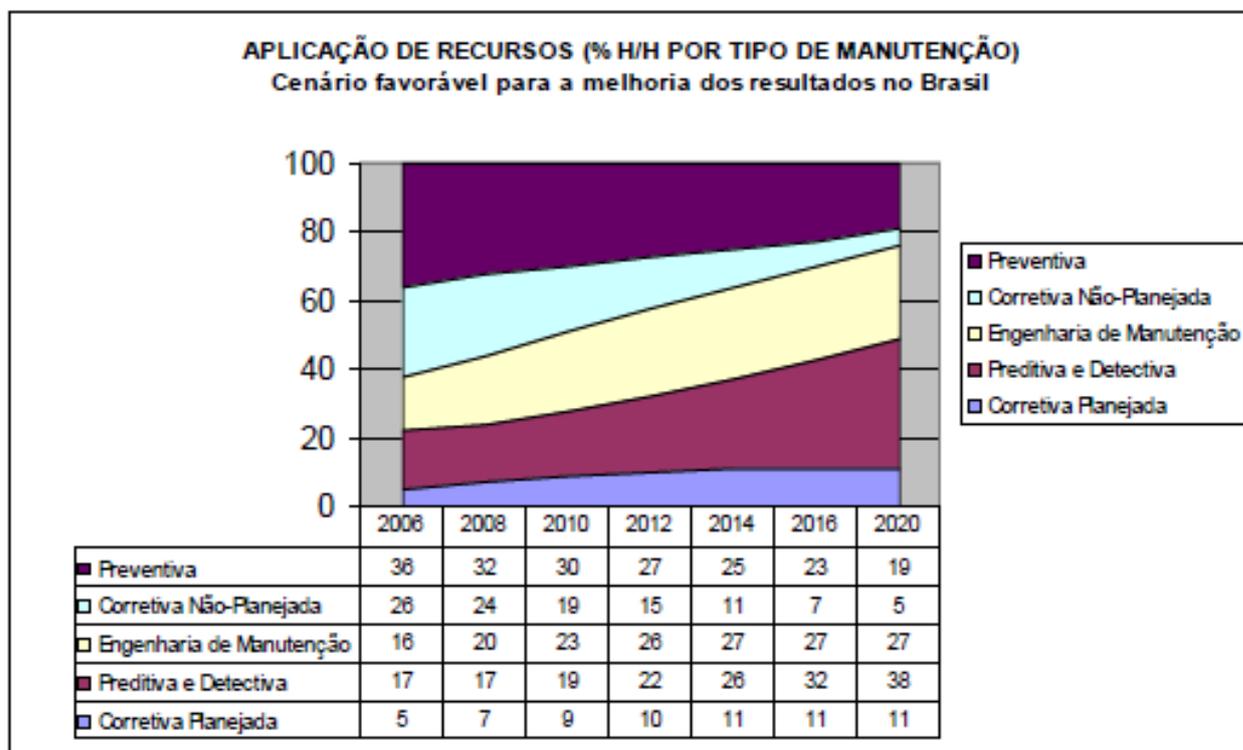
**Figura 3.3** A situação da manutenção no Brasil

Fonte: ABRAMAN, 2013

A figura acima reflete índices estáveis no Brasil, considerando um horizonte de cerca de 20 anos. A manutenção preventiva, que provoca um grande número de paradas do sistema, é a que apresentou durante os anos, o maior índice, seguida pela manutenção corretiva, o que mostra que as paradas por falhas ou emergenciais também são responsáveis pela sobrecarga de serviços de manutenção. A Manutenção Preditiva apresentou índices menores, devido tanto a sua menor utilização quanto em função de sua característica de disponibilidade, onde os equipamentos permanecem em operação durante a intervenção.

Kardec *et al.* (2009) sugerem um cenário próspero, para onde devem caminhar as práticas de manutenção, com crescimento da Manutenção Preditiva, decréscimo

na Preventiva e grande redução na Corretiva não Planejada. Esse cenário pode ser visualizado na Figura 3.4 abaixo:



**Figura 3.4** Cenário Favorável para a melhoria dos resultados no Brasil

Fonte: KARDEC *et al.*, 2009

### 3.6 Indicadores de manutenção

Devido ao maior grau de competitividade que as empresas enfrentam no cenário atual, a escolha da metodologia a ser utilizada para o gerenciamento de sua rotina de manutenção torna-se peça chave para o sucesso do negócio. Nesse contexto é muito importante a decisão sobre quais indicadores de manutenção se deve utilizar, uma vez que estes devem orientar a empresa na direção das metas e objetivos traçados, possibilitando comparações de determinados aspectos ao longo do tempo (Zen,2008).

Alguns indicadores que são referência no ramo manutenção são apresentados abaixo (Zen, 2008):

- **Hora parada ou hora indisponível:** indica o tempo em que o equipamento esteve indisponível para operar, ou seja, indica o tempo entre a parada do equipamento devido a ocorrência de falha até sua liberação para operação;
- **Hora de espera:** representa o tempo entre a comunicação da falha até o instante do início da intervenção por parte da equipe de manutenção, indicando sua capacidade de reagir e se organizar;
- **Hora de impedimento:** mede o tempo desperdiçado devido a fatores que dependem de outras equipes, como por exemplo falta de suprimentos, que impedem a ação da manutenção. Indica o quanto as equipes auxiliares estão comprometidas para o reparo da falha;
- **Disponibilidade:** determina a probabilidade de o equipamento estar disponível para operação em certo momento, ou seja, indica a possibilidade de atendimento as metas de produção pela manutenção;
- **Custo de manutenção:** representa o montante de todos os custos associados a manutenção, desde custos de materiais, sobressalente, mão-de-obra, até os custos envolvidos pelas perdas de produção e perdas de demandas devido à eventual falta de produto. É um dos principais indicadores utilizados e controlados pelas companhias;
- **MTBF (*Mean Time Between Failure*)/TMEF (Tempo médio entre falhas):** indica o tempo médio entre a ocorrência de duas falhas consecutivas no equipamento, ou seja, representa o tempo de funcionamento do equipamento entre falhas;
- **MTTR (*Mean Time to Repair*)/TMPR (Tempo médio para reparo):** indica o tempo médio total para reparar e disponibilizar o equipamento para operação. Inclui o tempo gasto por todas as equipes necessárias, manutenção, compras;
- **Confiabilidade:** demonstra a probabilidade de que um equipamento opere durante certo período nas condições esperadas;
- **Mantenabilidade ou Manutenibilidade:** é a probabilidade de que um elemento defeituoso seja colocado em condições normais de operação em certo período de tempo, quando a manutenção é executada de maneira prevista pela organização.

Em meio a tantas possibilidades, a escolha dos indicadores deve ser voltada sempre ao fornecimento de informações que irão agregar valor à companhia, resultando no maior retorno em tanto em termos de informação quanto no de lucratividade (Zen,2008).

### **3.7 Gestão da manutenção**

Com a crescente busca das companhias por uma maior produtividade e exigência de qualidade de seus produtos, e em decorrência das transformações ocorridas nos âmbitos tecnológico e de produção nos últimos anos, que tornaram os equipamentos cada vez mais complexos, a função manutenção tem o desafio de garantir confiabilidade e disponibilidade, fatores essenciais para alcance das metas de desempenho operacional das organizações (Nunes *et al.*, 2008). Para isso ela garantir atendimento a três clientes, sendo eles: os proprietários dos ativos que esperam retorno de seu investimento, os clientes internos - usuários diretos dos equipamentos - que esperam que estes mantenham o desempenho esperado e os consumidores, que buscam por produtos de qualidade produzidos com segurança e respeito ao meio ambiente (Nunes *et al.*, 2008).

Uma boa gestão de manutenção deve incluir todo conjunto de ações e definições acerca do que se deve fazer, dispor, orientar e controlar a fim de gerir os recursos disponíveis para realização das atividades, de forma a atender as expectativas dos clientes relativas à função manutenção (Souza, 2008). Marquez *et al.* (2009) salientam que o gerenciamento deve determinar as prioridades e objetivos da manutenção, definir a implementação de melhorias de modo englobando os aspectos financeiros da organização.

Para que se alcance melhores resultados em termos de desempenho de gestão, os diferentes tipos de manutenção devem ser associados. Nesse contexto a Engenharia de Manutenção ganha destaque ao buscar o desenvolvimento de melhorias e a mudança de padrões existentes, investigando as causas das inconformidades e trabalhando com manutenibilidade (Netto, 2008). A escolha da metodologia de gestão da manutenção adequada é imprescindível para que a função manutenção contribua para a redução dos custos totais de produção.

A seguir será apresentada a ferramenta de gestão TPM (*Total Productive Maintenance*) que pode auxiliar na busca dos objetivos citados acima.

### **3.8 Manutenção produtiva total (TPM)**

#### **3.8.1 A origem e evolução da manutenção produtiva total**

A Manutenção Produtiva Total (*Total Productive Maintenance*) surgiu no Japão na década de 60 devido à necessidade do país pós-guerra de se reerguer economicamente. Tinha como principal objetivo o aumento da confiabilidade dos equipamentos associado à qualidade dos processos, possibilitando assim o sistema *Just in Time* (JIT) (Netto, 2008). Seu desenvolvimento pode ser dividido em 4 gerações apresentadas a seguir:

- **Primeira geração:** compreendida entre as décadas de 60 e 80, tinha como foco a manutenção dos equipamentos, aumentando a eficácia dos mesmos a partir da eliminação das perdas relacionadas à falha. A ferramenta era utilizada somente pelo setor responsável pela manutenção dos equipamentos.
- **Segunda geração:** com início na década de 80, foram definidos os seis principais motivos de perdas pelos equipamentos: perda por quebra ou falha, perda por preparação e ajuste, perda por operação em vazios e pequenas paradas, perda por velocidade reduzida, perda por defeitos no processo e perda no início da produção. O foco então passou a ser a eliminação dessas 6 principais perdas e não apenas a eliminação de perdas por falha. Devido à interface existente entre a manutenção e outros setores da companhia, surgiu a necessidade difundir os princípios básicos do TPM aos demais setores da produção dando início à terceira geração.
- **Terceira geração:** A partir da década de 90, ampliou-se a definição do TPM, que passou a envolver todo o sistema de produção, focando na eliminação de todas perdas do processo relacionadas aos equipamentos, às pessoas e aos recursos físicos de produção.
- **Quarta geração:** teve início nos anos 2000, onde o TPM começou a ser aplicado em todos os setores da empresa além dos setores de manutenção e produção como o comercial, de pesquisa, entre outros, criando uma estratégia de gestão totalmente integrada onde todos da organização devem se empenhar nas atividades de manutenção para eliminação de perdas de

processos, inventários, distribuição e compras, com foco nas diretrizes do negócio (Moraes,2004; e JIPM, 2008)

A Tabela 3.2 apresenta um resumo da evolução da TPM.

**Tabela 3.2** As quatro gerações da TPM

	1ª Geração 1970	2ª Geração 1980	3ª Geração 1990	4ª Geração 2000
<b>Estratégia</b>	Máxima eficiência dos equipamentos		Produção e TPM	Gestão e TPM
<b>Foco</b>	Equipamento		Sistema de produção	Sistema geral da companhia
<b>Perdas</b>	Perda por falhas	Seis principais perdas nos equipamentos	Dezesseis perdas (equipamentos, fatores humanos e recursos na produção)	Vinte perdas (processos, inventário, distribuição e compras)

Fonte: Palmeira, 2002

### 3.8.2 Objetivos e definições da TPM

A Manutenção Produtiva Total (TPM) pode ser considerada um método de gestão que busca coordenar as atividades de manutenção da empresa, aplicando esforços voltados para a manutenção, instalação e operação dos equipamentos e processos, buscando atingir máxima eficiência e zero defeito. É tido como uma mudança cultural dentro das organizações, exigindo engajamento total de todos os departamentos da empresa, desde a alta hierarquia até a frente de operação, incluindo produção, desenvolvimento, administração, entre outros, para prevenção de qualquer tipo de perda, aumentando a capacidade dos equipamentos e processos (UBQ, 2011). Segundo J.I.P.M. (2002), “antes de ser uma política de manutenção, é uma filosofia de trabalho, com forte dependência de envolvimento dos mais diferentes níveis da organização”.

A TPM reconhece a manutenção como função estratégica da organização, capaz de gerar lucros à mesma. Para isso preconiza que as políticas de manutenção

presentes devem ser integradas e otimizadas, e a empresa deve estimular o envolvimento dos operadores com a manutenção, promovendo a capacitação dos mesmos para envolvimento em projetos e realização de diagnósticos dos equipamentos (Moraes,2004). Sua implantação contribui para a diminuição dos custos e constante aperfeiçoamento dos processos, quantificando, controlando e eliminando progressivamente os defeitos encontrados nos inúmeros itens do sistema produtivo (Fernandes, 2005). Para isso Takahashi et al., (1993) ressaltam que a metodologia deve ser implementada de forma consciente, em acordo com as necessidades do negócio. É necessário que as especificidades de cada empresa sejam consideradas, como a capacidade produtiva, escala de negócios, arranjo das instalações industriais, para se evitar prejuízo e desconfiança por parte dos funcionários.

Existem etapas a serem realizadas, denominadas “pilares básicos de sustentação da TPM”, que são alicerces norteadores para o desenvolvimento da metodologia junto às organizações (Nakajima, 1989).

A Figura 3.5 ilustra os 8 Pilares de Sustentação da Manutenção Produtiva Total.



**Figura 3.5** Pilares da TPM

Fonte: Kardec *et al.*, 2009

- **Manutenção autônoma:** referente à prática de manutenção realizada pelos próprios operadores que, devem conservar seus instrumentos de trabalho em boas condições de uso;
- **Manutenção planejada:** relacionada às rotinas de manutenção voltadas para prevenção de falhas, como a realização de inspeções periódicas, visando aumento de disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos;
- **Melhorias específicas:** atuação em perdas crônicas e gargalos do processo a fim de potencializar a eficiência dos sistemas de produção (otimização de ações corretivas);
- **Educação e treinamento:** busca o desenvolvimento pessoal e técnico dos colaboradores a partir da realização de treinamentos, como por exemplo de liderança e autonomia;
- **Manutenção de qualidade:** refere-se à relação existente entre a qualidade dos produtos e a capacidade de atendimento à demanda dos setores de produção e manutenção;
- **Controle inicial:** está relacionado à interface entre a engenharia de projeto e de manutenção, que buscam aumentar a confiabilidade dos processos, a partir da análise de índices de equipamentos existentes quando da implementação de um novo projeto;
- **TPM nas áreas administrativas:** busca a otimização dos processos administrativos, detectando e eliminando as perdas do setor, para que estas não prejudiquem as atividades do chão-de-fábrica;
- **Segurança, Saúde e Meio Ambiente:** concentra-se na melhoria contínua das categorias citadas, diminuindo os riscos relacionados às falhas (Moraes, 2004).

Desses oito pilares, quatro são tidos como as principais metas para implementação da filosofia: eliminação de grandes perdas, manutenção autônoma, planejamento de manutenção, educação e treinamento das equipes em práticas fundamentais de manutenção (Slack, 2009).

As organizações que desejam adotar a TPM, devem se empenhar em eliminar as causas principais relativas às perdas produtivas, independente do modelo de gestão existente, para alcançar a eficiência global máxima de seus equipamentos. Dessa forma, fica clara a importância da participação de todos os colaboradores, com

destaque para as equipes de operação e manutenção, que devem se capacitar e trabalhar proativamente para conservação das condições dos equipamentos, almejando sempre atingir as metas definidas nos projetos.

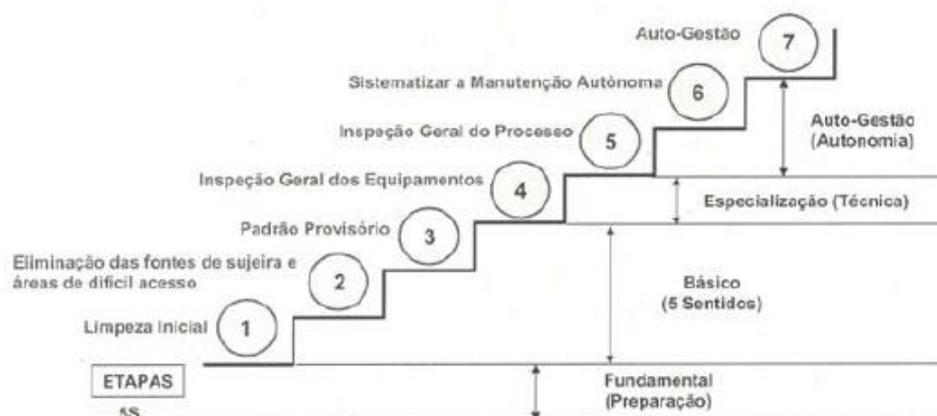
### 3.9 Manutenção autônoma: definição e objetivos

A manutenção autônoma é considerada um dos pilares mais importantes para o sucesso do TPM. É um método simples e prático que consiste basicamente em desenvolver os operadores para que estes possam realizar atividades rotineiras de manutenção como por exemplo inspeção, limpeza e lubrificação. Sua implantação propicia um maior domínio e interesse do operador sobre seu equipamento, tornando-o capaz de cuidar e detectar eventuais inconformidades existentes, bem como atuar para prevenir que os problemas não se agravem no futuro (Xenos, 2005), contribuindo para o estreitamento da relação entre os setores de produção e manutenção.

A empresa que deseja implementar o programa de manutenção autônoma deve se preparar para tal, já que seu sucesso depende do total engajamento das equipes envolvidas. Os autores Kardec *et al.*, (1999) definem 5 etapas de preparação para implementação da metodologia, sendo elas: comprometimento formal e apoio da alta gerencia, definição das áreas e de seus respectivos líderes, seleção de equipamentos piloto, elaboração de plano de implementação.

#### 3.9.1 Implementação da Manutenção Autônoma

O pilar de Manutenção Autônoma é dividido em 7 etapas de implementação apresentados na Figura 3.6 seguir:



**Figura 3.6** Os 7 passos da Manutenção Autônoma

Fonte: Imai, 2014

- **PASSO 1: Limpeza Inicial**

O principal objetivo desta etapa é eliminar a sujeira e a concentração de resíduos dos equipamentos e a melhor organização dos espaços, descartando materiais pouco utilizados. Com isso torna-se possível perceber e irregularidades que antes estavam encobertas, como fontes de contaminação e defeitos de qualidade. As irregularidades encontradas devem ser devidamente identificadas por etiquetas, que devem fornecer os detalhes da anomalia, informações sobre o local, o grau de prioridade de solução da mesma, a data em que foi identificada e o tipo de etiqueta, indicando se a anomalia deve ser resolvida pela manutenção ou operação (Xenos, 2005; Suzuki, 1994).

- **PASSO 2: Eliminação de fontes de sujeira e locais de difícil acesso**

Essa etapa visa fazer realizar melhorias nos locais de difícil acesso e eliminar as causas das fontes de sujeira, vazamentos e contaminação identificadas no Passo 1, de modo a reduzir o tempo gasto com atividades para manter as boas condições dos equipamentos, como por exemplo tempo de limpeza, reduzindo a reincidência de anomalias (Xenos, 2005; Suzuki, 1994).

- **PASSO 3: Estabelecer padrões provisórios de limpeza e inspeção**

Tem como objetivo manter as condições básicas dos equipamentos a partir da padronização de atividades que auxiliem na manutenção de pontos como limpeza, lubrificação e apertos de parafusos, com introdução de controles visuais a fim de facilitar inspeções rotineiras, aumentando a eficiência de trabalho (Xenos, 2005; Suzuki, 1994).

- **PASSO 4: Realizar inspeção geral dos equipamentos**

O passo 4 tem como objetivo a capacitação técnica dos operadores, para que com maior conhecimento acerca dos princípios de funcionamento das máquinas, possam melhorar as inspeções com foco na identificação de defeitos existentes, bem como a realização de pequenos reparos (Xenos, 2005; Suzuki, 1994).

- **PASSO 5: Promover a inspeção geral do processo**

Essa etapa busca consolidar as ações estabelecidas no passo 3, de forma que os operadores utilizem os padrões elaborados com máxima efetividade, tendo autonomia para criar, avaliar e modificar seus padrões, aumentando a confiabilidade operacional (Xenos, 2005; Suzuki, 1994).

- **PASSO 6: Sistematização da manutenção autônoma**

Essa fase envolve a implantação da manutenção de qualidade, com a padronização de itens de controle, melhorando procedimentos e os fluxo de ferramentas, dados e serviços. Espera-se que o colaborador obtenha compreensão máxima sobre os elementos de manutenção dos equipamentos que estão em sua responsabilidade (Xenos, 2005; Suzuki, 1994).

- **PASSO 7: Prática plena da Auto-Gestão**

O último passo busca o desenvolvimento por parte dos operadores de melhorias contínuas motivados por metas objetivos. O mesmo deve realizar o controle efetivo dos registros e análise sistemática dos dados, tornando possível a redução de custos e eliminação de desperdícios nos locais de trabalho, consolidando o programa de controle autônomo (Xenos, 2005; Suzuki, 1994).

A tabela 3.3, agrupa as 7 etapas resumindo seus objetivos principais:

**Tabela 3.3** Resumo das etapas da Manutenção Autônoma

<b>ETAPAS</b>	<b>ATIVIDADES E OBJETIVOS PRINCIPAIS</b>
1, 2 e 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Eliminar elementos que geram deterioração acelerada;</li> <li>- Determinar e manter as condições básicas dos equipamentos;</li> <li>- Motivar os operadores para que esses criem interesse e senso de responsabilidade pelos seus equipamentos.</li> </ul>
4 e 5	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reduzir as quebras capacitando os operadores para domínio completo dos equipamentos e processos;</li> <li>- Envolvimento dos líderes de grupo no treinamento das equipes;</li> </ul>

	- Inspeção geral em equipamentos até processos inteiros.
6, 7	- Implantação por parte dos operados de melhorias na área; - Padronização de sistemas e métodos; - Conscientização de que cada área de trabalho é capaz de se auto gerenciar; - Consolidação de forma robusta da nova cultura proposta.

Fonte: O autor, 2017

Para assegurar a sustentabilidade do programa e a continuidade dos resultados alcançados em cada etapa, faz-se necessário um plano formal de auditorias periódicas, que podem ser de auto avaliação, em nível de sessão ou auditorias de alta gerência (Figura 3.6). São responsáveis pela avaliação do progresso do programa e orientação às equipes quanto a continuidade do mesmo para conclusão de cada passo (Suzuki, 1994).



**Figura 3.6** Classificação dos tipos de auditoria

Fonte: O autor, 2017

## 4. ESTUDO DE CASO: IMPLANTAÇÃO DA MANUTENÇÃO AUTONOMA NA BRITAGEM

### 4.1 Descrição da empresa

O presente trabalho foi desenvolvido em uma empresa líder em produção de alumínio primário e redução de alumina, mais especificamente em uma de suas minas de extração de bauxita localizada no Pará, que possui um dos maiores depósitos de alta qualidade desse minério do mundo, uma reserva de cerca de 700 milhões de toneladas métricas. O projeto inicial da planta, estimava uma capacidade produtiva da mina de 2,6 milhões de toneladas métricas em 2009 quando entrou em operação, sendo que atualmente sua capacidade produtiva é de 6,5 milhões de toneladas por ano.

O processo de produção da bauxita compreende as etapas de lavra, beneficiamento e carregamento ferroviário.

O método de lavra utilizado para lavra da bauxita da mina em questão é método de lavra a céu aberto por tiras (*strip mining*), devido às características do depósito mineral existente. Este consiste na retirada de minério e estéril através de cortes paralelos na forma de trincheiras denominados tiras. As operações unitárias deste método são a supressão vegetal, retirada do solo orgânico, decapeamento, escarificação do minério e extração da bauxita. O estéril de uma tira é removido por tratores de esteira de grande porte, e depositado imediatamente na tira anterior que já foi lavrada, expondo o minério, o que representa a grande vantagem desse método. O ROM (*Run of Mine*) então é carregado nas frentes de lavras por escavadeiras em caminhões rodoviários com capacidade de 35 toneladas até a planta de britagem, onde o material é descarregado em uma moega.

A partir desse ponto se inicia o beneficiamento da bauxita. O minério é descarregado na moega e transportado através de um alimentador de sapatas até o britador de rolos dentados primário e em sequência para o britador de rolos dentados secundário, reduzindo o material alimentado de 1,2m de diâmetro para dimensões abaixo de 13 cm após as duas etapas de britagem. O produto do britador secundário é então despejado em um conjunto de correias transportadoras até um desviador de fluxo, que permite que o material tenha dois destinos: a usina de beneficiamento ou o

pátio de estocagem de material britado. O material depositado no pátio, a depender de sua qualidade, pode ser considerado produto final pronto para o carregamento de vagões ou ser retomado para a usina em dias de parada da britagem para manutenção, ou ainda para completar a taxa de alimentação.

Já na usina o material é lavado em um conjunto *scrubber-trommel*, para se retirar argila e ultrafinos e classificado por granulometria e densidade por meio de peneiras rotativas e hidrociclones. O produto final então é empilhado em método *Chevron* no pátio de produto lavado, onde o mesmo já está pronto para ser carregado no trem por pás carregadeiras de médio porte, com destino ao porto de embarque localizado a 60 km da mina.

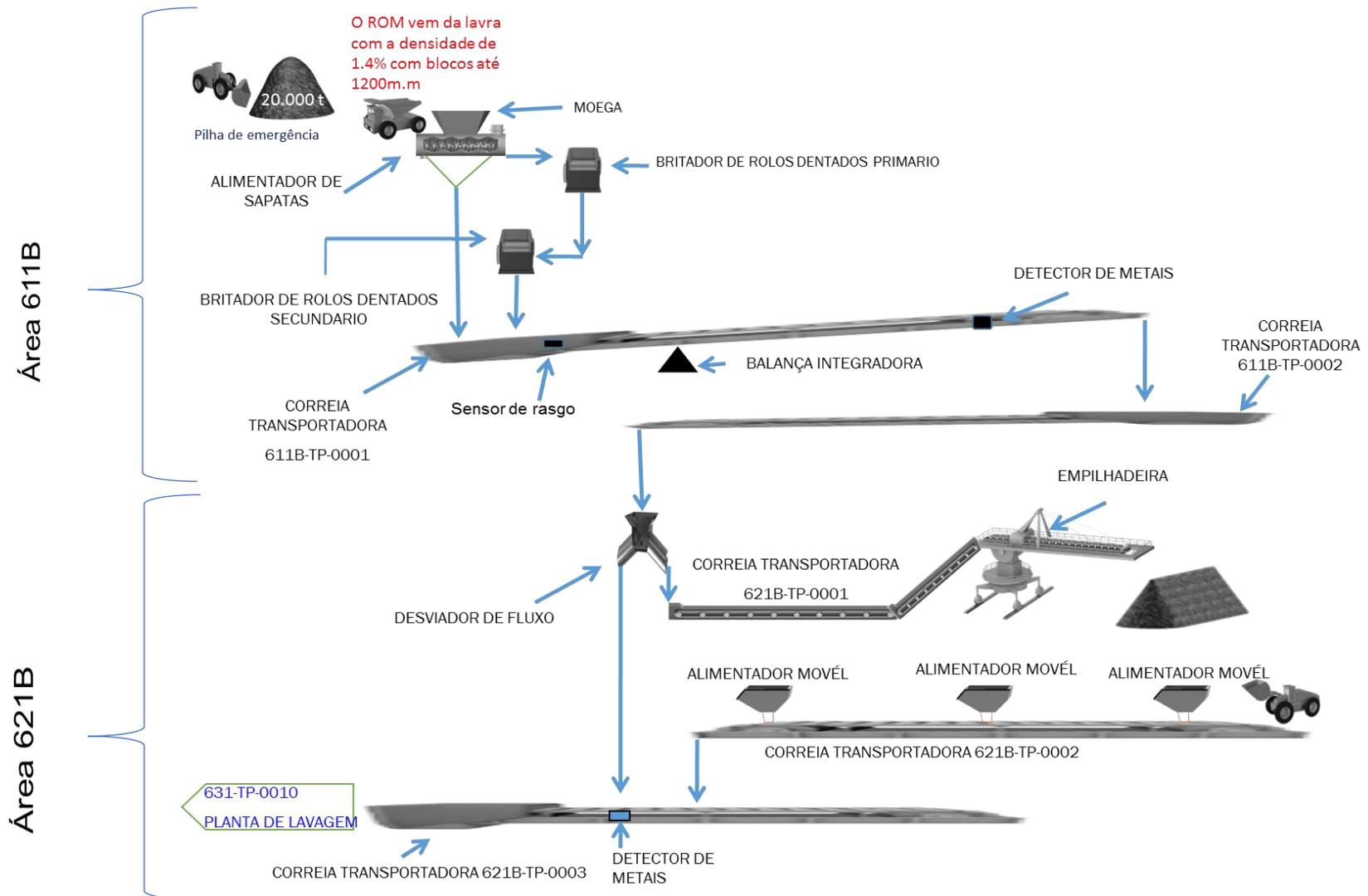
A britagem foi escolhida como objeto deste estudo por ser uma área de grande importância para o empreendimento, uma vez que todo minério lavrado na mina passa obrigatoriamente pela britagem, que apresentou no ano de 2015 um total de 1452,01 horas paradas por falhas de manutenção e operação, mesmo tendo adotado rotinas de manutenção preventiva e preditiva. Além disso, a partir de junho de 2016, a empresa passou a produzir um segundo tipo de produto, a bauxita não lavada, ou seja, um tipo de minério de melhor qualidade que após britado pode ser embarcado, sem que tenha passado pela usina de classificação, o que garante uma recuperação de 100% eliminando uma etapa do beneficiamento, conseqüentemente reduzindo os custos de produção, o que intensifica a necessidade de melhorias neste setor visando o aumento da disponibilidade e confiabilidade do processo.

## **4.2 Descrição da britagem**

O sistema de britagem da mina da empresa Alfa, tem como objetivo a redução granulométrica do ROM (*Run of Mine*), minério bruto que chega diretamente da mina. O minério é transportado por caminhões rodoviários com capacidade de 35 toneladas, até uma moega onde é descarregado e alimenta os britadores primário e secundário, ambos de rolos dentados, através de um alimentador de sapatas. O britador primário recebe blocos de bauxita de até 1,2 m de diâmetro, reduzindo-os para diâmetros menores que 38 cm. O britador secundário recebe o material diretamente do britador primário, reduzindo o material em diâmetro inferior a 13 cm. O minério então é transportado por um conjunto de correias até um desviador de fluxo, que possibilita a alimentação da usina de beneficiamento através de correias transportadoras com

taxas de 0%, 25%, 50%, 75% ou 100%. O material que não alimenta a usina é empilhado no pátio de britado por uma empilhadeira, onde pode ser retomado para a usina de acordo com a estratégia de produção ou pode ser considerado produto final e ser carregado diretamente nos vagões do trem com destino ao porto de embarque.

Como pode ser observado no fluxograma (Figura 4.1), a britagem é dividida em duas áreas: área 611B que inclui 1 moega, 2 britadores, 1 alimentador de sapatas, 2 correias transportadoras e 1 desviador de fluxo e área 621B composta por 3 correias transportadoras, 3 alimentadores móveis e 1 empilhadeira, sendo a taxa horária máxima de alimentação igual a 1500 toneladas/hora.



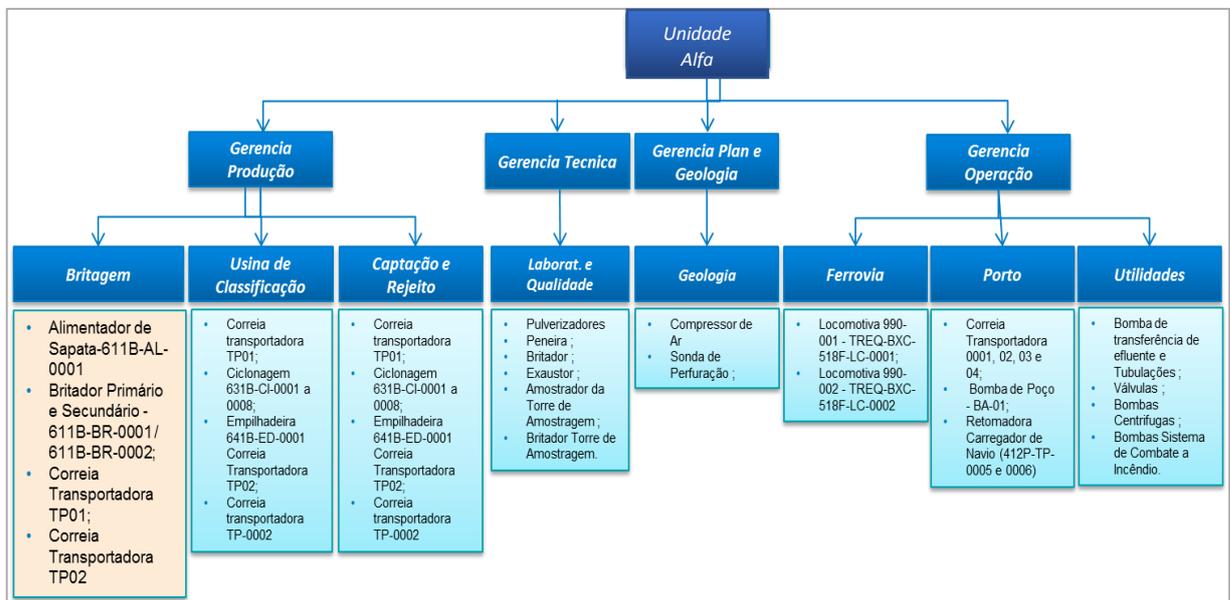
**Figura 4.1** Fluxograma da britagem

Fonte: Empresa Alfa, 2016

### 4.3 Implantação da manutenção autônoma

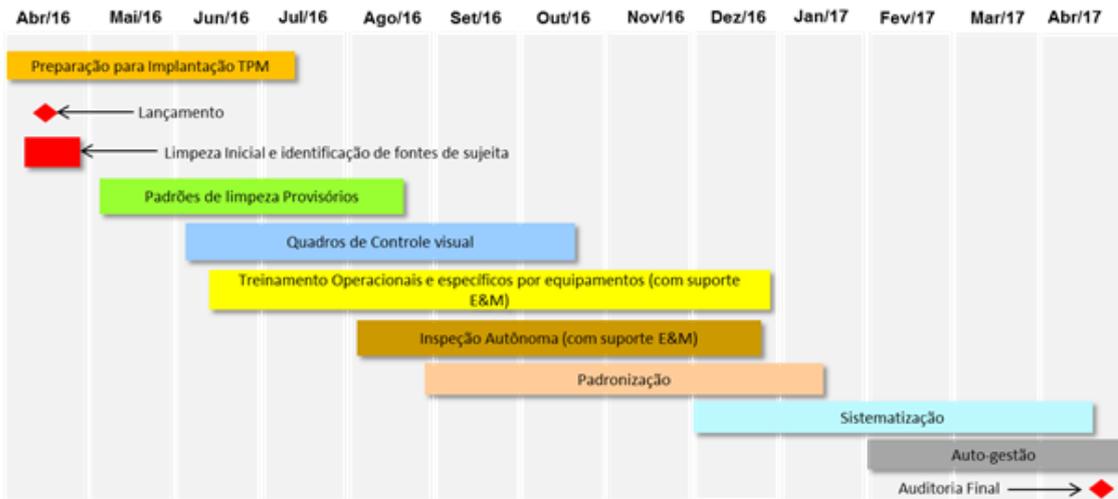
A Implantação do programa de manutenção autônoma teve início em abril de 2016, após anúncio oficial da alta gerência que realizou um evento para divulgação da ferramenta, com o objetivo de mostrar a importância desta e do engajamento das equipes para o sucesso efetivo de sua execução.

Prosseguindo com a etapa de preparação, foram definidos as áreas e os equipamentos piloto onde se iniciou a aplicação da manutenção autônoma (Figura 4.2) sendo possível posteriormente, elaborar o cronograma de implantação do programa na área (Figura 4.3).



**Figura 4.2** Áreas e equipamentos selecionado para manutenção autônoma

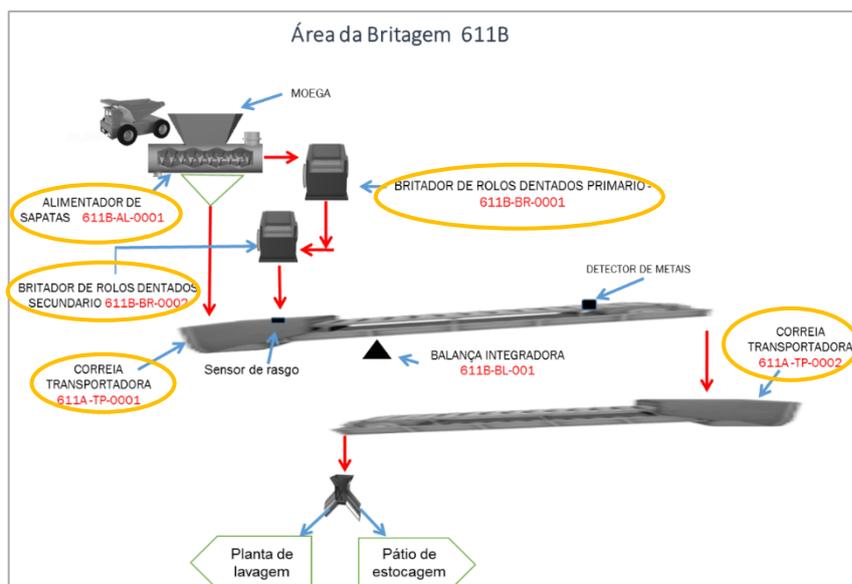
Fonte: Empresa Alfa



**Figura 4.3** Cronograma de implementação

Fonte: Empresa alfa

Na britagem foram selecionados 5 equipamentos piloto da área 611B considerados críticos para o processo, uma vez que a parada de qualquer um deles, ocasiona uma parada temporária da produção. Sendo eles o alimentador de sapatas, britadores primário e secundário e as correias transportadoras TP01 e TP02, mostrados na Figura 4.4. Assim foram estabelecidos o plano de ação inicial, considerando as necessidades e recursos disponíveis na área, buscando abranger os sete passos da manutenção autônoma descritos na revisão bibliográfica.



**Figura 4.4** Equipamentos selecionados para o programa de manutenção autônoma

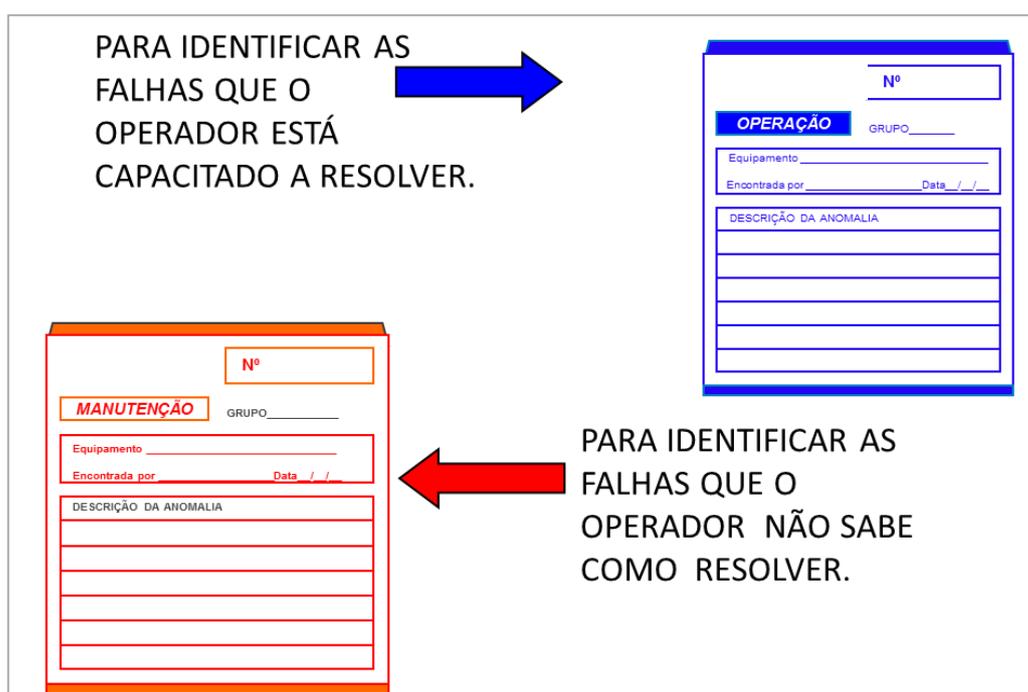
Fonte: Empresa Alfa

A seguir serão apresentados o detalhamento das fases de implantação, com a descrição das ações realizadas e ferramentas utilizadas.

- **Passo 1: Limpeza inicial**

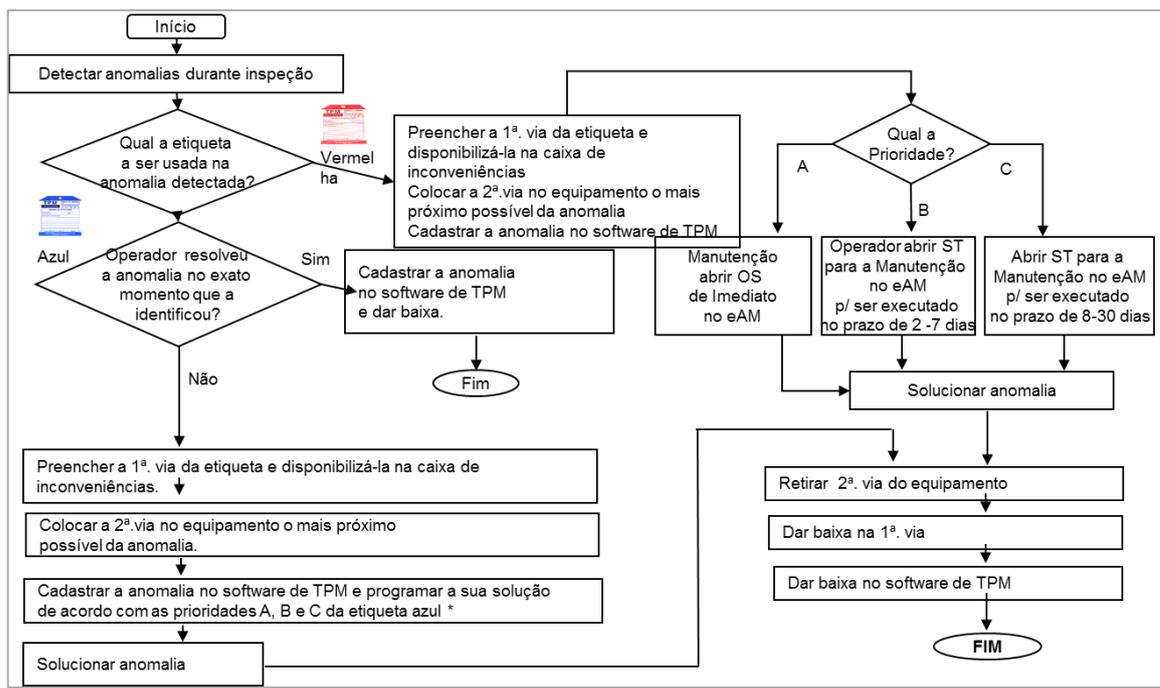
Essa etapa teve como objetivo promover a limpeza da área com foco nas condições dos equipamentos, identificação e eliminação das inconveniências encontradas, melhorando o ambiente de trabalho de forma planejada, além do reconhecimento das possíveis fontes de sujeira e locais de difícil acesso.

No dia 17 de abril de 2016, foi realizado o evento da “ Grande limpeza”, onde os operadores realizaram limpeza e inspeção nos equipamentos, sinalizando todos os problemas encontrados com etiquetas azuis ou vermelhas, baseadas na capacitação técnica do operador. As etiquetas continham a descrição da anomalia, o local, data e o nome do operador que a identificou, devendo ser fixadas o mais próximo do equipamento e resolvidas o mais breve possível (Figura 4.5). Todo processo está detalhadamente descrito no fluxograma da Figura 4.6.



**Figura 4.5** Etiquetas de inconveniência

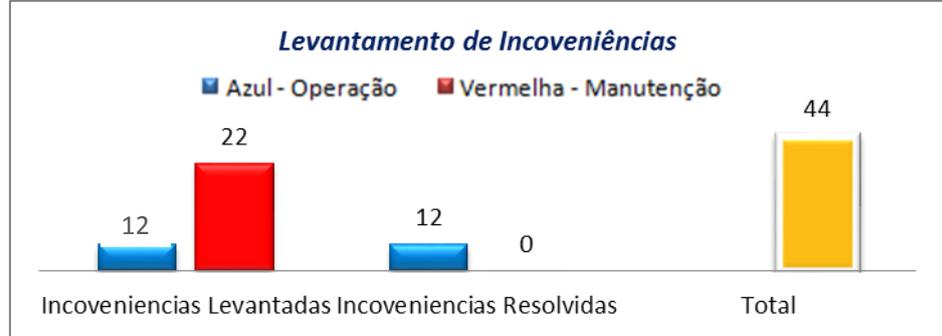
Fonte: Empresa Alfa



**Figura 4.6** Fluxograma de aplicação de etiquetas

Fonte: Empresa Alfa

Foi realizado então um balanço através do sistema de etiquetas, onde foram identificadas 12 ocorrências do tipo azul, das quais todas foram solucionadas e 22 ocorrências do tipo vermelho que não foram solucionadas imediatamente (Figura 4.7). Como exemplo de utilização de etiqueta vermelha, pode-se citar o baixo nível de óleo encontrado no motor do britador secundário, e de etiqueta azul, o vazamento de óleo no piso da britagem (Figura 4.8). Uma rotina de limpeza e inspeção foi criada e os processos de manutenção autônoma que seriam aplicáveis a cada equipamento foram detalhados (Figura 4.9).



**Figura 4.7** Gráfico do número de inconveniências encontradas

Fonte: Empresa Alfa



**Figura 4.8** Exemplos de inconveniências encontradas na área da britagem

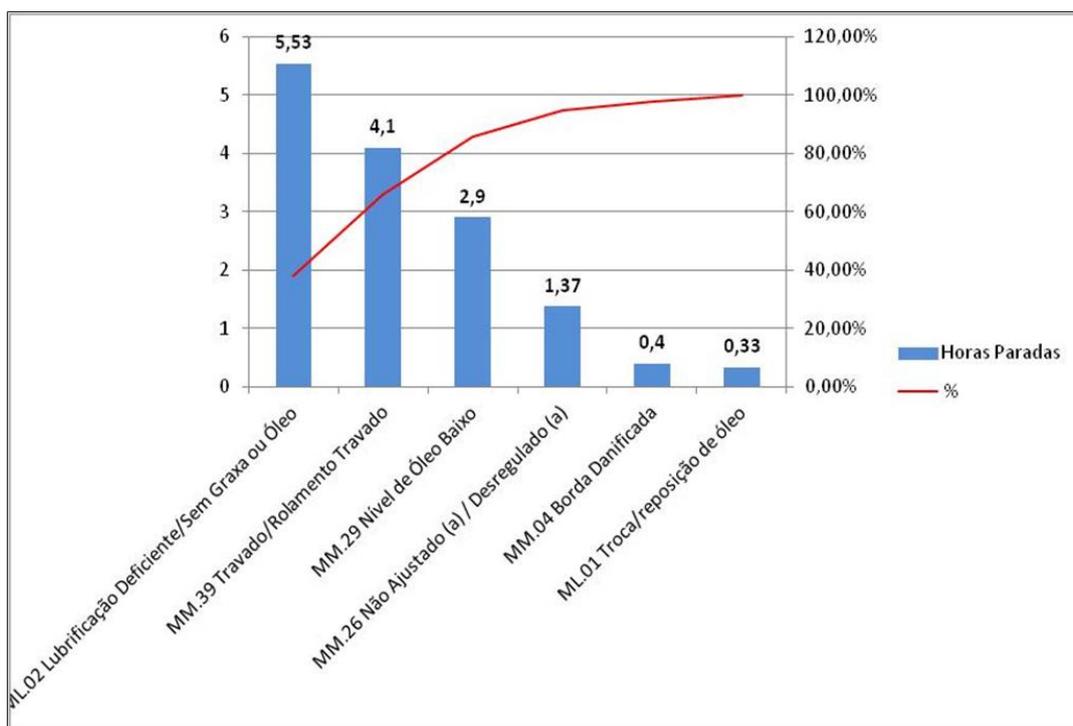
Fonte: Empresa Alfa

A	DETALHAMENTO DOS PROCESSOS DE MANUTENÇÃO AUTÔNOMA POR EQUIPAMENTO			Nº	F-PAE-SGI-989X-0075
				Data	27/01/2016
			Rev.	00	
EQUIPAMENTO	LOCAL	ATIVIDADE DE M. A.	METODO	DETALHAMENTO	
	Estrutura e Piso	Limpeza		Efetuar limpeza do local usando produtos e água Pressurizada.	
	Mancais, motores e redutores	Inspeção		Inspeccionar ruído, vibração e nível de óleo e operação/vazamento	
	Motor e redutor	Lubrificação		Completar nível de Óleo	
	Mancais, motores e redutores	Medição		Realizar medições de temperatura usando equipamento termovisor.	
	Estrutura (Shut)	Limpeza		Efetuar limpeza do local usando produtos e água Pressurizada.	
	Estrutura (Shut)	Inspeção		Inspeccionar parafusos que sustentam as placas de revestimento e vibração no local.	
	Estrutura (Shut)	Pintura		Realizar pintura na estrutura.	
CRUS-CRSH-611B-BR-0001					
FUNCAO	NOME APROVADOR	ASSINATURA	DATA: 13/10/2014	Rev. 00	
Supervisor Operação			<b>Observação:</b>		
Supervisor Manut.					
Engenheiro de Manutenção					
Engenheiro de Área					
Técnico Especialista					
EHS					

**Figura 4.9** Detalhamento dos processos de MA do britador primário

Fonte: Empresa Alfa

Ao final da primeira etapa, adicionalmente, foi elaborado um gráfico de pareto (Figura 4.10), com informações sobre o número de horas paradas devido à falhas e manutenções corretivas realizadas nos equipamentos e identificadas outras oportunidades de manutenção autônoma na britagem. Ao todo foram 14,63 horas de parada somente nos meses de dezembro e janeiro, totalizando 15.360 toneladas de produção perdida, o que corresponde a um prejuízo de aproximadamente R\$ 560.694,00.



**Figura 4.10** Pareto das oportunidades de MA na britagem

Fonte: Empresa Alfa

- **Passo 2: Eliminação das fontes de sujeira e locais de difícil acesso**

Essa etapa consistiu na adoção de medidas contra Fontes de Sujeira (FS) e Locais de Difícil Acesso (LDA) a fim de:

- Reduzir o espalhamento de sujeira;
- Manter o nível de limpeza dos equipamentos alcançado na etapa 1;
- Facilitar as atividades de limpeza e inspeção;

- Reduzir o tempo despendido em limpeza e inspeção.

Através da rotina de inspeções os operadores passaram a identificar os principais pontos de origem de sujeira e registrar em um relatório semanal suas causas e soluções, como mostra a figura 4.11.

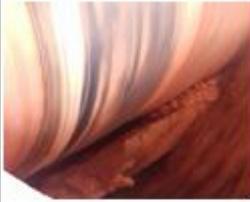
PRINCIPAIS FONTES DE SUJEIRA			
	EQUIPAMENTO	Causa	Solução
	Correias transportadoras TP01 e TP 02	Raspadores desajustados	Criação de rotina semanal para ajuste de raspadores
	Correias transportadoras TP01 e TP 02	Guias laterais das mesas de impacto desajustadas	Troca e ajuste das guias laterais
	Piso do britador primário	Vazamento de óleo do motor do alimentador de sapatas	Abertura de etiqueta vermelha para intervenção da manutenção
	Shut da correia transportadora TP 01	Falta de parafusos na estrutura do shut ocasionando vazamento de material	Abertura de etiqueta vermelha para intervenção da manutenção

Figura 4.11 Relatório semanal de identificação de fontes sujeira

Fonte: Empresa Alfa

- **Passo 3: Criação de padrões provisórios**

Essa etapa teve como propósito a criação de padrões visuais de inspeção, limpeza, lubrificação e reaperto de parafusos que tornem clara a condição ideal do equipamento, facilitando assim a atividade de inspeção. Outro aspecto importante desse passo, é a relação mais estreita que a equipe de operação passa ter com a equipe de manutenção, onde ambas trabalham juntas para melhorar a conservação

das máquinas e equipamentos. As principais atividades desenvolvidas nesse passo estão ligadas a seguir:

- ✓ Demarcação de porcas e parafusos críticos da coroa dentada do alimentador de sapatas para saber quando os mesmos precisam ser reapertados, possibilitando a melhor programação da atividade que necessita de parada da produção para ser realizada (Figura 4.12);



**Figura 4.12** Marcação de parafuso para identificação rápida de inconformidade

Fonte: Empresa Alfa

- ✓ Implementação de faixa de nível de óleo máximo e mínimo facilitando a inspeção;
- ✓ Padronização e instalação dos TAG nos equipamentos (Figura 4.13);



**Figura 4.13** Equipamento com TAG de identificação

Fonte: Empresa Alfa

- ✓ Identificação do número correspondente a cada cavalete das correias transportadoras TP01 e TP02;

- ✓ Marcação de pontos de medição de temperatura no motor do alimentador de sapatas; (Figura 4.14)



**Figura 4.14** Medição de temperatura

Fonte: Empresa Alfa

- ✓ Criação de relatório pelos operadores para acompanhamento das atividades de manutenção preventivas realizadas pela equipe de manutenção;
- ✓ Desenvolvimento de padrões provisórios de limpeza e inspeção para os equipamentos, contendo informações como detalhamento da tarefa, as normas e os procedimentos relacionados à atividade, aspectos de risco e medidas de controle, permitindo maior confiabilidade das inspeções realizadas em um menor tempo (Figura 4.15).

BRITAGEM		INSPECIONAR CORREIA TRANSPORTADORA	
Data Aprovação Atual:	05/10/2016	Aprovador SISMA:	Autor: Ana Valente / Luis Cardoso
Revisão:	04	Paulo Andrade	Aprovador Técnico: Romeu Silva
Data Próxima Revisão:	05/10/2016	Data Primeira Emissão:	13/04/2009
1. Recursos Necessários		2. Detalhamento da Tarefa	
		1- Verificar as condições de acesso e iluminação da área (período noturno) 2- Observar se há lâminas de proteções faltantes, fora do lugar ou sem abraçadeiras 3- Verificar VISUALMENTE as condições operacionais: 3.1- Correia transportadora com furo, raso, emenda aberta e desgaste lateral 3.2- Rolêes de carga, retorno, transição e impacto travados ou desajustados 3.3- Rolêes auto alinhantes de carga e de retorno inoperantes 3.4- Tambores de retorno, acionamento, desvio e esticamento com desgaste no revestimento 3.5- Ao inspecionar a 6116-IT-0002, verificar a condição do rolêes 6118-05-0002 3.6- Sensor de desalinhamento travado 3.7- Sensor de rasgo com cabeçote rompido 3.8- Chave de emergência com mal contato ou cabo rompido 4- Verificar as condições do caminho, cabo de aço e polias 5- Se há movimento dos blocos de tensionamento, estrutura do esticador e proteções do contra peso 6- Detectada alguma anomalia citada anteriormente, informar a manutenção e abrir uma O2 para o serviço 7- Parada atuada devido presença de metal efetuar IT-0PE-6118-0015 8- Parada atuada devido sobrecarga no motor de acionamento efetuar IT-0PE-6118-0016 9- Verificar excesso de carga na correia transportadora e confirmar com a sala de controle a produção 9.1- Se necessário reduzir taxa de alimentação para normalizar a operação e acompanhar 10- Sensor de velocidade da correia com sujeira efetuar limpeza conforme IT-0PE-6118-0014  Nota: Caso seja necessário retirar a proteção lateral da correia, deverá ser removida somente após a conclusão do processo de ESTV	
2. EPI's Necessários		3. Instrução Visual	
3. Normas / Procedimentos Correlacionados			
1- PPG-PAE-990X-0006- Programa de Proteção de Máquinas 2- IS-23- Proteção de Máquinas 3- NF 716, Ergonomia 4- NF 30.3.1, Especificações para controle de ruído 5- IT-0PE-6118-0015 6- IT-0PE-6118-0016 7- IT-0PE-6118-0014 8- NF 12- Regras para embargões e equipamentos			
Manutenção Medidas de Controle			

**Figura 4.15** Padrão provisório de limpeza e inspeção de correias transportadoras

Fonte: Empresa Alfa

- ✓ Criação de padrão provisório de lubrificação, onde os operadores registram as fotos e a descrição dos pontos a serem lubrificados nos equipamentos com tempo e período de execução.

- **Passo 4: Inspeção geral dos equipamentos**

Essa etapa buscou basicamente a capacitação técnica dos operadores, para que estes adquirissem conhecimento mais específico acerca do funcionamento dos equipamentos e a partir de treinamentos teóricos e práticos fossem capazes de realizar atividades de pequenos reparos antes realizados pela equipe de manutenção, além de melhorar a rotina de inspeções com foco na identificação de defeitos.

Coube aos líderes das equipes de manutenção e operação conjuntamente, definir as atividades de manutenção autônoma que os operadores poderiam efetuar, observando fatores como complexidade, disponibilidade de materiais e pessoas e tempo necessário para realização da atividade (Tabela 4.1)

**Figura 4.1** Atividades de manutenção autônoma da britagem

Item	Tarefas de MA - Britagem
1	Efetuar limpeza usando produtos e água Pressurizada;
2	Inspecionar nível de óleo e operação/vazamento;
3	Ajuste de raspadores
4	Ajuste de Guia Lateral
5	Realizar medições de temperatura usando termovisor;
6	Inspecionar condições das placas, parafusos, links e rolos;
7	Visualizar o nível do sistema de lubrificação;
8	Troca de Roletes
9	Reaperto de abraçadeiras;
10	Realizar medição da espessura do tapete das correias

Fonte: Empresa Alfa

Foi criado um cronograma de treinamentos teóricos e práticos, ministrados pela equipe de manutenção que incluiu todos os 12 operadores e 4 técnicos da britagem. Após a realização dos treinamentos, os operadores ainda passaram por um período de experiência, onde realizavam as atividades assistidos pela equipe de manutenção. O acompanhamento da realização dos treinamentos era efetuado pelos líderes de

manutenção autônoma da área de acordo com a Tabela 4.2 e um exemplo da execução das atividades pode ser visto na Figuras 4.16.

**Tabela 4.2** Acompanhamento dos treinamentos de manutenção autônoma

Turma	Colaboradores	Ajuste de Raspador	Ajuste de Guias Laterais	Ferramentas Manuais	Troca de Roletes	Lubrificação Básica	Limpeza e Inspeção da balança	Limpeza e Inspeção de correias	Medição de temperatura utilizando termovisor	Medição de espessura de tapete de correias
A	Angelo Marcio Cardoso Freitas	x	x	X	x	x	x	x	x	x
	Josenilson Pimentel Pereira	x	x	X		x	x	x	x	x
	Paulo Cordeiro de Carvalho Filho	x	x	X		x	x	x	x	x
	Ezaide De Sousa Santos	x	x	X		x	x	x	x	x
B	Micheline Costa Nascimento	x	x	x	X	X	X	X	X	X
	Álvaro Pimentel Pereira Filho	x	x	x	X	X	X	X	X	X
	Marleson Moutinho	x	x	x	X	X	X	X	X	X
C	Luis Cardoso Silva	x	x	x	X	X	X	X	X	
	Pedro Nicolau Rodrigues Fernandes	x	x	x	X	X	X	X	X	
	Leciane Da Silva Souza	x	x	x	X	X	X	X	X	
	Jéssica Cubas	x	x	x	X	X	X	X	X	
D	Renato Soares De Oliveira	x	x	x	x	X		X	X	X
	Clenison De Sousa Silva	x	x	x	x	X		X	X	X
	Jose Raimundo Melo Da Silva	x	x	x	x	X	X	X	X	X
	Ivanilce Das Neves Batista	x	x	x	x	X	X	X	X	X

Fonte: Empresa Alfa



**Figura 4.16** Treinamento de medição de espessura de correias

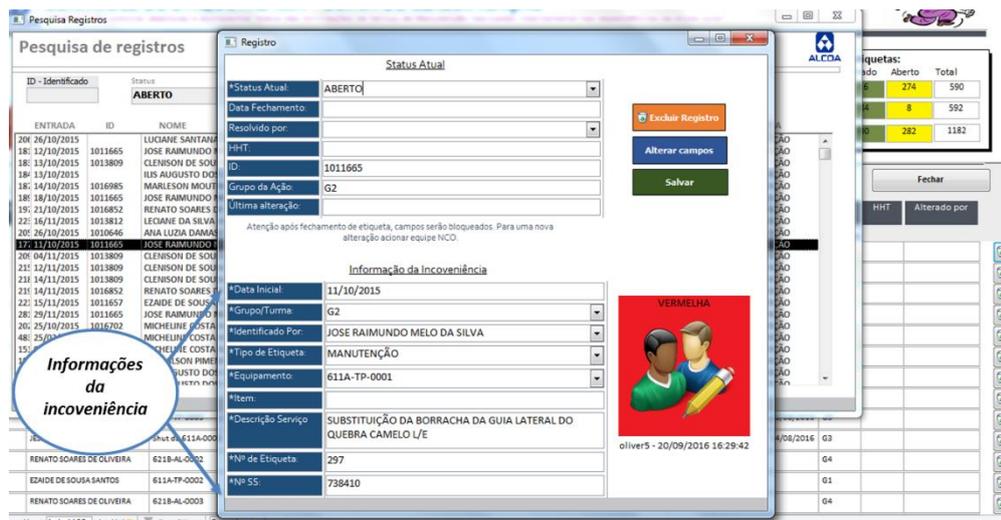
Fonte: Empresa Alfa

- **Passo 5: Promover a inspeção geral do processo**

Essa etapa teve como foco a revisão dos padrões de inspeção criados nos outros passos, com objetivo de tornar as inspeções mais eficientes e eliminar erros de

verificação de modo a obter controle total dos equipamentos. As principais atividades desenvolvidas foram:

- ✓ Revisão de todos os procedimentos operacionais da área de britagem e manutenção;
- ✓ Criação de *Check List* dos equipamentos da área 611B, que contém todos os itens e as condições que devem ser inspecionados pelos operadores sempre 3 vezes a cada turno de 12 horas (Anexo 1). Ao encontrar uma inconformidade, o operador deveria sinalizar no *check list* e abrir uma etiqueta vermelha ou azul como citado no Passo 1, aumentando a confiabilidade do sistema e dos dados para posterior análise dos equipamentos de forma individual;
- ✓ Criação de formulários de inspeção detalhados dos equipamentos, que deveriam ser preenchidos uma vez a cada turno, como por exemplo o formulário de inspeção do alimentador de sapatas que conta com 14 itens de verificação (Anexo 2);
- ✓ Implantação de sistema eletrônico de controle de etiquetas de manutenção autônoma, onde os operadores registram a abertura e a conclusão das etiquetas com todos seus detalhes, incluindo o tempo gasto para resolução da inconveniência – MTTR. Essa ferramenta além possibilitar o maior controle das atividades através da criação de banco de dados, permite ainda que os próprios operadores façam análises de suas performances e acompanhem os resultados obtidos (Figura 4.17).



**Figura 4.17** Plataforma do programa de registro de etiquetas de manutenção autônoma

Fonte: Empresa Alfa

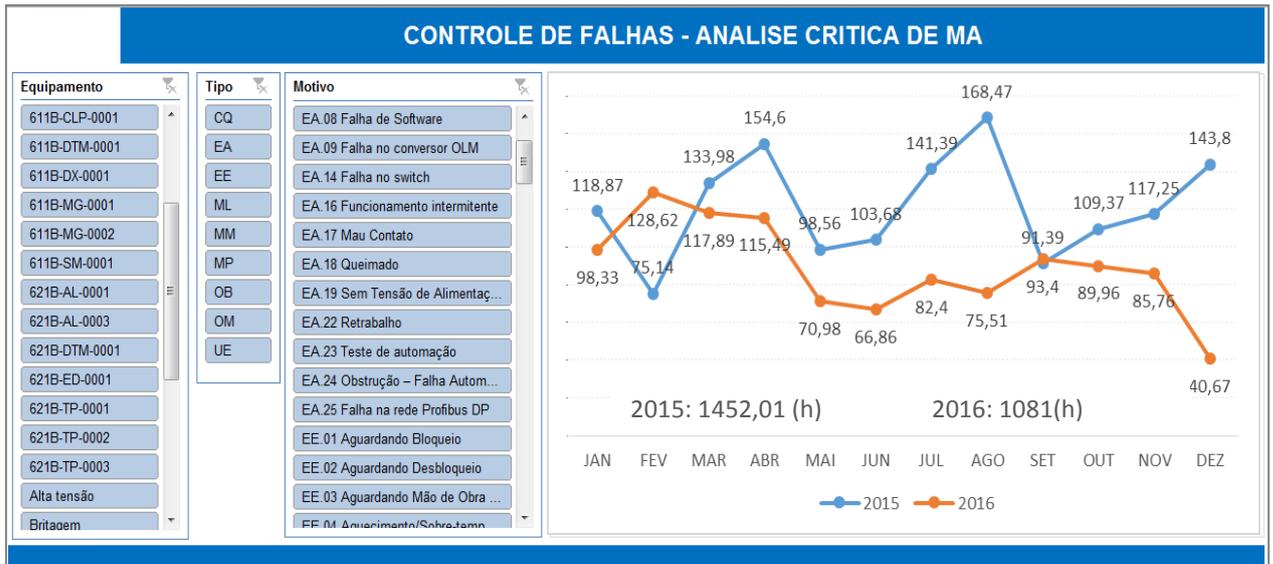
- **Auditorias**

Após a execução de cada passo, as equipes foram auditadas para que pudessem prosseguir para o passo seguinte, seguindo as regras gerais de auditoria do programa, onde eram avaliadas pela implementação, evolução e continuidade das atividades realizadas (Anexo 3).

Seguindo o cronograma, os passos 6 e 7 ainda estão sendo implementados, não fazendo parte deste estudo.

#### **4.4 Resultados obtidos com a implementação da manutenção autônoma**

Após a implementação dos primeiros 5 passos do programa manutenção autônoma, foi realizado uma análise comparativa do número de horas paradas por falhas de manutenção e operação entre o ano de 2015 e 2016, apresentados a seguir (Figura 4.18):

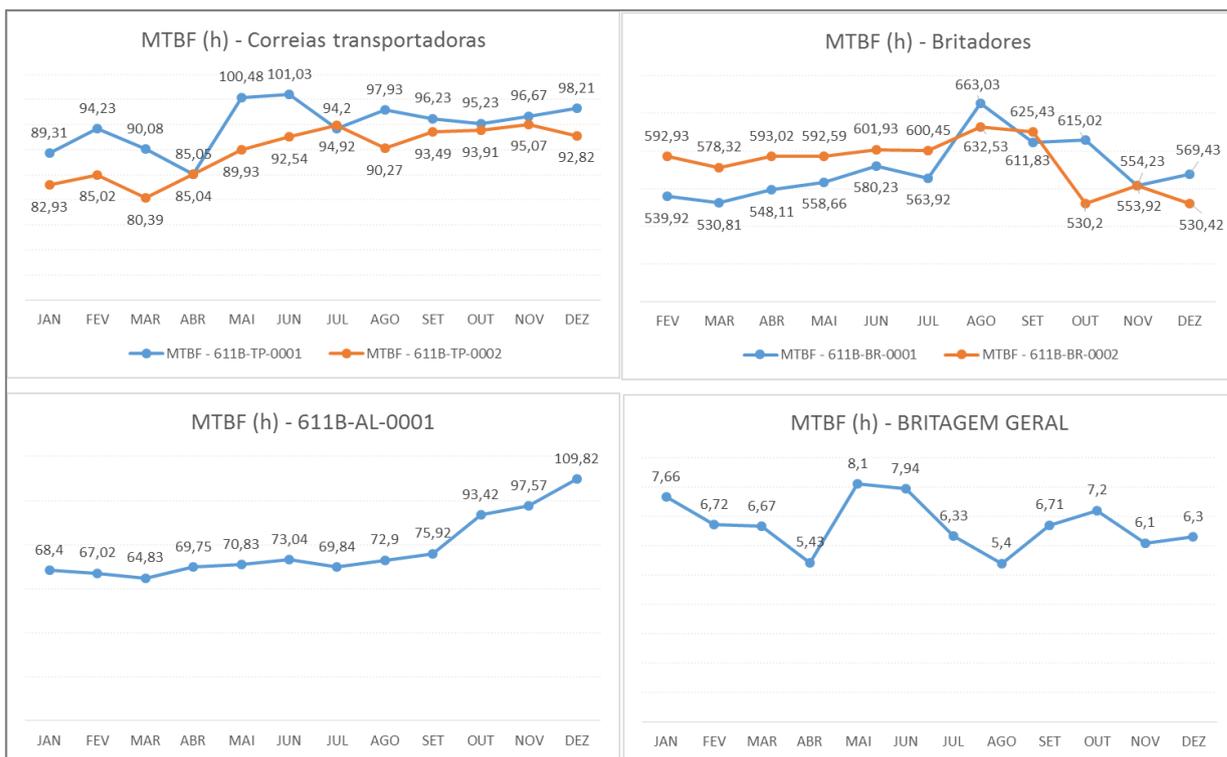


**Figura 4.18** Controle de falhas e análise crítica de manutenção autônoma da britagem

Fonte: Empresa Alfa

Pode-se perceber que no ano de 2016 a partir do mês de abril quando a ferramenta começou a ser aplicada, houve uma queda do número de horas paradas por falhas, uma redução de cerca de 25%, ou seja, 371 horas a mais de produção, o que representa um aumento de 482.300 toneladas de material, considerando uma taxa média de alimentação de 1300 toneladas/hora.

Outro indicador analisado, foi o tempo médio entre falhas (MTBF) dos equipamentos onde a metodologia foi aplicada (Figura 4.19).



**Figura 4.19** Gráficos de MTBF – Britagem

Fonte: Empresa Alfa

Verificou-se um aumento significativo dos valores nos britadores primário e secundário, que chegaram a atingir a marca de aproximadamente 27 dias (650 horas) sem paradas por falhas, o que se deve além da aplicação das ferramentas de manutenção autônoma, às rotinas de manutenção preventiva e preditiva adotadas pela empresa que não foram alteradas. O aumento discreto do índice nas correias transportadoras e alimentador de sapatas, pode ser explicado principalmente pela estratégia de aumento de produção adotada pela empresa, que ocorreu sem investimentos significativos na área, ocasionando um maior desgaste nos equipamentos que foi amenizado pelas constantes inspeções e limpezas realizadas. O desempenho geral da britagem foi menor nos meses de outubro a dezembro devido ao início do período chuvoso, que aumenta a umidade do minério, diminuindo o rendimento do sistema.

O número de inconveniências identificadas e resolvidas pelos operadores aumentou ao longo dos meses (Figura 4.20), o que demonstra o grande engajamento e empenho das equipes na identificação e solução dos problemas, tornando-os cada vez mais autônomos otimizando o processo.



**Figura 4.20** Inconveniências operacionais identificadas e resolvidas

Fonte: Empresa Alfa

Outros resultados positivos estão sumarizados na tabela a seguir (Tabela 4.3):

**Tabela 4.3** Comparativo de elementos qualitativos antes e após a implementação do programa

Elemento	Antes da implantação	Após a implantação
Pessoas	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Procedimentos operacionais ultrapassados;</li> <li>✓ Funcionários despreparados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Operadores motivados e capacitados a identificar e evitar problemas nos equipamentos</li> <li>✓ Procedimentos atualizados e revisados de acordo com a necessidade da área</li> </ul>
Processos	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Baixa confiabilidade dos equipamentos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Aumento da confiabilidade e disponibilidade dos processos produtivos;</li> <li>✓ Melhor qualidade dos produtos</li> </ul>

Meio ambiente	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ocorrência frequente de vazamentos;</li> <li>✓ Desperdício de materiais</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Vazamentos identificados e rapidamente solucionados;</li> <li>✓ Melhor utilização de recursos, materiais e sobressalente</li> </ul>
Segurança	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Pontos de riscos levantados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Pontos de riscos identificados e frequentemente inspecionados</li> </ul>

Fonte: O autor

## 5. CONCLUSÃO

Ao final do estudo desenvolvido, pode-se concluir que a ferramenta de manutenção autônoma pode se tornar um importante aliado das empresas que buscam melhoria contínua de seus processos. Benefícios, como aumento da confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos, e conseqüente redução de custos, são pontos que devem ser considerados, quando da decisão de implementação do programa em qualquer que seja a área industrial. Devem ser observados no entanto, as particularidades e limitações de cada sistema quanto aos recursos disponíveis para se evitar prejuízos indesejados.

Um dos pontos chave para o sucesso do programa, que também pode ser considerado o maior desafio de sua implementação, é o envolvimento dos colaboradores de todos os níveis hierárquicos nas atividades relacionadas à manutenção, já que exige uma mudança cultural na forma de se trabalhar. A maior dificuldade encontrada na empresa estudada, foi a aceitação por parte dos operadores de suas novas atribuições e responsabilidades. O cenário mudou a partir do momento em que eles foram reconhecidos pelo trabalho executado e entenderam o importante papel que desempenham na companhia.

Por fim, os objetivos traçados pela empresa foram superados, podendo-se observar melhorias em todos os aspectos analisados: desenvolvimento de pessoas, eficiência operacional, qualidade dos produtos, meio ambiente e segurança. Para melhores resultados, a metodologia deve ser aplicada aos demais equipamentos do processo, e é recomendado que seja atualizada de acordo com as necessidades do negócio, a fim de garantir a sustentabilidade do programa.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAMAN – Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos. A situação da manutenção no Brasil: Documento Nacional 2013. Rio de Janeiro: ABRAMAN, 2013. Disponível em: <<http://www.abraman.org.br/Arquivos/403/403.pdf>>. Acesso em 10 mar 2017.

ALMEIDA, M. T. Manutenção Preditiva: Confiabilidade e Qualidade. 2000. Disponível em: <<http://www.mtaev.com.br/download/mnt1.pdf>>. Acesso em 10 mar 2017.

ARCURI FILHO, R. Medicina de sistemas: uma abordagem holística, estratégica e institucional para a gestão de manutenção. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Gestão) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 148 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 5462. Rio de Janeiro, 1994.

BRITTO, R.; PEREIRA, M. A. (2003) - Manutenção autônoma: estudo de caso em empresa de porte médio do setor de bebidas. In: VII SEMEAD – Seminário de Estudos de Administração da USP – Universidade de São Paulo.

FERNANDES, A. R. (2005). Manutenção Produtiva Total: uma ferramenta eficaz na busca da perda-zero. Monografia (Especialização em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI, Itajubá, 18 f.

FILHO, R. A. (2008). Introdução à Manutenção Centrada na Confiabilidade – MCC. Programa de Atualização Técnica 2008 – Sistema FIRJAN - SESI/SENAI – Rio de Janeiro.

IMAI, Yassuo. Curso de Formação de Facilitadores de TPM. Material distribuído no curso pela IM&C International. São Paulo, 2014.

J. I. P. M – *Japanese Institute of Plant Maintenance*. TPM frequently asked questions. 2002. Disponível em: <[https://www.jipm.or.jp/en/activity/maintenance/pdf/110620\\_2.pdf](https://www.jipm.or.jp/en/activity/maintenance/pdf/110620_2.pdf)>. Acesso em 17 mar 2017.

KARDEC, A; NASCIF, J. Manutenção: função estratégica. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

MARQUEZ, A.C.; LEON, P.M.; FERNANDEZ, J.F.G.; MARQUEZ, C.P.; CAMPOS, M.L. (2009). The maintenance management framework. A practical view to maintenance management. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, v. 15, p. 167-178.

MONCHY, F. A Função Manutenção: Formação para a Gerência da Manutenção Industrial. Rio de Janeiro: Durban, 1989.

MORAES, P.H.A. (2004). Manutenção Produtiva Total: estudo de caso em uma empresa automobilística. Dissertação (Mestrado em Gestão e Desenvolvimento Regional) – Departamento de Economia, Contabilidade e Administração, Universidade de Taubaté, Taubaté, 90 f.

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

NETTO, W. A. C. (2008). A Importância e a Aplicabilidade da Manutenção Produtiva Total (TPM) nas Indústrias. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 53 f.

NUNES, E. N; VALLADARES, A. Gestão da Manutenção com Estratégia na Instalação de unidades Geradoras de Energia Elétrica. Disponível em: < <http://docplayer.com.br/7805434-Gestao-da-manutencao-e-do-conhecimento-como-estrategia-na-instalacao-de-unidades-geradoras-de-energia-eletrica.html>>. Acesso em 10 mar 2017.

OTANI, M.; MACHADO, W. V. (2008). A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial. Revista Gestão Industrial, v.4.

PALMEIRA, J. N.; TENÓRIO, F. G. Flexibilização organizacional: aplicação de um modelo de produtividade total. Rio de Janeiro: FGV Eletronorte, 2002.

PINTO, A. K., XAVIER, J. N. Manutenção: função estratégica. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

SIQUEIRA, I. P. Manutenção centrada na confiabilidade: manual de implantação. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005.

SLACK, N. Administração da Produção. São Paulo, Editora Compacta, 2009.

SOUZA, J. B. (2008). Alinhamento das estratégias do Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) com as finalidades e função do Planejamento e Controle da Produção (PCP): Uma abordagem Analítica. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa, 169 f.

SUZUKI, T.. TPM em indústrias de processo. Portland: Productivity Press, 1994.

TAKASHI, Y.; OSADA, T. TPM/MTP - Manutenção produtiva total. São Paulo: IMAM, 1993.

TAVARES, L. A. Administração Moderna de Manutenção. 1ª edição. Rio de Janeiro: Novo Pólo, 2000.

UBQ – União Brasileira para a Qualidade. Gestão de Produção x Qualidade. Disponível em: < <http://ubq.org.br/publicacoes/gestao-de-producao-x-qualidade/>>. Acesso em 10 mar 2017.

XENOS, H. G. Gerenciando a Manutenção Produtiva. INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2005.

ZEN, M. A. G. Indicadores de manutenção. Disponível em: <<http://www.magzen.eng.br/infomagzen/infomagzen10.pdf>>. Acesso em: 10 mar 2017.

# ANEXO 1

## Check List de inspeção da área 611B

CHECK LIST INSPEÇÃO DE EQUIPAMENTOS 611-B						Seguindo os Procedimentos: ITI-OPE-611B-			Nº								
						0001/0002/0003/0004/0005/0006/0007/0008			Data								
Departamento:						Turma:			Turno:			Data:					
Operador:						Supervisor:			Horários			Horários					
		611B-MG-0001		07-10h	11-14h	15-19h			611B-BR-0001		07-10h	11-14h	15-19h				
		611B-AL-0002		19-22h	23-02h	03-07h			611B-BR-0002		19-22h	23-02h	03-07h				
611B-MG-0001						Status	Status	Status	611B-BR-0001						Status	Status	Status
1.1 Condições do batedor de Rodas						OK	NOK	OK	NOK	OK	NOK	OK	NOK	OK	NOK	OK	NOK
1.2 Condições de acesso e iluminação da área									1.1 Condições de Acesso e Iluminação da área								
1.3 Condições da chapa de desgaste									1.2 Nível de óleo do motor								
1.4 Parafusos folgados ou ausentes									1.3 Ruído e vibrações anormais								
1.5 Pontos com vazamento de material									1.4 Temperatura dos motores e dos redutores								
1.6 Sensor de Nível (LIT)									1.5 Vazamentos de óleo								
611B-AL-0001						Status	Status	Status	611B-BR-0002						Status	Status	Status
1.1 Condições de iluminação da área						OK	NOK	OK	NOK	OK	NOK	OK	NOK	OK	NOK	OK	NOK
1.2 Inspeccionar motor de acionamento									1.1 Condições de Acesso e Iluminação da área								
1.3 Seguimento dentado da coroa									1.2 Nível de óleo do motor								
1.4 Esteira de alimentação:parafusos, placas,vigas									1.3 Ruído e vibrações anormais								
1.5 Sist. de emergência:chaves e botoeira									1.5 Temperatura dos motores e dos redutores								
1.6 Bomba de Lubrificação 01 e 02									1.6 Vazamentos de óleo								
1.7 Proteção de Máquinas									1.7 Arrastamento da carcaça dos motores								
Chute de Transferência						Status	Status	Status	1.8 Estado dos dentes fixos e dentes dos rolos								
1.1 Condições de Acesso: proteções contra queda						OK	NOK	OK	NOK	OK	NOK	OK	NOK	OK	NOK	OK	NOK
1.2 Presença de parafusos folgados									1.9 Condição da botoeira de emergência								
1.3 Chapas de desgaste do revestimento									1.10 Bicos de Spray								
1.4 Sensor de nível de chute									1.11 Válvula Solenóide								
									1.12 Sensor de nível de chute								
						Horário									Horário		
		611B-TP-0001		07-10h	11-14h	15-19h			611B-TP-0002		07-10h	11-14h	15-19h				
				19-22h	23-02h	03-07h					19-22h	23-02h	03-07h				
Sistema de Acionamento e de segurança						Status	Status	Status	Sistema de Acionamento						Status	Status	Status
1.1 Condições de Acesso e Iluminação da área						OK	NOK	OK	NOK	OK	NOK	OK	NOK	OK	NOK	OK	NOK
1.2 Tapete da correia									1.1 Condições de Acesso e Iluminação da área								
1.3 Roletes travados e danificados									1.2 Tapete da correia								
1.4 Motor de acionamento e contra recuo									1.3 Roletes travados e danificados								
1.5 Ruídos e vibrações anormais									1.4 Motor de acionamento e contra recuo								
1.6 Raspadores primário, secundário, terciário									1.5 Ruídos e vibrações anormais								
1.7 Condição das chaves e botoeira de emergência									1.6 Raspadores primário, secundário, terciário								
1.8 Sensor de Rasgo									1.7 Condição das chaves e botoeira de emergência								
1.9 Sensor de desalinhamento									1.8 Sensor de Rasgo								
1.10 Sensor de Velocidade									1.9 Sensor de desalinhamento								
1.11 Mesa de impacto									1.10 Sensor de Velocidade								
1.12 Proteção de Máquinas									1.11 Mesa de impacto								
Sistema de Esticamento						Status	Status	Status	Sistema de Esticamento						Status	Status	Status
1.1 Condições de Acesso e Iluminação da área						OK	NOK	OK	NOK	OK	NOK	OK	NOK	OK	NOK	OK	NOK
1.1 Condições de Acesso e Iluminação da área									1.1 Condições de Acesso e Iluminação da área								
1.2 Cabo de aço do contra-peso e roldanas									1.2 Cabo de aço do contra-peso e roldana								
1.3 Carrinho e sensor de esticamento									1.3 carrinho e sensor de esticamento								
1.4 Condição do tambor de esticamento									1.4 Condição do tambor de esticamento								
Chute de Transferência						Status	Status	Status	Chute de Transferência e Amostrador						Status	Status	Status
1.1 Condições de Acesso e Iluminação da área						OK	NOK	OK	NOK	OK	NOK	OK	NOK	OK	NOK	OK	NOK
1.1 Condições de Acesso e Iluminação da área									1.1 Condições de Acesso e Iluminação da área								
1.2 Chapas de desgaste, parafusos e revestimentos									1.2 Chapas de desgaste, parafusos e revestimentos								
1.3 Correntes									1.3 Correntes								
1.4 Bicos de Spray									1.4 Bicos de Spray								
1.5 Válvula Solenóide									1.5 Válvula Solenóide								
1.6 Sensor de nível de chute									1.6 Sensor de nível de chute								
1.7 Cremalheira: engrenagem de movimentação									1.7 Cremalheira: engrenagem de movimentação								
1.8 Caçamba de recebimento									1.8 Caçamba de recebimento								
1.9 Sensor de fim de curso									1.9 Sensor de fim de curso								

## ANEXO 2

### Formulário de inspeção do alimentador de sapatas

Inspeção dos Alimentadores de Sapatas					
1	Temperatura dos mancais	T1	T2	T3	T4
		Valor	Valor	Valor	Valor
		( ) Ok ( ) NOK	( ) Ok ( ) NOK	( ) Ok ( ) NOK	( ) Ok ( ) NOK
2	Temperatura do redutor	T1	T2	T3	T4
		Valor	Valor	Valor	Valor
		( ) Ok ( ) NOK	( ) Ok ( ) NOK	( ) Ok ( ) NOK	( ) Ok ( ) NOK
3	Parafusos da Sapatas do Alimentador	( ) Ok	( ) Quebrados Quantidade	( ) Folgados Quantidade	Ação
4	Nível de óleo do Redutor	( ) Ok	( ) NOK	Volume repost (litros) Quantidade	Ação
5	Vazamento de óleo pelo Redutor	( ) Não há	( ) Há	Intensidade?	
				( ) Muito	( ) Pouco
		Localização?			
		Ponto 1 ( )	Ponto 2 ( )	Ponto 3 ( )	Ponto 4 ( )
6	Parafusos dos segmentos dentados das rodas motrizes	( ) Não há	( ) Ok Quantidade	( ) Quebrados Quantidade	( ) Folgados
7	Rolos de Carga	( ) Ok	( ) Quebrados Quantidade	( ) Folgados Quantidade	Ação
8	Lubrificação do Tirante Regulador de Tensão	( ) Ok	( ) NOK	Ação	
9	Links	( ) Ok	( ) Trincado Quantidade	Ação	
10	Tensionamento da corrente	( ) Pouco	( ) Correto	( ) Muito	Ação
11	Proteções de Máquina	( ) Ok	( ) Danificado	( ) Faltante	Ação
12	Iluminação	( ) Ok	( ) NOK	Ação	
13	Sistema de água de fluidização e limpeza	( ) Ok	( ) NOK	Ação	
14	Excesso de Sujeira	( ) Ok	( ) NOK	Ação	

## ANEXO 3

### Regras de auditoria etapa 1

#### Regras de auditoria – Etapa 1 – Limpeza Inicial

- \* **REGRA 1** - A equipe quando julgar-se apta a solicitar **AUDITORIA DA ETAPA**, deve efetuar a **AUTO-AUDITORIA**, e somente solicitar **PRÉ-AUDITORIA** da chefia, quando:
1. A **EQUIPE** deve atingir no **MÍNIMO O CONCEITO DE BOM** em cada item dos requisitos;
  2. A **EQUIPE** deve implantar no **MÍNIMO 50%** das oportunidades levantadas na **AUTO-AUDITORIA** e apresentar o planejamento de implantação das **OPORTUNIDADES** pendente a equipe de auditores da **PRÉ-AUDITORIA**.
- \* **OBSERVAÇÃO 1**: Fica a **CRITÉRIO** da área manter o registro da **AUTO-AUDITORIA**.
- \* **REGRA 2** - A **LIDERANÇA** do Depto (Superintendência/ Supervisão), com base no registrado na **AUTO-AUDITORIA**, deverá realizar a **PRÉ-AUDITORIA**, e somente solicitar a **AUDITORIA DE CERTIFICAÇÃO DA ETAPA** para a **SECRETARIA DE TPM**, quando cumprir os seguintes critérios:
1. A **EQUIPE** deve atingir no **MÍNIMO O CONCEITO DE BOM** em cada requisito;
  2. A **EQUIPE** deve implantar no **MÍNIMO 75%** das oportunidades levantadas na **PRÉ-AUDITORIA** e apresentar o planejamento de implantação das **OPORTUNIDADES** restantes aos auditores da **AUDITORIA DE CERTIFICAÇÃO** da **SECRETARIA DE TPM**.
- \* **REGRA 3** - A **SECRETARIA DE TPM**, só aceitará **OPORTUNIDADES PENDENTES** se as justificativas destas dependerem de **PROJETOS, VIABILIDADE, CUSTO** e estejam **VALIDADAS** (visto) pelo **SUPERINTENDENTE** e **SUPERVISOR** da área;
- \* **REGRA 4** - As **OPORTUNIDADES** levantadas na **PRÉ-AUDITORIA**, deve ser **REGISTRADAS** e **APRESENTADAS**, no formulário **TPM-AIcoa-SI**, pelo **SUPERVISOR** da área ao **LIDER** da equipe de auditores da **SECRETARIA DE TPM** no dia da auditoria de certificação da etapa.
- \* **REGRA 5** - A **SECRETARIA DE TPM**, deve auditar a **EQUIPE** para **CERTIFICAÇÃO DE MUDANÇA DE ETAPA**, com base na **PRÉ-AUDITORIA** liderada pela **LIDERANÇA** (superintendente/ supervisor) da área/ departamento, utilizando os seguintes critérios:
1. A **EQUIPE** deve ter implantado no **MÍNIMO 75%** das oportunidades levantadas na **AUTO e PRÉ-AUDITORIA**;
  2. A **EQUIPE** não será auditada pela **SECRETARIA DE TPM** se for constatado que houve **INCIDENTE SÉRIO** nos últimos **3 (três) MESES** que antecedem a auditoria envolvendo **QUALQUER** um dos **PARTICIPANTES** das equipes de TPM do equipamento/ área;
  3. A **EQUIPE** deve ter obtido no **MÍNIMO o CONCEITO DE BOM** em cada **REQUISITO** da **PRÉ-AUDITORIA** da etapa, realizada pela liderança;
- \* **REGRA 6** - A **EQUIPE** estará **REPROVADA** na auditoria da etapa se obter **CONCEITO RUIM** em qualquer dos **REQUISITOS** da etapa auditada.
- \* **REGRA 7** - A **EQUIPE** estará **APROVADA** na auditoria da etapa se obter no **MÍNIMO o CONCEITO BOM** em **TODOS** os requisitos da auditoria da etapa auditada.
- \* **REGRA 8** - O **LIDER** da auditoria de certificação deve, na reunião de encerramento da auditoria, divulgar:
- 1) se a equipe/ equipamento/ área **ESTÁ** ou **NÃO APROVADA** na etapa auditada;
  - 2) o **CONCEITO** obtido pela equipe e o equipamento/ área na auditoria;
  - 3) **DESTACAR**, de forma sumária, os **PONTOS FORTES** e as **OPORTUNIDADES** mais relevantes.
- E posteriormente, 4) **ENVIAR**, no mesmo dia da realização da auditoria, **E-MAIL** comunicando a toda liderança da planta (gerentes, superintendentes, supervisores e encarregados) o resultado da auditoria e em **5 (cinco) DIAS** o **RELATÓRIO** final da auditoria conforme o **formulário TPM-AIcoa-SI**.
- \* **REGRA 9** - A **NOTA/ CONCEITO** para cada item dos requisitos da auditoria deve seguir os seguintes critérios:
- Ruim (nota 1)** : o percentual implementado das atividades do requisito é **<= 30% e/ou 80%** da equipe não fez, não sabe e não participou;
- Regular (nota 2)** : o percentual implementado das atividades do requisito é **> 30% <=60% e/ou 60%** da equipe não fez, não sabe e não participou;
- Bom (nota 3)** : o percentual implementado das atividades do requisito é **> 80% <=90% e/ou 20%** da equipe não fez, não sabe e não participou;
- Excelente (nota 4)** : o percentual implementado das atividades do requisito é **> 90% <=100% e/ou 10%** da equipe não fez, não sabe e não participou;