

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENERGIA E AMBIENTE

MÔNICA JACYRA DA SILVA CARVALHO

MAPEAMENTO E ANÁLISE DE FALHAS NA MANUTENÇÃO DE CALDEIRAS:
estudo no setor metalúrgico

São Luis

2014

MÔNICA JACYRA DA SILVA CARVALHO

**MAPEAMENTO E ANÁLISE DE FALHAS NA MANUTENÇÃO DE CALDEIRAS:
estudo no setor metalúrgico**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Energia e Ambiente da Universidade Federal do Maranhão como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Energia e Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Leocádio Coelho de Souza.

São Luis

2014

Carvalho, Mônica Jacyra da Silva

Mapeamento e análise de falhas na manutenção de caldeiras: estudo no setor metalúrgico/ Mônica Jacyra da Silva Carvalho. – São Luís, 2014.

95 f.

Orientador: Leonardo Leocádio Coelho de Souza.

Dissertação (Mestrado em Energia e Ambiente) – Universidade Federal do Maranhão, 2014.

1. Caldeiras 2. Manutenção Produtiva Total 3. Sistema Toyota de Produção
I. Título

CDU 621.722:669

MÔNICA JACYRA DA SILVA CARVALHO

MAPEAMENTO E ANÁLISE DE FALHAS NA MANUTENÇÃO DE CALDEIRAS:
estudo no setor metalúrgico

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Energia e Ambiente da Universidade Federal do Maranhão como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Energia e Ambiente.

Aprovada em: / /

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Leonardo Leocádio Coelho de Souza (Orientador)
Universidade Federal do Maranhão

Prof^ª. Dr^ª. Maria do Perpetuo Socorro Soares Teixeira
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão

Prof^ª. MsC. Darliane Ribeiro Cunha
Universidade Federal do Maranhão

A Deus, aos meus pais, Wilson e Maria de Jesus Carvalho e ao meu esposo, Luis Fernando.

AGRADECIMENTOS

A “Deus” por tudo que sou e que tenho. Por ter me deixado chegar aonde cheguei. A Ele entrego meu futuro.

Aos meus pais, por terem se doado por inteiro. Pais por opção e por amor, não bastaria dizer que não tenho palavras para agradecer por tudo isso, sinto uma emoção impar, uma emoção que dificilmente traduziria.

Ao meu esposo Luis Fernando pela compreensão, amor e carinho.

Aos meus amigos adquiridos através do curso, que contribuíram para minha melhoria contínua e enriquecimento teórico. Destaque para Claudicéia Mendes e Monica Monteiro, pessoas especiais que se tornaram minhas amigas desde o início desta jornada.

Aos meus amigos colaboradores da indústria Alfa e supervisor de Engenharia, Técnico Especialista de Operações e Técnico Especialista em Instrumentação respectivamente, Rogério Melo, Roberto Costa e Urubatan Rocha, por total apoio e atenção em mais esta etapa de engrandecimento profissional.

A todos os meus demais amigos, especialmente Claudiane Diniz, que acreditaram como eu, nos meus sonhos e que é possível realizá-los.

A todos os professores da UFMA, que contribuíram para minha titulação.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Leonardo Leocádio Coelho de Souza, pela disciplina e determinação constantes na construção desta pesquisa.

E, a Prof^a. Dra. Maria do Socorro, novamente por todo auxílio e a recorrente ajuda nesta empreitada constante pela busca ao conhecimento.

*“Há uma força motriz mais poderosa que o vapor, a
eletricidade e a energia atômica: a vontade”.*
(Albert Einstein)

RESUMO

A indústria metalúrgica Alfa possui três áreas de operações: o Porto, a Refinaria e a Redução. A área intermediária produz alumina utilizando como fonte de energia, o vapor. Este é oriundo de duas Caldeiras de Alta Pressão que operam juntas e são essenciais ao pleno funcionamento do processo, por isso é necessário torná-las equipamentos confiáveis. Com este intuito, a indústria Alfa alicerça sua gestão de operações em um Sistema de Negócios Próprio adaptado das diretrizes do Sistema Toyota de Produção (STP) e da Manutenção Produtiva Total (MPT). Assim, esta situação foi vista como oportunidade de pesquisa, a qual foi realizada através da busca pelo entendimento do Sistema de Negócios, pela definição e entendimento dos equipamentos, pela realização de caminhadas pelos equipamentos com equipe multidisciplinar, pelo levantamento das falhas existentes nos equipamentos, pelo mapeamento da situação atual, pela identificação das perdas associadas as falhas levantadas anteriormente, pelo levantamento de custos e pelo acompanhamento focado na resolução técnica e na confiabilidade humana durante as atividades de manutenção, as quais foram realizadas para sanar ou minimizar as falhas, já descritas. Desta forma, houve uma redução nas perdas de produção em torno de 3.484,28 t SGA/ano e 304.526,07 US\$/ano do ano de 2011 em relação ao ano de 2012. E também a comprovação que as caldeiras alcançam 100% da sua disponibilidade operacional e sim, podem tornar-se confiáveis com a implementação da melhoria contínua.

Palavras-chave: Caldeiras. Manutenção Produtiva Total. Sistema Toyota de Produção.

ABSTRACT

The metallurgical Alfa has three areas of operations: the Port, the Refinery and the Smelter. The intermediate area produces alumina using steam as an energy source. This comes from two High Pressure Boilers that operate together and are essential for the full operation of the process, so it is necessary make it reliable equipment. With this in mind, Alfa industry bases its operations management in a Own Business System adapted guidelines of the Toyota Production System (TPS) and Total Productive Maintenance (TPM). So, this was seen as an opportunity for research, which was carried through the search for understanding of the Business System, the definition and understanding of the equipment, the realization of hiking equipment by a multidisciplinary team, with a survey of existing equipment failures, by mapping the current situation, identifying the losses associated with the faults previously raised by raising costs and monitoring focused on technical resolution and human reliability during maintenance activities, which were carried out to remedy or minimize failures, as described. Thus there was a reduction in production losses around 3484.28 t SGA/year and 304.526,07 US\$/year of 2011 compared to the year 2012. And also proof that the boiler reaches 100% of their operational availability and yes, they can become confident with the implementation of continuous improvement.

Keywords: Boilers. Total Productive Maintenance. Toyota Production System.

LISTA DE FIGURAS E GRÁFICOS

		p.
Figura 1	Diagrama em formato de “casa” do STP.	22
Figura 2	Fluxograma do Ciclo PDCA.	26
Figura 3	Fotos de itens encontrados na Fábrica da Toyota no Japão.	27
Figura 4	Classificação de Desperdícios	32
Figura 5	Diagrama em formato de “casa” do TPM	36
Figura 6	Diagrama em forma de “casa” do Sistema de Negócios da indústria metalúrgica Alfa.	44
Figura 7	Requisitos de Negócios conforme ordem de importância.	45
Figura 8	Demonstração dos Requisitos de Negócios do Processo de Geração de Vapor.	46
Figura 9	Delimitação da área correspondente a Geração de Vapor, uma vez que o Sistema de Transporte/Alimentação de Carvão é vizinho ao Sistema de Alumina e Bauxita. E a delimitação é importante pois uma equipe multidisciplinar pode vir a confundir equipamentos de áreas vizinhas.	47
Figura 10	Estratégia do projeto com ênfase na resolução de dois itens impactantes para a Geração de Vapor, a Manutenção Emergencial e Programada.	47
Figura 11	Diagrama sucinto de Causas e Efeitos de Falha no projeto decorrente da falta de qualificação profissional adequada.	48
Figura 12	Representação do Processo de Melhoria Contínua.	48
Figura 13	Demonstração da cadeia produtiva da indústria metalúrgica Alfa.	51
Figura 14	Demonstração do fluxo de matérias-primas recebidas pelo Terminal Portuário Privativo da indústria metalúrgica Alfa.	52
Figura 15	Demonstração do fluxo de material na Refinaria.	53
Figura 16	Demonstração da transformação da alumina calcinada em alumínio metálico dentro de uma cuba eletrolítica.	54
Figura 17	Descrição das Fases da Pesquisa e Integração das Ferramentas de Gerenciamento em cada etapa.	55
Figura 18	Demonstração do Sistema de Transporte/Alimentação de Carvão, um dos Percursos realizados pelo processo das Caldeiras de Alta Pressão.	58
Figura 19	Demonstração de Equipamento do Sistema de Arraste de Cinzas de Fundo.	59
Figura 20	Demonstração de Equipamentos do Sistema de Arraste de Cinzas Leves.	59
Figura 21	Demonstração de Equipamento do Sistema de Alimentação de Calcário.	60
Figura 22	Demonstração de Equipamento do Sistema de Alimentação de Areia (Silo de Armazenamento).	60
Figura 23	Demonstração de Equipamentos do Sistema de Óleo e Queimadores.	60
Figura 24	Demonstração de Equipamentos do Sistema de Ar Primário.	61
Figura 25	Demonstração de Equipamento do Sistema de Ar Secundário.	61

Figura 26	Demonstração de Equipamento do Sistema de Combustão e Gases.	p. 62
Figura 27	Demonstração de Equipamento do Sistema de Alimentação de Água/Condensado (Bombas de Alimentação de Água à esquerda).	62
Figura 28	Demonstração de Equipamento do Sistema de Vapor.	62
Figura 29	Levantamento de Pendências associadas ao Sistema de Transporte/Alimentação de Carvão, um dos sistemas das Caldeiras.	63
Figura 30	MFV do Sistema de Alimentação/Transporte de Carvão.	65
Figura 31	MFV do Sistema de Arraste de Cinzas de Fundo.	66
Figura 32	MFV do Sistema de Arraste de Cinzas Leves.	67
Figura 33	MFV do Sistema de Alimentação de Calcário.	67
Figura 34	MFV do Sistema de Alimentação de Areia.	68
Figura 35	MFV do Sistema de Óleo e Queimadores.	69
Figura 36	MFV do Sistema de Ar Primário.	69
Figura 37	MFV do Sistema de Ar Secundário.	70
Figura 38	MFV do Sistema de Combustão e Gases.	71
Figura 39	MFV do Sistema de Alimentação de Água/Condensado.	72
Figura 40	MFV do Sistema de Vapor.	73
Figura 41	Demonstração da Execução de Atividades no Sistema de Alimentação de Carvão.	76
Figura 42	Demonstração da Execução de Atividades no Sistema de Arraste de Cinzas Leves.	77
Figura 43	Demonstração da Execução de Atividade no Sistema de Alimentação de Areia.	77
Figura 44	Demonstração de Esquema Prático das atividades a longo prazo da Pesquisa	86
Figura 45	Fórmula de Estoque Mínimo.	87
Figura 46	Fórmula de Estoque Máximo.	87
Gráfico 1	Demonstração em formato de “pizza” da quantidade de equipamentos críticos com ações pendentes versus sem ações pendentes.	80
Gráfico 2	Demonstração em formato de “pizza” da quantidade de problemas/oportunidades resolvidos versus os que ainda aguardam resolução.	81
Gráfico 3	Série de Perdas de Produção Mensais de 2012. Onde perda de produção por alguma Caldeira de Alta Pressão não impacta tanto devido o uso de Caldeiras a Grelha durante períodos de Manutenção Programada ou Corretiva.	83

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Consolidado de Perdas de Produção em 2011 das duas Caldeiras.	p. 56
Quadro 2	Listagem de todos os equipamentos de todos os sistemas apresentados nos fluxogramas acima.	74
Quadro 3	Listagem dos equipamentos que causam impacto direto na estabilidade das caldeiras de alta pressão.	75
Quadro 4	Demonstração da quantidade de equipamentos críticos com ações pendentes versus sem ações pendentes.	80
Quadro 5	Demonstração da quantidade de problemas/oportunidades resolvidos versus os que ainda aguardam resolução.	81
Quadro 6	Demonstração das Perdas de Produção Mensais no ano 2012.	83
Quadro 7	Demonstração da capacidade (t/h) necessária para atendimento a Refinaria através das caldeiras de alta pressão.	84
Quadro 8	Demonstração da capacidade (t/h) necessária para atendimento a Refinaria através das caldeiras a grelha e uma caldeira de alta pressão. Uma vez que esta vazão de 490t/h a produção da Refinaria fica reduzida e geralmente ocorre em Manutenção Programada de uma das caldeiras de alta pressão.	84
Quadro 9	Consolidado de Perdas de Produção em 2012 das duas Caldeiras.	84
Quadro 10	Demonstração da disponibilidade das caldeiras de alta pressão no mês de julho de 2012.	85
Quadro 11	Demonstração da disponibilidade das caldeiras de alta pressão em relação à disponibilidade alcançada e a designada para a Refinaria.	85

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AL	Alimentador
APT	Análise Preliminar de Tarefa
BA	Bomba
BR	Britador
CAs	Caldeiras
CFB	<i>Circulating Fluidized Bed</i> (Caldeira de Alta Pressão ou com Leito Fluidizado Circulante)
CH	Chaminé
CMM	Consumo Médio Mensal do último semestre
CN	Condensador
COU	Centro Operacional da Utilidades
DM	Descarregador Móvel
DS	Dessuperaquecedor
EBTV	Etiquetamento, Bloqueio, Verificação e Teste
EHS	<i>Environment, Health and Security</i>
EL	Elevador de Canecas
ES	Estoque Atual
ETA	Estação de Tratamento de Água
ETE	Estação de Tratamento de Efluentes
EX	Exaustor
FL	Filtro
HH	Horas - Homem
HV	Válvula Faca
JIT	<i>Just in Time</i>
LCC	<i>Life Cycle Cost</i>
LCE	<i>Life Cycle Engineering</i>
MDIC	Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
MFV	Mapeamento de Fluxo de Valor
MG	Moega
MIT	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
MP	<i>Maintenance Preventive</i>
MPT	Manutenção Produtiva Total
OMCD	<i>Operations Management Consulting Divison</i>
OS	Ordem de Serviço
PDCA	<i>Plan, Do, Check and Action</i> ou Ciclo de Deming
PIB	Produto Interno Bruto
PN	Peneira
PSV	<i>Valve Set Pressure</i> (Válvula de Segurança e Alívio)
QMA	Queimador
SGA	<i>Smelter Grade Alumina</i> (Alumina para fundição)
SL	Silo
SM	Separador Magnético
SP	Soprador
STP	Sistema Toyota de Produção
TI	Tecnologia da Informação
TP	Transportador
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>

TPS	<i>Toyota Production System</i>
TQ	Tanque de armazenamento
TQC	<i>Total Quality Control</i>
TT	Torre de Transferência
TX	Transportador de rosca
VA	Vaso de pressão
VD	Válvula Diversora
VT	Ventilador
VR	Válvula Rotativa
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>

Co.	<i>Company</i>
Max	Estoque Máximo
Min	Estoque Mínimo
MW	<i>Megawatt</i>
t/h	Tonelada - hora

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	p. 16
1.1 O problema da pesquisa.....	16
1.2 Objetivos da investigação.....	17
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	19
2.1 Sistema Toyota de Produção.....	19
2.1.1 Mapeamento de Fluxo de Valor.....	29
2.1.2 Desperdícios.....	30
2.2 Manutenção Produtiva Total.....	34
2.3 Brainstorming.....	40
3 ORIENTAÇÕES METODOLÓGICAS.....	42
3.1 Classificação da Pesquisa.....	42
3.2 Unidade de Análise.....	43
3.3 Método e Fases da Pesquisa.....	49
3.4 Limitação do Método.....	50
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DO CASO.....	51
4.1 Estudo de Caso: Indústria Metalúrgica Alfa.....	51
4.2 Discussão e Análise do Caso.....	54
4.2.1 Análise.....	55
4.2.2 Planejamento.....	64
4.2.3 Execução.....	76
4.2.4 Finalização.....	79
4.2.5 Melhoria Contínua.....	85
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	89
REFERÊNCIAS.....	91
ANEXOS.....	95

1 INTRODUÇÃO

Toda indústria almeja que seus equipamentos operem de maneira confiável, nenhuma organização deseja que seus ativos 'quebrem', produzam produtos de má qualidade ou operem de maneira ineficiente (LCE, 2012, p.3). E justamente quando um problema se desenvolve, um técnico é encaminhado para identificar e corrigir a falha ou o defeito, sendo que durante a realização da atividade possa vir a realizar várias idas à Ferramentaria para buscar ferramentas adicionais, várias idas à oficina para obter mais informações técnicas e várias idas ao almoxarifado para buscar peças sobressalentes para reparar um problema secundário que possa vir a surgir também. Ou seja, esta manutenção irá resultar em tempo excessivo de parada, custo excessivo e horas de esforço excessivo para manutenção e operação.

Desta forma, a função manutenção de combinar ações técnicas e administrativas, junto às de supervisão são teóricas, uma vez que é necessário que os equipamentos voltem a funcionar rapidamente. Contudo, para que a manutenção possa ser competitiva dentro da empresa e na sua qualidade total, torna-se necessário que os grupos multidisciplinares busquem mais conhecimento científico aplicado, seja no gerenciamento das atividades, através de ferramentas de análise de falhas, ou observando como as atividades são executadas pelas pessoas.

Diariamente acontecem paradas de produção, atividades de manutenção preventiva que não são realizadas e as demandas de corte de custos impactam em perdas de qualidade e produtividade. Perdas que nesta pesquisa foram calculadas e relacionadas as suas devidas falhas, as quais foram apresentadas na forma de mapeamento, alcançando o objetivo da pesquisa.

1.1 O problema da pesquisa

A pesquisa propõe o mapeamento de falhas e desperdícios relacionados às atividades executadas para minimizar estas falhas na gestão de manutenção de Caldeiras de Alta Pressão na Indústria Metalúrgica Alfa, seus sistemas são Alimentação/Transporte de Carvão, Arraste de Cinzas Leves, Arraste de Cinzas de Fundo, Alimentação de Calcário, Alimentação de Areia, Óleo e Queimadores, Ar Primário, Ar Secundário, Combustão e Gases, Alimentação de Condensado/Água e,

finalmente, Vapor. Uma vez que os sistemas da Geração de Vapor necessitam ter suas falhas catalogadas e monitoradas, seja na realização de suas atividades como também na identificação dos desperdícios associados a esta realização, a fim de garantir o adequado desenvolvimento das atividades e o pleno funcionamento das caldeiras, dentro da manutenção e orçamentos pré-estabelecidos.

As caldeiras a vapor na indústria Alfa são responsáveis pela geração de vapor para os processos de troca térmica ao longo de toda Refinaria, necessário que estes equipamentos tenham sua manutenção acompanhada para que não haja redução ou interrupção do fluxo de vapor e parada operacional da Refinaria.

Além disto as manutenções não-programadas destes equipamentos resultam em custos muito onerosos, devido sua robustez e impactam diretamente no orçamento de outros sistemas (como por exemplo, ar comprimido, água e energia) tão necessários quanto aqueles já que fazem parte do mesmo centro operacional.

1.2 Objetivos da Investigação

Com intuito de resolução do problema da pesquisa, o objetivo geral desta dissertação é mapear e analisar as falhas presentes nos sistemas que compõem a geração de vapor, apontando como estas falhas afetam a disponibilidade das caldeiras e os custos de manutenção. Para isso, são necessários três objetivos específicos, a saber:

- Mapear as falhas presentes nos sistemas que compõem a Geração de Vapor;
- Identificar os tipos de desperdícios presentes na realização das atividades planejadas para sanar ou minimizar estas falhas;
- Monitorar os equipamentos com intuito de verificar se as atividades realizadas realmente sanaram ou minimizaram as falhas.

Além da introdução e das considerações finais, esta pesquisa se apresenta encadeada de forma seqüencial e lógica. O segundo item traz um panorama geral do Sistema Toyota de Produção, apresentando suas técnicas e outros meios para o desenvolvimento da pesquisa. O item três apresenta as orientações metodológicas, classificando a modalidade da pesquisa, contextualizando o tema e apresentando-se o sistema de negócios próprio da indústria em questão. Na seqüência, o item quatro demonstra a aplicabilidade do

assunto nos indicadores de custos e de manutenção da empresa, a partir da apresentação e análise dos dados.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este item apresenta primeiramente, aspectos gerais do Sistema Toyota de Produção (STP) e dentre as técnicas deste sistema as que foram mais adequadas para realização do estudo de caso. Em seguida, apresenta aspectos gerais da Manutenção Produtiva Total (MPT), do inglês *Total Productive Maintenance* (TPM) e finalmente a técnica *Brainstorming* e sua importância na realização desta pesquisa.

2.1 Sistema Toyota de Produção

O STP é uma filosofia de negócios originalmente desenvolvida no Japão após a 2ª Guerra Mundial (BATISTA, 2009, p.45) por Taiichi Ohno (1945 apud Silva, 2009, p.13) após uma visita aos Estados Unidos, mais precisamente à indústria *Ford Motor Co.*, chegou-se a conclusão que copiar ou melhorar o sistema de produção deles era inviável (ELIAS, 2003, p.1) uma vez que a necessidade da sua indústria automobilística, a *Toyota Motors Company*, era a criação de um novo sistema de produção para se adaptar às restrições do mercado e tornar-se tão competitiva quanto a indústria norte-americana em questão.

Henry Ford foi o criador, em 1914, da linha de montagem móvel e mecanizada, que passou a ser modelo de produção de referência em razão da drástica melhoria de produtividade que proporcionava (ELIAS, 2003, p.2). Estava então instituído o modelo Fordista de produção que passou a se chamar de produção em massa, sendo este o contra-ponto ao modelo japonês.

A *Toyota Co.* passava pelo período de baixo crescimento da época do pós-guerra e foi desafiada a cortar custos drasticamente (VEIGA, 2009, p.29), independente da necessidade de se produzir maior variedade de carros em pequenas quantidades para atender diferentes consumidores, sem defeitos de qualidade, com um preço acessível e no tempo certo na tentativa de disputar mercado igualmente com os demais concorrentes. Estas necessidades deram origem aos principais conceitos do STP (EHRlich, 2002; OHNO, 1997 apud BATISTA, 2009, p.45), sendo eles, a redução de custos, a eliminação de desperdício e a busca pela qualidade.

Segundo Ohno (1997 apud BATISTA, 2009, p.45), o aumento da eficiência do trabalho só faz sentido quando associado à redução de custos. E, esta deve estar aliada a eliminação de *Muda*, palavra em japonês que significa desperdício, cujo significado é ser qualquer ação que absorva tempo, esforço e custo mas não cria valor, ou seja, visa eliminar as perdas ou tudo aquilo que não agrega valor para o cliente. Com estes conceitos afinados, ficou cada vez mais ao alcance desta indústria oferecer aos clientes o que eles realmente desejam, qualidade em produtos e/ou serviços.

Desta forma, a líder japonesa na fabricação de automóveis despontou com um desempenho inigualável. Todas as atenções se voltaram então ao Japão, na tentativa de identificar os fatores responsáveis pelos seus ótimos resultados. A filosofia de negócios japonesa foi vista pelos demais países como uma opção de reestruturação industrial, uma vez que o impacto da crise do petróleo de 1973 (GOMES, 2001, p.11) assombrou as companhias industriais formadas segundo o sistema de produção em massa. Então, precisava-se urgentemente encontrar um modelo alternativo para lidar com as novas condições de mercado (GHINATO, 1994, p. 170).

O sucesso da *Toyota Co.* advém da construção de algo que reúne todos os seus princípios, métodos e técnicas e da aplicação concatenada deste conjunto (GHINATO, 1994, p.170). Os princípios representam um roteiro de aplicação sendo difundidos de forma sintetizada em tópicos. Segundo Womack e Jones (2004 apud SILVA, 2009, p.23), os tópicos são:

- Definir detalhadamente o significado de valor de um produto a partir da perspectiva do cliente final, em termos das suas especificações como preço, prazo de entrega, etc.;
- Identificar a cadeia de valor para cada produto, ou família de produtos, incluindo os dados de cada operação de transformação necessária, bem como o fluxo de informação inerente a esta família ou produto;
- Gerar um fluxo de valor com base na cadeia de valor obtida, de modo que isso ocorra sem interrupções, objetivando reduzir e, se possível, eliminar as atividades que não agreguem valor que componham a cadeia identificada;

- Configurar o sistema produtivo de forma que o acionamento se dê a partir do pedido do cliente, sejam eles internos ou externos, de forma que o fluxo da programação seja puxado, não empurrado;
- Buscar incessantemente a melhoria do fluxo de valor por meio de um processo contínuo de redução de perdas.

“É obviamente importante ter o conhecimento detalhado de cada tópico mas sobretudo é essencial entender onde e como se encaixam” (GHINATO, 1994, p.170). Também vale ressaltar, que o processo de implantação do STP está fundamentalmente voltado para identificação e eliminação de desperdícios. Identificar os desperdícios não é das tarefas, a mais simples. Para viabilizar tal tarefa, este sistema investe em programas internos de treinamento profissional possibilitando embasamento técnico aos seus colaboradores para identificar os problemas onde eles ocorrem e assim, eliminar a causa raiz dos mesmos.

Após anos da sua implementação no Japão, o *Massachusetts Institute of Technology (MIT)* realizou uma pesquisa de *benchmarking* em empresas que no desempenho de seus processos procuravam sempre “fazer cada vez mais com cada vez menos” (WOMACK, 1992 apud SILVA, 2009, p.22). Esta definição tornou-se o significado da expressão “*Lean Manufacturing*” ou Produção Enxuta. E assim, esta expressão se fez referencial em trabalhos no mesmo instituto, sendo citada na dissertação de Mestrado de *John Krafcit* (1988 apud MACHADO, 2008, p.24) estudante da *Sloan School of Management* e também pesquisador no Programa Internacional de Veículo Motor.

A dissertação afirmava que a Produção Enxuta utiliza menos recursos que a produção em massa, e mesmo desta forma é possível produzir uma grande variedade de produtos de alta qualidade em menos tempo. Além de citações, a pesquisa também resultou no livro ‘A máquina que mudou o mundo’ dos pesquisadores americanos, *James Womack, Daniel Jones e Dan Roos* (1992 apud SILVA, 2009, p.22) cuja venda disseminou o significado das técnicas utilizadas pela *Toyota Co.* para a comunidade ocidental (MACHADO, 2008, p. 24).

O objetivo deste livro foi comparar o gerenciamento de diversas empresas que trabalharam com o sistema de produção em massa com o Sistema Toyota de Produção. Em suma, na produção em massa há trabalhadores sub-utilizados,

tarefas repetitivas que não agregam valor, forte divisão das equipes de projeto e execução do trabalho, qualidade negligenciada e grandes estoques intermediários.

Ao contrário da produção em massa, a produção enxuta 'enxugou' os excessos de recursos e obteve êxito justamente no que se refere ao gerenciamento da manufatura. E por este motivo vêm sendo utilizada com sucesso semelhante em outros ambientes, como os administrativos e de engenharia (MACHADO, 2008, p. 24). Informação reiterada uma vez que algum tempo depois Womack e Jones (1996 apud ANZILIERO, 2011, p.131) ampliaram o termo Produção Enxuta para *Lean Thinking* ou Mentalidade Enxuta, enfatizando que o mesmo se aplica a toda a empresa.

Conforme dito acima, os estudos sobre a Produção Enxuta apontam que o sucesso do STP não está limitado apenas a manufatura. Ele pode ser expandido para outras áreas da organização, proporcionando uma potencial redução de custos e melhorias de qualidade. Alinhado a esta idéia, esta pesquisa procura se utilizar desta afirmação para proposição de melhoria na manutenção. Neste sentido, o pensamento enxuto concentra-se na eliminação de desperdício, definindo tudo aquilo que não é necessário nas atividades (PRADO, 2006, p.10). Cujas intenção é a criação de valor no ciclo produtivo de um produto ou serviço.

Para evidenciar como seus conceitos funcionam, o STP utiliza um diagrama em formato de casa para explicar seus princípios e como os mesmos devem coexistir interligados para que desta maneira apenas as atividades geradoras de valor existam no processo (Figura 1).



Figura 1 – Diagrama em formato de 'casa' do STP, adaptado de (MACHADO, 2008, p. 25).

O objetivo final do STP é aumentar a eficiência do trabalho, abranger todos os envolvidos e satisfazer o cliente (SAMPAIO, 2005, p.74). A eficiência do trabalho é obtida quando o foco dos envolvidos é re-orientado, isto é, de observar individualmente as máquinas da manufatura para observar o fluxo de produtos através do seu processo como um todo, pois todos os estágios deste processo, do desenvolvimento do produto até sua distribuição são igualmente importantes. Tão fundamental quanto o pleno funcionamento destes estágios é a compreensão das necessidades dos colaboradores, pois desta maneira haverá motivação humana e por sua vez, exímio desempenho humano.

Conseguir a satisfação do cliente em qualquer manufatura é a meta de todas as organizações, mas para que isso ocorra, como descreve os princípios do STP, considerável firmar que a Estabilidade do processo só será alcançada se houver busca incansável pela Melhoria Contínua (ou *Kaizen*, sua designação em japonês). Suas ações são desenvolvidas por meio da educação sistêmica dos colaboradores e conscientização de trabalho em equipe, ou seja, este tipo de educação gera aprendizado por meio da realização de atividades. O conhecimento adquirido reforça a mentalidade das pessoas sobre como realizar melhor suas tarefas e como, desta forma, possa contribuir para melhora no trabalho do outro, já que qualquer pessoa envolvida no processo faz parte de um todo.

Normalmente, as ações da Melhoria Contínua são embasadas no Ciclo de *Deming* ou PDCA. Edward Deming (1921 apud TEIXEIRA, 2006, p. 9) é o principal disseminador dos conceitos da qualidade moderna e do método estatístico no Japão, onde é considerado herói. Trabalhou no *Census Bureau* dos Estados Unidos durante a Segunda Guerra Mundial e, no pós-guerra, ao lado de Joseph Juran (1945 apud TEIXEIRA, 2006, p. 11), alertou os empresários norte-americanos para a importância da qualidade não tendo, no entanto, sido levado a sério. Porém, em 1950, foi convidado para dirigir ações de formação em estatística e controle da qualidade no Japão, onde suas idéias deram origem a um autêntico milagre industrial. Devido aos seus ensinamentos no pós-guerra e ao impacto de suas idéias no Japão Deming é hoje considerado o pai do milagre industrial japonês e, em sua homenagem foi criado o *Deming Prize* que premia anualmente as melhores empresas do campo da qualidade.

Enquanto que Joseph Moses Juran (1945 apud TEIXEIRA, 2006, p. 11) iniciou uma carreira de consultor, devotando o resto da sua vida ao Gerenciamento da Qualidade. Em 1954, a União de Cientistas e Engenheiros Japoneses convidou Juran para uma série de palestras no Japão, assim, Juran abriu caminho para ressurreição da indústria japonesa pós-guerra e, juntamente com Edwards Deming, foram considerados os pais da revolução da Qualidade no Japão e, em 1979, fundou o Instituto Juran, considerado a instituição de maior atividade de promoção de qualidade em todo o mundo.

Uma das mais famosas criações de Deming foram as 14 obrigações da alta gerência para a melhoria da qualidade (TEIXEIRA, 2006, p.11):

- Criar constância de propósitos em melhorar os produtos e serviços;
- Adaptar-se a nova filosofia. Nós estamos em uma nova era econômica;
- Cessar a dependência à inspeção como modo de obter qualidade;
- Parar com a prática de decidir se um negócio é bom apenas pelo preço, selecionar fornecedores preferenciais;
- Melhorar constantemente os processos de planejamento, produção e serviços incluindo pessoas;
- Instituir treinamento no trabalho (*training in job*);
- Melhorar a supervisão (instituir liderança encarando-a como algo que todos podem adquirir);
- Sublimar o medo, evitar o estilo autoritário;
- Quebrar as barreiras entre os departamentos;
- Eliminar *slogans* ou metas para melhoria da produtividade que não dizem como fazer;
- Eliminar cotas numéricas;
- Remover as barreiras psicológicas entre os trabalhadores e o orgulho pelo seu trabalho, ele deve ser o mesmo para todas as faixas salariais;
- Instituir programas de educação e re-treinamento;
- Enfatizar na empresa que todos devem trabalhar pela transformação.

Não menos famosos, são os sete pecados mortais da qualidade, que a gerência deve evitar, instituídos por Deming (TEIXEIRA, 2006, p.11):

- Falta de constância de propósitos para planejar produtos e serviços de interesse do mercado, para manter a companhia no negócio e gerar empregos;

- Ênfase nos lucros de curto prazo;
- Distribuir elogios sem que as pessoas tenham feito algo para merecê-los;
- Mudança constante da direção;
- Uso de pessoas conhecidas na direção pela pouca ou nenhuma consideração que dispensam às pessoas desconhecidas ou com pouco conhecimento;
- Custo médico excessivo;
- Custo de garantia excessivo (aumentado pelos honorários de advogados, por exemplo).

O Ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Action*) é composto das quatro fases básicas do controle: planejar, executar, verificar e atuar corretivamente. Os termos do Ciclo PDCA têm seguinte significado (CAMPOS, 1999, p.29):

- Planejar (*To Plan*): consiste em estabelecer metas sobre os itens de controle e em estabelecer a maneira (o caminho, o método) para se atingir as metas propostas;
- Fazer (*To Do*): executar as tarefas, exatamente como prevista no plano, e coletar dados para verificação do processo. Nesta etapa é essencial o treinamento no trabalho decorrente da fase de planejamento;
- Verificar (*To Check*): a partir de dados coletados na execução (fase anterior), compara-se o resultado alcançado com a meta planejada;
- Ação (*Action*): esta é a etapa onde o usuário detectou desvios e atuará no sentido de fazer correções definitivas, de tal modo que o problema nunca volte a ocorrer.

As fases do Ciclo PDCA (Figura 2) são compostas por definir claramente o problema/oportunidade e reconhecer sua importância, investigar as suas características específicas com uma visão ampla e sob vários pontos de vista, descobrir as suas causas fundamentais, elaborar e executar um plano de ação para eliminá-las ou minimizá-las, verificar se a eliminação ou a minimização foi efetiva analisando os resultados obtidos, prevenir contra o reaparecimento do mesmo e recapitular todo o seu processo de solução para descrever os resultados alcançados e refletir sobre as dificuldades encontradas.

E, na busca pela satisfação dos clientes, necessário também considerar relevantes que as atividades rotineiras sejam padronizadas, e que haja nivelamento (ou *Heijunka*, sua designação em japonês) de informações em todos os níveis organizacionais, ou seja, gestão mais aberta a participação de todos (Figura 3). O *Heijunka* também visa nivelamento de programação de produção através da ordenação de pedidos para corresponder à demanda (PINHO, 2005, p. 5528). Com o nivelamento da produção evita-se produzir grandes lotes podendo combinar diferentes produtos para garantir fluxo contínuo, minimizar inventários e estabilizar a produção.

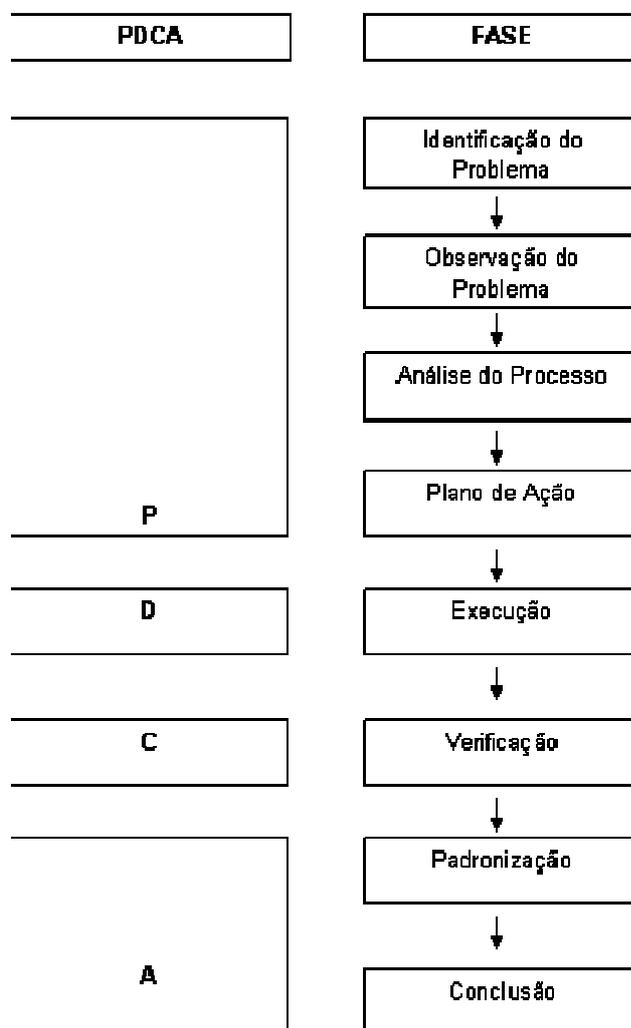


Figura 2- Fluxograma do Ciclo PDCA, adaptado de (ALFA, 2014).



Figura 3 – Fotos de itens encontrados na Fábrica da Toyota no Japão. (A) Material utilizado para explicar o processo e orientar as pessoas, (B) Quadro de Gestão preenchido a mão, (C) Sala de Treinamento com material para estudo também feito a mão e (D) Armários organizados com material disponível, destaque dos móveis com rodinhas para melhor mobilidade dos mesmos, adaptadas de (ALFAa, 2014).

A ‘casa’ do STP indica também o significado dos seus dois pilares de sustentação, o *Just in Time* (JIT) e a automação com toque humano, conhecida por automação (ou *Jidoka*, designação em japonês) (PRADO, 2006, p.11).

O JIT objetiva dispor da peça necessária, na quantidade necessária e no momento necessário. Para Shingo (1996 apud PINHO, 2005, p.5526), o JIT é 80% eliminação de desperdícios, 15% um sistema de produção e apenas 5% *Kanban*. O desenvolvimento teórico e prático do JIT comprovou que a existência de estoques na realidade encobre imperfeições, constituindo-se portanto em desperdício (DIAS, 2007, p.150). De acordo com Turbino (2000, PINHO, 2005, p. 5527) o JIT é uma filosofia voltada para otimização de produção como TQC (*Total Quality Control*) é uma filosofia voltada para identificação, análise e solução de problemas.

A ferramenta *Kanban* (também denominada em japonês) possui sistema de informações que administra o JIT, o qual objetiva receber e produzir pequenos lotes de produtos, ou seja, o raciocínio é que uma estação de trabalho só produz para próxima estação quando o solicita ou avisa que o componente foi utilizado (CARDOZA, 2005, p.3). Na maioria das vezes, o fluxo da informação ocorre por

meio de uma “anotação” visual (ELIAS, 2003, p.3) que autoriza e dá instruções para produção, conhecida comumente como cartão.

Por outro lado, o *Jidoka* afirma que o maquinário é dotado de funções mentais humanas (PRADO, 2006, p.20). Uma vez que o operador ou máquina possuem autonomia de interromper o processamento através de dispositivos que detectam sempre qualquer anormalidade ou erro. Isso impede que “unidades defeituosas” de um processo precedente sigam o fluxo e atrapalhem um processo subsequente (MONDEN, 1984 apud SILVA, 2009, p.25). Essa interação eleva a um nível mais alto as necessidades da manufatura.

O JIT é resumido por Shingo (1996 apud Silva, 2009, p.30) como uma forma de realizar o processo produtivo, em que cada parte do processo deve ser abastecido com os itens necessários, na quantidade necessária e no momento necessário. Já, Motta (1993 apud Silva, 2009, p.30) analisa o JIT como sendo uma técnica de gerenciamento que pode ser aplicada tanto na área de produção quanto em outras áreas da empresa. Por fim, Ohno (1997 apud Silva, 2009, p.30) diz que o JIT é mais que um sistema de redução de estoque, mais que tempo de redução de preparação, mais que usar *Kanban*, mais que modernizar a fábrica. É fazer a fábrica operar para empresa, assim como o corpo humano opera para o indivíduo. O sistema nervoso autônomo responde quando surge um problema no corpo. O mesmo ocorre numa fábrica: deve haver um sistema que responde automaticamente quando problemas ocorrem. Essa é função cumprida pelo JIT.

Segundo (GHINATO, 1994, p.172), o *Jidoka* tem como idéia central:

[...] Impedir a geração e propagação de defeitos e eliminar qualquer anormalidade no processamento e fluxo de produção. Quando a máquina interrompe o processamento ou o operador pára a linha de produção, imediatamente o problema torna-se visível ao próprio operador, aos seus colegas e a sua supervisão. Isto desencadeia um esforço conjunto para identificar a causa fundamental e eliminá-la, evitando a reincidência do problema e conseqüentemente reduzindo as paradas da linha [...]

Os conceitos do STP através de suas técnicas de implantação expandem sua abordagem além das necessidades da manufatura, entendendo a mesma como sistema integrado de gestão. As técnicas de implantação do STP aplicáveis ao caso estão apresentadas nos sub-tópicos seguintes. As que mais se encaixam são Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV) e Desperdícios.

2.1.1 Mapeamento de Fluxo de Valor

Os princípios do STP quando aplicados devem permitir monitoramento do processo para que o mesmo adquira condição de valia, pois sempre que há um produto para um cliente, haverá um fluxo de valor.

Fluxo de Valor é toda ação, criadora de valor ou não, necessária para gerar curso de produção desde a matéria-prima até o consumidor ou dispor o andamento do projeto do produto, da concepção até o lançamento (PRADO, 2006, p.32).

Para otimizar um fluxo de valor, essencial descrever em detalhes a operação da produção através de uma ferramenta qualitativa denominada Mapeamento de Fluxo de Valor ou em inglês, *Value Stream Mapping* (VSM) (LIMA, 2010, p.26), a qual foi desenvolvida pelo *Operations Management Consulting Division* (OMCD) da *Toyota Co.*, divisão organizada Ohno para aplicar o STP nos fornecedores da empresa (ANZILIERO, 2011, p.132).

Esta, é melhor descrita como uma visão completa do porquê, pois vai além da individualidade de cada atividade, ajuda a identificar as fontes de desperdício do processo, fornece uma percepção comum das atividades, uma terminologia comum e o compartilhamento dos conhecimentos com todos os envolvidos. Resumidamente, consiste em desenvolver um desenho de alto nível (representação extremamente visual) do fluxo de valor de uma organização inteira para uma determinada família de produtos.

Isso reforça a idéia que mapear por mapear não é uma estratégia válida (PRADO, 2006, p.32). Uma vez que o foco está na ação concreta e na implementação dos estados futuros definidos.

Dessa forma, como estratégia válida estruturada há:

- Identificar características que criam valor (Escolha da Matéria-Prima ou do Produto);
- Identificar a sequência de atividades chamada fluxo de valor (Estado Atual);
- Fazer com que as atividades fluam (Plano de Trabalho e Implementação);
- Deixar os envolvidos direcionarem o fluxo da matéria-prima ou produto ao longo do processo (Estado Futuro);
- Melhorar continuamente o processo (Melhoria Contínua).

Segundo Rother (1998 apud DUARTE, 2011, p.5) ressaltam que o Mapeamento do Fluxo de Valor apresenta algumas vantagens como:

- Ajuda a visualizar mais do que os processos individuais;
- Ajuda identificar o desperdício e suas fontes;
- Fornece uma linguagem comum para tratar os processos de manufatura;
- Facilita a tomada de decisão sobre o fluxo;
- Aproxima conceitos e técnicas enxutas, ajudando evitar a alocação de ferramentas isoladas;
- Forma uma base para o plano de implantação da Mentalidade Enxuta;
- Apresenta a relação entre o fluxo de informação e o fluxo de material;
- É uma ferramenta qualitativa que descreve, em detalhes, o caminho para a unidade produtiva operar em fluxo.

Para Womack (2003 apud DUARTE, 2001, p.5), a gestão de um bom fluxo de valor só será possível desde que atenda algumas recomendações, tais como:

- Se concentre no gerenciamento do fluxo de valor para um produto ou serviço específico;
- Elimine barreiras organizacionais pela criação de uma empresa enxuta;
- Realoque as ferramentas e utilize-as com tamanho adequado
- Aplique as técnicas enxutas de forma que o valor possa fluir continuamente.

Diante do exposto até este momento na pesquisa, somente elencar todos os problemas presentes em uma manufatura não funciona senão houver a junção do máximo de informações possíveis para resolução ou minimização dos mesmos. E um meio para tal é a classificação dos mesmos em tipos de desperdícios.

2.1.2 Desperdícios

Em uma empresa enxuta, eliminar aquilo que não agrega valor é mais importante que a realização de tarefas individuais (MACHADO, 2008, p.29), como visto no sub-tópico anterior.

Logo, obter um processo enxuto não é acelerar o trabalho, mas realizá-lo de uma forma mais eficiente. Ou seja, a eliminação de desperdícios e a criação de valor não se darão desta forma sem os *inputs* dos trabalhadores da linha de frente, integrantes do time de engenheiros, pessoal administrativo e qualquer outro que

tenha contato com o produto durante sua realização. Tal qual não enxergar as necessidades e expectativas do cliente final.

Assim, com intuito de eliminar todas as formas de desperdício, para realizar melhorias significativas no processo de produção as empresas devem distinguir os aspectos relacionados aos Processos e às Operações (DIAS, 2007, p.150). De um lado a análise focada nas operações contribui apenas para a redução de custos de produção. De outro lado, a análise do processo possibilita ganhos significativos na eficácia do sistema, através de uma maior agregação de valor na produção e eliminação de atividades que aumentam os custos e geram perdas. São elas:

- Atividades que agregam valor: atividades que, ‘aos olhos’ do cliente final, tornam o produto ou serviço mais valioso.
 - ✓ Exemplo: Usinar, forjar, montar, soldar, pintar, polir, entre outros (GOMES, 2001, p.24).
- Atividades que não agregam valor: atividades que, ‘aos olhos’ do cliente final, não tornam o produto ou serviço mais valioso e não são necessárias nas atuais circunstâncias.
 - ✓ Exemplo: Transportar caixas para outro lugar que não o de destino (GOMES, 2001, p.24).
- Atividades que não agregam valor mas necessárias: atividades que, ‘aos olhos’ do cliente final, não tornam o produto ou serviço mais valioso, mas que são necessárias a não ser que o processo atual mude radicalmente.
 - ✓ Exemplo: O transporte e a movimentação de materiais são atividades que não agregam valor ao produto e são necessárias devido às restrições do processo e das instalações por vezes distantes (HANSEN, 1996, p.83).

Dentre os vários interessados nos resultados da empresa não há apenas os seus colaboradores e o cliente final, existe também a figura dos *stakeholders*. Segundo (MACHADO, 2008, p.29):

[...] *Stakeholders* são agentes interessados em seus resultados nas empresas, os quais podem ser: clientes externos e internos, funcionários em geral, fornecedores, acionistas e vários outros, incluindo comunidades e público em geral [...]

Cada grupo de *stakeholders* tem as suas visões relativas de valor. Com isso muitas dimensões de valor promovem uma transformação do que seria o entendimento da abordagem enxuta. Esta envolve um aprendizado no que se refere à identificação de desperdícios.

Por isso há uma classificação (Figura 4) para tal:



Figura 4 – Classificação de Desperdícios, adaptado de (SOUZA, 2012).

- Superprodução: Produção antecipada das necessidades subseqüentes da produção e consumo. Este é o desperdício que o JIT procura evitar. Pode ser classificada em:
 - ✓ Quantitativa: Desperdício gerado por que são fabricados produtos a mais para prevenir contra defeitos de produtos que possam vir a ocorrer (GOMES, 2001, p.25);
 - ✓ Antecipada: Fabricação antecipada de peças. As peças ficarão estocadas até serem consumidas ou processadas (GOMES, 2001, p.25).
- Espera: Períodos de tempo nos quais os trabalhadores e equipamentos não estão sendo utilizados de forma produtiva. Pode ser classificada em:
 - ✓ Espera de Processo: refere-se a lotes não processados aguardando pelo processamento (SILVA, 2009, p.32);

- ✓ Espera de Lote: Sempre que um lote está sendo processado, com exceção da peça em processamento, todas as outras peças do lote estão aguardando seja antes ou depois do processo (SILVA, 2009, p.32).
- Transporte: Este desperdício faz alusão à movimentação de pessoas, informações ou peças resultando em dispêndio desnecessário de capital, tempo e energia. A inadequação do *layout* fabril ou comercial como a disposição de máquinas e equipamentos impactam diretamente no nível de movimentação interna na empresa;
- Processo: Trata-se do desperdício inerente ao processo não otimizado, ou seja, a realização das funções ou etapas que não agregam valor ao produto (ALVES, 1994, p.9). Maior fonte geradora de ganho, o processo pode ser um grande foco de desperdícios;
- Estoque: Estoques elevados de matérias-primas, material em processo e produtos acabados, que acarretam ônus aos sistemas produtivos. Este desperdício interage fortemente com todos os outros desperdício (ALVES, 1994, p.9);
- Movimentação: Desperdício decorrente da interação entre o operador, o mantenedor, máquina, ferramenta e o material em processo.
 - ✓ Exemplo: Busca de ferramentas e equipamentos necessários a manutenção, além de movimentos desnecessários ou improdutivos dos trabalhadores para a execução das operações principais.
- Produtos defeituosos: Desperdício gerado pelos problemas de qualidade, ou seja; peças, sub-componentes e produtos que não atendem as especificações requeridas. Existem métodos para verificar este desperdício. São eles:
 - ✓ Inspeção para detecção de defeitos: Feito com comparação a um padrão (*As-built*);
 - ✓ Inspeção para prevenção de defeitos: Transmissão imediata da informação as etapas anteriores do processamento assim que um defeito é encontrado.
- Pessoal: Má utilização da experiência e da capacidade mental e criativa das pessoas.

Shingo (1981 apud SALGADO, 2009, p.347) referencia mais três tipos de desperdícios, são eles:

- Reinvenção: o desperdício está em reinventar processos, soluções, métodos e produtos que já existem ou que somente necessitariam de poucas modificações para torná-los adequados ao problema em questão;
- Falta de disciplina: o desperdício está em objetivos e metas mal definidos; papéis, responsabilidades e direitos não declarados ou não informados; regras mal definidas; definição pobre de dependência entre atividades; insuficiente predisposição para cooperar; incompetência ou treinamento pobre;
- Integração de tecnologia da informação (TI): a grande variedade de componentes de TI (hardware, software, redes, dentre outros) e o desafio de conseguir mapear todo o processo de desenvolvimento de forma integrada que viabilize não somente o uso das ferramentas atuais, mas, também, as futuras levam a problemas de compatibilidade, capacidade e disponibilidade baixas.

Como visto acima, o STP administra processos, sejam eles: industriais ou fabris, tal qual a gestão de materiais é norteadada por um de seus pilares, o JIT. Logo, com os meios de produção não é distinto. A Manutenção Produtiva Total é o modelo de gestão destes meios. Abaixo está descrito maior detalhamento sobre o mesmo.

2.2 Manutenção Produtiva Total

A origem deste modelo de gestão de manutenção é procedente de três estágios precursores em manutenção. São eles: Escola Latina (da França em meados dos anos 60), Investigações Russas (da Rússia no final da década de 60) e Terotecnologia (da Inglaterra no início dos anos 70) (TAVARES; 1999, p.101).

A Escola Latina pressupõe que o aumento da produtividade das empresas é obtido através da manutenção, com sistema informatizado e integrado, mobiliza os recursos e trabalhos em equipes de vários segmentos e diferentes níveis de hierarquia motivados e coordenados segundo uma mesma direção, ou seja, a manutenção coordena grupos de trabalho em diversos níveis de supervisão buscando maior eficiência e disponibilidade de equipamentos.

Já as Investigações Russas criaram o conceito de “Ciclo de Manutenção”, definido como o intervalo compreendido entre duas “Revisões Gerais” que envolvem todos os trabalhos de ajustes e substituições executados durante esse período. Entre duas “Revisões Gerais” são intercaladas inspeções sistemáticas de detecção de avarias ou verificações diversas.

Por fim, a Terotecnologia é a alternativa técnica capaz de combinar os meios financeiros, estudos de confiabilidade, avaliações técnico – econômicas e métodos de gestão de modo a obter ciclos de vida dos equipamentos cada vez mais dispendiosos.

Como a Terotecnologia, o TPM foi desenvolvido na década de 70 só que no Japão (TAVARES; 1999, p.101), como reformulação e melhoria da estrutura empresarial a partir da reestruturação e melhoria das pessoas e dos equipamentos com envolvimento de todos os níveis hierárquicos e a mudança de postura empresarial. Resumidamente, é a conservação dos meios de produção por todos.

Assim, o TPM é uma técnica que possibilita a garantia de fabricar produtos com qualidade, a menores custos e no momento necessário. Para tal, utiliza-se os seguintes objetivos (TAVARES; 1999, p. 102):

- Constituir uma estrutura empresarial que busque a máxima eficiência (rendimento global) do sistema de produção (ou serviço);
- Constituir no próprio local de trabalho, mecanismos para prevenir as diversas perdas, obtendo o zero acidente, o mínimo de defeitos e o mínimo de falhas, tendo como metas diminuir o custo do ciclo de vida do sistema de produção;
- Envolver todos os departamentos, começando pelo de produção (operação e manutenção) estendendo-se aos de desenvolvimento, vendas, administração, entre outros (incluindo terceiros);
- Contar com a participação de todos, desde os diretores até os operários de primeira linha;
- Obter a perda zero por meio de atividades simultâneas de pequenos grupos;
- Melhorar a capacitação profissional dos colaboradores (operadores, mantenedores e engenheiros);
- Melhorar a qualidade dos equipamentos, através da maximização de sua eficiência e de seu ciclo de vida útil;
- Melhorar os resultados alcançados pela empresa (vendas, atendimento ao cliente, imagem, entre outros).

A definição e os objetivos do TPM indicam melhoramentos em todas as áreas; por exemplo, na Gestão de Pessoas através da mudança de mentalidade, por meio da adoção de manutenção espontânea nos operadores, da busca pela capacitação técnica para os mantenedores e do estímulo a curiosidade dos

engenheiros com intuito de revisão nos projetos de máquinas visando melhorar sua vida útil e sua manutenibilidade.

Nos Meios de Produção através de melhoramentos em máquinas e instalações, através da melhoria da eficiência global, da eficiência técnica e fator de utilização.

Também na Cultura Empresarial, através da eliminação de tempos de espera, resultados econômicos e criação de um trabalho seguro, agradável e não poluente.

Logo, o TPM viabiliza sua eficácia em melhorias nas pessoas e nos equipamentos. Esta afirmação é a representação sucinta em formato de “casa” do que diz os seus oito pilares (TAVARES; 1999, p.108) (Figura 5), descritos abaixo:

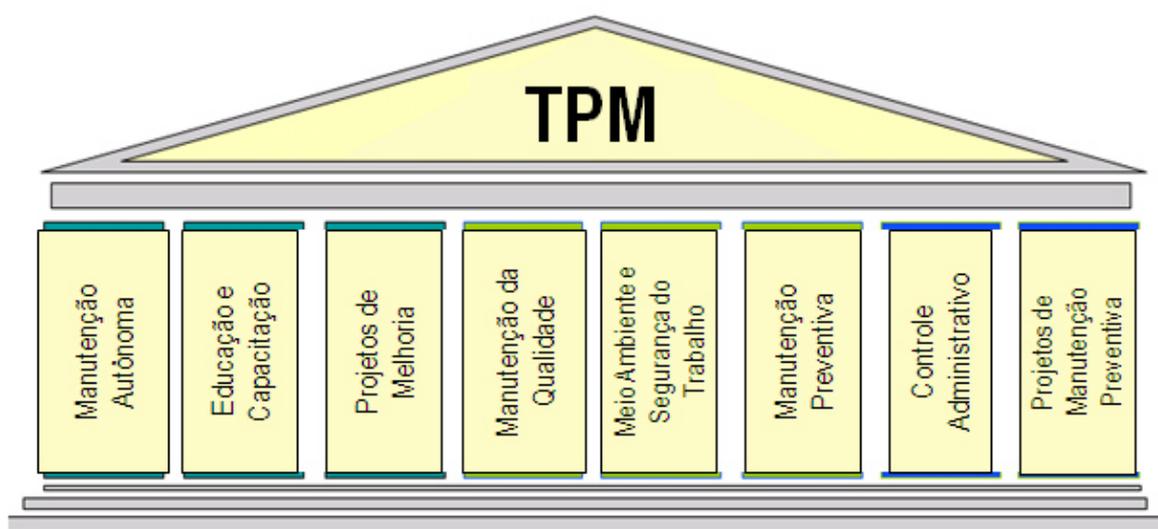


Figura 5 - Diagrama em formato de “casa” do TPM, adaptado de (ALFAi, 2014).

- Manutenção Preventiva: este pilar estabelece:
 - ✓ Padronização das atividades de manutenção;
 - ✓ Procedimentos e critérios adequados para todas as intervenções preventivas;
 - ✓ Histórico de intervenções;
 - ✓ Controle de sobressalentes;
 - ✓ Controle de orçamento de manutenção;
 - ✓ Controle da lubrificação;
 - ✓ Técnicas de diagnóstico de máquinas.
- Projetos de Melhoria: este pilar estabelece:

- ✓ Melhorias individuais em equipamento através da seleção do sistema operacional a que ele pertence;
 - ✓ Acompanhamento e estabelecimento de metas;
 - ✓ Esclarecimento de pontos problemáticos no processo e/ou no equipamento;
 - ✓ Definição da melhoria através de estudos, de avaliações e da elaboração de procedimentos;
 - ✓ Implementação de melhorias;
 - ✓ Verificação dos resultados;
 - ✓ Padronização dos procedimentos;
 - ✓ E, extensão a outros equipamentos.
- Projetos Manutenção Preventiva ou Maintenance Preventive (MP) e Custo do Ciclo de Vida ou *Life Cycle Cost* (LCC): este pilar busca avaliar a conveniência para adquirir máquinas mais caras porém de melhor confiabilidade, manutenibilidade, operacionalidade e economia. No projeto MP é feita uma análise do histórico do equipamento para determinar melhorias que visem a eliminação de problemas futuros e conseqüentemente, redução do LCC, uma vez que este é obtido pela soma dos custos de aquisição (ou custo de sustentação). O custo de aquisição compreende o custo de projeto, fabricação, transporte e instalação, e normalmente representa 25% do custo do ciclo de vida;
 - Educação e Capacitação: este pilar visa a capacitação dos operadores, mantenedores e engenheiros;
 - Manutenção da qualidade: este pilar procura estabelecer:
 - ✓ Avaliação da interferência da condição operacional do equipamento na qualidade do produto ou serviço oferecido;
 - ✓ Definição de parâmetros que possam ser indicadores dessa interferência (ação conjunta: operação, manutenção, engenharia, qualidade e *marketing*);
 - ✓ Acompanhamento através de gráficos, dos parâmetros e estabelecimento de metas baseadas na necessidade do processo (cliente).
 - Controle administrativo: este pilar implementa:
 - ✓ *Housekeeping*: limpeza e organização nas áreas;
 - ✓ JIT: nas áreas de compras e materiais;
 - ✓ *Kanban*: para matéria-prima, sobressalentes, ferramentas e material de uso dos escritórios;

- ✓ O quadro de “Gestão Visual” dos estoques;
- ✓ Técnicas de otimização de reuniões.
- Meio Ambiente e Segurança do Trabalho: este pilar estabelece:
 - ✓ Tratamento Preventivista de acidente: analisado antes da realização das atividades na Análise Preliminar de Tarefa (APT);
 - ✓ Avaliação do custo direto e indireto dos acidentes;
 - ✓ Estabelecimento de ações para obter a meta zero de acidentes.
- Manutenção Autônoma: este pilar estabelece desenvolvimento da consciência “de minha máquina cuido eu”. Para implementação necessário:
 - ✓ Limpeza inicial (busca de defeitos);
 - ✓ Descobrir causas da sujeira;
 - ✓ Melhorar áreas de difícil acesso;
 - ✓ Padronizar atividades de manutenção autônoma;
 - ✓ Capacitação para fazer inspeções;
 - ✓ Inspeção autônoma;
 - ✓ Organização da área de trabalho.

Um recurso eficaz para assegurar o entendimento dos princípios do TPM está na aplicabilidade das diferentes formas de manutenção (MIRSHAWKA; 1994, p.119). São classificadas em (OLIVEIRA; 2003, p.31):

- Manutenção Corretiva: é a manutenção que consiste em substituir peças ou componentes que se desgastaram ou falharam e que levaram a máquina ou equipamento a uma parada, por falha ou pane num ou mais componentes. Normalmente, os reparos são executados sem planejamento e em caráter emergencial. As horas extras do pessoal de manutenção são “grandes”, contribuindo para um desgaste físico e mental, com uma péssima condição de trabalho;
- Manutenção Preventiva: é a manutenção efetuada com a intenção de reduzir a probabilidade de falha de uma máquina ou equipamento, ou ainda a degradação de um serviço prestado, ou seja, é uma intervenção prevista, preparada e programada antes da data provável do aparecimento de uma falha. Sua realização é feita de acordo com um período de tempo ou com índices de funcionamento da máquina. Normalmente, o período de revisão é baseado em histórico de recomendações do fabricante. Enquadram-se nesta categoria, as

revisões sistemáticas dos equipamentos, planos de calibração e aferição de instrumentos;

- **Manutenção Preditiva:** é um conjunto de programas especiais (Análise e Medição de Vibração, Termografia, Análise de Óleo, dentre outros) orientados para o monitoramento de máquinas e equipamentos em serviço. Sua finalidade é prever falhas e detectar mudanças no estado físico que exijam serviços de manutenção, com a antecedência necessária para evitar quebras ou “estragos” maiores. E, os seus principais objetivos são:
 - ✓ Reduzir o impacto dos procedimentos preventivos no resultado da operação;
 - ✓ Eliminar desmontagens e remontagens para inspeção;
 - ✓ Impedir propagação de danos;
 - ✓ Maximizar a vida útil total dos componentes de um equipamento.
- **Engenharia de Manutenção:** é o conjunto de atividades que permite que a confiabilidade seja aumentada e a disponibilidade garantida. O seu principal objetivo é a redução das intervenções de reparos e da convivência com problemas crônicos, através da melhoria nos padrões e sistemáticas. Já sua missão busca promover o progresso técnico da manutenção, através da gestão de ferramentas que proporcionem a sua melhoria de desempenho e adequação dos equipamentos e instalações às condições de operação nas quais serão exigidos. E, para sua constituição, é necessário os seguintes elementos:
 - ✓ Sistema de gerenciamento de manutenção informatizado e implantado que traga agilidade e eficiência na obtenção de informações e análises;
 - ✓ Programas específicos desenvolvidos para gerenciar manutenções preventivas e preditivas;
 - ✓ Estudos de cargas em instalações elétricas, possibilitando a economia de energia elétrica, através do dimensionamento correto de equipamentos e correção de fator de potência e gerenciamento da demanda;
 - ✓ Inspeção visual em equipamentos elétricos e mecânicos;
 - ✓ Cadastramento e rastreabilidade de equipamentos.

Assim, a equipe de manutenção tem a responsabilidade de prevenir rupturas na linha de produção (REBELATO, 2012, p.710), ou seja, deve contribuir para pleno funcionamento do processo.

Também faz parte desta pesquisa, o uso de outra técnica para solução de problemas e geração de oportunidades como *Brainstorming*.

2.3 Brainstorming

Quando se necessita de soluções para problemas/oportunidades específicos, o *Brainstorming*, criado em 1953 por *Alex Osborn* (ALVES, 2005, p.1), é uma das técnicas mais populares e eficazes, muito utilizada nas áreas de Publicidade e de Propaganda. Atualmente, bastante difundida em outras áreas também, como:

- Administração: com intuito de analisar conseqüências, definir soluções alternativas tal qual análise de impacto e avaliação de negócios;
- *Design* de Produtos: com intuito de obter idéias para novos produtos e efetuar melhoramentos em produtos existentes;
- Gestão de Processos: com intuito de encontrar formas de melhorar os processos comerciais e produtivos;
- Gestão de Projetos: com intuito de identificar objetivos dos clientes, riscos, entregas, pacotes de trabalho, recursos, tarefas e responsabilidades;
- Entre outras.

Sucintamente é uma técnica grupal de pensamento divergente para produção de um grande volume de idéias, expondo ao máximo a inteligência, desbloqueando dessa forma, hábitos e atitudes inibidoras de um raciocínio criativo de todos os envolvidos.

Para alcance do objetivo proposto, até a forma de exposição de idéias é classificada em:

- Estruturado: os envolvidos respeitam ordem preestabelecida anteriormente;
- Não – Estruturado: os envolvidos podem se manifestar de acordo com o decorrer da reunião.

Assim, este grande volume é ouvido e trazido até o processo de *Brainwriting*, a qual constitui-se na compilação ou anotação de todas as idéias ocorridas durante a aplicação de *Brainstorming*.

A aplicação da técnica é constituída de 03 fases (PINTO, 2006, p.3), são elas:

- 1ª Fase (denominada Exposição de Fatos): onde é exposto o problema e as informações relevantes que possam ajudar na geração de idéias, deixando claro o objetivo da reunião;
- 2ª Fase (Geração das Idéias): considerada a fase produtiva, onde os participantes devem efetivamente expor suas idéias sobre o problema/oportunidade;
- 3ª Fase (Seleção das Idéias): significa encontrar a solução.

Isto é, define-se o problema, verificando a necessidade de subdivisão do mesmo em várias partes. Depois toda informação relacionada ao mesmo é colhida para constituição de embasamento suficiente para geração de idéias, busca de solução através da seleção de melhores idéias.

Porém, para um melhor aproveitamento da técnica, deve-se atentar também para dois princípios básicos (SEBRAE, 2014, p.2):

- Atraso de Julgamento: o ser humano é capaz tanto da criatividade quanto do julgamento. Este quando é apressado permite que a mente criativa seja capaz de gerar idéias sem julgar. Logo, é necessário atrasar o julgamento enquanto ainda não foi terminada a geração de idéias;
- Criatividade em Qualidade e Quantidade: quanto mais idéias forem geradas, será mais provável encontrar uma boa idéia, pois uma idéia pode levar a uma outra e idéias más podem levar a boas idéias.

Assim, no *brainstorming*, críticas são rejeitadas, criatividade é bem-vinda, quantidade é necessária e por fim, combinação e aperfeiçoamento são ideais. Pois esta é uma técnica utilizada para problemas/oportunidades que tenham um final aberto, muito adequado para quem busca a Melhoria Continua, como o caso desta pesquisa.

3 ORIENTAÇÕES METODOLÓGICAS

Este item apresenta as orientações metodológicas adotadas para a realização desta pesquisa e tem como objetivo mostrar, encadear e justificar as fases e as várias atividades realizadas pelo estudo de caso escolhido.

3.1 Classificação da Pesquisa

Segundo a taxonomia proposta por (VERGARA, 2003), esta pesquisa pode ser classificada quanto aos fins e quanto aos meios.

Quanto aos fins, é descritiva por buscar identificar, descrever e analisar criticamente os pormenores da Manutenção Industrial de determinada indústria metalúrgica e como a aplicabilidade das premissas do Sistema Toyota de Produção podem alcançar boas práticas e melhorias contínuas neste setor.

Quanto aos meios, é bibliográfica por ser um estudo desenvolvido com base em material publicado, visando obter o referencial teórico para alcançar os objetivos da pesquisa. E de campo por buscar informações e relatos na indústria Alfa.

Ao analisar a literatura para embasar o estudo de caso são evidenciadas os principais tópicos desta pesquisa:

- Sistema Toyota de Produção (STP);
- Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV);
- Desperdícios;
- Manutenção Produtiva Total (MPT);
- Brainstorming.

A compreensão adequada dos tópicos da pesquisa é tão essencial quanto o entendimento das características da unidade de análise selecionada, ambas constituem-se em elementos fundamentais para a compreensão do caso estudado. Dessa forma, o próximo item faz breve ambientação sobre o Setor Metalúrgico, caracterização da Unidade de Análise e apresentação do Sistema de Negócios Próprio da mesma.

3.2 Unidade de Análise

O setor mineiro-metalúrgico é de importância estratégica no cenário brasileiro, pelas relações industriais e comerciais dos seus segmentos produtivos e pelo seu efeito multiplicador por todos os outros setores da economia. Desta forma, o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC, 2014) informa que:

[...] O setor metalúrgico no Brasil apresenta uma vasta cadeia produtiva dos segmentos ligados à metalurgia, usinagem e produção de manufaturados metálicos, sendo base de outras atividades relevantes para o país como a indústria automobilística [...]

A relevância do setor mineiro-metalúrgico pode ser demonstrada pelo seu considerável Produto Interno Bruto (PIB) Setorial em torno de US\$ 58,7 bilhões em contrapartida, desempenho este atribuído também pelas indústrias da construção civil e automobilísticas. Dentre os produtos metalúrgicos que contribuíram com esse desempenho há o aço com 39%, ferroligas com 11%, ferro gusa e fundidos, com participação na ordem de 7%.

Através destes indicadores há um reconhecimento internacional da seriedade e da eficiência da indústria brasileira, por sua competitividade, sua estrutura de produção, domínio tecnológico e o baixo custo de seus produtos.

Desta forma, o mercado da construção civil, um dos mais 'aquecidos' na economia brasileira e mantenedor do PIB Setorial, destaca-se pelo significativo uso de alumínio que proporciona leveza e alta durabilidade. A unidade de análise em questão é uma indústria metalúrgica, denominada nesta pesquisa por "Alfa" (nome fictício), a qual produz alumínio para ser utilizado como matéria-prima na confecção de revestimentos de alumínio e esquadrias para obras residenciais, comerciais e industriais.

Contudo, o alumínio está em fase de retração devido a crise energética mas a sua indústria em questão já apresenta índices de recuperação, através do aumento das exportações de alumina, uma vez que a confecção do alumínio tornou-se cara e assim, foi necessária a redução de sua produção, logo o meio encontrado foi desviar a produção de alumina de volta ao Porto e vendê-la a países interessados e sem questões energéticas a resolver como a economia brasileira.

Assim, esta pesquisa foi baseada em um projeto interno da indústria metalúrgica Alfa, cuja gestão é fundamentada num Sistema de Negócios Próprio. Neste caso, necessário primeiramente entendimento dos requisitos de negócios desta empresa para logo após, no próximo item alicerçamos as fases da pesquisa em questão.

Como dito anteriormente, este tópico possui a finalidade primeira, apresentar de forma sucinta o Sistema de Negócios da indústria metalúrgica Alfa (Base deste Sistema detalhado no item 2) e por sua vez seus requisitos de negócios para assim justificar os requisitos do projeto, sendo que estes objetivam contribuir para o pleno atendimento do Plano Operacional da empresa quando um problema é proposto como oportunidade e desenvolvimento profissional a uma determinada equipe de colaboradores. Problemas/Oportunidades, como por exemplo, o objeto deste projeto são lançados como desafio para os colaboradores desta empresa pois ela possui uma manufatura contínua e um problema em uma área impacta as demais também. Por isso, a Estratégia deste projeto engloba os seus próprios requisitos de negócio tal qual suas etapas de desenvolvimento.

A indústria metalúrgica Alfa alicerça sua gestão de operações em um Sistema de Negócios adaptado das diretrizes do Sistema Toyota de Produção, também chamado de Abordagem Enxuta. O Sistema de Negócios possui um diagrama próprio em forma de ‘casa’ como o do Sistema Toyota de Produção, com dois pilares da filosofia, *Just-in-time* e Automação, apoiados nas bases da Melhoria Contínua, Trabalho Padronizado e Nivelamento de produção, os quais exigem um grau de Estabilidade para se equilibrarem (Figura 6).

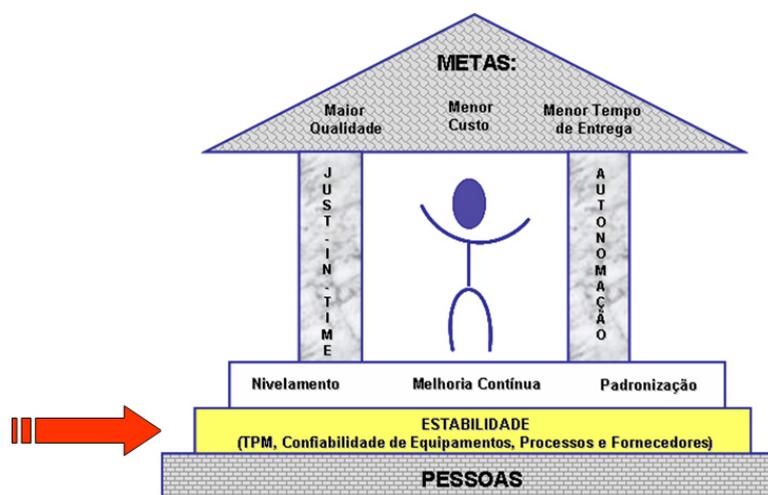


Figura 6 – Diagrama em forma de ‘casa’ do Sistema de Negócios da indústria metalúrgica Alfa, adaptado de (ALFAB, 2014).

Para o Sistema de Negócios, a Estabilidade consisti em princípios do TPM e da Confiabilidade de equipamentos, cujos processos e fornecedores, atuam um como complemento do outro. Desta forma, o TPM utiliza mecanismos da Confiabilidade para manter o funcionamento dos equipamentos.

Baseado nas informações descritas acima, o Plano Operacional da empresa consolida seus requisitos de negócios, são eles: EHS (*Enviroment, Health and Security*), Qualidade, Produção e Custo.

A Figura 7 mostra os requisitos de negócios conforme ordem de importância, uma vez que os itens de EHS estão no topo de qualquer projeto nesta indústria e a qualidade dos seus produtos é próximo item relevante, e por último a produção e os custos devem funcionar de maneira inversamente proporcional um em relação ao outro.

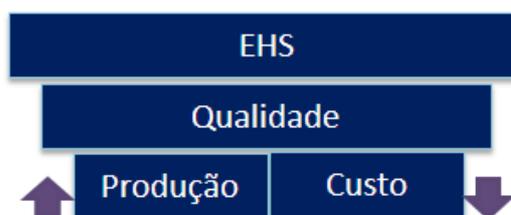


Figura 7 – Requisitos de Negócios conforme ordem de importância, adaptados de (ALFAc, 2014).

Processos críticos são analisados, os requisitos citados acima descritos para os problemas/oportunidades e um controle apropriado dos mesmos são desenvolvidos, implementados e mantidos para os seus sistemas e suas variáveis.

O processo de Geração de Vapor, objeto de estudo deste projeto, foi visto como crítico pela indústria Alfa, pois o mesmo é o responsável pela alimentação de vapor para os processos de troca térmica da sua Refinaria. Ademais, no ano de 2011 acarretou elevada perda de produção de alumina calcinada.

Com isso, os requisitos de negócios foram descritos para este processo (Figura 8).

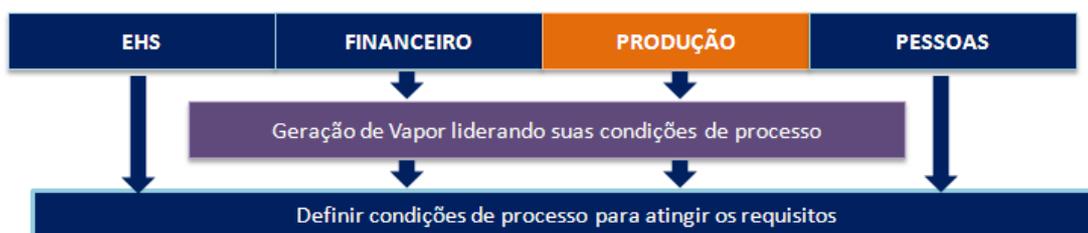


Figura 8 – Demonstração dos Requisitos de Negócios do Processo de Geração de Vapor, adaptada de (ALFAc, 2014).

Incorporado à Figura 5, o detalhamento dos requisitos de negócios afirmam em:

- EHS: garantir a demanda de vapor para Refinaria reduzindo a probabilidade de ocorrência de incidentes devido a paradas abruptas dos equipamentos pertencentes as caldeiras;
- Financeiro: minimizar os custos emergenciais de manutenção decorrentes de paradas não-programadas dos equipamentos pertencentes as caldeiras;
- Produção: estabilizar o funcionamento da caldeira, pois do contrário há impacto no envio da demanda de vapor para Refinaria e conseqüente não atendimento ao plano operacional 10.000 toneladas ao dia de produção de alumina.
- Pessoas: enviar continuamente vapor para Refinaria significa que haverá redução de paradas emergenciais de equipamentos e por sua vez, minimização da exposição dos colaboradores a robustez das caldeiras.

Com os requisitos de negócios definidos, necessário que haja a implementação de um controle para garantir melhor eficiência dos sistemas do processo citado e desta maneira, que este possa ser 'gerador' de satisfação de todos envolvidos no consórcio detentor das ações da indústria metalúrgica Alfa.

O controle do processo de Geração de Vapor foi desenvolvido a partir da implementação das seguintes etapas:

- Etapa de Análise: realizada caminhada pelo fluxo principal acompanhando as linhas de fluxo dos sistemas com uma equipe multidisciplinar, com pleno entendimento dos limites do problema/oportunidade (Figura 9);

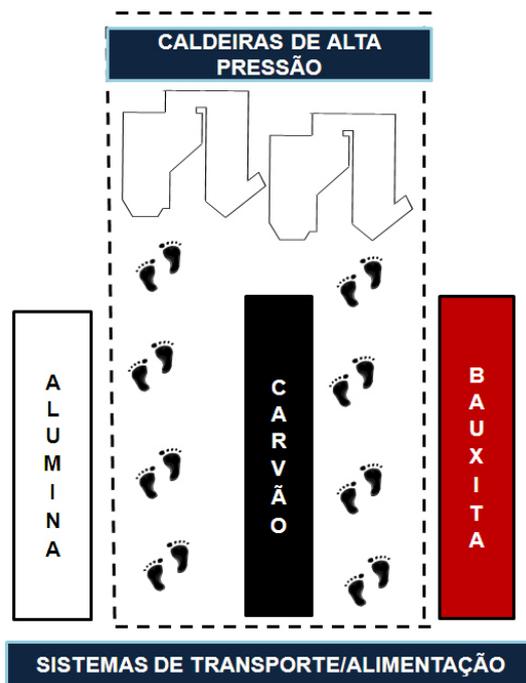


Figura 9 – Delimitação da área correspondente a Geração de Vapor, uma vez que o Sistema de Transporte/Alimentação de Carvão é vizinho ao Sistema de Alumina e Bauxita. E a delimitação é importante pois uma equipe multidisciplinar pode vir a confundir equipamentos de áreas vizinhas.

- Etapa de Planejamento: definida estratégia que minimiza ou elimina as pendências da etapa anterior e que fornece contramedidas para aquelas que não podem (Figura 10);

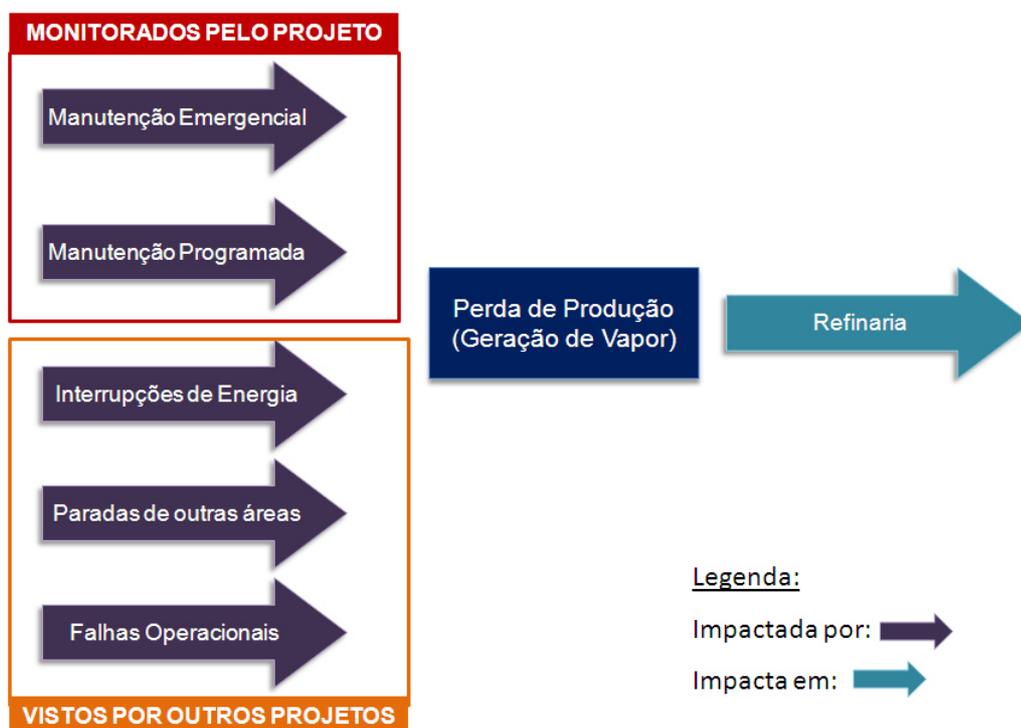


Figura 10 – Estratégia do projeto com ênfase na resolução de dois itens impactantes para a Geração de Vapor, a Manutenção Emergencial e Programada, adaptada de (ALFAB, 2014)

- Etapa de Execução: realizadas as atividades de manutenção por mecânicos, eletricitas e instrumentistas. Estes profissionais, mesmo de disciplinas distintas, obtiveram garantias para desenvolver suas competências no projeto como nas suas atividades rotineiras, por isso a equipe multidisciplinar ministrou treinamentos com diferentes focos de acordo com o público alvo (Figura 11).

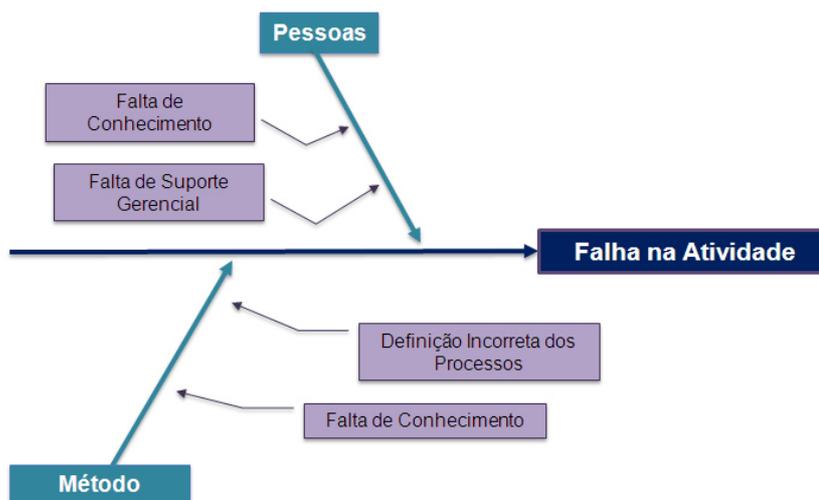


Figura 11 – Diagrama sucinto de Causas e Efeitos de Falha no projeto decorrente da falta de qualificação profissional adequada, adaptado de (ALFAB, 2014).

- Etapa de Finalização: apresentado os resultados alcançados a equipe líder da Refinaria, uma vez que a própria Refinaria se beneficiará do aumento de produção e redução de custo obtida pelo Projeto (Resultados detalhados no item 4);
- Etapa de Melhoria Contínua: ‘vendida’ a idéia para a equipe líder da Refinaria que o projeto desenvolvido é um trabalho a longo prazo que deve ser mantido para que haja ganhos cada vez melhores (Figura 12).

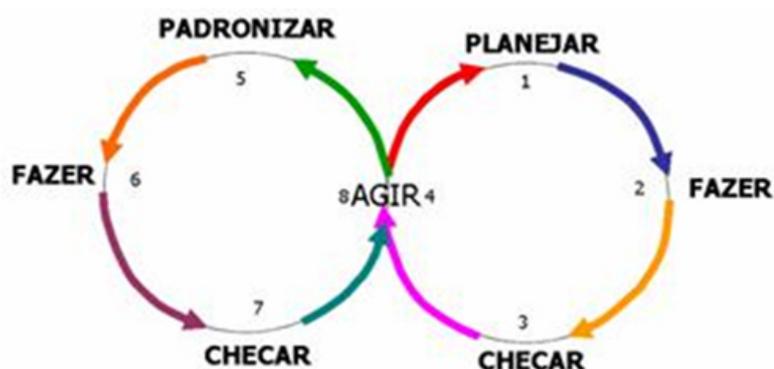


Figura 12 – Representação do Processo de Melhoria Contínua, adaptada de (ALFAB, 2014).

3.3 Método e Fases da Pesquisa

Com intuito de adequação das premissas industriais para as acadêmicas, o projeto interno descrito anteriormente formou a base desta dissertação (pesquisa) por meio de estudo de campo e observações diretas. Por sua vez as fases desta, foram adequadas conforme roteiro de atividades descritas abaixo:

- Caracterização da indústria metalúrgica Alfa e delimitação do campo de estudo:
 - ✓ Entendimento do Sistema de Negócios Próprio da indústria em questão;
 - ✓ Definição dos equipamentos a serem estudados.
- Apresentação de informações referentes ao problema/oportunidade pertencente ao campo de estudo;
- Citação da Equipe Multidisciplinar responsável pelo projeto;
- Definição de uma conceituação para melhor entendimento da problemática (perda de produção) e como esta seria minimizada ou eliminada;
- Estudo bibliográfico para conhecimento da abordagem e ferramentas utilizadas:
 - ✓ Embasamento sobre o STP, a partir de sua origem e conceitos (base para desenvolvimento da pesquisa);
 - ✓ Embasamento sobre o TPM, a partir de sua origem e conceitos (base para desenvolvimento da pesquisa);
 - ✓ Aplicabilidade da ferramenta Brainstorming (pertinente na etapa de Análise);
 - ✓ Montagem de Mapeamento de Fluxo de Valor (pertinente na etapa de Planejamento);
 - ✓ Identificação dos tipos de Desperdícios (pertinente na etapa de Execução).
- Coleta de informações a respeito do problema/oportunidade proposto;
 - ✓ Entendimento do funcionamento dos sistemas que compõem a Geração de Vapor;
 - ✓ Realização de caminhadas pelo processo de Geração de Vapor com equipe multidisciplinar;
 - ✓ Levantamento de todas as falhas existentes junto a registros fotográficos;
- Refino das informações com intuito de transformação em atividades de manutenção:
 - ✓ Mapeamento da situação atual dos sistemas do processo;
 - ✓ Negociação em Reuniões de Planejamento.

- Acompanhamento do procedimento de execução destas atividades de manutenção:
 - ✓ Vistorias através da ferramenta técnica, Auditoria de Manutenção, com foco em identificação e eliminação de desperdícios;
 - ✓ Vistorias através da ferramenta técnica, Auditoria de Manutenção, com foco também em resolução técnica.
- Apresentação dos dados oriundos da aplicação do projeto de melhoria na indústria metalúrgica Alfa com a constatação que o alto valor de perda de produção não é proveniente apenas das manutenções emergenciais e extensões de manutenção programada;
 - ✓ Identificação das perdas por falhas persistentes e ainda existentes;
 - ✓ Levantamento dos custos resultantes destas falhas.
- Implementação da Melhoria Contínua:
 - ✓ Resolução de falhas persistentes através de melhorias ou novos projetos.
- E finalmente, Considerações Finais.
 - ✓ Apresentação da situação atual do setor metalúrgico;
 - ✓ Sugestões para continuidade desta pesquisa.

Todas estas atividades foram essenciais para realização do estudo de caso em questão. Porém, como qualquer método possui suas limitações. E são estas, as quais estão discriminadas abaixo.

3.4 Limitações do Método

Apesar de ter encontrado e evidenciado vantagem no método de estudo de caso, verificou-se a necessidade de conhecer e apresentar as principais limitações associadas a esse método, com o intuito de analisar suas peculiaridades antes de adotá-lo para conduzir esta pesquisa.

Algumas das limitações encontradas refere-se a dificuldade que alguns pesquisadores possam encontrar na tentativa de replicar o método para indústrias de outros setores ou até mesmo só perceberem que somente alguns aspectos da metodologia possam ser aplicados na sua empresa. Esta pesquisa poderia ter evidenciado falhas em outras unidades de análise, mas não foi possível pela indisponibilidade de tempo da pesquisadora.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DO CASO

Neste item será apresentado a empresa escolhida como estudo de caso e em seguida será realizada sua análise de caso.

4.1 Estudo de Caso: Indústria Metalúrgica Alfa

A indústria metalúrgica Alfa é um dos maiores complexos mundiais em produção de alumina e alumínio primário, localizada no município de São Luís, Maranhão. Inaugurado em julho de 1984, é formado por um consórcio de empresas; uma norte-americana e as outras duas anglo-australianas, sendo a primeira detentora da maioria das suas ações.

Este complexo industrial é dividido em três grandes áreas: Terminal Portuário Privativo, Refinaria e Redução, respectivamente conforme cadeia produtiva em questão: bauxita, alumina e alumínio (Figura 13).

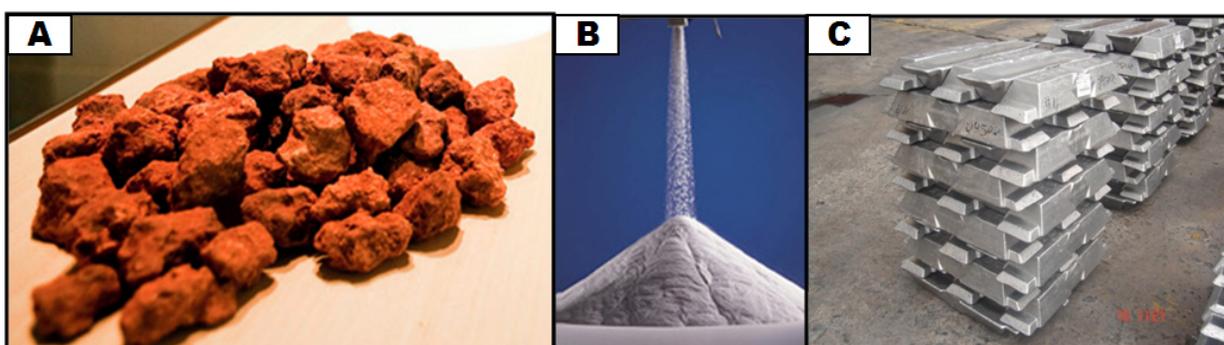


Figura 13 – Demonstração da cadeia produtiva da indústria metalúrgica Alfa. (A) Bauxita recebida no Terminal Portuário Privativo, (B) Alumina produzida na Refinaria e (C) Lingotes de Alumínio obtidos na Redução, adaptadas de (ALFAd, 2014).

O Porto é responsável pelo desembarque das matérias-primas e dos insumos usados na produção do alumínio, tais como: bauxita, carvão mineral, soda-cáustica, óleo combustível, coque e piche (Figura 14).

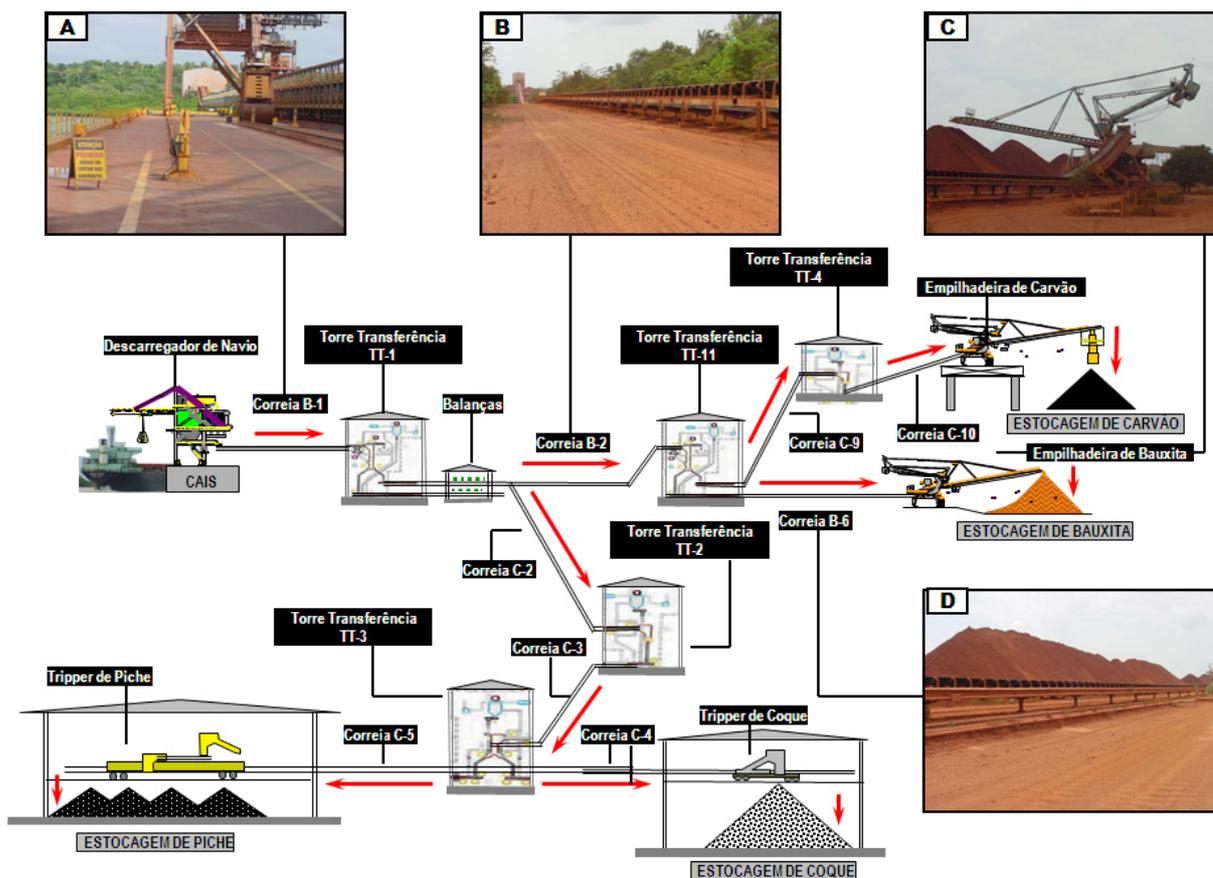


Figura 14 – Demonstração do fluxo de matérias-primas recebidas pelo Terminal Portuário Privativo da indústria metalúrgica Alfa. Destaque para: (A) Correia Transportadora, tag B-1, situada abaixo do Descarregador de Navios, (B) Correia Transportadora de bauxita, tag B-2, (C) Empilhadeira de Bauxita e (D) Correia Transportadora de bauxita, tag B-6, adaptada de (ALFAe, 2014).

Para atendimento ao embarque e desembarque citados, o complexo portuário possui dois berços de acostagem de navios, com comprimento aproximado de 510 metros; equipados com defensas, protetores de pilares e bóias de amarração. Também conta com equipamentos de carga e descarga, tais como: descarregadores de navios com *grabs* (garras) com capacidade total de 3.500 t/h, carregador de alumina do tipo linear com capacidade de 2.000 t/h e instalações para recebimento de soda cáustica e óleo combustível. E por fim, há armazenagem de materiais, constituída por tanques para óleo combustível e soda cáustica, com volume total de 21.849 m³ e 54.000 m³, respectivamente; galpões cobertos para estocagem de coque calcinado e piche, com capacidade total de 34.000 t e 8.000 t, respectivamente; pátios para bauxita e carvão mineral, com capacidade de 540.000 t e 75.000 t, respectivamente; e, dois silos para alumina com capacidade total de 200.000 t.

A Refinaria através do processo *Bayer* é responsável pelo refino da bauxita e transformação em alumina, matéria-prima para obtenção do alumínio. A sua produção anual é de 3,5 milhões de toneladas.

No processo *Bayer*, a bauxita é misturada a uma solução de soda cáustica, onde é aquecida sob pressão ocorrendo à dissolução da alumina, após esta etapa, importante que a alumina seja precipitada da solução e por fim, calcinada (queimada). Este processo é constituído ordenadamente pelas sub-áreas da Refinaria: Digestão, Clarificação, Precipitação e Calcinação (Figura 15).

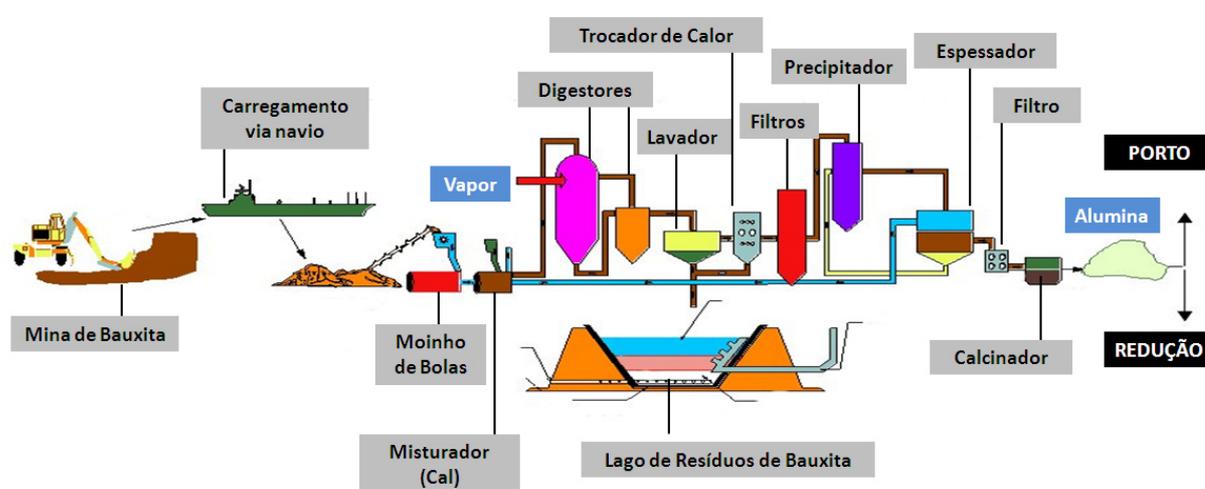


Figura 15 – Demonstração do fluxo de material na Refinaria, adaptado de (ALFAd, 2014).

A Redução produz anualmente cerca de 440 mil toneladas de alumínio, que são comercializadas em todo mundo. Ela é composta ordenadamente pelas sub-áreas: Eletrodos, Salas de Cubas, Sistema de Transporte de Alumina e Banho, Sistema de Tratamento de Gases e Lingotamento.

Por meio destas, a alumina produzida na Refinaria é dissolvida num banho eletrolítico fundido a 950°C dentro das cubas eletrolíticas, onde acontece a redução para alumínio (Relação de Produção é 4/2/1, isto é, quatro toneladas de bauxita produzem duas toneladas de alumina que por sua vez geram uma tonelada de alumínio). Finalmente, o metal retirado das cubas é transportado para ser resfriado em moldes refrigerados a água. A Figura 16 apresenta a cuba eletrolítica citada anteriormente.

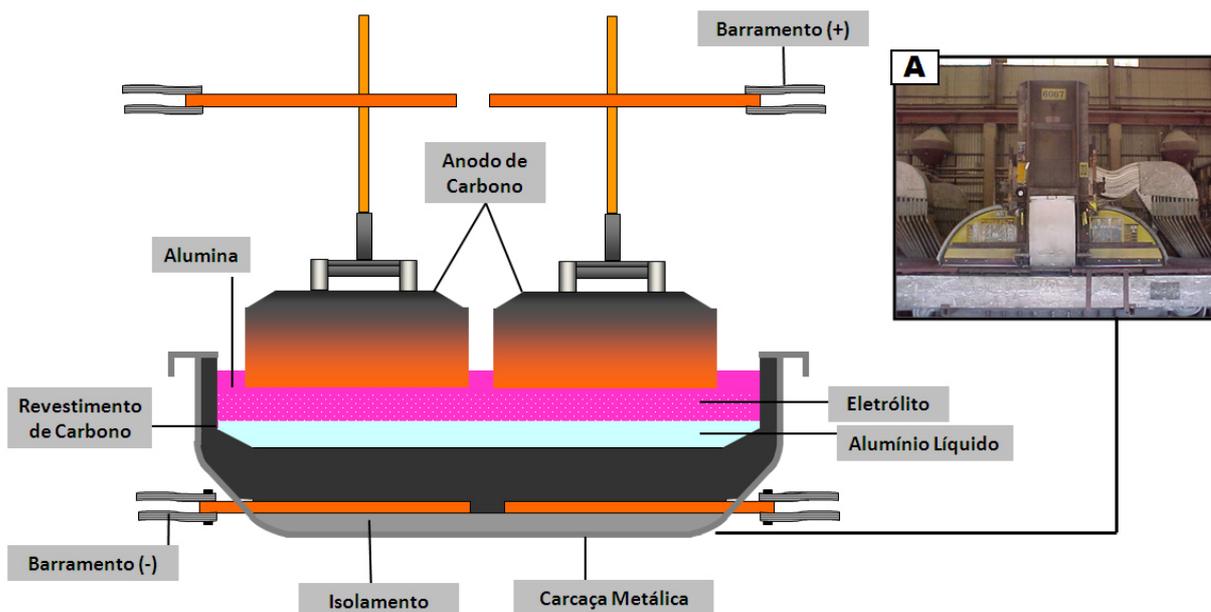


Figura 16 – Demonstração da transformação da alumina calcinada em alumínio metálico dentro de uma cuba eletrolítica. (A) Foto frontal de uma cuba eletrolítica, adaptadas de (ALFAf, 2014).

4.2 Discussão e Análise do Caso

Como visto as operações da indústria metalúrgica Alfa são grandiosas e contínuas, visando operá-las cada vez melhor e desenvolvê-las de forma sustentável, compromissos são firmados com todos que de forma direta ou indireta são partes interessadas, tais como: alta administração, colaboradores, fornecedores, clientes, entre outras pessoas. As iniciativas geram valor e através de mecanismos e ações, projetos são construídos almejando o desenvolvimento pleno das atividades de cada um e a promoção da melhoria contínua.

Neste sentido, a indústria metalúrgica Alfa utiliza específicos meios para desenvolver estes projetos. Desta maneira, o monitoramento de seus processos é realizado através da integração de diversas ferramentas de Gerenciamento. Esta premissa foi utilizada como base para estruturar as etapas desta pesquisa, apresentada na Figura 17.

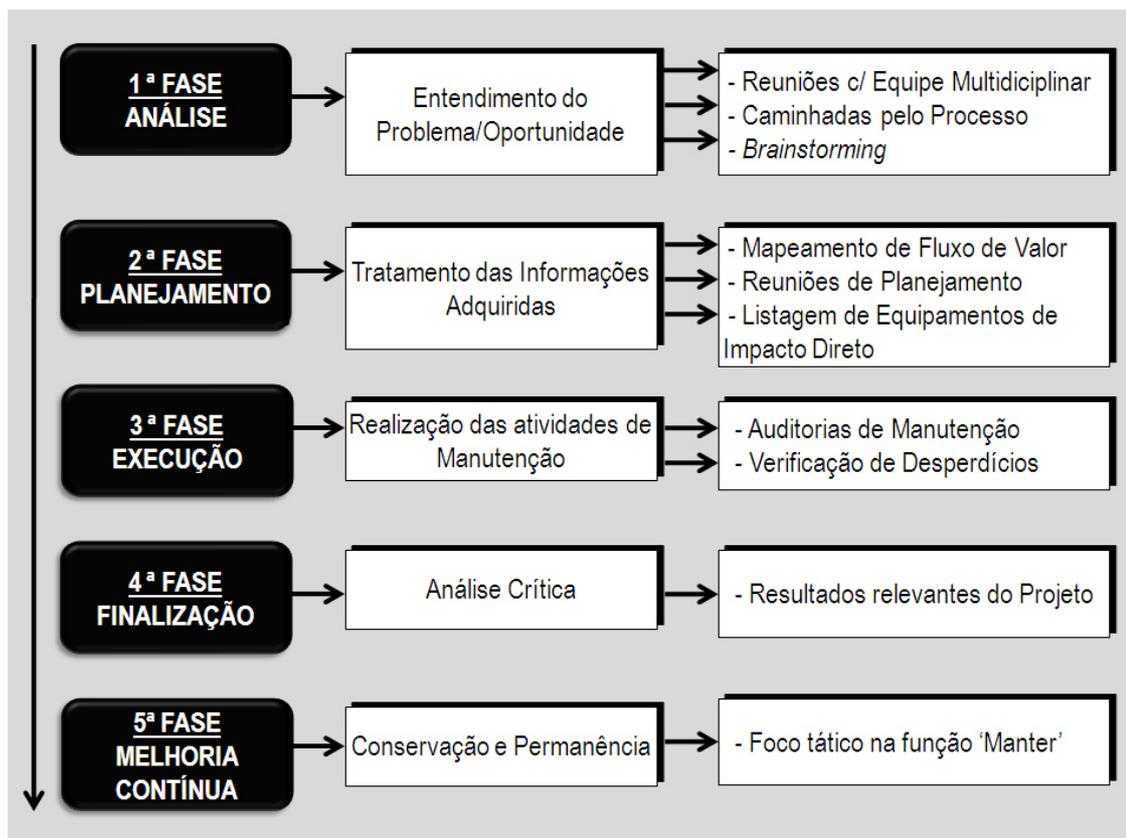


Figura 17 – Descrição das Fases da Pesquisa e Integração das Ferramentas de Gerenciamento em cada etapa, adaptada de (PRADO, 2006, p.18).

A pesquisa iniciou com a etapa de Análise, a qual mostra a necessidade do entendimento do problema/oportunidade, logo após há a etapa de Planejamento onde necessário a preparação das informações adquiridas para início da etapa de Execução, que realizou as atividades de manutenção geradas a partir dessas informações. Em seguida, na etapa de Finalização, importante uma análise crítica do resultado alcançado. E por fim, a etapa de Melhoria Contínua vem para consolidar o argumento que é essencial conservar para ter manutenibilidade de equipamentos.

Todas essas etapas serão comentadas na sequência.

4.2.1 Análise

Na etapa de análise, deve-se priorizar o entendimento do problema e enxergá-lo como oportunidade de melhoria se houver o comprometimento de todos com intuito de alcançar os objetivos da empresa. Caso esta afirmação se torne verdadeira, descreve-se a situação atual da indústria em questão; o que, onde,

como e quando está acontecendo; isto é, relatar claramente o problema/oportunidade.

Baseado no problema/oportunidade com potencial de retorno a curto ou a longo prazo, identifica-se as pessoas envolvidas e define medidas para o desenvolvimento da pesquisa.

O enfoque no comprometimento de todos é essencial, principalmente o da alta administração, um dos elementos básicos para o desenvolvimento da pesquisa, o mesmo contribuiu para uma concepção de uma nova cultura, já que assim todos os que estiveram envolvidos se sentiram confortáveis em priorizar esta pesquisa diante de suas demais atividades rotineiras. Uma vez que esta etapa demandou horas de mão-de-obra programada, especialmente as dos colaboradores que trabalham em regime de turno e foram deslocados de sua programação de manutenção a fim de atender as reuniões e demais itens da pesquisa.

Uma das primeiras medidas foi à realização de reuniões as quais consistiam em mostrar a todos como ambas as caldeiras de alta pressão, objeto da pesquisa em questão, impactaram em perdas de produção no ano de 2011 e como esta situação poderia ser o fator motivante para mudanças no ano seguinte. O Quadro 1 abaixo mostra o Consolidado de Perdas de Produção em quantidade e em custo de toneladas de alumina calcinada, produto final da Refinaria. O cálculo é obtido pelo somatório mensal da estimativa horária da quantidade de alumina calcinada que não foi produzida em 2011, decorrente da indisponibilidade de vapor. Por fim, o valor consolidado é revertido em custo, através da conversão para dólares. O fator de conversão é o valor de mercado da tonelada de alumina (87,40 US\$/t SGA).

Consolidado 2011	Total (t SGA/ano)	Custo (US\$/ano)
Perda de Produção Anual	23.715,44	2.072.729,46

Quadro 1 – Consolidado de Perdas de Produção em 2011 das duas Caldeiras, adaptado de (ALFAg, 2012).

Já nos encontros seguintes, a idéia foi justificar a presença do grupo heterogêneo de colaboradores, uma vez necessário o levantamento de pontos de vista diferenciados do mesmo processo; neste caso: engenharia elétrica, mecânica e química; manutenção elétrica, instrumental e mecânica; e operação.

Estes profissionais foram levados a irem além das salas de reunião. Iniciaram, de fato, as caminhadas por todo processo das duas caldeiras, denominado Geração de Vapor. Durante a realização de mais esta medida, os profissionais começaram a enxergar como relevantes, as necessidades antes já vistas pelos mesmos quando estavam sozinhos, mas que haviam se tornado “paisagem”, ou seja, costumeiras. A interação levou os profissionais a complementarem uns as opiniões dos outros.

Ao percorrer o Sistema de Transporte/Alimentação de Carvão, os profissionais puderam entender que o pleno funcionamento do mesmo é essencial para a Geração de Vapor, uma vez que falhas nos equipamentos deste sistema impactam na alimentação de carvão para as caldeiras.

As duas caldeiras de alta pressão alimentam os processos de troca térmica da Refinaria por meio da energia mais barata de se produzir nos dias atuais, o vapor. A geração de vapor é oriunda da queima de carvão mineral no interior destes equipamentos. O carvão mineral é importado de outros países, como a Colômbia e descarregado no porto próprio da indústria metalúrgica Alfa. Na Figura 18 há a demonstração do primeiro percurso realizado pela equipe, a caminhada pelo Sistema de Alimentação/Transporte de Carvão. Este sistema mostra o recebimento do carvão via porto, o carregamento pelos transportadores de correia e passagem por torres de transferência e por fim, torres de britagem, onde são britados e peneirados, pois o carvão deve atender especificações de granulometria para máxima eficiência de sua queima nas caldeiras e menor geração de resíduos e gases para o meio ambiente.

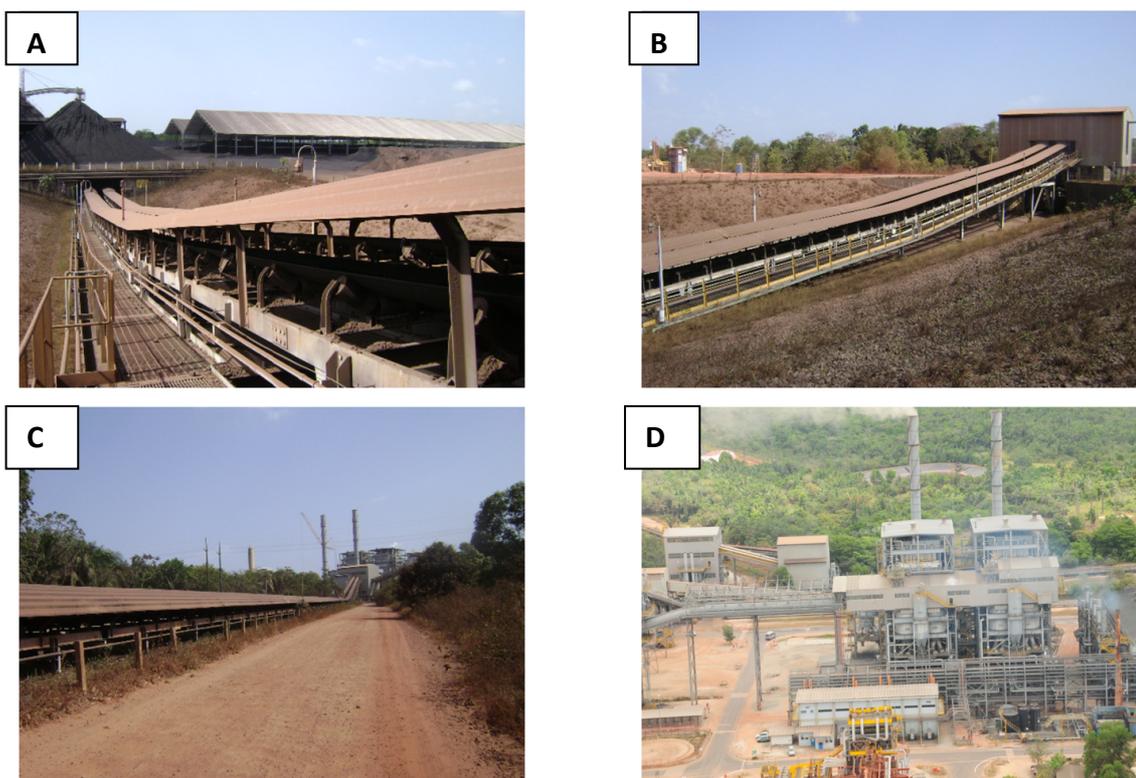


Figura 18 – Demonstração do Sistema de Transporte/Alimentação de Carvão, um dos Percursos realizados pelo processo das Caldeiras de Alta Pressão. (A) Recebimento de Carvão via Porto próprio da indústria metalúrgica Alfa, (B) Carvão passando por torre de transferência, (C) Transportadores de correia levando o carvão até a torre de britagem ao fundo da foto e (D) Chegada do carvão até os silos de armazenagem das caldeiras, antes da queima.

A geração de resíduos nestas caldeiras ocorre através da queima de combustível, realizada parte em suspensão, parte sobre a ‘grelha’ no interior da fornalha da caldeira. As cinzas resultantes da combustão são classificadas em pesadas ou de fundo e em leves ou voláteis.

As Figuras 19 e 20 mostram equipamentos responsáveis por “arrastar” estes materiais gerados para seus respectivos silos de armazenamento para aproveitamento ou descarte. Estes registros em diante mostram a segunda caminhada percorrida pelo grupo, já na área da caldeira em si.

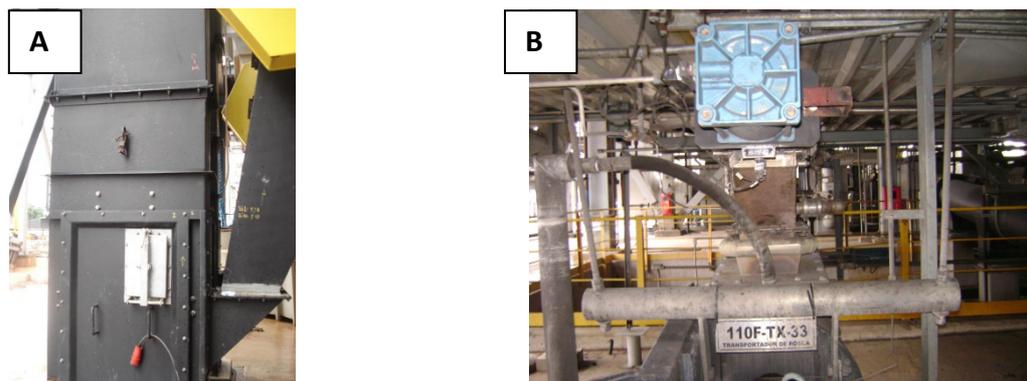


Figura 19 – Demonstração de Equipamento do Sistema de Arraste de Cinzas de Fundo. (A) Elevador de Caneca de uma das caldeiras e (B) Transportador de Rosca de uma das caldeiras.

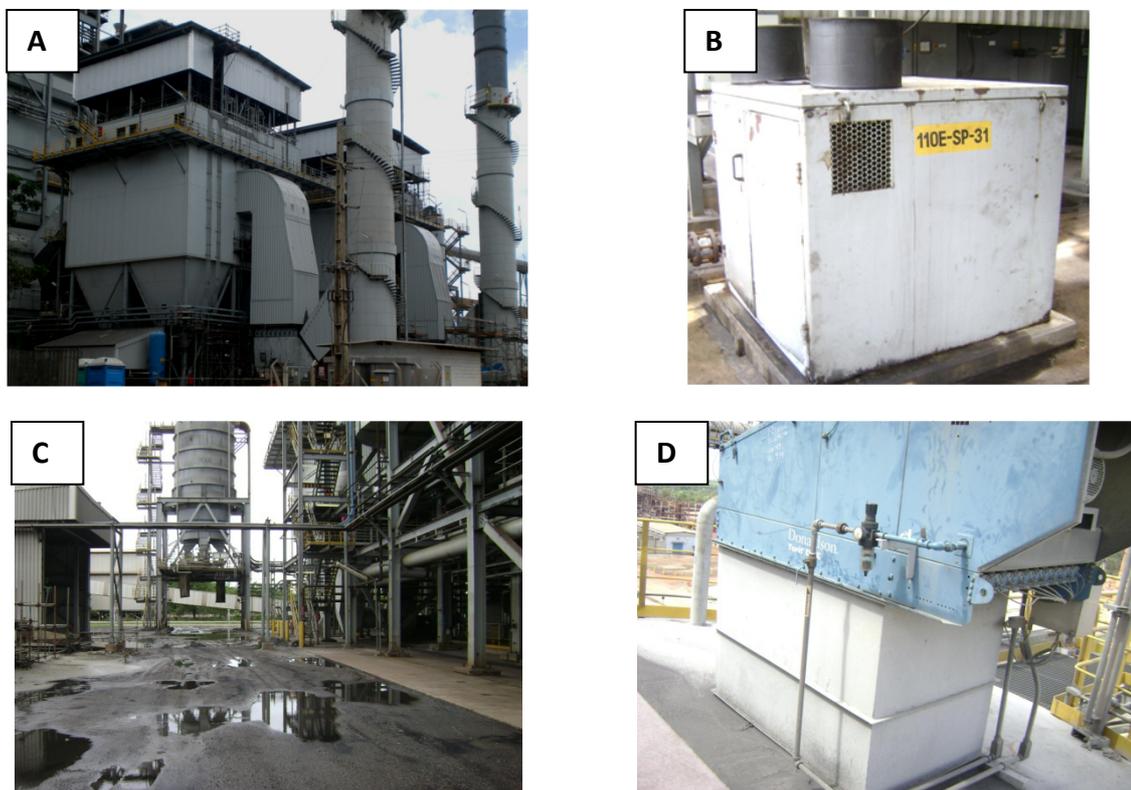


Figura 20 – Demonstração de Equipamentos do Sistema de Arraste de Cinzas Leves. (A) Filtros de Mangas ligados a exaustores e por fim, a chaminés. (B) Sopradores de Ar de Alta Pressão. (C) Silo de armazenamento de Cinzas Leves. (D) Exaustor de Ar localizado no topo do Silo de Cinzas Leves.

As emissões atmosféricas são regulamentadas por requerimentos ambientais, vários equipamentos industriais devem atendê-los e não seria diferente para caldeiras de alta pressão. Um Sistema de Alimentação de Calcário, conforme equipamentos, na Figura 21, vieram para tornar eficaz a sua redução de enxofre, uma vez que o calcário é adicionado durante a queima do carvão.

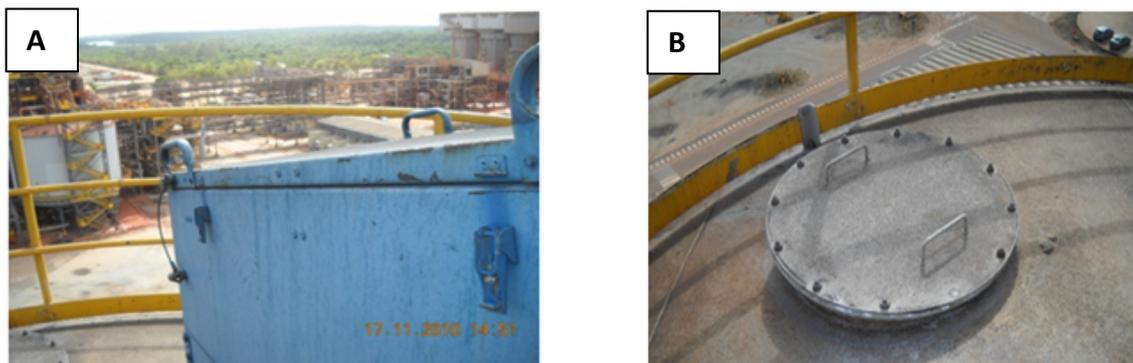


Figura 21 – Demonstração de Equipamento do Sistema de Alimentação de Calcário. (A) e (B) Detalhes do Silo de Calcário de uma das caldeiras.

Estas caldeiras possuem Manutenção Programada, chamada *Overhaul*, de três a quatro vezes ao ano cada uma delas. Após um a dois meses de manutenção, todos esperam que elas voltem a operar logo. E um retorno rápido é amparado pelos sistemas citados nas Figuras 22 e 23. O óleo diesel atende prontamente esta questão sendo eficaz nas curvas de aquecimento enquanto a areia controla a formação de labaredas muito compridas no interior da fornalha ou câmara de combustão. Este tipo de retorno é chamado de partida a frio.



Figura 22 – Demonstração de Equipamento do Sistema de Alimentação de Areia (Silo de Armazenamento).



Figura 23 – Demonstração de Equipamentos do Sistema de Óleo e Queimadores. (A) e (B) Vistas frontal e lateral dos Queimadores..

Outro tipo de retorno é a partida a quente, comumente usado em situação de oscilação no fornecimento de energia elétrica, por exemplo. Na partida a quente, o ar de combustão é usual. O ar é suprido por dois tipos de ventiladores de tiragem forçada. O ventilador primário (Figura 24) retira ar do meio e o injeta na parte inferior da fornalha enquanto o secundário (Figura 25), o faz para injeção nas paredes laterais, processos estes paralelos a queima do carvão e calcário. A combustão completa destes combustíveis gera gases, os quais são removidos da caldeira por meio de outro tipo de “ventilador”, o de funcionamento inverso, o exaustor (Figura 26).



Figura 24 – Demonstração de Equipamentos do Sistema de Ar Primário. (A) Bocais localizados no interior das fornalhas das caldeiras e (B) Vista frontal do ventilador de ar primário de uma das caldeiras.

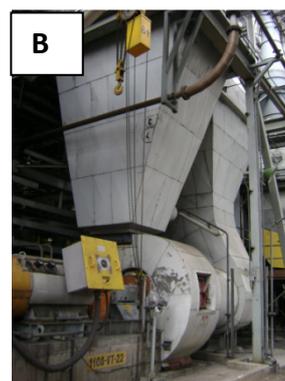


Figura 25 – Demonstração de Equipamento do Sistema de Ar Secundário. (A) e (B) Ventiladores de ar secundário de ambas as caldeiras.

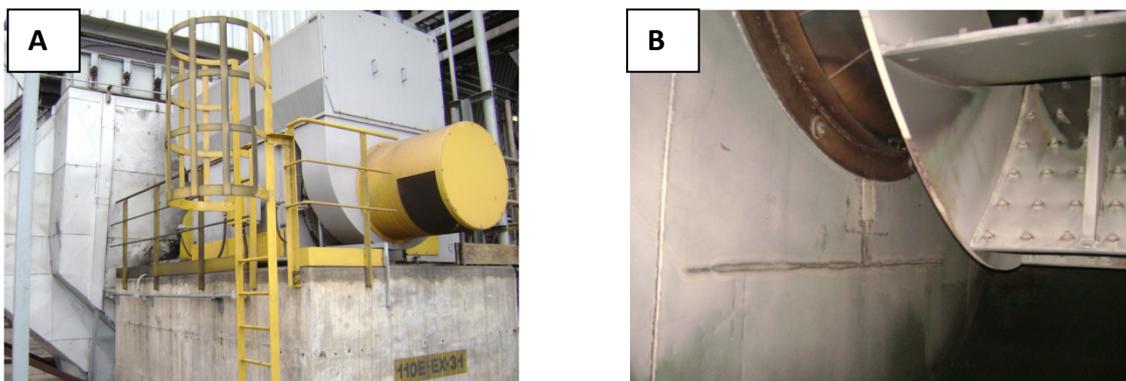


Figura 26 – Demonstração de Equipamento do Sistema de Combustão e Gases. (A) e (B) Imagens externa e interna do exaustor de gases de uma das caldeiras.

As caldeiras de alta pressão citadas aqui são classificadas como aquotubulares e se caracterizam pela condução de massa de água (Figura 27) e vapor (Figura 28) por seus tubos. Basicamente a água circula pelos tubos, onde se aquece e vaporiza.



Figura 27 – Demonstração de Equipamento do Sistema de Alimentação de Água/Condensado (Bombas de Alimentação de Água à esquerda).

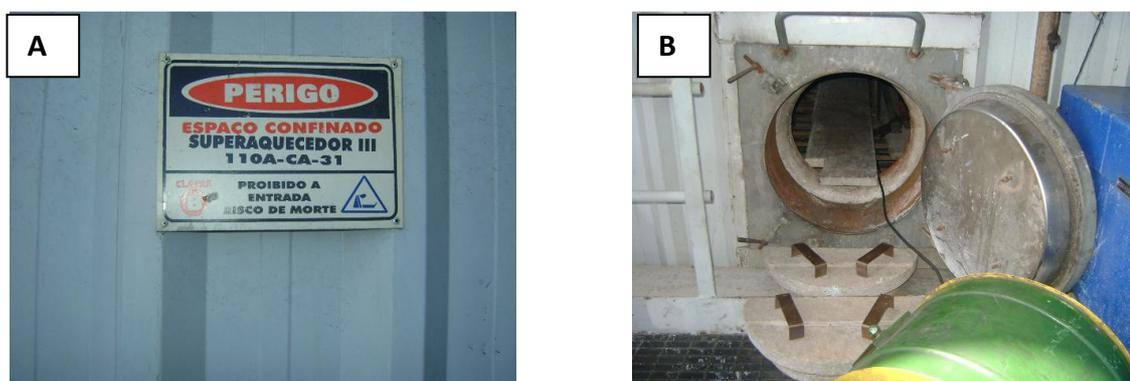


Figura 28 – Demonstração de Equipamento do Sistema de Vapor. (A) e (B) Imagens do Superaquecedor e porta de visita, respectivamente, de uma das caldeiras.

Após as caminhadas, já podendo ilustrar melhor a situação atual de todo processo por meio do registro fotográfico o qual foi feito, um *brainstorming* foi realizado com intuito de elencar todas as pendências encontradas por todos.

Brainstorming é uma ferramenta técnica utilizada no Controle de Qualidade que conforme sua tradução literal informa “tempestade de idéias”, todas as idéias de todas as pessoas devem ser ditas para mais adiante serem refinadas.

Logo conforme conceito acima, todas as pendências foram relatadas, de forma a serem colocadas em ordem de prioridade e assim definidas por grau de impacto no funcionamento do processo em questão, com concordância de todos envolvidos. A Figura 29 mostra o levantamento do Sistema de Alimentação/Transporte de Carvão enquanto os itens dos demais sistemas foram obtidos em inspeção visual no percurso, entrevistas individuais aos colaboradores de manutenção e operação e também, itens listados anteriormente em reuniões de gerenciamento diário.

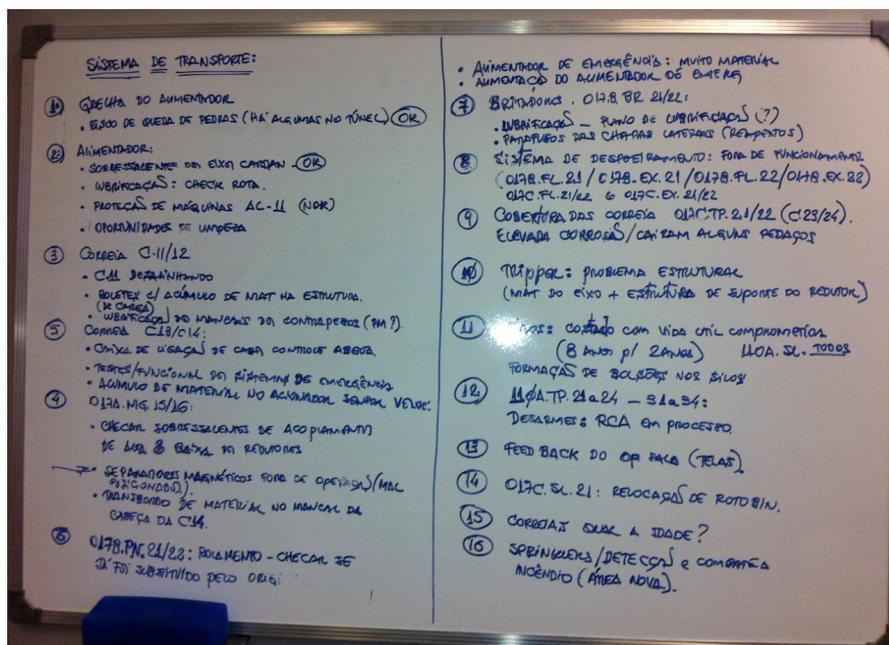


Figura 29 – Levantamento de Pendências associadas ao Sistema de Transporte/Alimentação de Carvão, um dos sistemas das Caldeiras.

Por tanto, a etapa de Análise teve um conjunto multidisciplinar de profissionais motivados a observar o problema/opportunidade in loco ao longo de um fluxo de processo definido. E garantiu o nivelamento do conhecimento de processo a todos os envolvidos além da montagem da lista priorizada de pendências.

4.2.2 Planejamento

Nesta etapa, a necessidade de planejar antes de qualquer coisa tornou-se indispensável, pois sem uma Preparação de como utilizar as informações adquiridas, não se consegue tomar decisões adequadas para solucionar ou minimizar problemas. A Preparação é centrada em Planejamento e Programação. Planejar consiste, simploriamente, em transformar problema/oportunidade em atividade de manutenção e Programar, em colocar essa atividade de manutenção em rota de execução (LCE, 2012, p.456).

Planejamento é a funcionalidade da Manutenção Coordenada que descreve a atividade em seqüência e precisão (LCE, 2012, p.455). A seqüência corresponde à realização da atividade em uma ordem lógica. A precisão de recursos exigidos inclui a identificação de habilidades e tamanho do grupo, horas de mão de obra, peças sobressalentes, materiais, equipamentos e ferramentas especiais. Além de englobar estimativa de custo total, esforços pré-tarefa e reinício de operações.

Programação é a funcionalidade que ajusta as atividades planejadas pela equipe de Manutenção junto à disponibilidade de ativos (equipamentos e locais) inoperantes do seu par (LCE, 2012, p.456), neste caso a operação, ou seja, o parceiro interno se compromete a ter os ativos acessíveis no tempo acordado enquanto que a Manutenção promete ter os recursos exigidos para executar futuramente o trabalho de maneira oportuna dentro do prazo.

Este acordo é visto pelas partes como um contrato selado em reuniões semanais de planejamento, as quais ocorrem baseadas em cronogramas semanais de trabalho preparados pela equipe de Manutenção antecipadamente a data da reunião. Logo, em caso de necessidade de inclusão de atividades especiais, por exemplo, oriundas de uma pesquisa em questão também são negociadas pela engenharia nesta mesma reunião.

As pendências prioritárias levantadas pela pesquisa foram colocadas em planilha para serem mais adiante relacionadas com seus equipamentos e fluxos de processos pertencentes. Assim, um fluxograma da situação atual foi montado baseado em uma ferramenta qualitativa que descreve como a produção opera, ela é chamada de Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV).

A montagem dos fluxogramas de cada sistema das caldeiras foi necessária para tornar as pendências mais visuais e de fácil localização quando negociadas em reunião de planejamento.

Em cada fluxograma, consta o fluxo de processo orientado pelos equipamentos do sistema pertencente tais quais os problemas/oportunidades de melhoria que foram encontrados. A Geração de Vapor é composta por onze sistemas.

A Figura 30 mostra o primeiro fluxograma, nele constam dois trajetos iniciais denominados de Par e Ímpar. O carvão para combustão no interior das fornalhas das caldeiras é previamente transportado por meio de correias transportadoras, peneirado por peneiras vibratórias e britado por britadores de impacto. Ambos os trajetos possuem equipamentos iguais e somente um silo em comum, onde todo carvão é alocado antes de ser descarregado por descarregadores móveis nos silos de armazenamento de ambas as caldeiras.

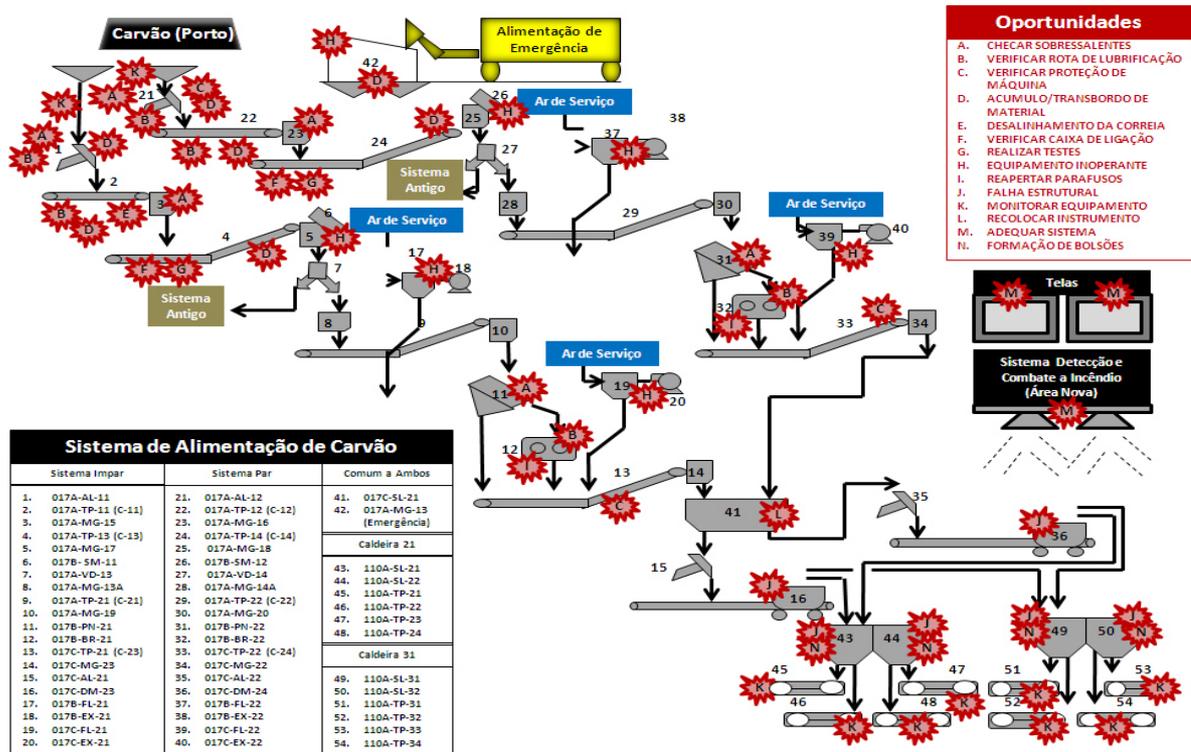


Figura 30 – MFV do Sistema de Alimentação/Transporte de Carvão (ANEXO 1).

Destaque também para o Sistema de Despoeiramento que resgata todo carvão em suspensão e o re-injeta novamente no sistema. E a Alimentação de emergência, caso ambos os alimentadores destes trajetos não funcionem.

O Sistema de Alimentação/Transporte de Carvão classifica suas áreas em:

- Área 017: Estocagem de Carvão;
- Área 017A: Transferência e Transporte por Correias;
- Área 017B: Casas de Britagem;
- Área 017C: Torres de Transferência.

As cinzas de fundo são depositadas no fundo da câmara de combustão e retiradas através de transportadores de rosca que as carregam ao silo de cinzas de fundo por meio de elevadores de caneca. Enquanto que linhas transportadoras pneumáticas de arraste removem as cinzas leves das tremonhas dos filtros de mangas e as transportam das caldeiras até o silo de cinzas leves. Ambos os silos são comuns a ambas as caldeiras. As cinzas de fundo e leve são retiradas do processo para descarte ou aproveitamento por meio de caminhão.

Os Sistemas de Arraste de Cinzas de Fundo (Figura 31) e Cinzas Leves (Figura 32) correspondem à área 110F, mas este último também utiliza equipamentos da área 110E.

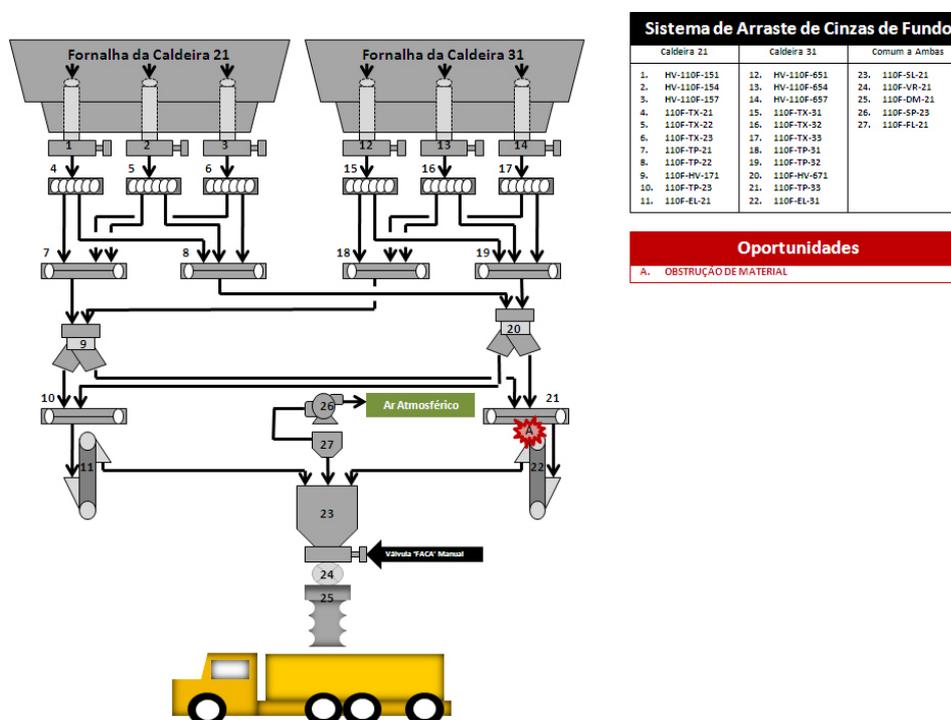


Figura 31 – MFV do Sistema de Arraste de Cinzas de Fundo (ANEXO 2).

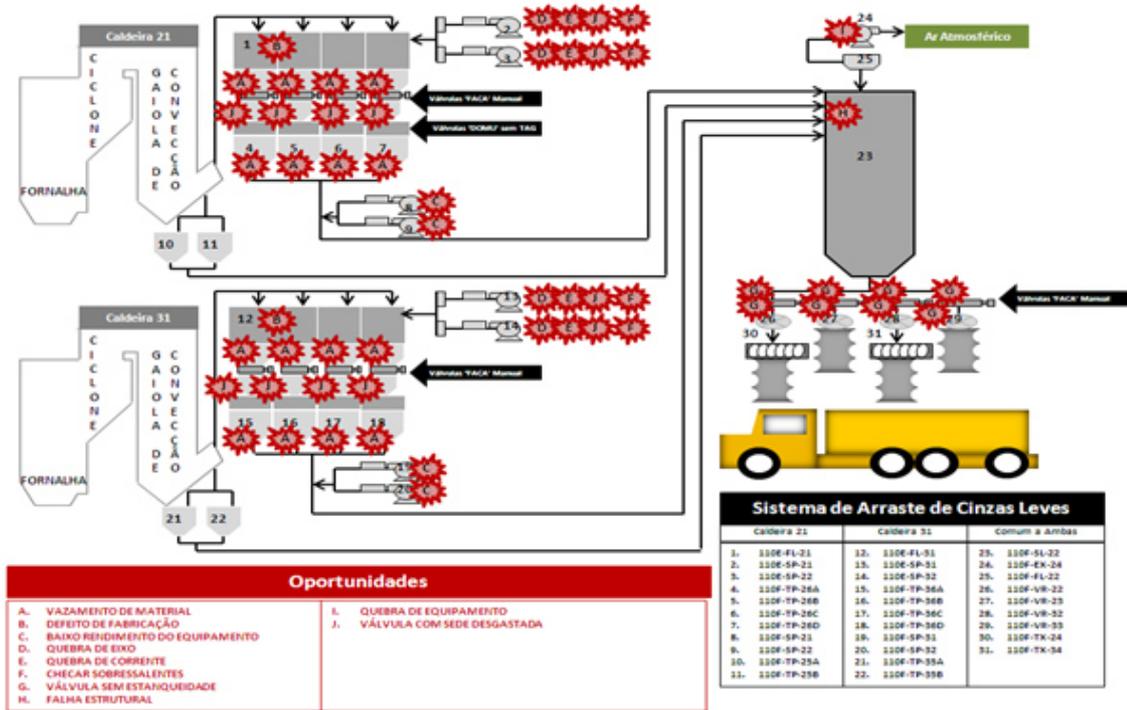


Figura 32 – MFV do Sistema de Arraste de Cinzas Leves (ANEXO 3).

O calcário é descarregado em silo próprio via caminhão e transportado por gravidade por transportadores de rosca até os transportadores centrais de carvão. Nestes últimos é misturado ao carvão antes da entrada nas fornalhas das caldeiras. O Sistema de Alimentação de Calcário (Figura 33) corresponde à área 110A. Esta área é bem ampla e engloba outros sistemas também.

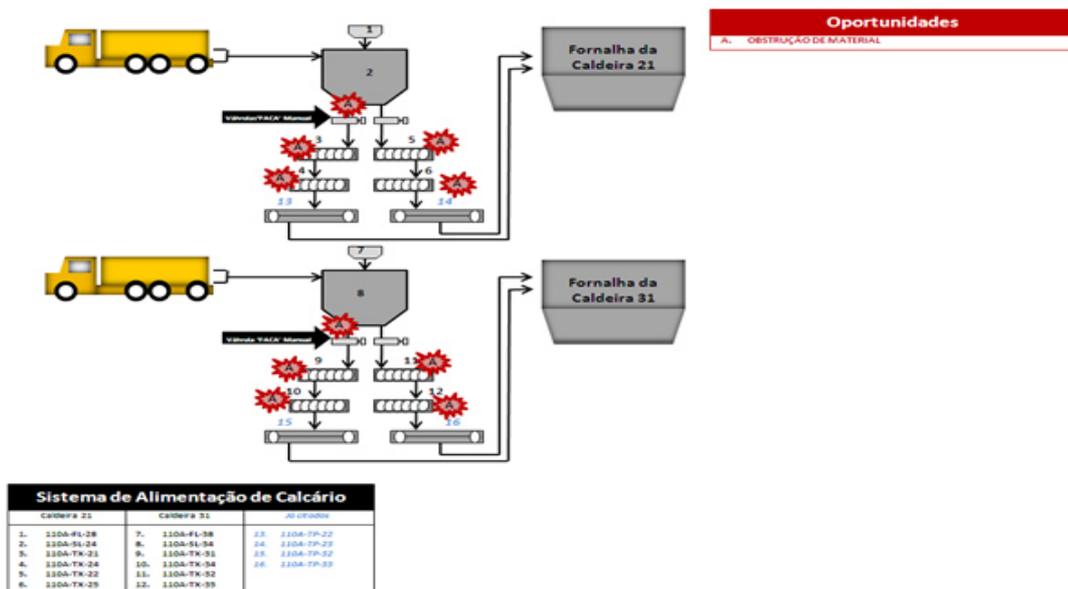


Figura 33 – MFV do Sistema de Alimentação de Calcário (ANEXO 4).

A areia é descarregada também via caminhão e soprada por sopradores de alta pressão até as fornalhas da caldeira. Material este utilizado em partidas a frio. O Sistema de Alimentação de Areia (Figura 34) correspondem às áreas 110A, mas utiliza equipamentos da área 110F também.

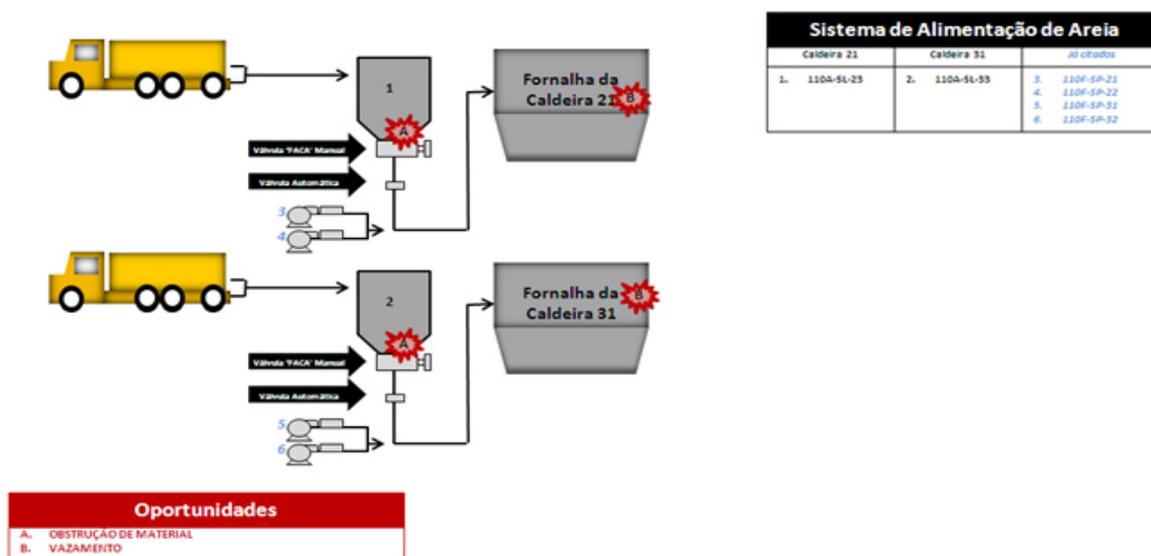


Figura 34– MFV do Sistema de Alimentação de Areia (ANEXO 5).

O sistema da Figura 35 é composto por um tanque de armazenamento de óleo e bombas de óleo para os queimadores de partida. O tanque e o controle de pressão de óleo são comuns a ambas as caldeiras enquanto há linhas individuais de circulação e controle de fluxo de ar. Durante a partida da caldeira, uma das bombas opera enquanto a outra opera em modo de *standy-by* (reserva).

Cada caldeira possui três queimadores de partida, 02 instalados nas paredes laterais da fornalha e o terceiro instalado na parede traseira. São queimadores aquecidos por óleo leve e responsáveis por aquecer o material do leito durante a partida da caldeira, desta forma são de extrema importância para plena operação do equipamento pós-*overhaul*.

O Sistema de Óleo e Queimadores correspondem à área 110A.

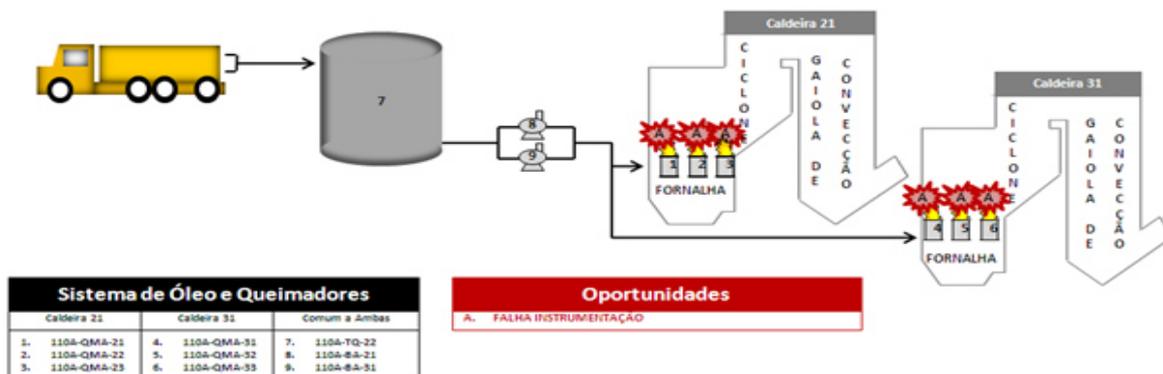


Figura 35 – MFV do Sistema de Óleo e Queimadores (ANEXO 6).

O ar primário funciona como um gás de fluidização, suprido por ventiladores primários, pois o ar advindo da atmosfera é enviado à fornalha através da caixa de vento. Na fornalha este ar é distribuído através de bicos de ar no formato de flechas. Enquanto o ar secundário é succionado da atmosfera e logo depois aquecido antes de ser descarregado via bocais na frente da fornalha, a um nível de quatro e seis metros acima da grelha. Este ar é suprido por ventiladores secundários.

Cada caldeira possui os seus próprios ventiladores. O Sistema de Ar Primário (Figura 36) e Secundário (Figura 37) correspondem à área 110A.

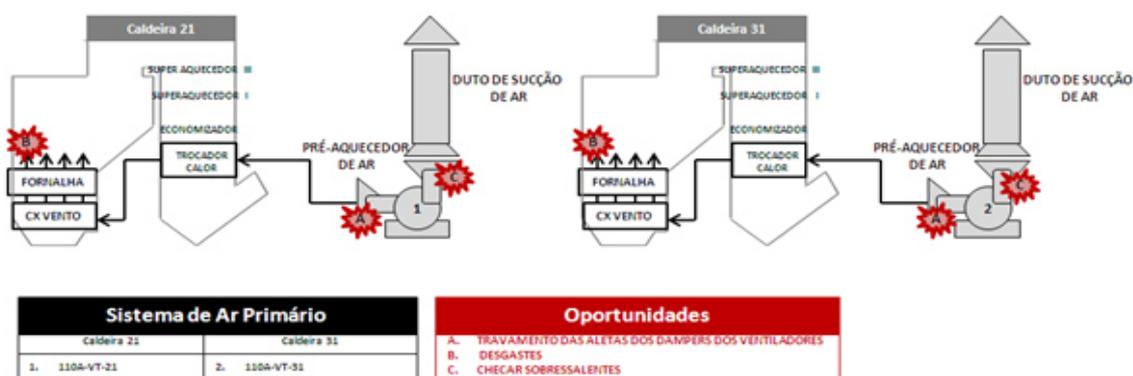
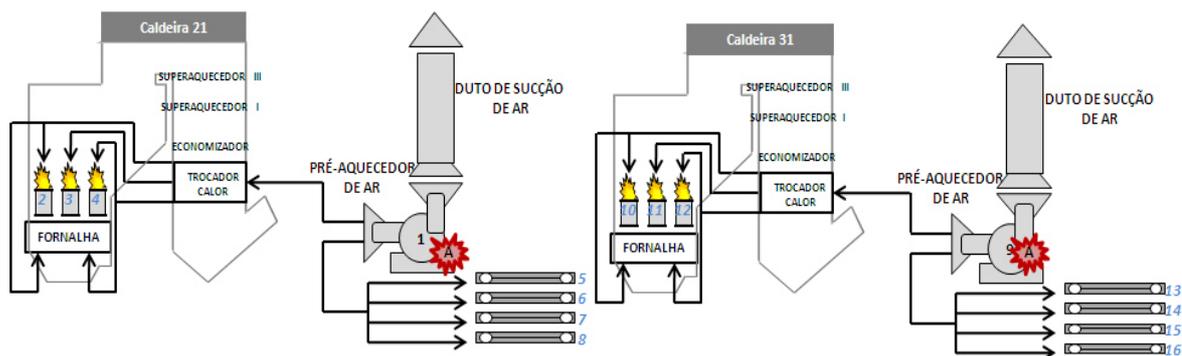


Figura 36 – MFV do Sistema de Ar Primário (ANEXO 7).



Sistema de Ar Secundário			Oportunidades
Caldeira 21	Caldeira 31	Já citados	A. MONITORAR EQUIPAMENTO
1. 110A-VT-22	9. 110A-VT-32	2. 110A-QMA-21 3. 110A-QMA-22 4. 110A-QMA-23 5. 110A-TP-21 6. 110A-TP-22 7. 110A-TP-23 8. 110A-TP-24 10. 110A-QMA-31 11. 110A-QMA-32 12. 110A-QMA-33 13. 110A-TP-31 14. 110A-TP-32 15. 110A-TP-33 16. 110A-TP-34	

Figura 37 – MFV do Sistema de Ar Secundário (ANEXO 8).

Os gases de combustão que saem das caldeiras arrastam partículas de cinzas que devem ser removidas da corrente gasosa antes de saírem pela chaminé. As maiores partículas são re-injetadas na fornalha por meio de ar proveniente de sopradores. Enquanto que as menores partículas são retidas em duas tremonhas, localizadas abaixo da caldeira e em seguida, encaminhadas ao silo de armazenamento.

O filtro de mangas é o equipamento responsável pela limpeza dos gases antes de encaminhá-lo para atmosfera. A limpeza dos gases que passam pelas mangas tipo saco é feita por jatos pulsantes de ar comprimido, controlados por temporizadores que retiram as partículas de cinzas de menor granulometria que ainda persistem.

Entre os filtros de mangas e as chaminés temos um exaustor, cuja função é manter a tiragem balanceada, isto é, remover continuamente os gases de combustão a fim de propiciar equilíbrio entre a entrada de ar e a saída de gases.

O Sistema de Combustão e Gases (Figura 38) corresponde à área 110E, mas utiliza equipamentos da área 110A.

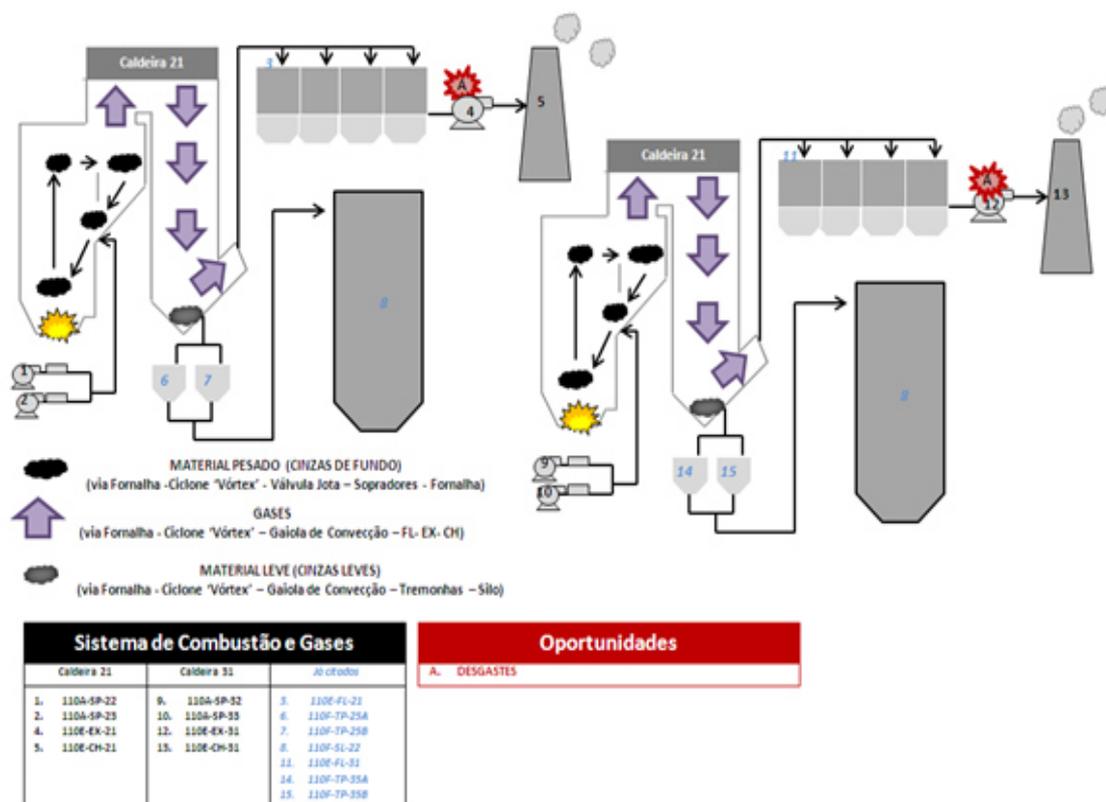


Figura 38 – MFV do Sistema de Combustão e Gases (ANEXO 9).

A alimentação de água para as caldeiras é feita com o condensado de retorno das áreas operacionais, 43A (Digestão) ou 50C (Calcinação). O condensado que sai dos coolers da área da calcinação é enviado diretamente para o vaso 110-VA-14 de alimentação de água das caldeiras, por estar com temperatura (175°C) acima do valor de temperatura (80°C) do condensado oriundo da área da digestão presente no Tanque 110-TQ-11 (tanque de armazenamento de condensado). A quantidade de vapor necessária para aquecer o condensado enviado do TQ11 para o VA14 é reduzida pois a temperatura do condensado oriundo da calcinação é elevada, garantido uma maior disponibilidade de vapor para o processo.

O Sistema de Alimentação de Água/Condensado (Figura 39) tem a função de fornecer água/condensado continuamente para as caldeiras e consta de três bombas acionadas por motor elétrico, 110C-BA-21/22/31, sendo que cada equipamento alimenta sua respectiva caldeira e a bomba 110C-BA-22 fica como reserva podendo substituir uma das outras duas em situações emergenciais.

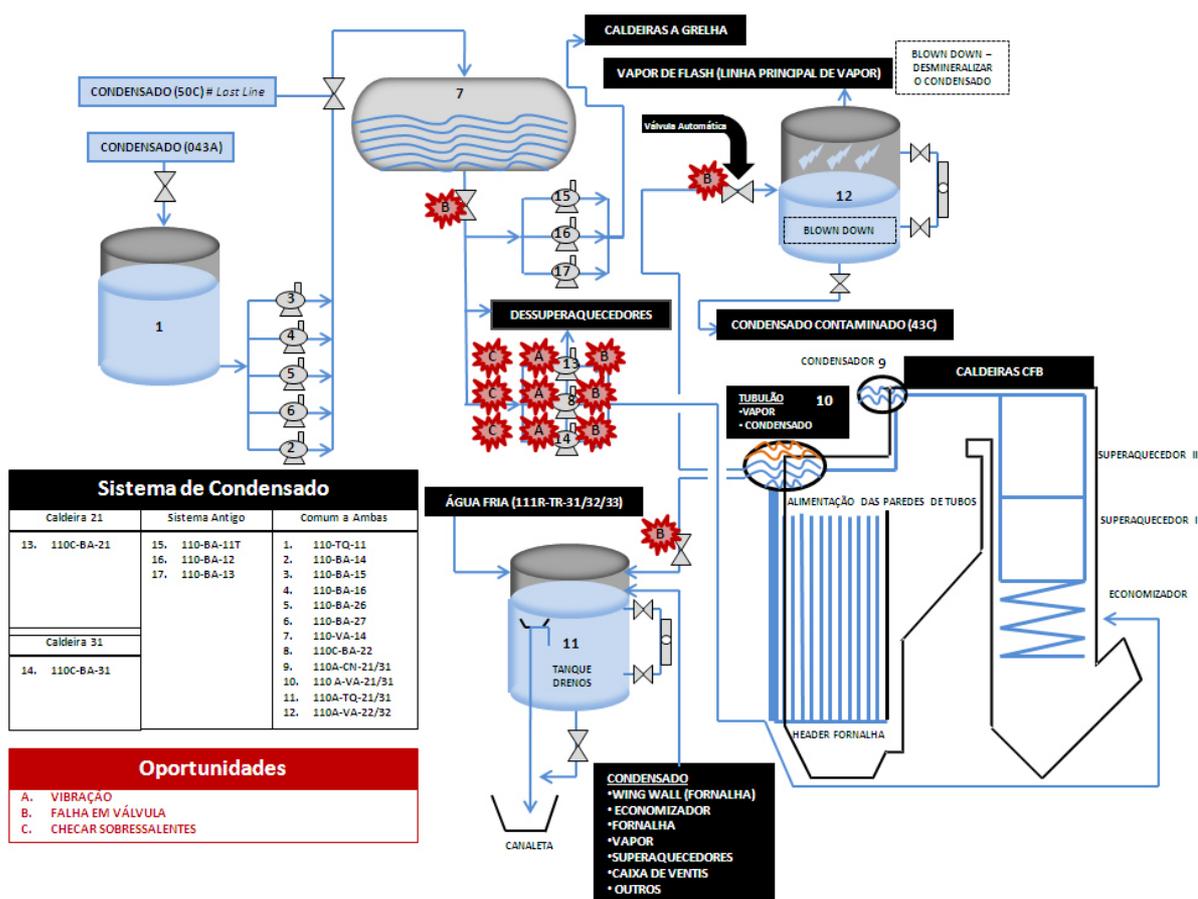


Figura 39 – MFV do Sistema de Alimentação de Água/Condensado (ANEXO 10).

A água bombeada flui pelas bobinas do Economizador até as seções de entrada superiores penduradas em tubos suspensos dos Superaquecedores I e III. Os tubos suspensos penetram o teto da gaiola convectiva, e dentro dela são ligadas a seções de saída, as bobinas do condensador, onde parte do condensado troca o calor com vapor saturado. Assim, a água é aquecida até a temperatura de aproximadamente 279 °C flui por quase todo o comprimento do tubo de vapor via tubos de ligamento. Finalmente a água entra na circulação de água na caldeira através dos tubos/bocais de queda, que são soldados no *header* no fundo da fornalha.

O tubo possui 05 linhas de envio de vapor. Uma dessas linhas encaminha o vapor saturado para o condensador, para que a outra parte do condensado ao entrar em contato com vapor forme spray e seja encaminhado aos dessuperaquecedores.

Já as demais linhas encaminham o vapor primeiramente para o *Crossover*, logo após este envia para as serpentinas do Superaquecedor I até o

preenchimento total do compartimento de tubos do Superaquecedor II. Por sua vez, este leva o vapor pela serpentina do Superaquecedor III até o *Header* de Alta Pressão, uma vez que neste ponto o vapor possui 480°C de temperatura e 80bar de pressão.

Nestas condições, o vapor produzido tem passagem pelos Turbo-Generadores e *Válvula By Pass*, responsáveis por encaminhá-lo ao *Header* de Média Pressão, para que o mesmo esteja adequado aos processos de troca térmica do Processo *Bayer*.

Desta forma, o Sistema de Vapor (Figura 40) alimenta os *headers* de distribuição da Refinaria.

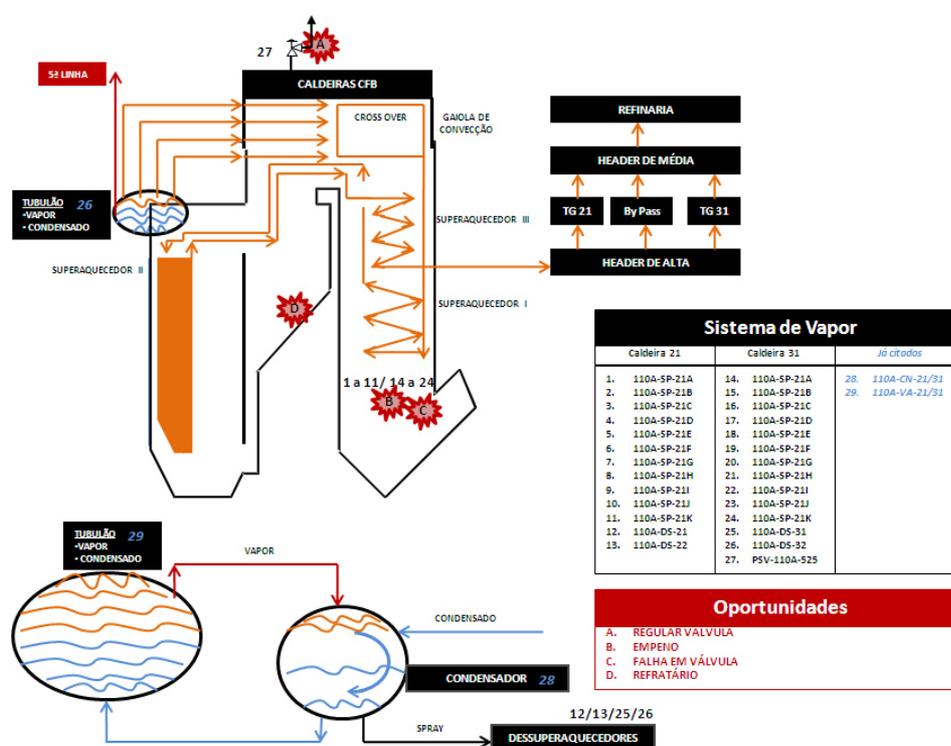


Figura 40 – MFV do Sistema de Vapor (ANEXO 11).

Durante a reunião de Planejamento, os fluxogramas foram mostrados e explanados quantas vezes necessárias com interrupções para perguntas para o pleno entendimento de todos os presentes, nesta situação os Supervisores de Manutenção, Operação e Planejamento, Encarregados de Manutenção Mecânica, Elétrica e Operação, Engenheiros Mecânico e Eletricista e por fim, Planejador da área.

Os fluxogramas mostram todos os equipamentos de cada processo, mas não afirma categoricamente que todos possuam problemas/oportunidades de manutenção a serem sanadas. Foi feito desta maneira para que se tornasse mais didático e de fácil entendimento.

O Quadro 2 mostra a listagem de 186 tags de equipamentos, dos quais 69 tags de equipamentos nas categorias de estáticos, válvulas, tanques, vasos e alguns filtros e exaustores destacados em amarelo não entraram em rota de Programação e Planejamento de Manutenção da área, pois não possuem impacto direto na Geração de Vapor ou estão incorporados em atividades de Manutenção Programada, como *Overhaul*.

Enquanto que os demais impactam diretamente na estabilidade das caldeiras de pressão e por sua vez, na disponibilidade de envio de vapor para Refinaria.

Item	TAG	Item	TAG	Item	TAG	Item	TAG	Item	TAG
1	017A-AL-11	41	017C-SL-21	81	110F-FL-21	121	110A-TX-31	161	110A-SP-21A
2	017A-TP-11 (C-11)	42	017A-MG-13	82	110E-FL-21	122	110A-TX-34	162	110A-SP-21B
3	017A-MG-15	43	110A-SL-21	83	110E-SP-21	123	110A-TX-32	163	110A-SP-21C
4	017A-TP-13 (C-13)	44	110A-SL-22	84	110E-SP-22	124	110A-TX-35	164	110A-SP-21D
5	017A-MG-17	45	110A-TP-21	85	110F-TP-26A	125	110A-SL-23	165	110A-SP-21E
6	017B-SM-11	46	110A-TP-22	86	110F-TP-26B	126	110A-SL-33	166	110A-SP-21F
7	017A-VD-13	47	110A-TP-23	87	110F-TP-26C	127	110A-QMA-21	167	110A-SP-21G
8	017A-MG-13A	48	110A-TP-24	88	110F-TP-26D	128	110A-QMA-22	168	110A-SP-21H
9	017A-TP-21 (C-21)	49	110A-SL-31	89	110F-SP-21	129	110A-QMA-23	169	110A-SP-21I
10	017A-MG-19	50	110A-SL-32	90	110F-SP-22	130	110A-QMA-31	170	110A-SP-21J
11	017B-PN-21	51	110A-TP-31	91	110F-TP-25A	131	110A-QMA-32	171	110A-SP-21K
12	017B-BR-21	52	110A-TP-32	92	110F-TP-25B	132	110A-QMA-33	172	110A-DS-21
13	017C-TP-21 (C-23)	53	110A-TP-33	93	110E-FL-31	133	110A-TQ-22	173	110A-DS-22
14	017C-MG-23	54	110A-TP-34	94	110E-SP-31	134	110A-BA-21	174	110A-SP-21A
15	017C-AL-21	55	HV-110F-151	95	110E-SP-32	135	110A-BA-31	175	110A-SP-21B
16	017C-DM-23	56	HV-110F-154	96	110F-TP-36A	136	110A-VT-21	176	110A-SP-21C
17	017B-FL-21	57	HV-110F-157	97	110F-TP-36B	137	110A-VT-31	177	110A-SP-21D
18	017B-EX-21	58	110F-TX-21	98	110F-TP-36C	138	110A-VT-22	178	110A-SP-21E
19	017C-FL-21	59	110F-TX-22	99	110F-TP-36D	139	110A-VT-32	179	110A-SP-21F
20	017C-EX-21	60	110F-TX-23	100	110F-SP-31	140	110A-SP-22	180	110A-SP-21G
21	017A-AL-12	61	110F-TP-21	101	110F-SP-32	141	110A-SP-23	181	110A-SP-21H
22	017A-TP-12 (C-12)	62	110F-TP-22	102	110F-TP-35A	142	110E-EX-21	182	110A-SP-21I
23	017A-MG-16	63	110F-HV-171	103	110F-TP-35B	143	110E-CH-21	183	110A-SP-21J
24	017A-TP-14 (C-14)	64	110F-TP-23	104	110F-SL-22	144	110A-SP-32	184	110A-SP-21K
25	017A-MG-18	65	110F-EL-21	105	110F-EX-24	145	110A-SP-33	185	110A-DS-32
26	017B-SM-12	66	HV-110F-651	106	110F-FL-22	146	110E-EX-31	186	PSV-110A-525
27	017A-VD-14	67	HV-110F-654	107	110F-VR-22	147	110E-CH-31		
28	017A-MG-14A	68	HV-110F-657	108	110F-VR-23	148	110C-BA-21		
29	017A-TP-22 (C-22)	69	110F-TX-31	109	110F-VR-32	149	110C-BA-31		
30	017A-MG-20	70	110F-TX-32	110	110F-VR-33	150	110-TQ-11		
31	017B-PN-22	71	110F-TX-33	111	110F-TX-24	151	110-VA-14		
32	017B-BR-22	72	110F-TP-31	112	110F-TX-34	152	110C-BA-22		
33	017C-TP-22 (C-24)	73	110F-TP-32	113	110A-FL-28	153	110A-CN-21		
34	017C-MG-22	74	110F-HV-671	114	110A-SL-24	154	110A-CN-31		
35	017C-AL-22	75	110F-TP-33	115	110A-TX-21	155	110 A-VA-21		
36	017C-DM-24	76	110F-EL-31	116	110A-TX-24	156	110 A-VA-31		
37	017B-FL-22	77	110F-SL-21	117	110A-TX-22	157	110A-TQ-21		
38	017B-EX-22	78	110F-VR-21	118	110A-TX-25	158	110A-TQ-31		
39	017C-FL-22	79	110F-DM-21	119	110A-FL-38	159	110A-VA-22		
40	017C-EX-22	80	110F-SP-23	120	110A-SL-34	160	110A-VA-32		

Quadro 2 – Listagem de todos os equipamentos de todos os sistemas apresentados nos fluxogramas acima, adaptada de (ALFAG, 2012).

O Quadro 3 mostra a listagem de 117 tags de equipamentos impactantes, os quais apenas 65 tags de equipamentos possuem problemas/oportunidades de manutenção, as quais devem ser executadas após rota de Programação e Planejamento de Manutenção.

Item	TAG	Item	TAG	Item	TAG
1	017A-AL-11	41	110F-HV-171	81	110A-QMA-31
2	017A-TP-11 (C-11)	42	110F-TP-23	82	110A-QMA-32
3	017A-TP-13 (C-13)	43	110F-EL-21	83	110A-QMA-33
4	017B-SM-11	44	HV-110F-651	84	110A-BA-21
5	017A-TP-21 (C-21)	45	HV-110F-654	85	110A-BA-31
6	017B-PN-21	46	HV-110F-657	86	110A-VT-21
7	017B-BR-21	47	110F-TX-31	87	110A-VT-31
8	017C-TP-21 (C-23)	48	110F-TX-32	88	110A-VT-22
9	017C-AL-21	49	110F-TX-33	89	110A-VT-32
10	017C-DM-23	50	110F-TP-31	90	110E-EX-21
11	017A-AL-12	51	110F-TP-32	91	110E-EX-31
12	017A-TP-12 (C-12)	52	110F-HV-671	92	110C-BA-21
13	017A-TP-14 (C-14)	53	110F-TP-33	93	110C-BA-31
14	017B-SM-12	54	110F-EL-31	94	110-VA-14
15	017A-TP-22 (C-22)	55	110F-SL-21	95	110C-BA-22
16	017B-PN-22	56	110F-DM-21	96	110A-SP-21A
17	017B-BR-22	57	110F-SP-23	97	110A-SP-21B
18	017C-TP-22 (C-24)	58	110E-SP-21	98	110A-SP-21C
19	017C-AL-22	59	110E-SP-22	99	110A-SP-21D
20	017C-DM-24	60	110F-SP-21	100	110A-SP-21E
21	110A-SL-21	61	110F-SP-22	101	110A-SP-21F
22	110A-SL-22	62	110E-SP-31	102	110A-SP-21G
23	110A-TP-21	63	110E-SP-32	103	110A-SP-21H
24	110A-TP-22	64	110F-SP-31	104	110A-SP-21I
25	110A-TP-23	65	110F-SP-32	105	110A-SP-21J
26	110A-TP-24	66	110F-SL-22	106	110A-SP-21K
27	110A-SL-31	67	110F-EX-24	107	110A-SP-21A
28	110A-SL-32	68	110F-TX-24	108	110A-SP-21B
29	110A-TP-31	69	110F-TX-34	109	110A-SP-21C
30	110A-TP-32	70	110A-TX-21	110	110A-SP-21D
31	110A-TP-33	71	110A-TX-24	111	110A-SP-21E
32	110A-TP-34	72	110A-TX-22	112	110A-SP-21F
33	HV-110F-151	73	110A-TX-25	113	110A-SP-21G
34	HV-110F-154	74	110A-TX-31	114	110A-SP-21H
35	HV-110F-157	75	110A-TX-34	115	110A-SP-21I
36	110F-TX-21	76	110A-TX-32	116	110A-SP-21J
37	110F-TX-22	77	110A-TX-35	117	110A-SP-21K
38	110F-TX-23	78	110A-QMA-21		
39	110F-TP-21	79	110A-QMA-22		
40	110F-TP-22	80	110A-QMA-23		

Quadro 3 – Listagem dos equipamentos que causam impacto direto na estabilidade das caldeiras de alta pressão, adaptada de (ALFAg, 2012).

Portanto, a etapa de Planejamento desenvolveu um mecanismo para identificar o processo de Geração de Vapor, estabelecer ligações entre os equipamentos de cada um de seus sistemas e transformar as pendências listadas anteriormente em atividades programadas. E assim, tê-las como registro no banco de dados da manutenção como algo que já foi evidenciado ou visto.

4.2.3 Execução

A grande virtude da Manutenção não é reparar os equipamentos de modo rápido, mas ser pró-ativo para evitar falhas após a entrega do equipamento reparado e desperdícios antes, durante e depois da atividade. Nesta etapa, a execução minuciosa nos dar garantia do serviço bem feito.

Para evitar falhas na entrega e não fazer a atividade de qualquer maneira, o executante deve checar, se a descrição da atividade na Ordem de Serviço (OS) está clara, em caso de conter anexo, se ele é conciso. E principalmente, se todas as informações essenciais para realização da atividade estão preenchidas. Necessário que seja feito ainda em escritório, pois em caso de dúvidas, há pessoal adequado lá para esclarecê-las.

Juntamente com OS, o executante deve se encaminhar a área com o ferramental e material a ser utilizado. E antes, do início dos trabalhos verificar junto à equipe de Operação a necessidade da realização de Etiquetamento, Bloqueio, Verificação e Teste (EBTV) do equipamento ou do trecho o qual está contido.

Os problemas/oportunidades que foram programados e planejados foram apenas os que as equipes de Manutenção Mecânica e Elétrica realizaram tais como: verificação de proteção de máquina, caixa de ligação e equipamento inoperante; desalinhamento de correia, necessidade de reaperto de parafusos, recolocação de equipamento, rompimento de eixo, ruptura de corrente, regulagem de válvula sem estanqueidade, quebra de equipamento, vazamento, travamento de aletas, desgastes, empeno, entre outras (Figuras 41, 42, 43).

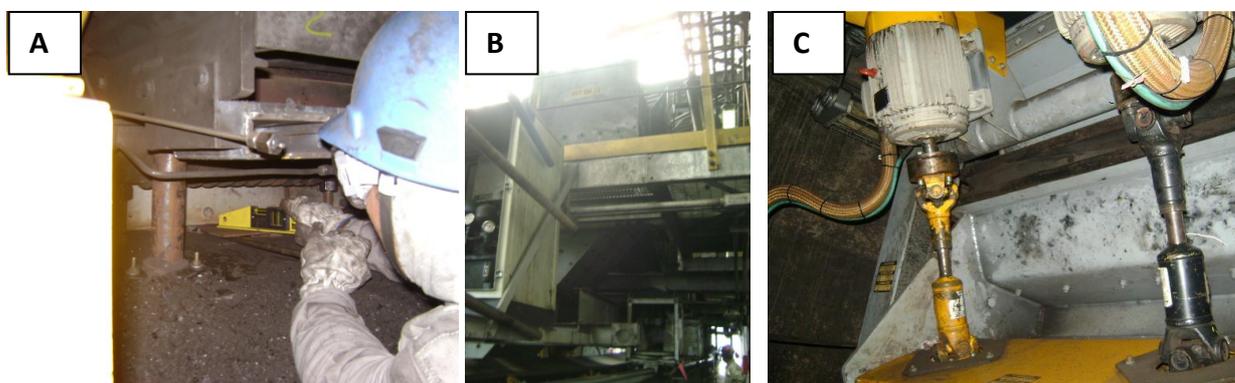


Figura 41 - Demonstração da Execução de Atividades no Sistema de Alimentação de Carvão. (A) Atividade na Peneira Vibratória, (B) Atividade no Descarregador e (C) Atividade no Alimentador.



Figura 42 – Demonstração da Execução de Atividades no Sistema de Arraste de Cinzas Leves. Atividade no Soprador de Alta Pressão.



Figura 43 - Demonstração da Execução de Atividade no Sistema de Alimentação de Areia. Atividade na parede da Fornalha.

Durante a realização das atividades, as Auditorias de manutenção foram realizadas por duplas de engenheiros de manutenção, cada um de uma disciplina. Esta ferramenta foi utilizada para agregar valor àquela execução. Era visto se o executante possuía a OS e se seguia o anexo. Se havia algo neste anexo que não foi realizado, se as quantidades de pessoas previstas e reais eram iguais, se os tempos de início e término estavam de acordo com os previstos, se havia oportunidade de melhorias de segurança, ferramentas e equipamentos, treinamentos, entre outros. E principalmente, se o executante concluiu a OS no sistema, pois esta é a garantia da finalização do trabalho.

Disparidades ou oportunidades de melhorias durante as Auditorias de manutenção geraram também atividades pós-auditorias para as Engenharias de manutenção elétrica e mecânica, como checar sobressalentes, revisar planos de lubrificação, analisar estratégias de manutenção, realizar testes, analisar falhas

estruturais, adequar sistemas, analisar defeitos de fabricação, verificar baixo rendimento de equipamentos, checar falha de instrumentação, analisar vibração em equipamento, entre outras, as quais foram priorizadas no escopo de trabalho dos engenheiros.

As Auditorias de Manutenção foram utilizadas como artifício para conter ou minimizar desperdícios corriqueiros que impedem ou atrasam a realização das atividades. Os desperdícios estão presentes em:

- Trabalho Direto: Quando alguém está despendendo esforço físico em uma ferramenta, equipamento, ou material para realizar seu trabalho.
 - ✓ Exemplos: observadores em espaços confinados, brigada de incêndio.
- Espera: Qualquer pessoa esperando por equipamento, ferramenta, material ou outra pessoa para executar uma atividade;
- Tempo Pessoal: Quando alguém está comendo, bebendo, fumando durante o horário de trabalho. Normalmente alguém que está sozinho;
- Planejamento e Instrução: Pessoas observadas sozinhas ou em grupos com supervisores, engenheiros discutindo um alguma atividade do trabalho.
 - ✓ Exemplo: Troca de turno.
- Procura de ferramentas e materiais: Pessoas afastadas 23 metros do seu local de trabalho e com ferramentas nas mãos.
 - ✓ Exemplo: Quando não preparamos as ferramentas e os materiais (*Job Package*) de forma correta.
- Movimentação: Alguém andando sem nada nas mãos ou um passageiro de algum veículo sem carga;
- Descanso: Não há períodos pré-estabelecidos para descanso na indústria Alfa. Qualquer observação que não esteja descrita nas demais categorias deve ser interpretada como descanso. Usualmente grupo de três ou mais pessoas;
- Atraso no início do trabalho ou antecipação no término do trabalho: Os primeiros 15 minutos de cada turno são para o supervisor direcionar o trabalho ao seu pessoal. Se pessoas são observadas na sala do supervisor ou sala de reunião após esses 15 minutos essas observações são consideradas como atraso no início do trabalho. Ou se as observações são feitas 5 minutos depois do almoço também deve ser marcado como atraso no início do trabalho. Mais de 5 minutos

antes do almoço ou mais de 15 minutos antes do término do horário de trabalho deve ser marcado como antecipação no término do trabalho.

A Equipe de Produção também foi responsável por realizar algumas atividades descritas nos fluxogramas, são elas: verificação de acúmulo, obstrução e/ou transbordo de material e desta forma formação de bolsões de ar ou de material no interior de equipamentos.

Todos os envolvidos contribuíram de alguma forma para execução desta pesquisa.

Portanto, a etapa de Execução é constituída por um grupo de trabalho natural (Operação e Manutenção), juntos gerenciam diariamente o processo de Geração de Vapor e o melhoram. A melhoria é oriunda do interesse do grupo em si. Tal qual a eliminação ou minimização do desperdício.

4.2.4 Finalização

Os desafios da Manutenção continuam os mesmos: aumentar a disponibilidade e confiabilidade de equipamentos, otimizar os custos, aumentar faturamento e lucro, reduzir a demanda de serviços, aumentar a segurança pessoal e das instalações e, preservar o meio ambiente.

Para aumento da disponibilidade e confiabilidade de equipamentos, investimento em projetos, métodos, instrumentos e ferramentas destinadas à manutenção representam um aumento na vida útil do equipamento. Pois a permanência do equipamento em condições satisfatórias significa vida útil mais longa, conseguido através de um sistema adequado e eficiente.

A otimização dos custos pode ser alcançada através da minimização das paradas não-programadas dos equipamentos, certo que afinando a Manutenção Preventiva, a redução em emergências acontecerá e desta forma, custos poderão ser mais bem negociados e assim, programados.

Em condições favoráveis de funcionamento e realizando manutenção preventiva nos equipamentos, a redução da carga de serviços dará espaço para que os colaboradores possam ter treinamento e qualificação adequada. Ou seja, se aprimorem cada dia mais.

Através disso, os colaboradores estarão mais preparados para lidarem com situações adversas, tal qual a robustez dos equipamentos em questão desta pesquisa.

Equipamentos confiáveis tornam o processo estável e este, se torna menos favorável à probabilidade de ocorrência de incidentes ou acidentes de trabalho ou ambientais.

Esta Pesquisa é principalmente um trabalho focado no futuro. Uma vez que existirá sempre a necessidade de assistência tática para a função ‘Manter’. As pessoas almejam muito através da manutenção, um dos itens é que todas as coisas sejam conservadas por algum tempo significativo ou permaneçam atuando sem interrupções abruptas.

Com intuito de conservação e permanência, este trabalho continuamente atua em colocar equipamentos críticos das caldeiras de alta pressão fora do foco de quebra, já que um pouco mais da metade (56%) deles ainda possui problemas/oportunidades (Quadro 4; Gráfico 1).

	Valor	%
Equipamentos Críticos Caldeiras CFBs	117	100%
Equipamentos COM ações pendentes	65	56%
Equipamentos SEM ações pendentes	52	44%

Quadro 4 – Demonstração da quantidade de equipamentos críticos com ações pendentes versus sem ações pendentes, adaptada de (ALFAg, 2012).

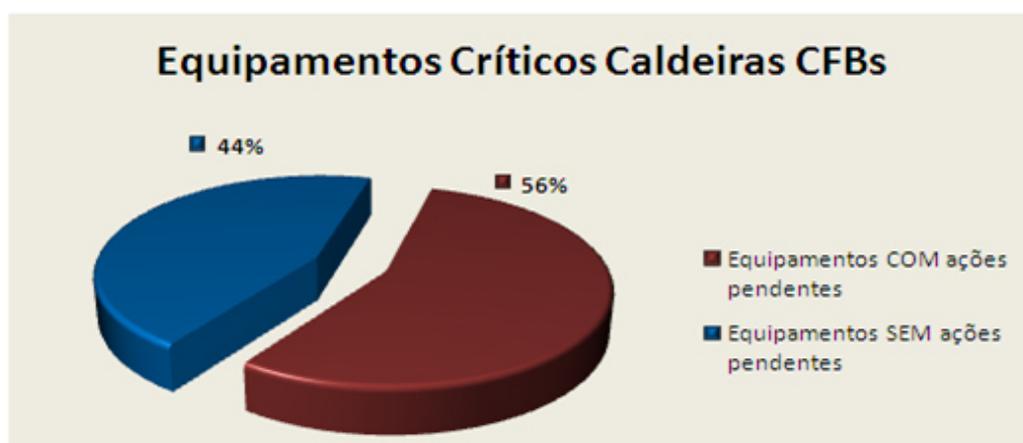


Gráfico 1 – Demonstração em formato de “pizza” da quantidade de equipamentos críticos com ações pendentes versus sem ações pendentes, adaptada de (ALFAg, 2012).

Os 65 equipamentos críticos das caldeiras estão correlacionados a um total de 148 problemas/oportunidades, dos quais 88, já foram sanados ou minimizados enquanto que 60, ainda aguardam análise, estudo e estratégia por parte da engenharia (Quadro 5; Gráfico 2). Os problemas/oportunidades a resolver englobam verificação de rotas de lubrificação, recolocar equipamentos em operação, falhas estruturais, monitoramento contínuo de alguns equipamentos, checagem de sobressalentes e análise de falhas em geral.

Problemas/Oportunidades Caldeiras CFBs	Valor	%
Total de Problemas/Oportunidades	148	100
Problemas/Oportunidades Resolvidos	88	59
Problemas/Oportunidades a Resolver	60	41

Quadro 5 – Demonstração da quantidade de problemas/oportunidades resolvidos versus os que ainda aguardam resolução, adaptada de (ALFAh, 2014).



Gráfico 2 – Demonstração em formato de “pizza” da quantidade de problemas/oportunidades resolvidos versus os que ainda aguardam resolução, adaptada de (ALFAh, 2014).

Muito já foi realizado como visto na etapa anterior, porém nada é suficiente quando não há aprimoramento de métodos, identificação de falhas, estabelecimento de melhores práticas de reparo e novas concepções para redução das durações das interrupções. Pois sem estes fatores, a falha só continua persistindo. Já que se está empregando tanto esforço, faz-se com cautela, pequenos resultados, porém significativos.

O cálculo da Perda de Produção Anual é obtido pelo somatório mensal da estimativa horária da quantidade de alumina calcinada que não foi produzida em 2012, decorrente da indisponibilidade de vapor (Quadro 6; Gráfico 3). Por fim, o

valor consolidado é revertido em custo, através da conversão para dólares. O fator de conversão é o valor de mercado da tonelada de alumina (87,40 US\$/t SGA).

Consolidado													Total
Mês	jan/12	fev/12	mar/12	abr/12	mai/12	jun/12	jul/12	ago/12	set/12	out/12	nov/12	dez/12	
Perda de Produção (t SGA)	10.640,00	912,70	0,00	3.498,77	1.138,14	552,33	0,00	62,78	2.582,04	399,97	444,43	0,00	20.231,16

Quadro 6 – Demonstração das Perdas de Produção Mensais no ano 2012, adaptada de (ALFAg, 2012).

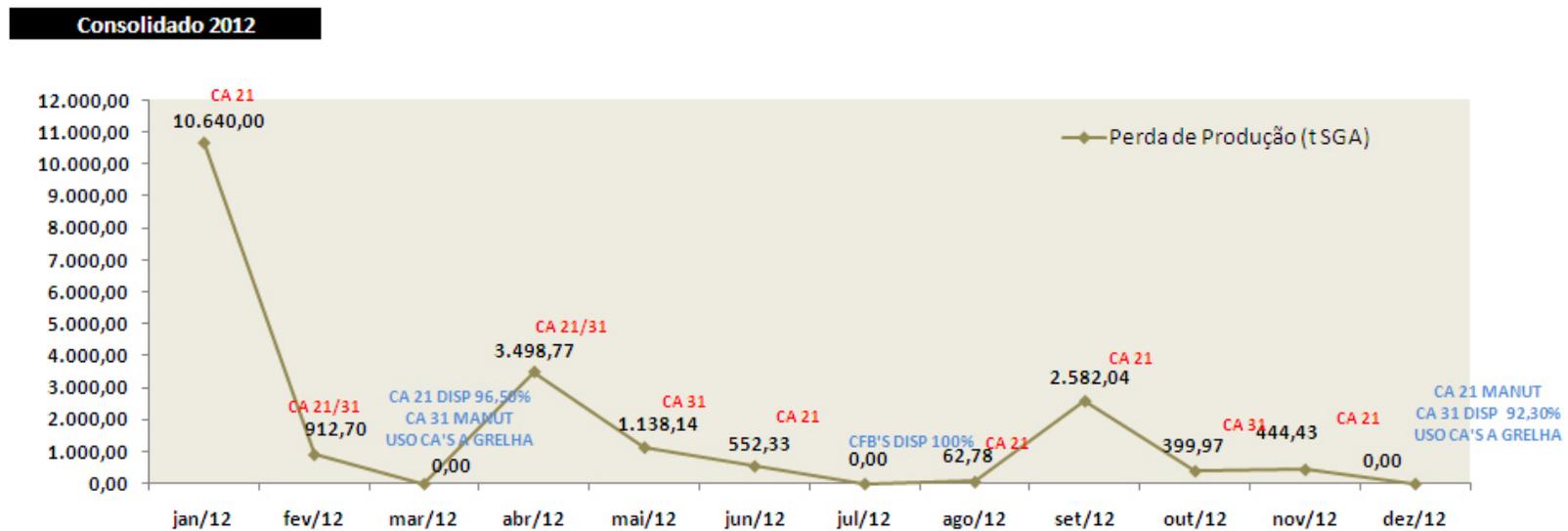


Gráfico 3 – Série de Perdas de Produção Mensais de 2012. Onde perda de produção por alguma Caldeira de Alta Pressão não impacta tanto devido o uso de Caldeiras a Grelha durante períodos de Manutenção Programada ou Corretiva, adaptada de (ALFAg, 2012).

No Gráfico 3, nos meses de março e dezembro é evidenciada a seguinte expressão “USO DE CA’S A GRELHA”, significa que uma ou outra caldeira de alta pressão estava em manutenção programada e as caldeiras a grelha (outro tipo de equipamento) foram colocadas em funcionamento para suprir a demanda de vapor para a Refinaria (Quadros 7 e 8).

	Capacidade Necessária de atendimento a Refinaria (t/h) de vapor
Caldeiras de Alta Pressão (02 equipamentos iguais)	560,00

Quadro 7 – Demonstração da capacidade (t/h) necessária para atendimento a Refinaria através das caldeiras de alta pressão, adaptada de (ALFAg, 2012).

	Capacidade Necessária de atendimento a Refinaria (t/h) de vapor
Caldeiras a Grelha (03 equipamentos iguais)	490,00
Caldeiras de Alta Pressão (01 equipamento em funcionamento)	

Quadro 8 – Demonstração da capacidade (t/h) necessária para atendimento a Refinaria através das caldeiras a grelha e uma caldeira de alta pressão. Uma vez que esta vazão de 490t/h a produção da Refinaria fica reduzida e geralmente ocorre em Manutenção Programada de uma das caldeiras de alta pressão, adaptada de (ALFAg, 2012).

Destaco a importância desta pesquisa, uma vez que as caldeiras de alta pressão devem ser confiáveis para assumir a demanda de processo já que as caldeiras a grelha futuramente serão inativadas.

Em relação a 2011, as perdas em 2012 (Quadro 9) foram menores em torno de 3.484,28 t SGA/ano e 304.526,07 US\$/ano. Os valores aparentemente altos não foram ocasionados apenas por manutenções emergenciais e extensões de manutenções programadas, mas também por interrupções no fornecimento de energia, paradas de outras áreas de processo diretamente ligadas e falhas humanas da equipe de operação. Itens estes também já vistos e que possuem equipes próprias para minimização ou eliminação destes aspectos.

Consolidado 2012	Total (t SGA/ano)	Custo (US\$/ano)
Perda de Produção Anual	20.231,16	1.768.203,38

Quadro 9 – Consolidado de Perdas de Produção em 2012 das duas Caldeiras, adaptado de (ALFAg, 2012).

Outro ponto positivo, as caldeiras são equipamentos com capacidade de atendimento de 100% de disponibilidade (Quadros 10 e 11). No mês de julho de 2012 alcançou essa meta e alavancou a disponibilidade de fluxo da Refinaria para 97%, sendo 93% já considerado o suficiente.

Disponibilidade Operacional 2012 via Wallpaper (%)		
Mês	Caldeira 21	Caldeira 31
jul/12	100,00	100,00

Quadro 10 – Demonstração da disponibilidade das caldeiras de alta pressão no mês de julho de 2012, adaptada de (ALFAg, 2012).

COM	%
Disponibilidade das CFBs	100,00
Disponibilidade de Fluxo p/ Refinaria (Alcançada)	97,00
Disponibilidade de Fluxo p/ Refinaria (Meta)	93,00

Quadro 11 – Demonstração da disponibilidade das caldeiras de alta pressão em relação à disponibilidade alcançada e a designada para a Refinaria, adaptada de (ALFAg, 2012).

Portanto, a etapa de Finalização nos informa que investir em pesquisas de proposição de melhorias é uma opção. Mas é necessário foco no melhoramento contínuo das práticas de manutenção.

4.2.5 Melhoria Contínua

A Melhoria Contínua vai além de uma sequência de etapas. Um processo cíclico o qual apresenta novas oportunidades de desenvolvimento e mostra a necessidade de mudanças pertinentes a sua iniciativa.

Com este pensamento, a Melhoria Contínua deve ser desenvolvida através de um plano a longo prazo para elevar o nível dos ativos críticos para melhorar a habilidade de efetivamente manter sua condição de operação (Figura 44). Isto pode exigir esforços muito além das atividades já implementadas, tais como modificações, reconstruções e outro desenho das atividades de Manutenção Preventiva para restaurar a condição do ativo a um nível que possibilite a manutenção ou simplifique a habilidade para executar a manutenção de modo efetivo.



Figura 44 – Demonstração de Esquema Prático das atividades a longo prazo da Pesquisa, adaptada de (ALFAG, 2012).

Conforme dito anteriormente, o conhecimento adquirido nas etapas anteriores deve ser utilizado para indicar as novas condicionantes da pesquisa para elevar o seu nível. A etapa de Melhoria Contínua inclui determinar:

- Horas de suporte para apoiar a pesquisa diante as demais atividades rotineiras. É importante que as ações da equipe da pesquisa continuem sendo suportadas por supervisores e gerentes (alta administração), mesmo após suas primeiras conquistas. Ressaltadas por:
 - ✓ Mudança no ambiente reativo que tem permeado a maioria das organizações e manter a indústria metalúrgica Alfa focada no objetivo da Melhoria Contínua;
 - ✓ Papéis e Responsabilidades bem definidos para todos os grupos funcionais de forma que todos saibam claramente sua contribuição perante a organização;
 - ✓ Expectativas criadas sejam futuramente espelho dos objetivos finais do processo de mudança.
- Horas de negociação nas reuniões de Planejamento para incluir os itens do MFV ainda pendentes na rota de Programação e Planejamento de Manutenção. Destaque para:
 - ✓ A inclusão destes itens como nova rotina na estrutura das reuniões de planejamento como uma nova cultura para que as exigências de manutenção estabelecidas no futuro sejam em sua grande maioria do programa de manutenção preventiva.

- Materiais necessários para o pleno funcionamento das caldeiras devem ser identificados. Os níveis mínimos e máximos de sobressalentes no Estoque devem ser geridos (Figuras 45 e 46).

$$\text{Mín} = \text{ES} + 1,4(\text{CMM} \cdot \text{Lead Time}) + 1$$

Figura 45 – Fórmula de Estoque Mínimo. Onde: Mín (Estoque Mínimo), ES (Estoque Atual), CMM (Consumo Médio Mensal do último semestre) e Lead Time (Tempo necessário entre utilização do material e a efetiva recolocação na prateleira). A fórmula de Mínimos e Máximos é utilizada como referência, porém dependendo do valor envolvido pode-se arredondar para mais ou para menos, adaptada de (ALFAh, 2014).

$$\text{Máx} = \text{Mín} + (\text{CMM} \cdot \text{Lead Time}) + \text{Variável}$$

Figura 46 - Fórmula de Estoque Máximo. Onde: Máx (Estoque Máximo), CMM (Consumo Médio Mensal do último semestre), Lead Time (Tempo necessário entre utilização do material e a efetiva recolocação na prateleira) e Variável (Conforme Classificação: Item A = CMM, Item B = 3*CMM e Item C= 6*CMM). A fórmula de Mínimos e Máximos é utilizada como referência, porém dependendo do valor envolvido pode-se arredondar para mais ou para menos, adaptada de (ALFAh, 2014).

- Ferramentas adequadas para realização de atividades de manutenção tal qual necessidade de treinamento qualificado aos colaboradores tem que ser vistos, uma vez que os profissionais devem manter certificação técnica;
- Horas de mão-de-obra destacadas da Manutenção Preventiva, as quais devem sanar as atividades planejadas e programadas da pesquisa.
 - ✓ Exemplo: Quando uma peça de equipamento precisa de serviços de manutenção preventiva ou reparo corretivo básico, o pessoal técnico tem o conhecimento, as habilidades, com os materiais, ferramentas, tempos certos e técnicas para reparar o equipamento para uma condição de quase novo, ou melhor.
- Horas de acompanhamento e análise das pendências resultantes das auditorias de manutenção, tais como preenchimento falho das ordens de serviço, procedimentos de manutenção incompletos e a necessidade de revisão das estratégias de manutenção. Destaque para:
 - ✓ Construção de uma cultura baseada na confiabilidade versus uma cultura baseada em reparos. Uma cultura baseada em confiabilidade vive, alimenta e respira melhoria de desempenho do equipamento. Sua existência diária, seu pensamento, sua linguagem, e suas atividades são todas centradas no ponto de vista que equipamento não deve quebrar. As atividades diárias são

focadas na vida ampliada do equipamento; e não consertando as quebras mais rapidamente para trazer o processo de volta ao funcionamento.

Por tanto, o âmbito de 'manter' deve ser reforçado via:

- Desenvolvimento das exigências de manutenção: para documentar fontes de informações usadas para revisar estratégias de Manutenção Preventiva;
- Análise de mecanismos de modos de falhas: para documentar os resultados de uma análise de efeitos e modos de falha;
- Relatório de falha de equipamento: para documentar problemas/oportunidades da análise de causa raiz de uma falha de equipamento;
- Análise de manutenção preventiva: para documentar a lógica que liga as tarefas de manutenção preventiva a um modo de falha particular;
- Análise de manutenção preditiva: para documentar a lógica que liga as tarefas de manutenção preditiva a um modo de falha particular;
- Análise de manutenção corretiva: para documentar a lógica que liga as tarefas de manutenção corretiva a um modo de falha particular;
- Análise das exigências da manutenção preventiva existente: para documentar a lógica que está por trás da substituição de uma tarefa de manutenção preventiva por uma tarefa de manutenção corretiva;
- Análise de manutenção de equipamento inoperante: para documentar as exigências de manutenção para equipamento que esteja nesta condição.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa foi o passo inicial na redução de ocorrências emergenciais, implementação de melhorias, desenvolvimento de uma administração mais participativa e contínua na conscientização dos colaboradores. Dessa forma, os objetivos desta pesquisa foram alcançados. Inicialmente, as falhas presentes nos sistemas que compõem a geração de vapor foram mapeadas, os desperdícios presentes na realização de atividades planejadas foram identificados, e os equipamentos, os quais as atividades foram realizadas, ainda são monitorados.

Além dessas questões, ficou evidente que as diretrizes transparentes por parte da liderança foram essenciais para realização de todas estas ações. Os resultados obtidos foram uma redução nas perdas de produção em torno de 3.484,28 t SGA/ano e 304.526,07 US\$/ano do ano de 2011 em relação ao ano de 2012. E também a comprovação que com as caldeiras podem se tornar equipamentos confiáveis uma vez que nesta condição pode operar com 100% da sua disponibilidade Operacional.

Enfatizando que o trabalho realizado pela equipe multidisciplinar deve continuar pela equipe da COU independente da situação atual pois os resultados podem ser sempre melhorados, uma vez que a Melhoria Contínua é uma lacuna sempre aberta a novas idéias e projetos.

Por tanto, como forma de sugestões de trabalho continuado para o COU, propõe-se que os problemas/oportunidades enfim sejam todos sanados ou minimizados, que os projetos complementares continuem avançando, que haja continuidade nos treinamentos disponibilizados aos colaboradores e que a gestão seja cada vez mais participativa.

Também, sugere-se que outras indústrias do setor metalúrgico possam ser estudadas para buscar evidências que possam complementar ou questionar os resultados alcançados com esta investigação.

A principal indicação de continuidade desta pesquisa diz respeito a um estudo mais abrangente e específico de Manutenção industrial nas indústrias deste setor, através de revisão de estratégias e procedimentos de manutenção, acompanhando sua implementação prática. As rotas de lubrificação, de inspeção, de manutenções preventivas e de preditivas devem ser analisadas conforme recursos.

Se as quantidades de sobressalentes, horas - homem (HH), entre outros aspectos estão realmente adequadas a realidade em questão. E por fim, o que é necessário para atingir o nível de Excelência em Confiabilidade em Manutenção.

Esses pontos suscitados realçam algumas opções que podem conduzir novas pesquisas, entretanto, em razão de interesses específicos, outros pontos de investigação podem ser extraídos desta dissertação.

REFERÊNCIAS

- ALFA. Indústria Metalúrgica. **Relatórios Administrativos Internos**, 2014.
- ALFAa. Indústria Metalúrgica. **Sistema Toyota de Produção**, 2014.
- ALFAb. Indústria Metalúrgica. **Metodologia de Gerenciamento de Processos**, 2014.
- ALFAc. Indústria Metalúrgica. **Apresentação Cozimento de Anodos**, 2014.
- ALFAd. Indústria Metalúrgica. **Processo Bayer**, 2014.
- ALFAe. Indústria Metalúrgica. **Confiabilidade em Emendas de Correias Transportadoras**, 2014.
- ALFAf. Indústria Metalúrgica. **Supressão de Efeito Anódico**, 2014.
- ALFAg. Indústria Metalúrgica. **Relatórios Gerenciais Internos**, 2012.
- ALFAh. Indústria Metalúrgica. **Máximos e Mínimos**, 2014.
- ALFAi. Indústria Metalúrgica. **Book de Engenharia de Manutenção**, 2014.
- ALFAh. Indústria Metalúrgica. **Acompanhamento Geração de Vapor**, 2014.
- ALVES, H. A.; CAMPOS, F.; NEVES, A. **Aplicação da técnica criativa de “Brainstorming Clássico” na geração de alternativas na criação de games**. Estudo de Caso. Pernambuco: Departamento de Design da Universidade Federal de Pernambuco, 2005.
- ALVES, J. M. **O Sistema Just in Time reduz os custos do processo produtivo**. Estudo de Caso. São José dos Campos: Centro Técnico Aeroespacial do Instituto de Fomento e Coordenação Industrial, 1994.
- ANZILIERO; E.; SANTIN, A. J.; KUIAWINSKI, D. L. **Uma adequação da ferramenta de Mapeamento de Fluxo de Valor em um ambiente produtivo de uma construtora civil**. Erechim Perspectiva, v. 35, n. 130, p. 129-143, 2011.
- BATISTA, F. L. **Redução de Lead Time do Mapeamento do Fluxo de Valor em uma Indústria Farmacêutica**. Monografia. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2009.
- CAMPOS, V. F. **TCQ – Controle da Qualidade Total (no estilo Japonês)**. Editora de Desenvolvimento Gerencial. 8ª edição. Belo Horizonte, 1999.
- CARDOZA, E.; CARPINETTI, L. C. R. **Indicadores de desempenho para o sistema de produção enxuto**. Revista Produção On Line, v.5, n 2, p. 1-13, 2005.

- DIAS, S. L. V.; CAULLIRAUX, H. M.; ANTUNES JR, J. A. V.; LACERDA, D. P.; **Alinhamento entre sistemas de produção, custo e indicadores de desempenho: um estudo de caso.** Revista Produção on line, v.7, n 2, p. 144-169, 2007.
- DUARTE, V. N.; SCHNEIDER, M. V. G. **Mapeamento do Fluxo de Valor aplicado aos serviços pós-venda de uma concessionária de automóveis.** **Anais do SIMPOI**, p. 1-10, 2011.
- ELIAS, S. J. B.; MAGALHÃES, L. C. **Contribuição da Produção Enxuta para obtenção da Produção mais Limpa.** XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, p.1-8, 2003.
- GHINATO, P. **Sistema Toyota de Produção: Mais do que simplesmente Just-in-time.** Porto Alegre, 1994.
- GOMES, L. C. **Avaliação da contribuição de técnicas do Sistema Toyota de Produção para os objetivos estratégicos das empresas.** Dissertação. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/1941/000312474.pdf?sequence=1>. Acesso em: Nov/2013.
- HANSEN, P. B. **Um método multicriterial de avaliação e gestão de Processos Produtivos da Indústria de Propriedade Contínua.** Dissertação. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1996. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/1457/000190597.pdf?sequence=1>. Acesso em: Nov/2013.
- LCE. Life Cycle Engineering. **Excelência em Confiabilidade para Gerentes. Guia do Estudante**, 2012.
- LIMA; M. M. X.; BISIO, L. R. A.; ALVES, T. C. L. **Mapeamento do Fluxo de Valor do projeto Executivo de Arquitetura em um Órgão Público.** Gestão e Tecnologia de Projetos, v. 5, n.1, p. 24-55, 2010.
- MACHADO, M. C.; TOLEDO, N. N. **Gestão do Processo de Desenvolvimento de Produtos: Uma Abordagem baseada na Criação de Valor.** Editora Atlas. São Paulo: 2008.
- MDIC. **Ministério de Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior.** Disponível em: <http://www.mdic.gov.br/sitio/interna/interna.php?area=2&menu=3257&refr=4187>. Acesso em: Jun/2014.

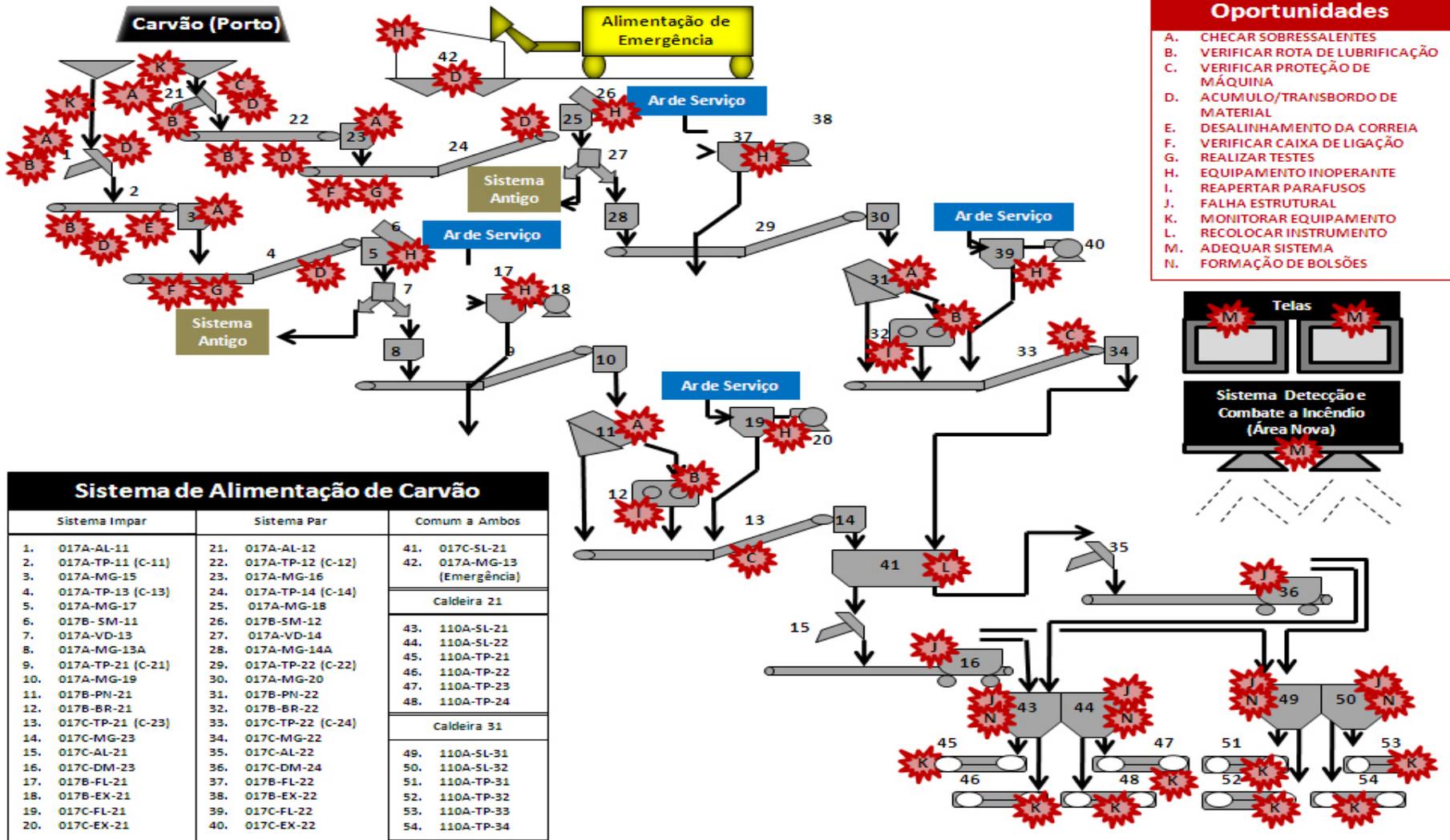
- MIRSHAWKA, V.; OLMEDO, N. P. **TPM à Moda Brasileira**. Makron Books. São Paulo: 1994.
- OLIVEIRA, R. P. **Glossário Técnico Manutenção e Engenharia Industrial: Um guia de referência para indústria**. Minas Gerais: PUC, 2003.
- PRADO, C. S. **Proposta de um modelo de desenvolvimento de Produção Enxuta com a utilização da ferramenta Visioneering**. Dissertação. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2006. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18140/tde-05032007-145255/pt-br.php>. Acesso em: Nov/2013.
- PINHO, A. F.; LEAL, F.; ALMEIDA, D. A. **Utilização de Bloquinhos de Montagem LEGO® para o Ensino dos Conceitos do Sistema Toyota de Produção**. XXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, p. 5525-5532, 2005.
- PINTO, C. S. **Aplicando Brainstorming com apoio de Ferramenta Computacional**. Estudo de Caso. Rio de Janeiro: Departamento de Informática Aplicada da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, 2006.
- REBELATO, M. G.; MADALENO, L. L.; RODRIGUES, A. M. **Um estudo sobre a aplicabilidade do just-in-time na fabricação do etanol**, v. 12, n.3, p. 703-728, 2012.
- SALGADO, E. G.; MELLO, C. H. P.; SILVA, C. E. S.; OLIVEIRA, E. S. **Análise da aplicação do mapeamento do fluxo de valor na identificação de desperdícios nos processo de desenvolvimento de produtos**. Gestão da Produção, v. 16, n.3, p. 344-356, 2009.
- SAMPAIO, M. A. **Proposta de metodologia de análise dos fatores de complexidade visando a implantação de um Sistema de Produção Enxuta**. Dissertação. Curitiba: Pontifícia Universidade Católica do Paraná, 2005. Disponível em: http://www.biblioteca.pucpr.br/tede/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=606. Acesso em: Nov/2013.
- SEBRAE. **Brainstorming**. Programa de Gestão da Qualidade, 2014.
- SILVA, A. L. **Desenvolvimento de um modelo de análise e projeto de layout industrial, em ambientes de alta variedade de peças, orientado para a Produção Enxuta**. Tese. São Paulo: Escola de Engenharia de São

- Carlos da Universidade de São Paulo, 2009. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18140/tde-11122009-134838/pt-br.php>. Acesso em: Nov/2013.
- SILVA, G. G. M. P. **Implantando a Manufatura Enxuta: Um Método Estruturado**. Dissertação. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2009. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/93389>. Acesso em: Nov/2013.
- SOUZA, L. L. C. **Análise Gerencial de Custos**. Notas de Aula. Maranhão: UFMA, 2012.
- TAVARES, L. A. **TPM – Manutenção Produtiva Total**. Administração Moderna da Manutenção. São Paulo, 1999.
- TAVARES, L. S. S. **Mapeamento das Atividades e Falhas Humanas na Logística de Paradas de Manutenção**. Trabalho de Conclusão de Curso. Salvador: Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC, 2010.
- TEIXEIRA, M. P. S. S. **Controle Estatístico da Qualidade: Apostila do curso de Engenharia Mecânica Industrial pra o CEFET-MA**, 2006.
- VEIGA, G. L. **Uma discussão sobre o papel estratégico do modelo de Produção Enxuta**. Dissertação. Curitiba: Pontifícia Universidade Católica do Paraná, 2009. Disponível em: http://www.biblioteca.pucpr.br/tede/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=1470. Acesso em: Nov/2013.

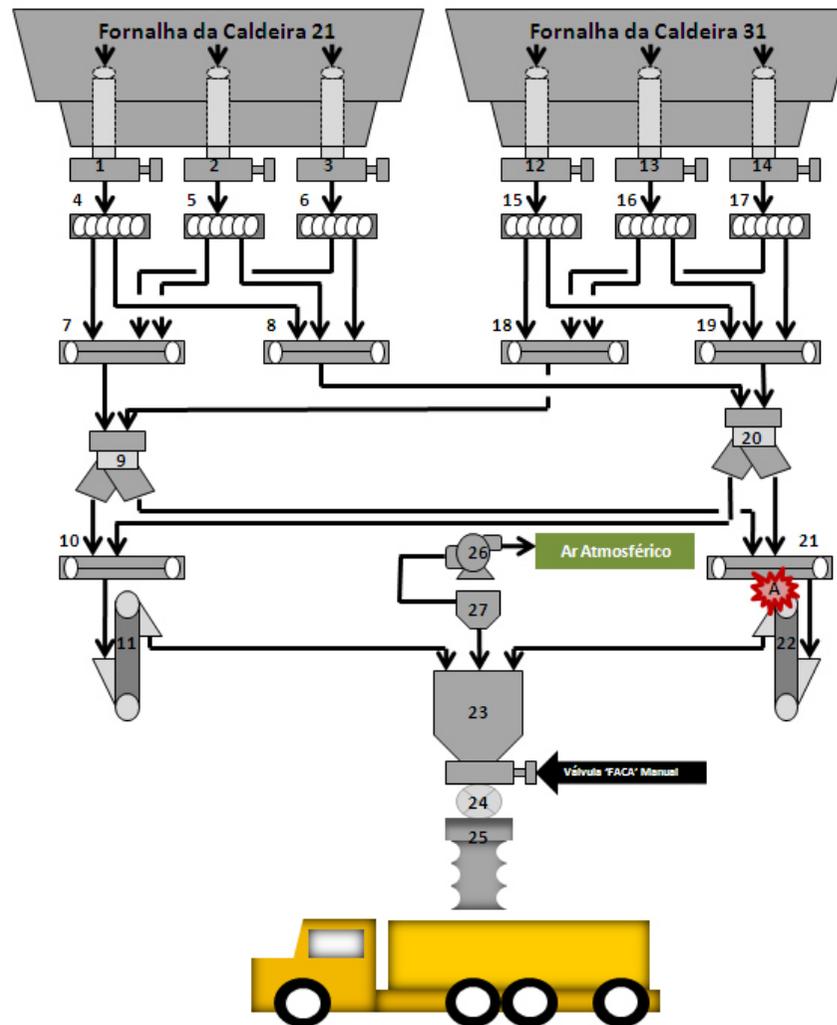
LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1	MFV do Sistema de Alimentação/Transporte de Carvão.
ANEXO 2	MFV do Sistema de Arraste de Cinzas de Fundo.
ANEXO 3	MFV do Sistema de Arraste de Cinzas Leves.
ANEXO 4	MFV do Sistema de Alimentação de Calcário.
ANEXO 5	MFV do Sistema de Alimentação de Areia.
ANEXO 6	MFV do Sistema de Óleo e Queimadores.
ANEXO 7	MFV do Sistema de Ar Primário.
ANEXO 8	MFV do Sistema de Ar Secundário.
ANEXO 9	MFV do Sistema de Combustão e Gases.
ANEXO 10	MFV do Sistema de Alimentação de Água/Condensado.
ANEXO 11	MFV do Sistema de Vapor.

ANEXO 1 – MFV DO SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO/TRANSPORTE DE CARVÃO



ANEXO 2 – MFV DO SISTEMA DO SISTEMA DE ARRASTE DE CINZAS DE FUNDO



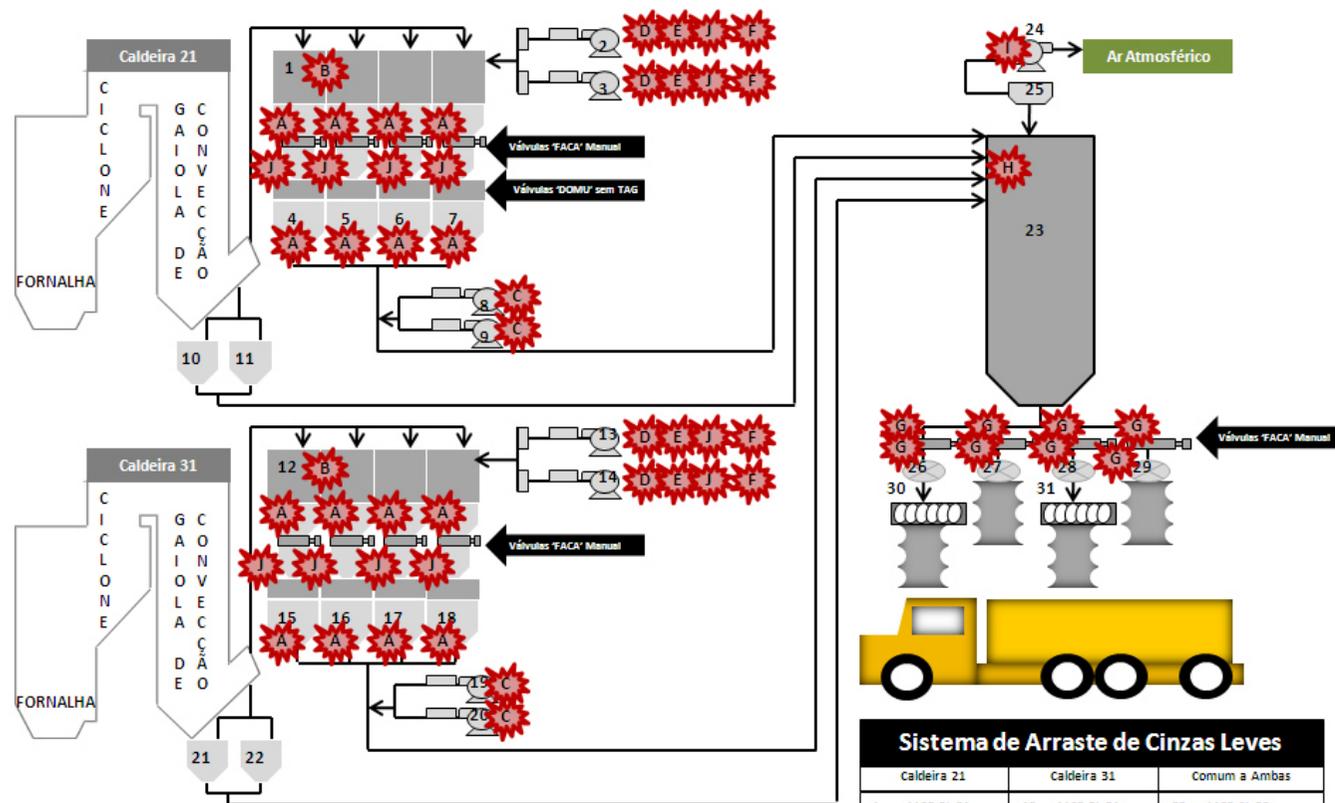
Sistema de Arraste de Cinzas de Fundo

Caldeira 21	Caldeira 31	Comum a Ambas
1. HV-110F-151	12. HV-110F-651	23. 110F-SL-21
2. HV-110F-154	13. HV-110F-654	24. 110F-VR-21
3. HV-110F-157	14. HV-110F-657	25. 110F-DM-21
4. 110F-TX-21	15. 110F-TX-31	26. 110F-SP-23
5. 110F-TX-22	16. 110F-TX-32	27. 110F-FL-21
6. 110F-TX-23	17. 110F-TX-33	
7. 110F-TP-21	18. 110F-TP-31	
8. 110F-TP-22	19. 110F-TP-32	
9. 110F-HV-171	20. 110F-HV-671	
10. 110F-TP-23	21. 110F-TP-33	
11. 110F-EL-21	22. 110F-EL-31	

Oportunidades

A. OBSTRUÇÃO DE MATERIAL

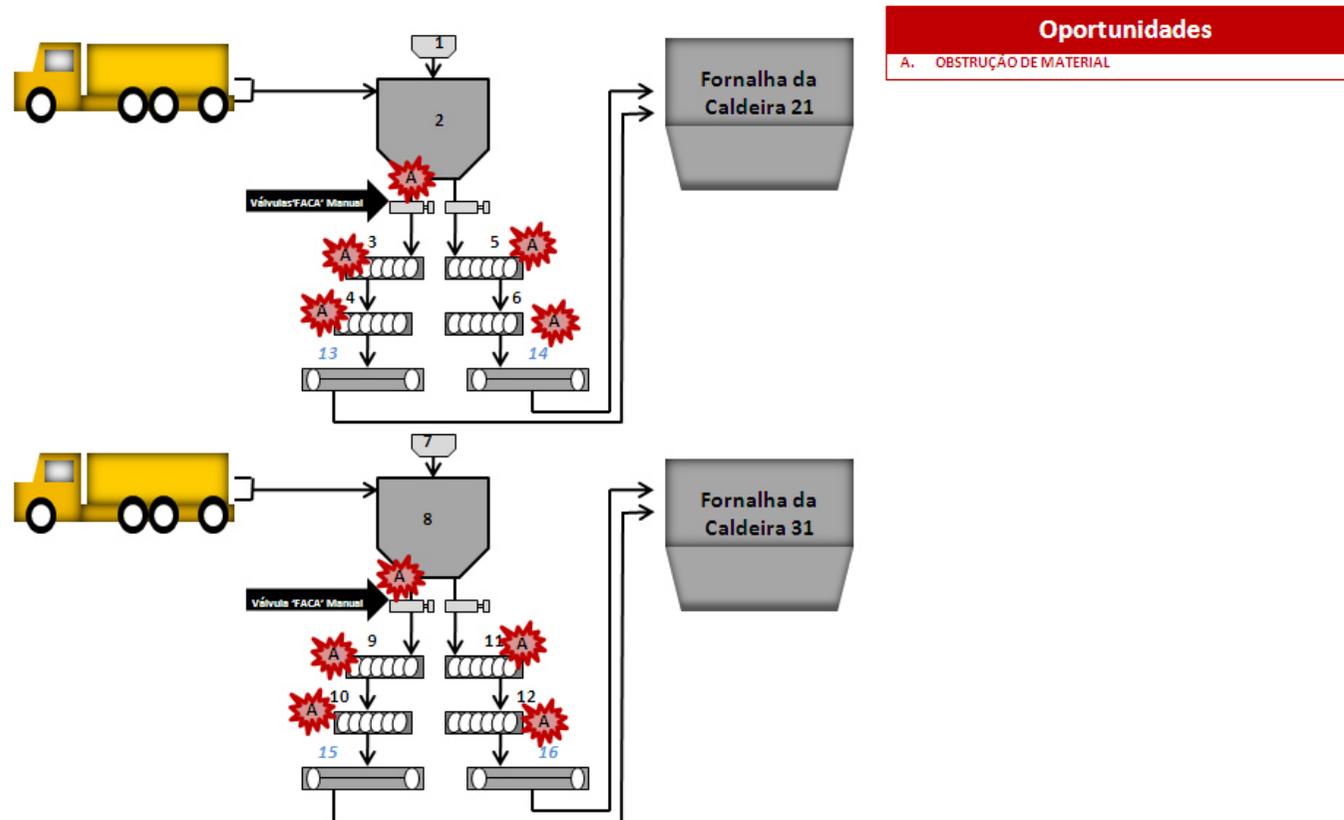
ANEXO 3 – MFV DO SISTEMA DO SISTEMA DE ARRASTE DE CINZAS LEVES



Oportunidades	
A. VAZAMENTO DE MATERIAL	I. QUEBRA DE EQUIPAMENTO
B. DEFEITO DE FABRICAÇÃO	J. VÁLVULA COM SEDE DESGASTADA
C. BAIXO RENDIMENTO DO EQUIPAMENTO	
D. QUEBRA DE EIXO	
E. QUEBRA DE CORRENTE	
F. CHECAR SOBRESSALENTES	
G. VÁLVULA SEM ESTANQUEIDADE	
H. FALHA ESTRUTURAL	

Sistema de Arraste de Cinzas Leves		
Caldeira 21	Caldeira 31	Comum a Ambas
1. 110E-FL-21	12. 110E-FL-31	23. 110F-SL-22
2. 110E-SP-21	13. 110E-SP-31	24. 110F-EX-24
3. 110E-SP-22	14. 110E-SP-32	25. 110F-FL-22
4. 110F-TP-26A	15. 110F-TP-36A	26. 110F-VR-22
5. 110F-TP-26B	16. 110F-TP-36B	27. 110F-VR-23
6. 110F-TP-26C	17. 110F-TP-36C	28. 110F-VR-32
7. 110F-TP-26D	18. 110F-TP-36D	29. 110F-VR-33
8. 110F-SP-21	19. 110F-SP-31	30. 110F-TX-24
9. 110F-SP-22	20. 110F-SP-32	31. 110F-TX-34
10. 110F-TP-25A	21. 110F-TP-35A	
11. 110F-TP-25B	22. 110F-TP-35B	

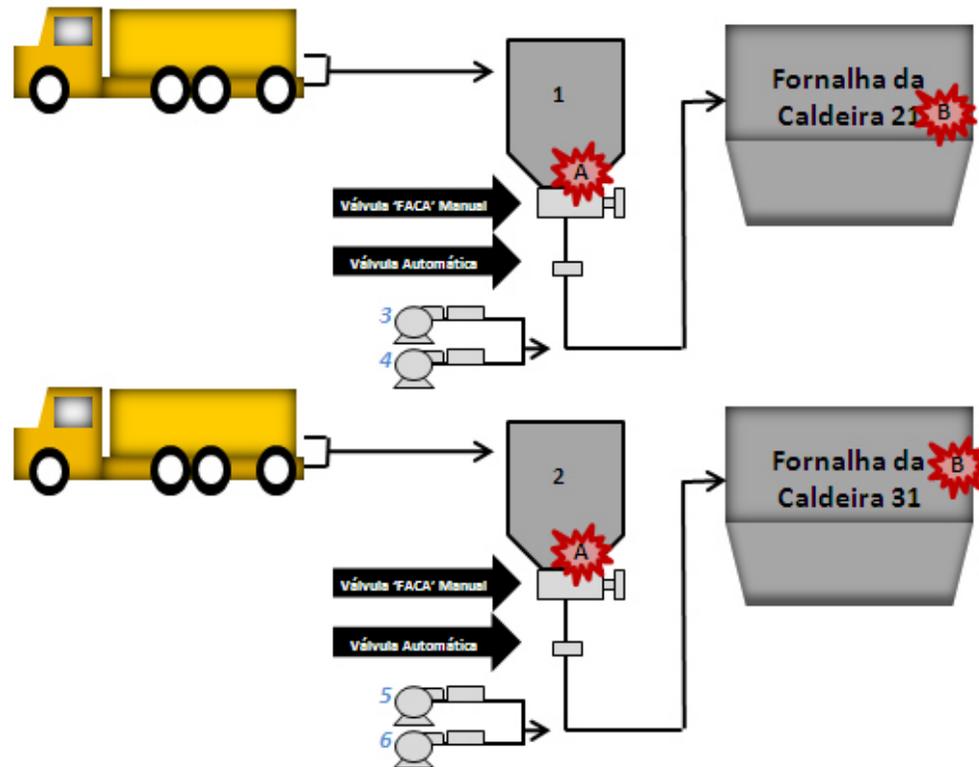
ANEXO 4 – MFV DO SISTEMA DO SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO DE CALCÁRIO



Oportunidades
A. OBSTRUÇÃO DE MATERIAL

Sistema de Alimentação de Calcário		
Caldeira 21	Caldeira 31	Já citados
1. 110A-FL-28	7. 110A-FL-38	13. 110A-TP-22
2. 110A-SL-24	8. 110A-SL-34	14. 110A-TP-23
3. 110A-TX-21	9. 110A-TX-31	15. 110A-TP-32
4. 110A-TX-24	10. 110A-TX-34	16. 110A-TP-33
5. 110A-TX-22	11. 110A-TX-32	
6. 110A-TX-25	12. 110A-TX-35	

ANEXO 5 – MFV DO SISTEMA DO SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO DE AREIA

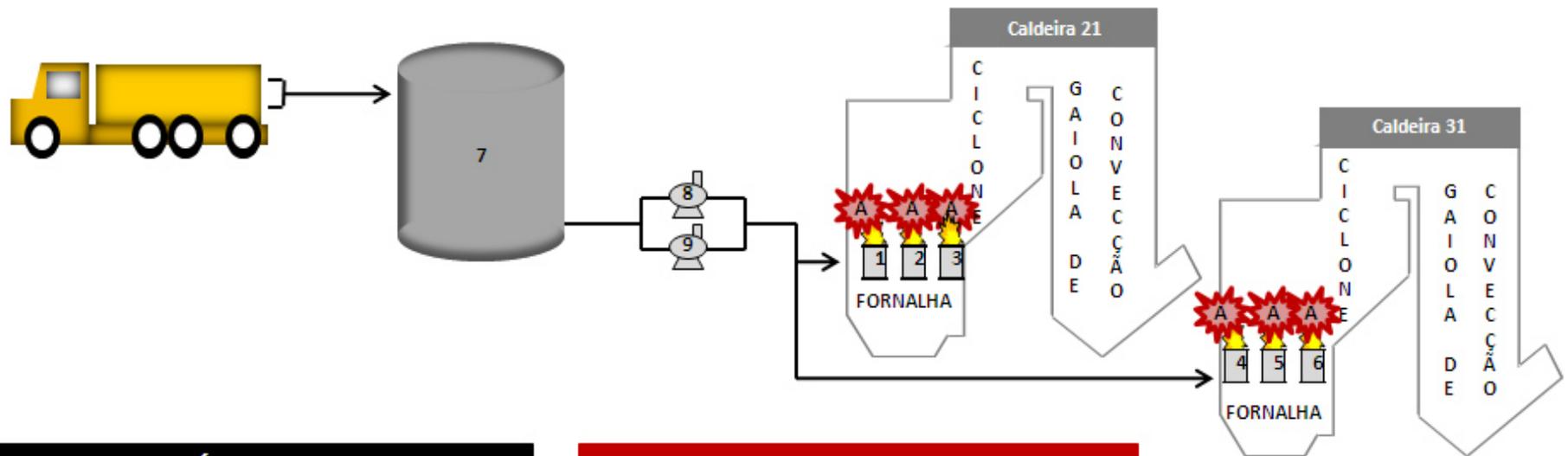


Sistema de Alimentação de Areia		
Caldeira 21	Caldeira 31	Jó citados
1. 110A-SL-23	2. 110A-SL-33	3. 110F-SP-21
		4. 110F-SP-22
		5. 110F-SP-31
		6. 110F-SP-32

Oportunidades

- A. OBSTRUÇÃO DE MATERIAL
- B. VAZAMENTO

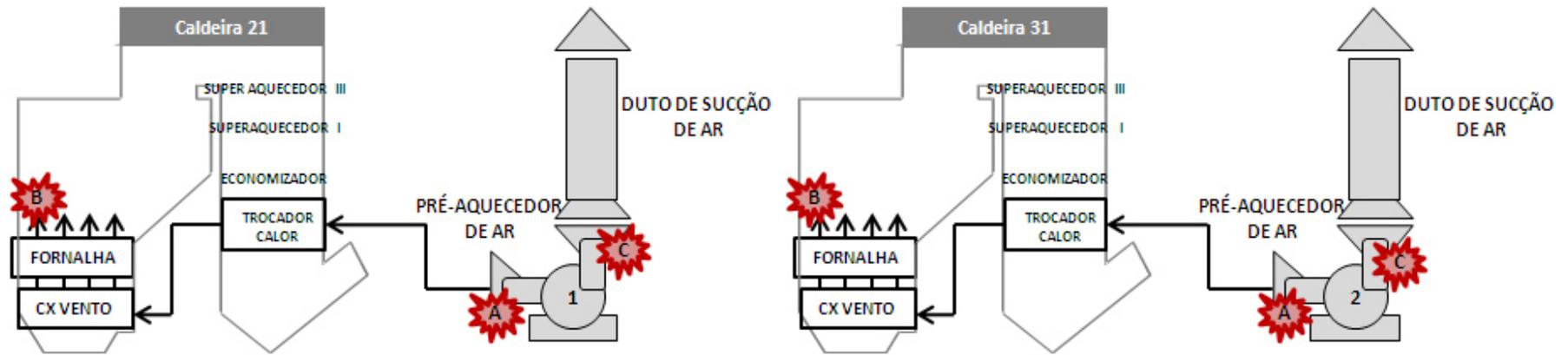
ANEXO 6 – MFV DO SISTEMA DO SISTEMA DE ÓLEO E QUEIMADORES



Sistema de Óleo e Queimadores		
Caldeira 21	Caldeira 31	Comum a Ambas
1. 110A-QMA-21	4. 110A-QMA-31	7. 110A-TQ-22
2. 110A-QMA-22	5. 110A-QMA-32	8. 110A-BA-21
3. 110A-QMA-23	6. 110A-QMA-33	9. 110A-BA-31

Oportunidades
A. FALHA INSTRUMENTAÇÃO

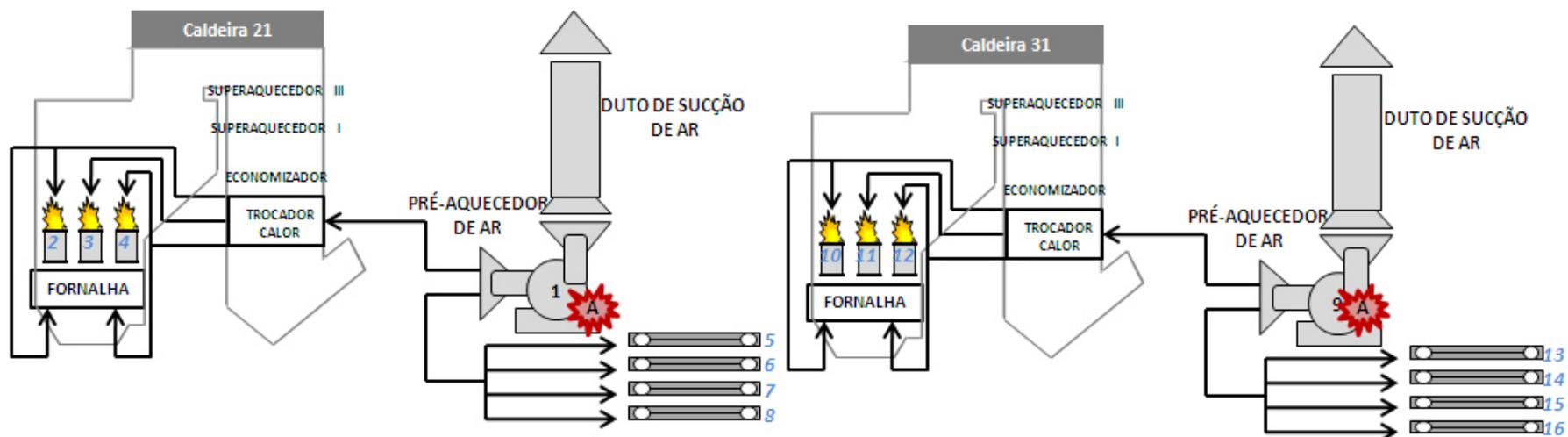
ANEXO 7 – MFV DO SISTEMA DO SISTEMA DE AR PRIMÁRIO



Sistema de Ar Primário	
Caldeira 21	Caldeira 31
1. 110A-VT-21	2. 110A-VT-31

Oportunidades
A. TRAVAMENTO DAS ALETAS DOS DAMPERS DOS VENTILADORES
B. DESGASTES
C. CHECAR SOBRESSALENTES

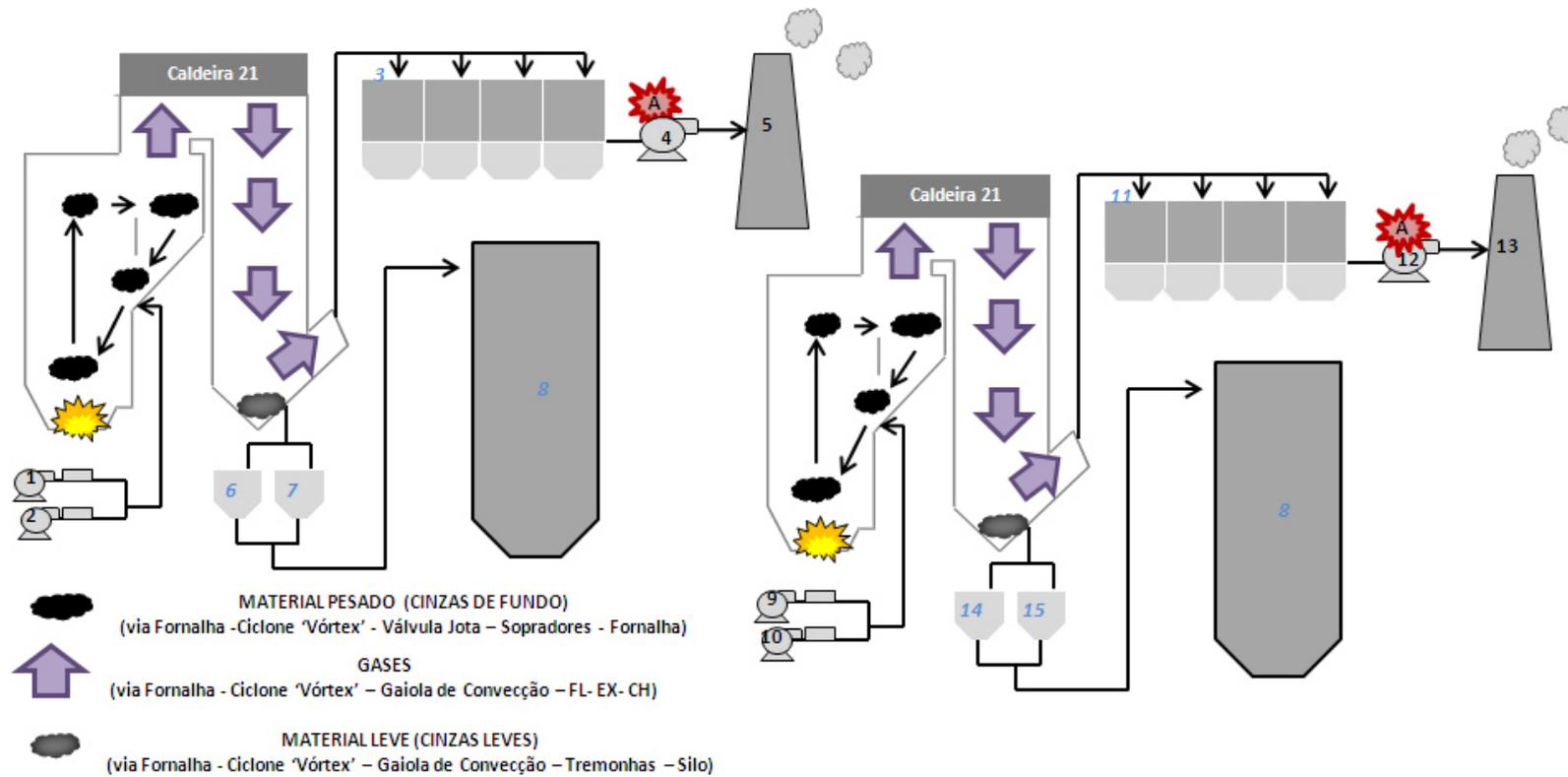
ANEXO 8 – MFV DO SISTEMA DE AR SECUNDÁRIO



Sistema de Ar Secundário		
Caldeira 21	Caldeira 31	Já citados
1. 110A-VT-22	9. 110A-VT-32	2. 110A-QMA-21 3. 110A-QMA-22 4. 110A-QMA-23 5. 110A-TP-21 6. 110A-TP-22 7. 110A-TP-23 8. 110A-TP-24 10. 110A-QMA-31 11. 110A-QMA-32 12. 110A-QMA-33 13. 110A-TP-31 14. 110A-TP-32 15. 110A-TP-33 16. 110A-TP-34

Oportunidades
A. MONITORAR EQUIPAMENTO

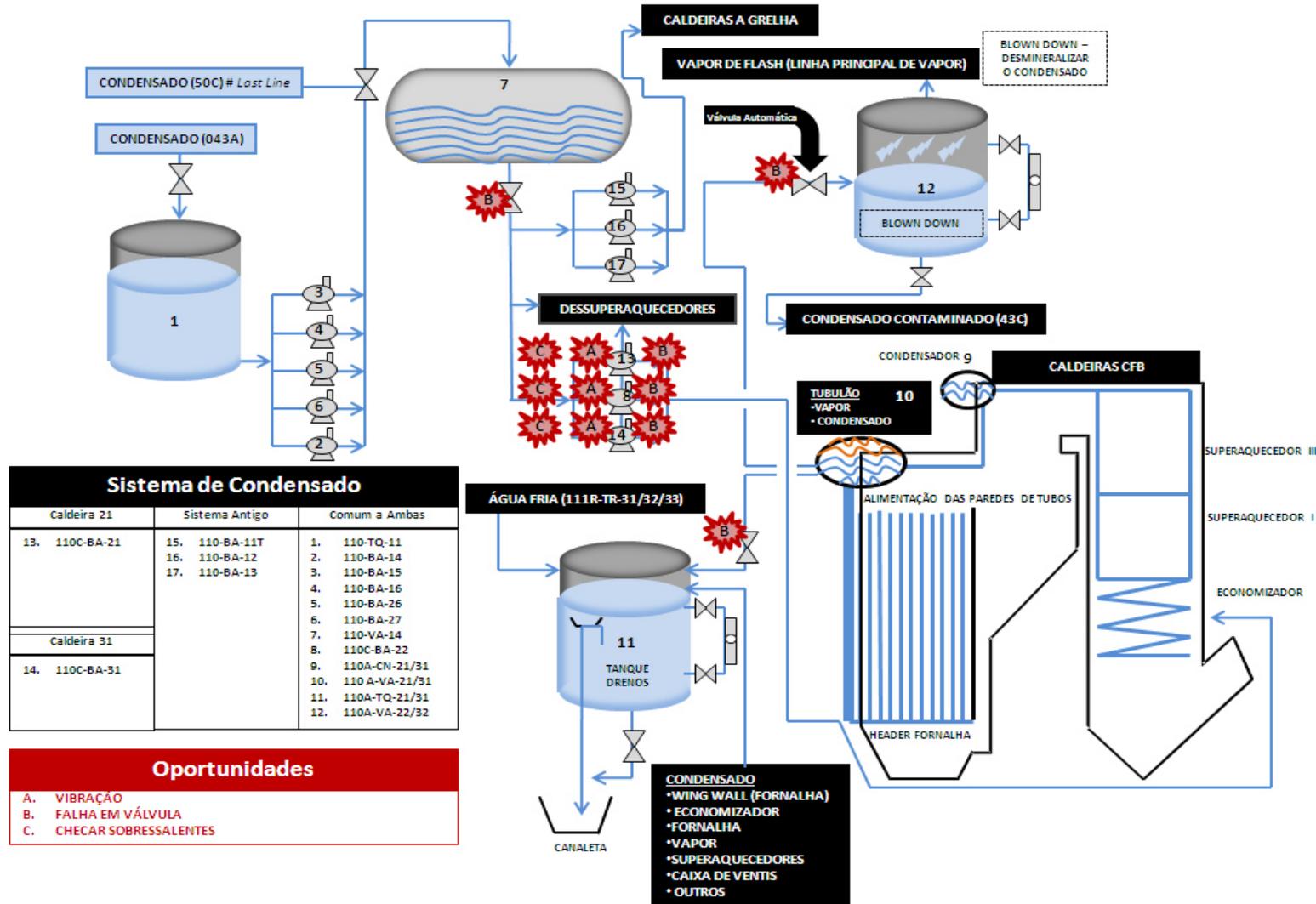
ANEXO 9 – MFV DO SISTEMA DE COMBUSTÃO E GASES



Sistema de Combustão e Gases		
Caldeira 21	Caldeira 31	Já citados
1. 110A-SP-22	9. 110A-SP-32	3. 110E-FL-21
2. 110A-SP-23	10. 110A-SP-33	6. 110F-TP-25A
4. 110E-EX-21	12. 110E-EX-31	7. 110F-TP-25B
5. 110E-CH-21	13. 110E-CH-31	8. 110F-SL-22
		11. 110E-FL-31
		14. 110F-TP-35A
		15. 110F-TP-35B

Oportunidades
A. DESGASTES

ANEXO 10 – MFV DO SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO DE ÁGUA/CONDENSADO



ANEXO 11 – MFV DO SISTEMA DE VAPOR

