

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
**DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ENGENHARIA ELETRÔNICA**  
**ENGENHARIA ELÉTRICA**

**ELTON BORTOLUZZI PEREIRA**

**REDUÇÃO DE PERDAS EM LINHAS DE VAPOR ATRAVÉS DA**  
**MANUTENÇÃO PREVENTIVA E PREDITIVA**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PONTA GROSSA**

**2021**

**ELTON BORTOLUZZI PEREIRA**

**REDUÇÃO DE PERDAS EM LINHAS DE VAPOR ATRAVÉS DA  
MANUTENÇÃO PREVENTIVA E PREDITIVA**

Trabalho de Conclusão de Curso ou Monografia ou Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica, do Departamento Acadêmico de Engenharia Eletrônica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. MEng. Edison Luiz Salgado Silva

**PONTA GROSSA**

**2021**



**4.0 Internacional**

Esta licença permite download e compartilhamento do trabalho desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-lo ou utilizá-lo para fins comerciais. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**ELTON BORTOLUZZI PERREIRA**

**REDUÇÃO DE PERDAS EM LINHAS DE VAPOR ATRAVÉS DA  
MANUTENÇÃO PREVENTIVA E PREDITIVA**

Trabalho de Conclusão de Curso de  
Graduação apresentado como requisito  
para obtenção do título de Bacharel em  
Engenharia Elétrica da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 14/outubro/2021

---

Edison Luiz Salgado Silva, Professor  
Mestrado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

---

Josmar Ivanqui  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

---

Max Mauro Dias Santos  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

**Ponta Grossa**

**2021**

Dedico este trabalho à minha família e amigos, pelos momentos de ausência.

## **AGRADECIMENTOS**

Certamente estes parágrafos não irão atender a todas as pessoas que fizeram parte dessa importante fase de minha vida. Portanto, desde já peço desculpas àquelas que não estão presentes entre essas palavras, mas elas podem estar certas que fazem parte do meu pensamento e de minha gratidão.

Agradeço imensamente aos meus pais, Teresinha Bortoluzzi Pereira e Luis Sergio Padilha Pereira, por todo o carinho e incentivo durante esse período e por sempre estarem ao meu lado e acredito que sem o apoio deles seria muito difícil vencer esse desafio.

As minhas irmãs, Angelica e Jennefer Bortoluzzi, por todo o suporte e parceria.

Agradeço ao meu orientador Prof. MEng. Edison Luiz Salgado Silva, por aceitar o convite em ser o orientador desse trabalho e todo o auxílio para que fosse concluído.

Aos meus colegas de sala.

A Secretaria do Curso, pela cooperação.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização deste trabalho.

Nós não desistimos. Nós não nos  
escondemos. Nós não corremos. Nós  
suportamos e conquistamos (Bryant,  
Kobe Bean, 2013)

## RESUMO

PEREIRA, Elton Bortoluzzi. **REDUÇÃO DE PERDAS EM LINHAS DE VAPOR ATRAVÉS DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA E PREDITIVA**. 2021. 70. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2021.

A manutenção no meio industrial é fundamental para garantir a disponibilidade de todo o sistema produtivo, segurança das pessoas e o melhor funcionamento dos equipamentos. Além disso, muitas das vezes o funcionamento incorreto traz grandes perdas para as empresas. Os purgadores de vapor são elementos extremamente importantes para os sistemas de vapor e em diversas vezes, não recebem a atenção devida. Este trabalho apresenta o desenvolvimento da metodologia focada na redução de perdas em linhas de vapor, através da manutenção preventiva e preditiva. Para tal, foi se necessário fazer o mapeamento de todos os purgadores da fábrica, identificando-os com padrão de *tags*, coleta de informações técnicas dos purgadores, definição das estratégias e periodicidades de inspeção e manutenção, sendo focado na utilização das técnicas de termografia e ultrassom. Por fim, foi validado através de instrumentos e automação, o aumento médio de 10% de retorno de condensado e rendimento médio da caldeira em 0,60 nos meses avaliados.

**Palavras-chave:** Vapor. Condensado. Purgadores. Manutenção Preventiva. Manutenção Preditiva.

## ABSTRACT

PEREIRA, Elton Bortoluzzi. **REDUCTION OF LOSSES IN STEAM LINES THROUGH PREVENTIVE AND PREDICTIVE MAINTENANCE.** 2021. 70. Final Coursework (Bachelor's Degree in Electrical Engineering) - Federal Technology University - Paraná. Ponta Grossa, 2021.

Maintenance in the industrial environment is essential to ensure the availability of the entire production system, people's safety and the best operation of equipment. In addition, incorrect functioning often brings great losses to companies. Steam traps are extremely important elements in steam systems and are often not given adequate attention. This work presents the development of the methodology focused on reducing losses in steam lines, through preventive and predictive maintenance. To do so, it was necessary to map all traps in the factory, identifying them with tag patterns, collecting technical information from the traps, defining strategies and inspection and maintenance intervals, focusing on the use of thermography and ultrasound. Finally, it was validated through instruments and automation, the average increase of 10% in condensate return and average boiler efficiency of 0.60 in the months evaluated.

**Keywords:** Steam. Condensate. Steam Traps. Preventive Maintenance. Predictive Maintenance.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação de uma caldeira flamotubular de três passos.....	23
Figura 2 – Caldeira flamotubular vertical.....	23
Figura 3 – Caldeira aquatubular fixa vertical.....	24
Figura 4 – Representação de uma linha de vapor.....	26
Figura 5 – Tipos de purgadores.....	27
Figura 6 – Representação em corte do purgador de boia.....	28
Figura 7 – Etapas de funcionamento do purgador de boia.....	28
Figura 8 – Representação em corte do purgador termodinâmico com filtro.....	29
Figura 9 – Etapas de funcionamento do purgador termodinâmico.....	30
Figura 10 – Representação em corte do purgador termostático bimetálico.....	31
Figura 11 – Etapas de funcionamento do purgador termostático bimetálico.....	31
Figura 12 – Representação da curva P-F.....	34
Figura 12 – Resultados da análise primária.....	41
Figura 13 – Ilustração resumida para inspeção em purgadores por ultrassom.....	44
Figura 14 – Termografia de um purgador com vazamento.....	44
Figura 15 – Purgador bloqueado por válvulas.....	47
Figura 16 – Purgador instalado inversamente.....	47
Figura 17 – Termografia de um purgador de boia operando corretamente.....	51
Figura 18 – Termografia de um purgador termodinâmico operando corretamente ...	51
Figura 19 – Termografia de um purgador boia operando alagado.....	52
Figura 20 – Termografia de um purgador termodinâmico com defeito.....	52
Figura 21 – Termografia de um purgador termodinâmico com passagem de vapor.....	53

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Analogia entre saúde humana x máquina .....	32
--	----

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Aplicação dos recursos (H.H) por tipo de manutenção .....	31
Tabela 2 – Lista de purgadores com defeito .....	38
Tabela 3 – Rotinas de inspeções em purgadores .....	45
Tabela 4 – Retorno de condensado nos meses de maio, junho e julho .....	53
Tabela 5 – Retorno de condensado em setembro, outubro e novembro .....	54
Tabela 6 – Consumo de cavaco e geração de vapor em maio, junho e julho .....	56
Tabela 7 – Consumo de cavaco e geração de vapor em setembro, outubro e novembro .....	58

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Custo anual da manutenção sobre o PIB .....	16
Gráfico 2 – Relação de P-T sem escala da água e vapor .....	20
Gráfico 3 – Ultrassom de um purgador funcionando corretamente .....	47
Gráfico 4 – Ultrassom de um purgador funcionando incorretamente .....	48
Gráfico 5 – Ultrassom de um purgador com vazamento .....	48
Gráfico 6 – Ultrassom de um purgador com descarga insuficiente .....	49
Gráfico 7 – Total de retorno de condensado analisados .....	54
Gráfico 8 – Rendimento da caldeira em maio .....	56
Gráfico 9 – Rendimento da caldeira em junho .....	57
Gráfico 10 – Rendimento da caldeira em julho.....	57
Gráfico 11 – Rendimento da caldeira em setembro .....	58
Gráfico 12 – Rendimento da caldeira em outubro .....	59
Gráfico 13 – Rendimento da caldeira em novembro .....	59
Gráfico 14 – Comparativo do rendimento médio mensal .....	60

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

PIB.	Produto Interno Bruto
NR	Normas Regulamentadoras
BEEINDIA	<i>India Bureau of Energy Efficiency</i>
ABRAMAN	Associação Brasileira de Manutenção
NBR	Normas Brasileiras Regulamentadoras
MCC	Manutenção Centrada na Confiabilidade
OS	Ordem de Serviço
ST	<i>Steam Trap</i>
PCM	Planejamento e Controle de Manutenção
DN	Diâmetro Nominal
Kg	Quilograma
H.H	Homem-hora

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
1.1	PROBLEMA .....	18
1.2	PREMISSA.....	18
1.3	JUSTIFICATIVA .....	18
1.4	OBJETIVOS .....	18
1.4.1	Objetivo Geral.....	18
1.4.2	Objetivo Específico .....	19
1.5	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	19
1.6	ESTRUTURA DO TRABALHO .....	20
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>21</b>
2.1	VAPOR.....	21
2.2	CALDEIRAS .....	23
2.2.1	Caldeiras Flamotubulares.....	23
2.2.2	Caldeiras Aquatubulares .....	25
2.2.3	Rendimento e Eficiência de Caldeiras.....	26
2.3	PURGADORES .....	26
2.3.1	Purgadores Mecânicos.....	28
2.3.1.1	Purgador de Boia.....	29
2.3.2	Purgadores Termodinâmicos .....	30
2.3.3	Purgadores Termoestáticos .....	31
2.4	ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO .....	32
2.4	TIPOS DE MANUTENÇÕES .....	33
2.4.1	Manutenção Corretiva .....	35
2.4.2	Manutenção Preventiva.....	36
2.4.3	Manutenção Preditiva.....	37
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>38</b>
3.1	DESENVOLVIMENTO DA METODOLOGIA .....	38
3.1.2	Análise Primária do Sistema de Vapor .....	38
3.1.2	Estruturação do Plano de Manutenção .....	42
3.1.2.1	Mapeamento, Identificação e Coleta de Dados .....	42
3.1.2.2	Definição das Técnicas de Manutenção .....	43
3.1.2.3	Criação dos Planos de Trabalho e Manutenção.....	46
3.1.2.4	Cadastro de <i>Spare Parts</i> .....	47

3.2	ANÁLISE E RESULTADOS.....	47
3.2.1	Inspeção Visual .....	48
3.2.2	Preditiva por Ultrassom .....	49
3.2.3	Preditiva por Termografia .....	51
3.2.4	Retorno de Condensado à Caldeira .....	53
3.2.5	Rendimento da Caldeira .....	56
<b>4</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>63</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>65</b>
	<b>APÊNDICE A .....</b>	<b>68</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A utilização de vapor como transmissor de energia não é uma novidade na história da humanidade, sendo um dos fatores protagonistas durante a Primeira Revolução Industrial, quando de fato, iniciou-se o uso da sua capacidade como vetor para movimentação de maquinários.

Atualmente, o vapor ainda é amplamente utilizado, principalmente no meio industrial, como fonte de geração, troca de calor, maceração, limpeza e até mesmo em sistemas de segurança de equipamentos. Entretanto, mesmo com a simplicidade de processo, fácil obtenção da matéria prima e baixo custo para a utilização dessa ferramenta, ainda há empresas que não usufruem dos benefícios trazidos por essa fonte de energia vinda da água – um dos recursos naturais mais abundantes do planeta (ELETROBRÁS, 2005).

Ao se optar pela a utilização do vapor, há vários fatores que devem ser levados em consideração. É necessário todo um projeto de caldeira, linhas de tubulações para o vapor e retorno de condensado.

Conseqüentemente, com a geração de vapor já em operação, é preciso manter esse sistema em pleno funcionamento através da manutenção. Neste momento, as empresas focam seus esforços apenas na conservação das caldeiras, devido seus riscos à segurança e assim, as linhas de vapor e condensado são esquecidas por não apresentarem problemas tão fáceis de detectar.

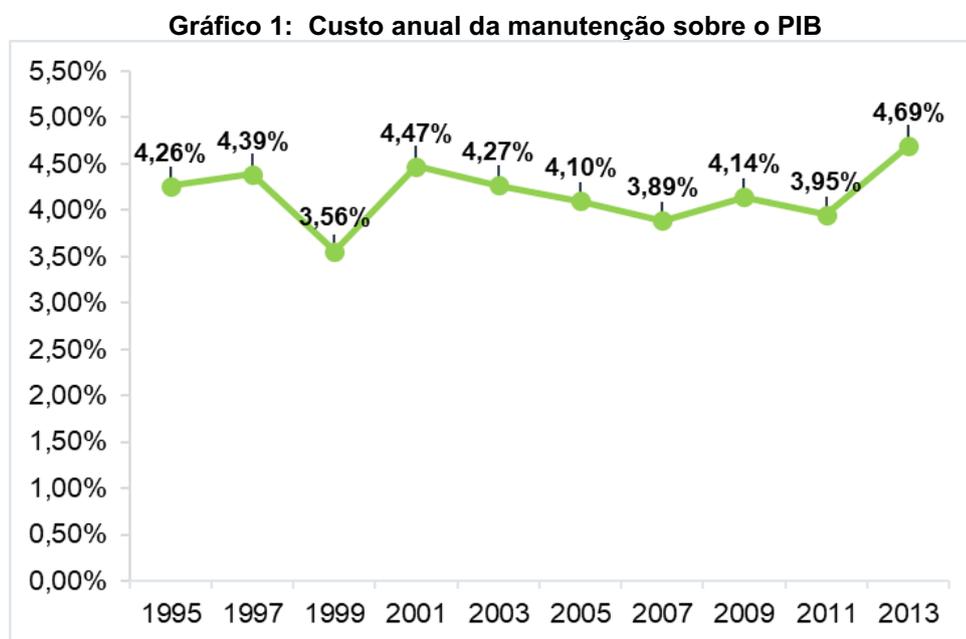
Ao considerar as linhas de vapor, é necessário levar em consideração todo o processo químico que estará envolvido, pois ao haver a troca de energia térmica com o processo, o vapor perderá temperatura, gerando um fator indesejável e que pode acarretar em redução de eficiência do vapor. Desta forma, as linhas de vapor são formadas por basicamente dois componentes: A tubulação em si e os purgadores de condensado.

O condensado, componente indesejado em linhas de vapor, é o líquido formado quando o vapor passa do estado gasoso para o estado líquido (TLV, 2021). Sabe-se que o vapor utilizado em processos para fazer o aquecimento de outros fluidos, perde uma parte da sua energia térmica, conhecido como calor latente, e sofre condensação, passando para a fase líquida, este por sua vez, possui calor sensível e pode reduzir a eficiência do vapor (SANTINI, 2017).

O purgador, conhecido também como *steam trap*, no meio industrial são componentes essenciais para qualquer sistema de aquecimento com vapor. Seu principal objetivo é a eliminação de condensado em tubulações que transportam vapor ou ar comprimido, eles também são responsáveis por remover o ar e outros gases não condensáveis que possam estar presentes no meio.

Dentro das indústrias, a manutenção é cada vez mais essencial nas estratégias operacionais das empresas, uma vez que a manutenção significa fazer o que for necessário para garantir o desempenho adequado das funções do equipamento e sua condição física (XENOS, 1998).

Além da importância da manutenção para a qualidade do produto acabado, segurança das pessoas no meio inserido e do meio ambiente, a manutenção tem grande impacto nos custos das empresas. Conforme Abramam (2013) explana, no gráfico 1 pode-se observar que em 2013, o gasto com manutenção chegou a 4,69% do PIB brasileiro. Esse valor mostra a importância considerável da manutenção no meio produtivo e que seus esforços podem trazer retornos financeiros ainda maiores.



Fonte: adaptado de ABRAMAN, 2013

Neste trabalho de conclusão de curso apresenta um estudo sobre manutenção em purgadores de linha de vapor, aplicado em uma empresa de grande porte no setor de grãos na região dos Campos Gerais, propondo a identificação

como ativos dentro da planta, técnicas de manutenção e frequências mais adequadas para os purgadores, com o objetivo de obter maior eficiência do vapor no processo e maior retorno de condensado para as caldeiras.

## 1.1 PROBLEMA

O trabalho trata de uma forma de reduzir gastos na produção de vapor e melhorar a eficiência das caldeiras e linhas de vapor, através das técnicas de manutenção em purgadores.

## 1.2 PREMISSA

Para um melhor rendimento do sistema de vapor das indústrias, torna-se necessário analisar diversos fatores que compõem todo o conjunto, sendo um dos principais, um plano de manutenção preventiva e preditiva dos purgadores.

## 1.3 JUSTIFICATIVA

Em grande parte das indústrias, há diversas perdas nos sistemas de produção de energia pelo o funcionamento incorreto e por não haver planos de inspeções para identifica-los. Ao considerar as linhas de vapor, os purgadores, na maioria das vezes, passam despercebidos pela a manutenção e acarretam grandes perdas. Portanto, faz-se necessário um plano de manutenção adequado para este contexto.

## 1.4 OBJETIVOS

### 1.4.1 Objetivo Geral

Propor uma metodologia de manutenção preventiva e preditiva a fim de elevar o retorno de condensado das linhas de vapor e aumentar o rendimento da caldeira

#### 1.4.2 Objetivos Específicos

- Aprofundar estudos sobre purgadores;
- Aprofundar estudos sobre manutenção preventiva e preditiva;
- Desenvolver e aplicar técnicas de mapeamento e manutenção em purgadores.

#### 1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente trabalho é constituído por pesquisas bibliográficas, partindo de buscas sobre os assuntos pertinentes através de livros, artigos, manuais, normas entre outros, analisando as principais ideias e aplicando-as como forma de citação, utilizando-se de base para auxiliar na elaboração da metodologia aplicada ao problema central do trabalho.

Primeiramente, estudaram-se os conceitos da utilização de vapor como fonte de energia dentro da indústria e os equipamentos que estão atrelados ao seu fornecimento, sendo como o principal tema de estudo os purgadores de condensado. Nessa etapa, são identificados os diferentes tipos de purgadores e as necessidades de manutenções nesse equipamento.

Em um segundo momento, é realizado um estudo sobre os diversos tipos de manutenções existentes e suas principais vantagens a fim de garantir uma melhor operação dos equipamentos, evitando perdas e variações nos processos industriais.

Como metodologia, foram aplicados os conceitos manutenção centrada em confiabilidade nos purgadores de uma indústria de processamento de milho, com o objetivo de melhorar o funcionamento do sistema e conseqüentemente, ter retorno financeiro.

Por fim, foram analisados os resultados num período de três meses posteriores ao fim da aplicação dos conceitos propostos, corroborando com o objetivo proposto no presente trabalho.

## 1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho é composto por cinco capítulos.

O primeiro capítulo traz a introdução do tema, juntamente do problema a ser considerado, premissa, justificativa e objetivos a serem compreendidos.

O segundo capítulo expõe o referencial teórico utilizado para apresentar o contexto sobre os principais parâmetros que envolvem o tema central do projeto a ser desenvolvido.

O terceiro capítulo apresenta a metodologia do projeto, definições de estratégias de mapeamento dos equipamentos e suas especificações, critérios utilizados para definição dos planos de manutenções e periodicidade de execução.

O quarto capítulo mostra os resultados e discussões sobre a metodologia implementada.

O quinto capítulo traz a conclusão do trabalho.

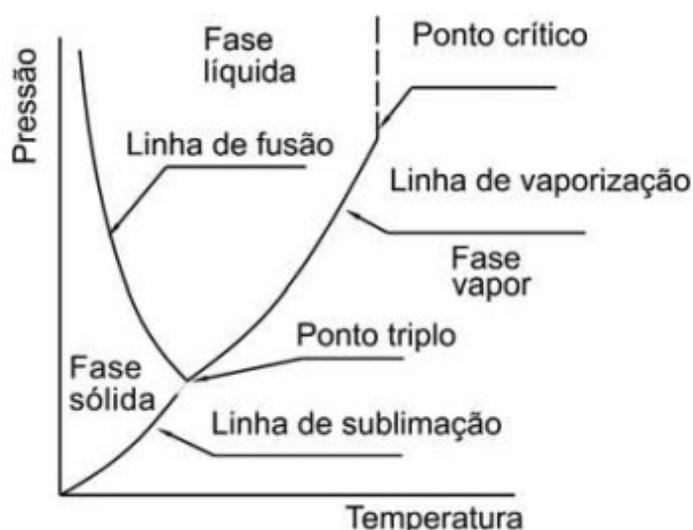
## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Para o desenvolvimento do tema proposto, é necessário fazer um resumo sobre os assuntos relacionados ao referido tema. Nesse referencial, serão apresentados alguns dos principais fatores.

### 2.1 VAPOR

Como mostra o gráfico 2, a água e outras diversas substâncias podem ser encontradas nos estados sólido (gelo), líquido (água) e gasoso (vapor). Ao fornecer calor à água, a mesma sofre uma alteração na quantidade de energia por Quilograma (Kg) de massa, esse fenômeno é conhecido como variação de entalpia. De forma sintética, o vapor d'água nada mais é que a união do elemento químico água com o elemento físico energia.

Gráfico 2: Relação de P-T sem escala da água e vapor



Fonte: Eletrobrás, 2005

A água em forma de vapor utilizada desde a Primeira Revolução Industrial como meio de transmissão de energia, marcou um período de grande importância para a história da humanidade. Atualmente, o vapor se tornou uma ferramenta flexível e versátil, tanto na indústria quanto nas residências, ele é utilizado das formas simples, como aparelhos de passar roupas ou até sistemas de calefação.

Dentro da indústria, o vapor possui uma grande importância pelos seus benefícios trazidos aos processos. Dados da Eletrobrás de 2005, cerca de 54% da demanda total de energia está associado ao vapor. Esse valor equivale a 20% da demanda total de energia do país, equivalente a 35 milhões de toneladas de petróleo. Isso se dá, pois, a água é uma substância relativamente barata, acessível, pouco agressiva quimicamente, pode ser manipulada de forma simples e com precisão (através de válvulas) e que consegue carregar grandes quantidades de energia.

Segundo dados das Eletrobrás (2005), 15 Kg de vapor contêm a energia de 1 Kg de óleo de combustível ou 3 Kg de lenha, além disso, dentro do processo do vapor ocorrem diversas mudanças de fases, tanto na vaporização quanto na condensação (processo de transformação do vapor em água líquida), o resultado desse processo é um elevado coeficiente de transferência térmica ocasionada pelas grandes variações de volume.

Portanto, o vapor possui características como:

- Alta densidade energética, ou seja, calor latente ( $>2.700\text{kJ/Kg}$ )
- Alta taxa de transferência de calor por unidade de área ( $>10.000\text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ )
- Baixo custo de produção (de 20 à 80 reais por tonelada)

Uma característica importante na utilização do vapor, é a definição de acordo com o dimensionamento do processo. Dentre os modos utilizados na indústria, encontra-se o vapor saturado e superaquecido.

O vapor saturado é amplamente utilizado na grande maioria dos processos de indústrias pois tem como a principal vantagem, manter a temperatura constante durante a condensação a pressão constante, podendo variar sua temperatura entre  $170^\circ\text{C}$  a  $350^\circ\text{C}$  em pressões consideradas baixas para a indústria. Como o objetivo desse trabalho está atrelado a essa aplicação, vale ressaltar que durante os processos onde há troca de calor, o vapor tende a gerar condensado que precisa ser drenado das linhas de vapor para que não reduza a eficiência do mesmo.

O vapor superaquecido é caracterizado por possuir elevada temperatura ao comparado com o vapor saturado, na faixa de  $400^\circ\text{C}$  a  $560^\circ\text{C}$ , ou seja, é necessário aquecer o vapor saturado e manter sua pressão inalterada. Geralmente é utilizado em complexos industriais de porte grande para realizar a movimentação de máquinas e geração de energia elétrica ou mecânica, portanto, há a necessidade

que o vapor esteja totalmente isento de gotículas de água, que podem causar a corrosão desses equipamentos metálicos.

Outro tipo de vapor presente nas linhas de vapor, é chamado de vapor *flash*. Este nome é dado para o vapor que é gerado a partir do condensado quente que sofre uma rápida redução na sua pressão, como no momento em que está saindo por um purgador. Este vapor não possui propriedades diferentes do vapor normal, é apenas uma forma de identifica-lo.

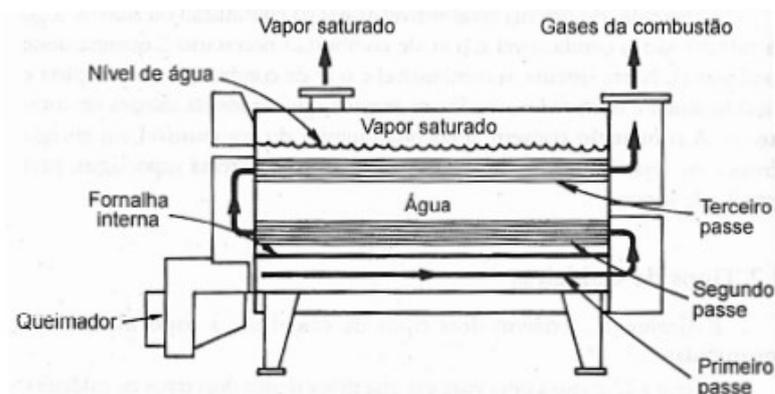
## 2.2 CALDEIRAS

Os mais importantes geradores de vapor são as chamadas caldeiras. Segundo a NR-13 (2014), caldeira consiste em uma estrutura metálica semelhante a um trocador de calor que opera com pressão superior a pressão atmosférica, produzindo vapor a partir da energia térmica fornecida de uma fonte qualquer, ar e fluido vaporizante. São equipamentos utilizados na indústria para diversas aplicações, como: acionamento de máquinas, geração de energia, aquecimento em processos industriais. Elas são divididas em basicamente dois grupos: flamotubulares e aquatubulares.

### 2.2.1 Caldeiras Flamotubulares

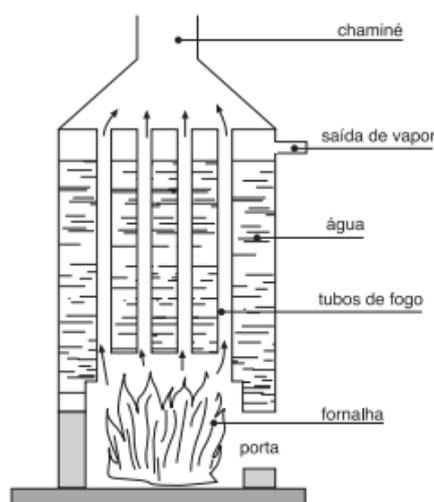
Caldeiras flamotubulares horizontais ou verticais, são construídas de forma que a água circule ao redor de diversos tubos montados em um corpo cilíndrico fechado nas extremidades por placas, conhecidas como espelhos (Bazzo, 1995). Conforme a figura 1 e 2, seu funcionamento consiste na queima de um combustível na área do queimador e transportar os gases gerados em dois ou mais passes (quanto maior o número de passagens dos gases pelos tubos, maior aproveitamento da energia acontecerá), através das tubulações da fornalha interna. A água armazenada ao redor desses tubos metálicos, realizará troca de calor, gerando o vapor.

**Figura 1: Representação esquemática de uma caldeira flamotubular de três passos**



Fonte: BEGA, 2003

**Figura 2: Caldeira flamotubular vertical**



Fonte: Eletrobrás, 2005

As caldeiras flamotubulares podem possuir em sua forma construtiva, a fornalha interna ou externa. As caldeiras com fornalha interna são projetadas para utilizar óleo ou gás natural como combustível. Conforme Bazzo (1995), esse modelo possui um bom rendimento, de aproximadamente 84%, entretanto, além de serem limitadas a pressões inferiores a 15 bar e produção de 15 ton/h de vapor saturado, essas caldeiras apresentam uma vulnerabilidade a riscos de explosão pois a pressão do vapor está diretamente sobre a estrutura da caldeira.

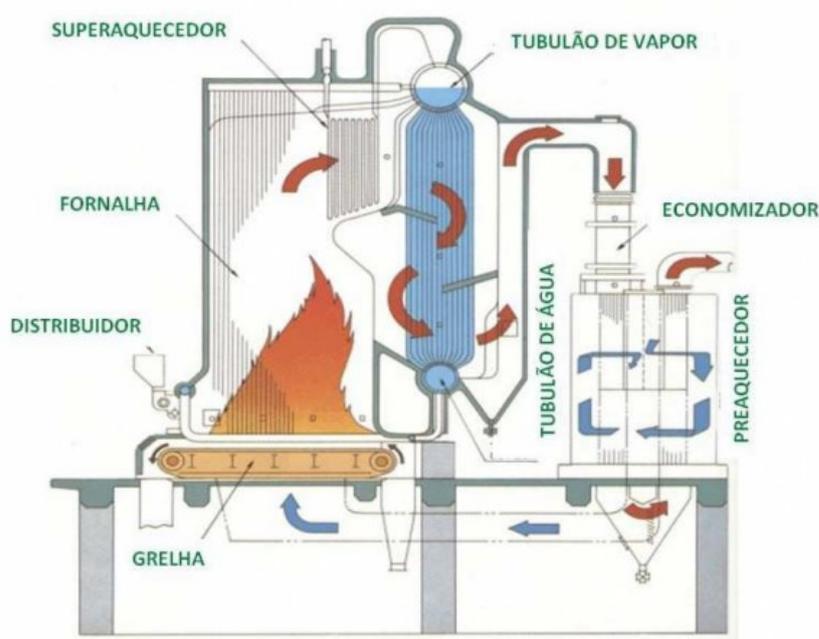
Por outro lado, há as caldeiras de fornalha externa que permitem a utilização de combustíveis sólidos, como carvão, bagaço de cana, cavacos de madeira, entre outros. Outro ponto positivo é a fornalha possuir paredes d'água, o que gera uma maior eficiência na queima dos combustíveis sólidos.

### 2.2.2 Caldeiras Aquatubulares

Segundo Bazzo (1995) somente foi possível alcançar maiores volumes de vapor com elevadas pressões e altas temperaturas, graças ao desenvolvimento desse tipo de caldeira.

Como mostra a figura 3, a fornalha fornece calor em direção ao superaquecedor, a água é evaporada no tubulão de água na parte central da estrutura fazendo com que o vapor suba para a parte superior, no tubulão de vapor, dando lugar à uma nova quantidade de água fria que será evaporada.

**Figura 3: Caldeira Aquatubular fixa vertical**



Fonte: Martinelli Jr, 2014

Esse tipo de funcionamento se dá pela diferença de peso específico entre a água ascendente e descendente, é característico das caldeiras com circulação natural.

Conforme há o aumento da capacidade de produção dessas caldeiras, conseqüentemente haverá o aumento da sua estrutura e quantidades de tubos, assim, o funcionamento por circulação natural não se torna possível decorrente das perdas do sistema hidráulico, sendo necessário a utilização de bombas. Nesses casos, a produção de vapor pode chegar em até 750 ton/h e com pressões de 150 a 200 kgf/cm<sup>2</sup> (ELETROBRÁS, 2005).

### 2.2.3 Rendimento e Eficiência das Caldeiras

Um fator importante ao se trabalhar com caldeiras, é que ao passar do tempo, estas sofrem deterioração e conseqüentemente, reduzem seu rendimento e eficiência (BEEINDIA, 2013). Desta forma, além da necessidade de utilizar combustíveis eficientes e realizar manutenções planejadas, torna-se necessário monitorar se as caldeiras estão funcionando em seu ponto ótimo.

Ao se falar de rendimento de caldeiras, deve-se considerar o combustível utilizado para geração do vapor. Assim, pode-se calcular a partir da equação 1 (BEEINDIA, 2013).

$$\text{Rendimento da caldeira} = \frac{\text{Quantidade de vapor gerado (Kg)}}{\text{Quantidade de combustível consumido (Kg)}} \quad (1)$$

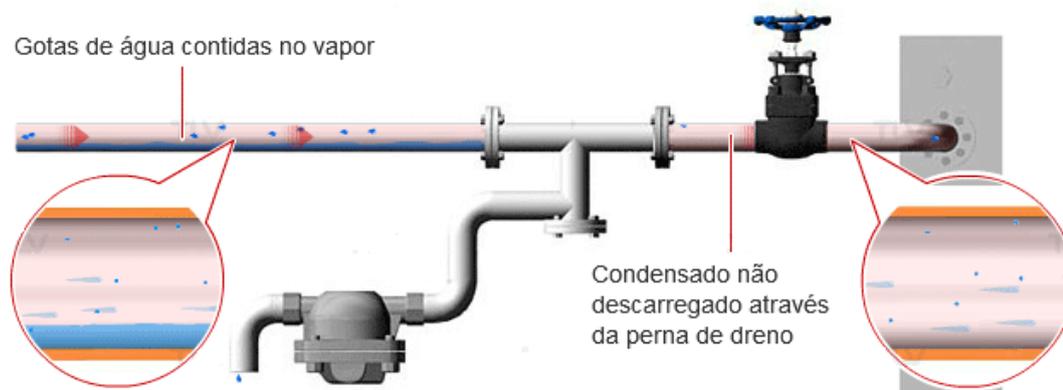
Enquanto isso, a eficiência da caldeira é definida como a conversão da energia contida no combustível necessária para produzir vapor. Logo, é possível calcular através do método direto, que este definido pela equação 2 (BEEINDIA, 2013).

$$\text{Eficiência} = \frac{\text{Vazão do vapor} \times (\text{Entalpia do vapor} - \text{Entalpia da água alimentada})}{\text{Vazão da alimentação de combustível} \times \text{Poder calorífico do combustível}} \quad (2)$$

## 2.3 PURGADORES

Como é mostrado na figura 4, no momento que o vapor sai da caldeira e é distribuído através das tubulações até os equipamentos, estes encontram-se em temperaturas frias ocasionando um diferencial de temperatura elevado entre o vapor e as partes metálicas. Conseqüentemente, ocorrerá uma troca de calor entre os meios que acarretará o aumento da velocidade de condensação e o surgimento de gotículas de água no sistema (SPIRAX, 2013).

**Figura 4: Representação de linha de vapor**



Fonte: TLV, 2021

Pensando nesse problema, as primeiras indústrias utilizavam válvulas manuais com a abertura de forma periódica ou deixando-a levemente aberta o tempo todo para drenar este condensado, entretanto, além de ser um processo incômodo, havia uma perda do vapor considerável nesse processo (TLV, 2021).

Assim, observando-se que a retirada desse condensado é essencial para acelerar o tempo de aquecimento, por volta de 1860 começaram a serem desenvolvidos os *steam traps*.

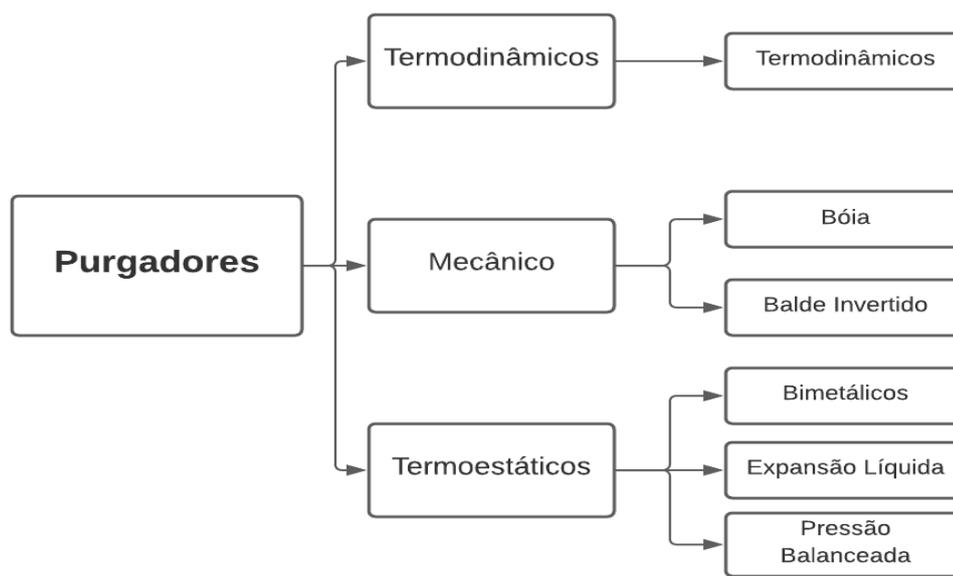
Segundo Marques (2012), purgadores, ou *steam traps*, são equipamentos automáticos que tem como separar e eliminar o condensado, ar e outros gases gerado nas linhas de vapor, mantendo o vapor em alta eficiência para ser usado nos equipamentos.

Além de fazer com que o vapor mantenha a eficiência desejada, os purgadores evitam outros malefícios trazidos pelo o condensado, como: golpes de aríete, diminuir possíveis corrosões nas paredes internas das tubulações e deter a redução da seção transversal de escoamento (SANTINI, 2017).

Seu funcionamento pode variar de acordo com o modelo de purgador escolhido pois não há um purgador universal, portanto, para as possíveis aplicações deve-se levar em consideração alguns parâmetros como: modo de escoamento, pressão de funcionamento, capacidade, entre outros (MARQUES, 2012). Desta forma, conforme mostrado na figura 5, de acordo com Spirax (2013), os purgadores são classificados em 3 principais grupos, sendo os purgadores termodinâmicos, que possuem apenas os purgadores termodinâmicos em seu subgrupo. O segundo grupo é classificado como purgadores mecânicos, estes que são divididos em 2

subgrupos, os purgadores de boia e balde invertido. E por fim, há os purgadores termostáticos, que são divididos em purgadores bimetálicos, expansão líquida e pressão balanceada. Todos estes purgadores, possuem um tipo de acionamento específico, utilizado de acordo com a aplicação apropriada.

**Figura 5: Tipos de purgadores**



**Fonte: Autoria própria**

Afim de enriquecer o conteúdo do deste trabalho, será apresentado os tipos de purgadores pertinentes ao desenvolvimento do trabalho, e aprofundado sobre suas características técnicas e etapas de funcionamento.

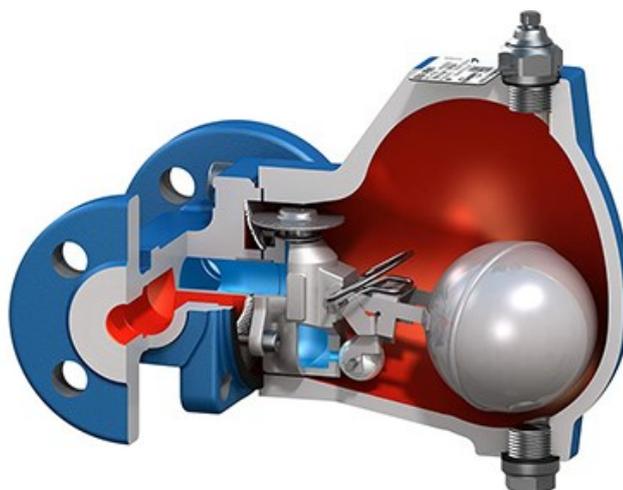
### 2.3.1 Purgadores Mecânicos

Os purgadores mecânicos utilizam como princípio de funcionamento, a diferença de densidade entre vapor e condensado. Essa diferença de densidade faz com o elemento mecânico composto no acionamento atue sobre o orifício de descarga (SPIRAX, 2013). Esse tipo de purgador é o modelo utilizado a mais tempo, sendo o purgador de boia o principal.

### 2.3.1.1 Purgador de Boia

No purgador de acionamento tipo boia, mostrado na figura 6, este é responsável pela comutação de abertura e fechamento da válvula que faz a drenagem do condensado de forma constante. Outra característica interessante desse tipo de purgador, é que ele possui um elemento termostático eliminador de ar (SPIRAX, 2013).

**Figura 6: Representação em corte do Purgador de boia**



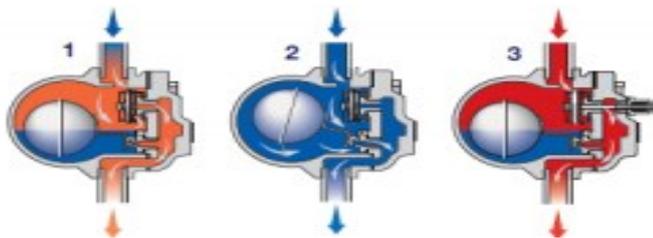
**Fonte: GESTRA, 2018**

A figura 7, mostra o princípio de funcionamento em 3 etapas desse purgador com o elemento termostático atuando. Conforme Marques (2012) explana, na figura 7.1 dá-se a primeira etapa, a abertura da válvula é feita de através da flutuação da boia, de acordo com o nível de condensado dentro do purgador. Como o purgador está resfriado devido a presença de ar, o elemento se mantém retraído, permitindo o fluxo de eliminação do ar. Nesse estágio, é possível observar a importância do elemento termostático, pois caso não houvesse este, o purgador ficaria travado devido a presença do ar.

No segundo estágio mostrado na figura 7.2, há a presença total do condensado em alta temperatura acumulado, que faz com que a boia flutue e controle a abertura da válvula, eliminando o condensado e também faz com que o elemento se expanda e ocorra o fechamento da saída de ar.

Por fim, o terceiro estágio apresentado na figura 7.3, se dá pelo início da presença do vapor e pela eliminação quase completa do condensado, fazendo com que a boia perca o nível e feche a válvula de saída.

**Figura 7: Etapas de funcionamento do purgador de boia**



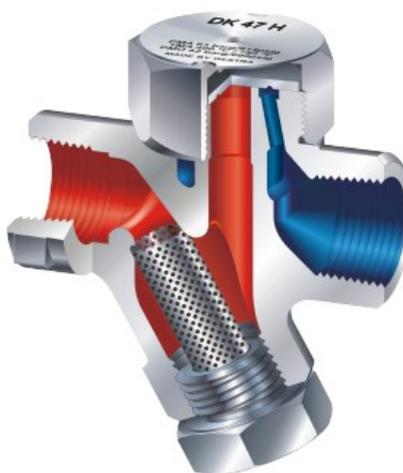
**Fonte: Marques, 2012**

A principal vantagem desse tipo de purgador, é sua forma de abertura semelhante a uma válvula de controle, permitindo a drenagem do condensado de forma contínua, independente das condições de vazão (SPIRAX, 2013).

### 2.3.2 Purgadores Termodinâmicos

Dentro dos purgadores especiais, o único integrante desse tipo de purgador são os purgadores termodinâmicos (Figura 8), que surgiram como uma opção aos purgadores termostático, pois estes possuem uma resposta lenta, gerando dificuldades para o sistema manter a temperatura ideal (MARQUES, 2012).

**Figura 8: Representação em corte do purgador termodinâmico com filtro**



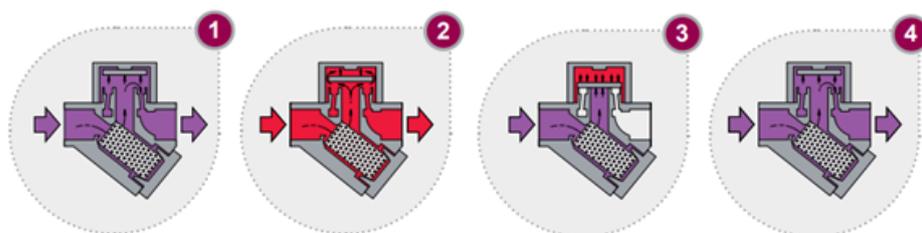
**Fonte: Gestra, 2018**

Spirax (2013) explica que esse tipo de purgador se baseia em três partes básicas: Corpo, tampa e disco e seu funcionamento é dado em quatro etapas.

A primeira etapa é mostrada na Figura 9.1, onde a pressão de entrada faz com que o disco se eleve, permitindo a passagem do ar e condensado. Na segunda

etapa, mostrada na figura 9.2, o purgador recebe o vapor em alta velocidade, que gera uma baixa pressão na parte inferior do disco, trazendo-o para a parte inferior da sede e realizando o fechamento do purgador, nesta etapa, é possível observar que há a perda de uma pequena quantidade de vapor até que haja o fechamento do purgador. Na terceira etapa, mostrada na figura 9.3, inicia-se o acúmulo de condensado na entrada do purgador, entretanto, ainda há a formação de vapor *flash* na parte superior, mantendo a parte superior do purgador pressurizada. Por fim, a figura 9.4 mostra a última etapa de funcionamento, onde ocorre a condensação do vapor *flash* existente, devido à troca térmica com a tampa do purgador, empurrando o disco para a parte superior da sede e realizando a liberação do condensado (MAQUES, 2012).

**Figura 9: Etapas de funcionamento do purgador termodinâmico**

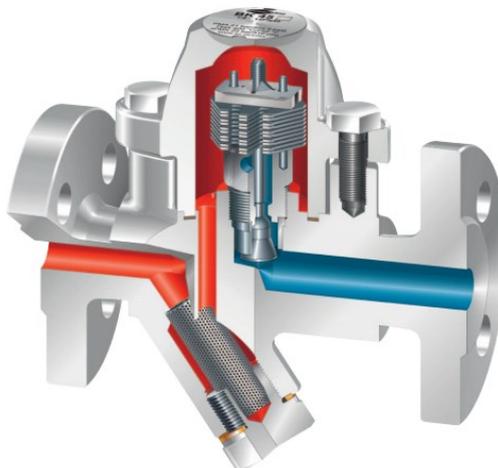


Fonte: Spirax, 2020

### 2.3.3 Purgadores termostáticos

Os purgadores termostáticos são excelentes na aplicação onde há grande quantidade de ar e elevado diferencial de pressão no sistema. Seu funcionamento é baseado na diferença de temperatura entre o vapor e o condensado, pois este é eliminado quando alcança uma temperatura abaixo da temperatura de saturação do vapor (MARQUES, 2012). Dentre os três modelos existentes, será explanado sobre o purgador termostático bimetálico, mostrado na figura 10:

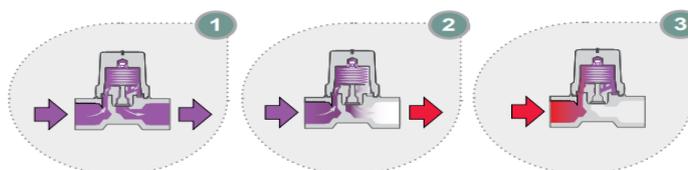
**Figura 10: Representação em corte do purgador termostático bimetalico**



Fonte: Gestra, 2018

Spirax (2020) explica o funcionamento deste purgador em 3 estágios. No primeiro estágio (Figura 11.1), o condensado frio e o ar entram no purgador. Como o elemento metálico está frio também, a válvula é aberta para purgar ambos os fluidos. No segundo estágio (Figura 11.2), o condensado quente passa pelo purgador e aquece o elemento bimetalico, fazendo com que ele puxe a válvula em direção a sede. Por fim, no terceiro estágio (Figura 11.3), à medida que o condensado quente é esvaziado e se aproxima da temperatura de saturação do vapor, ocorre o fechamento da válvula.

**Figura 11: Etapas de funcionamento do purgador termostático bimetalico**



Fonte: Spirax, 2020

## 2.4 ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO

Para Kardec e Nascif (2009), a engenharia de manutenção está alinhada a uma segunda mudança cultural nas práticas de manutenção e na rotina das atividades de inspeções, manutenções preventivas, preditivas, entre outros.

Conforme é mostrado na tabela 1, referente a aplicação de recursos em homem-hora (H.H) por tipo de manutenção, segundo dados da Associação Brasileira

de Manutenção (ABRAMAN, 2013), através dos anos a manutenção corretiva e preventiva se destacam com maiores índices de utilização, devido aos menores custos. Enquanto a manutenção preditiva, apresenta menores utilização devido ao seu alto custo inicial, porém ele é diluído ao longo de médio e longo prazo (OLIVEIRA, 2013).

**Tabela 1: Aplicação dos Recursos (H.H) por tipo de manutenção**

<b>Aplicação de Recursos da Manutenção (%)</b>				
<b>Ano</b>	<b>Manutenção Corretiva</b>	<b>Manutenção Preventiva</b>	<b>Manutenção Preditiva</b>	<b>Outros</b>
<b>2013</b>	30,86	36,55	18,82	13,77
<b>2011</b>	27,4	37,17	18,51	16,92
<b>2009</b>	26,69	40,41	17,81	15,09
<b>2007</b>	25,61	38,78	17,09	18,51
<b>2005</b>	32,11	39,03	16,48	12,38
<b>2003</b>	29,98	35,49	17,76	16,77
<b>2001</b>	28,05	35,67	18,87	17,41
<b>1999</b>	27,85	35,84	17,17	19,14
<b>1997</b>	25,53	28,75	18,54	27,18
<b>1995</b>	32,8	35	18,64	13,56
<b>H.H (Serviços de Manutenção) / H.H (Total de Trabalho)</b>				

**Fonte: Adaptado de ABRAMAN, 2013**

A engenharia de manutenção tem como principal objetivo, analisar as informações com base em históricos de relatórios dos equipamentos, extraídos em campo durante as manutenções, e através disso, propor alterações em busca da melhoria contínua. Kardec e Nascif (2009) relatam, que dentre as principais atribuições da engenharia de manutenção está o aumento de confiabilidade e disponibilidade, manutenibilidade e segurança, eliminar problemas crônicos, melhorar a capacitação da equipe de manutenção, elaborar planos de manutenção e de inspeção e fazer sua análise crítica, gerir materiais e sobressalentes e fazer acompanhamentos de indicadores.

## 2.5 TIPOS DE MANUTENÇÃO

Monchy (1987) explica que a manutenção dos equipamentos dentro da indústria, é um dos principais pontos para se obter alta produtividade e qualidade dos produtos finais. Assim, é de suma importância entender os desafios em que está inserido e desenvolver métodos que melhor se aplicam para cada situação.

A manutenção de máquinas, pode servir de comparação prática com a manutenção da saúde humana (MONCHY, 1987). Assim, no quadro 1 demonstra a analogia entre saúde humana e saúde das máquinas.

**Quadro 1: Analogia entre saúde humana x máquina**

<b>SAÚDE HUMANA</b>		<b>SAÚDE DA MÁQUINA</b>	
Conhecimento do homem	Nascimento	Entrada de operação	Conhecimento tecnológico
Conhecimento das doenças			Conhecimento dos modos de falha
Carnê de saúde	Longevidade	Durabilidade	Histórico
Dossiê médico			Dossiê da máquina
Diagnóstico, exame, vista médica	Boa saúde	Confiabilidade	Diagnóstico, perícia, inspeção
Conhecimento dos tratamentos			Conhecimento de ações curativas
Tratamento curativo	Morte	Sucata	Retirada do estado de pane, reparo
Operação			Renovação, modernização, troca
<b>MEDICINA</b>		<b>MANUTENÇÃO INDUSTRIAL</b>	

Fonte: Adaptado de Monchy, 1987

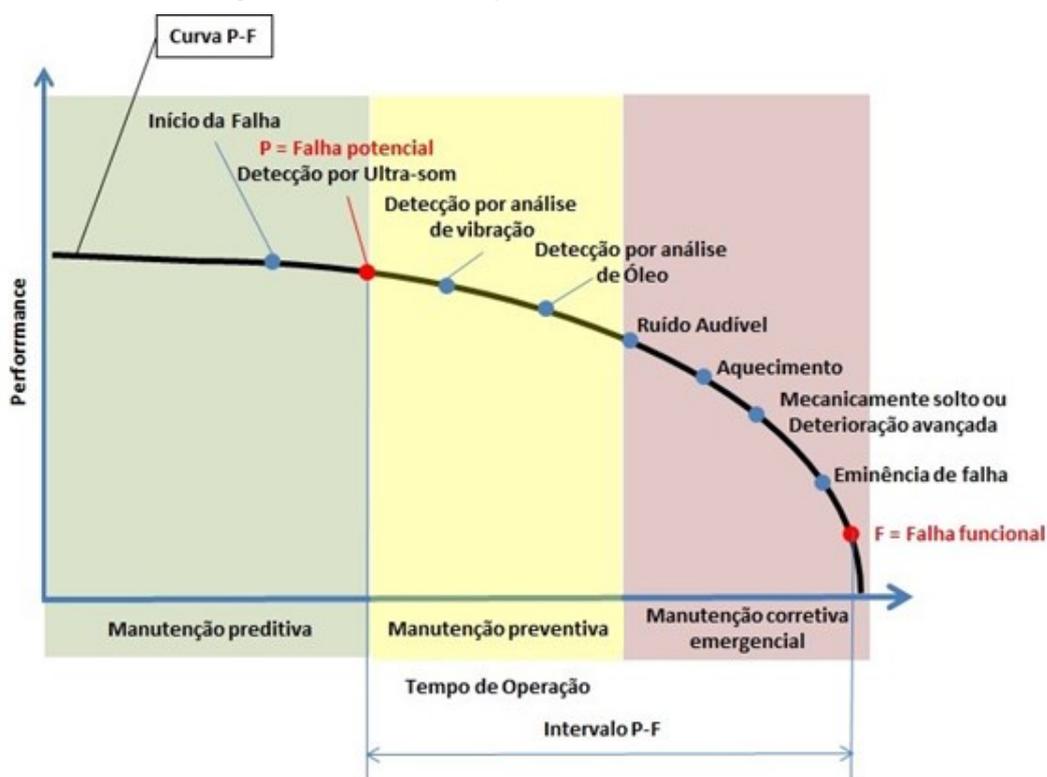
Desta forma, manutenção é definida como ações técnicas e administrativas afim de manter um equipamento ou item em pleno funcionamento, para que haja a capacidade de desempenhar sua função de forma correta (NBR 5462-1994). Assim,

Xenos (1998) cita que além de visar a melhor condição de trabalho dos equipamentos, é possível obter a melhora em produtividade, qualidade e redução de custos de manutenção, utilizando métodos de manutenção centrada na confiabilidade (MCC) que foram desenvolvidos ao longo dos anos.

Considerando alguns conceitos de MCC, que falam que a maioria das falhas apresentam algum tipo de aviso (KARDEC; NASCIF, 2009), a curva P-F da figura 12 representa a *performance* de um equipamento ao longo do tempo. O ponto de falha funcional, que se trata do início dos avisos de uma falha, até a falha propriamente dita, chamada de falha funcional, onde o equipamento já não consegue desempenhar a sua função da forma desejada.

Além dos pontos de falha, a curva P-F demonstra os principais tipos de manutenção, corretiva, preventiva e preditiva, e onde elas se encontram durante a vida útil do equipamento.

Figura 12: Representação da curva P-F



Fonte: Adaptado de Kardec e Nascif, 2009

Considerando que essas técnicas foram utilizadas para o desenvolvimento do trabalho, serão apresentados os principais métodos de manutenção citados na curva P-F.

### 2.5.1 Manutenção Corretiva

A manutenção corretiva ainda é muito utilizada na indústria, mesmo sendo a forma mais arcaica e obsoleta de manutenção. Ela se baseia na atuação imediatamente após a falha funcional do equipamento, não havendo planejamento e preparação antecipada para o trabalho (KARDEC; NASCIF, 2009).

Xenos (1998) destaca que considerando apenas os custos de manutenção, na maioria das vezes, a manutenção corretiva se torna mais barata do que prevenir as falhas nos equipamentos, devido aos investimentos necessários para se obter preventivas e preditivas de alta *performance* (equipamentos, treinamentos da equipe, etc...). Entretanto, ao se considerar perdas de disponibilidade de produção e qualidade dos produtos, o custo indireto à manutenção pode se elevar consideravelmente.

Além dos fatores citados, Kardec e Nascif (2009) ressalva que quebras inesperadas podem resultar em grandes catástrofes. Na maior parte dos processos indústrias, as fábricas precisam trabalhar com equipamentos em altas temperaturas, pressões, vazões e produtos altamente perigosos, ou seja, a falha dos equipamentos que estão expostos a essas condições podem acarretar em condições inseguras para a população de modo geral.

Portanto, a completa eliminação da manutenção de tipo corretiva se torna improvável, devido à alta quantidade de equipamentos e quantidade limitada de mão de obra, porém, é necessário utilizar técnicas para que se possa reduzir o máximo possível.

### 2.5.2 Manutenção Preventiva

O principal método para a prevenção de ocorrências de falhas, a manutenção preventiva atua de forma contrária a manutenção corretiva, atuando para evitar que ocorra a falha funcional, posteriormente à falha potencial (KARDEC; NASCIF, 2009). Esse tipo de manutenção, é a principal e mais utilizada nas empresas de médio e grande porte.

Para Gulati (2009), a manutenção preventiva é embasada em intervalos fixos de revisões, inspeções, lubrificação e substituição de peças e até mesmo limpeza. Desta forma, além de ter a missão de evitar quebras precoces, seu principal

objetivo é registrar a condição de saúde dos equipamentos, ou seja, requer visitas regulares da manutenção para registrar a condição dos ativos.

Xenos (1998) frisa que dentre as vantagens da manutenção preventiva frente a corretiva, está o aumento da eficiência e disponibilidade dos equipamentos, conseqüentemente, o aumento de produção, além da redução de quebras inesperadas.

Entretanto, alguns fatores devem ser levados em consideração no momento de montar um plano de manutenção preventivo eficaz, afinal, manutenções de grande porte precisam de planejamento eficiente, controle de sobressalente e uma equipe de manutenção com um bom conhecimento sobre os equipamentos, pois em algumas ocasiões, os fabricantes não disponibilizam todas as informações sobre os equipamentos (KARDEC; NASCIF, 2009).

Portanto, é necessário que não haja a negligência em todas as variantes acerca da manutenção preventiva, caso contrário, o trabalho preventivo mal feito poderá acarretar em falhas corretivas que poderão trazer prejuízos ainda maiores.

### 2.5.3 Manutenção Preditiva

Com o desenvolvimento do conhecimento e das tecnologias acerca dos equipamentos, houve também o desenvolvimento das técnicas de manutenção. Logo, a preditiva é a primeira quebra de paradigmas na manutenção (KARDEC; NASCIF, 2009).

Sifonte e Picknell (2017) explana que o conceito de manutenção preditiva é prever quando um possível sinal poderá se tornar uma falha potencial e funcional. Nesse caso, a preditiva atua principalmente na primeira divisão da curva P-F, acompanhando as variáveis e parâmetros das máquinas, sendo possível definir o melhor momento para realizar a intervenção, sendo esta intervenção diferente da manutenção corretiva pelo fato de o equipamento não apresentar a falha funcional.

Dentre as principais vantagens da preditiva, é a sua forma de utilização não intrusiva, ou seja, não se torna necessário a paralização dos equipamentos e linhas de produção para que possa ser feito um diagnóstico dos equipamentos, pois as medições são realizadas com o equipamento em operação (KARDEC; NASCIF, 2009).

Outros fatores que Kardec e Nascif (2009) aponta que é necessário ter algumas condições básicas para executar a manutenção preventiva: o maquinário e sistemas de controle e instrumentação devem permitir o monitoramento, além de que é preciso um alto investimento em equipamentos. Métodos que utilizam câmeras termográficas, aparelhos de ultrassom e vibração costumam a ter elevados preços para obtenção, entretanto, se a empresa possui condições de fazer esse investimento inicial, o *payback* e os benefícios, com os passar dos anos se tornam extremamente interessantes.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 DESENVOLVIMENTO DA METODOLOGIA

Alguns pontos observados que serviram de gatilho para a realização desse projeto, primeiramente foi a percepção de como era administrado as manutenções corretivas referente aos purgadores da fábrica. Nesse primeiro momento, a realização de manutenções só era feita em casos que o problema era visível, em locais com grande circulação de pessoas ou que impactavam diretamente os indicadores do processo, ou seja, apenas era identificado problemas referentes a grandes vazamentos de vapor e em casos de mal funcionamento interno do purgador que já estava em uma condição muito crítica e funcionando incorretamente por um longo período.

Um segundo ponto observado, foi referente a forma em que as informações eram registradas. No momento que era identificado o vazamento, era criada uma ordem de serviço (OS) descrevendo o problema, porém, no momento de preencher qual era o ativo que precisaria de manutenção, havia uma grande dificuldade em identificar o equipamento, sendo necessário utilizar de nomes alternativos, ou até mesmo de equipamentos que estavam próximo ao purgador. Assim, notou-se a falta de TAG para esses equipamentos.

Após a validação dos gatilhos, para iniciar o projeto de manutenção preventiva e preditiva em purgadores, foi necessário a contratação de uma empresa especializada em linhas de vapor. Dessa forma, poderá ser quantificado o número de purgadores que estavam com mal funcionamento, danificados e até mesmo subdimensionados.

##### 3.1.1 Análise primária do sistema de vapor

O primeiro passo na execução do projeto, foi a contratação de uma empresa especializada em análise de purgadores e linhas de vapor para quantificar as perdas no sistema. Nessa análise, os problemas identificados nos purgadores estão classificados como:

- OK: Purgador aprovado, funcionando perfeitamente, não havendo perda de vapor e nenhum depósito de condensado.
- Vazando: Purgador com defeito: Purgador com defeito, gerando perda de vapor.
- AC: Purgador alagado/represando, gerando acúmulo de condensado, causando deficiência térmica ao processo
- Frio: Purgador bloqueado ou trancado.
- Parado ou isolado: Purgador que não está em funcionamento por problemas ou pelo processo parado.

Considerando o alto número de purgadores, um total de 107 purgadores, em primeiro momento, a tabela 2 mostra apenas os purgadores que estavam com algum defeito e a quantidade de vapor perdida, se aplicável. E também, a empresa realizou uma identificação dos purgadores de forma genérica, criada fora do padrão utilizado.

**Tabela 2: Lista de purgadores com defeito**

Local de Instalação	Modelo de Purgador	Princípio de funcionamento	Fabricante	Resultado do teste	Perda de vapor (kg/h)
Purgador 001	DT 42F	Termodinâmico	Jucker	Vazando	2,0
Purgador 003	DT 42F	Termodinâmico	Jucker	Parado	N/A
Purgador 004	UNA 23	Boia	Gestra	AC	N/A
Purgador 005	UNA 23	Boia	Gestra	AC	N/A
Purgador 006	UNA 23	Boia	Gestra	Parado	N/A
Purgador 007	UNA 23	Boia	Gestra	Parado	N/A
Purgador 009	UNA 23	Boia	Gestra	Parado	N/A
Purgador 010	UNA 23	Boia	Gestra	Parado	N/A
Purgador 011	UNA 23	Boia	Gestra	Parado	N/A
Purgador 012	UNA 23	Boia	Gestra	Parado	N/A
Purgador 013	UNA 23	Boia	Gestra	Parado	N/A
Purgador 016	UNA 23	Boia	Gestra	Parado	N/A
Purgador 017	P-46S	Termodinâmico	TLV	Vazando	2,0
Purgador 018	TDS-52	Termodinâmico	Sarco	Vazando	3,0
Purgador 019	TDS-52	Termodinâmico	Sarco	Vazando	3,6
Purgador 020	TDS-52	Termodinâmico	Sarco	Vazando	4,0
Purgador 022	UNA 23	Boia	Boia	Vazando	3,6
Purgador 027	UNA 23	Boia	Boia	Vazando	3,6
Purgador 031	TDS-52	Termodinâmico	Sarco	Isolado	N/A
Purgador 032	TDS-52	Termodinâmico	Sarco	Isolado	N/A
Purgador 035	TDS-52	Termodinâmico	Sarco	Vazando	2,0
Purgador 037	UNA 23	Boia	Gestra	Vazando	3,6

Local de Instalação	Modelo de Purgador	Princípio de funcionamento	Fabricante	Resultado do teste	Perda de vapor (kg/h)
Purgador 038	TDS-52	Termodinâmico	Sarco	Vazando	3,6
Purgador 039	45.640	Termodinâmico	ARI	Vazando	3,6
Purgador 040	45.640	Termodinâmico	ARI	Vazando	2,0
Purgador 041	TDS-52	Termodinâmico	Sarco	Vazando	3,0
Purgador 043	TDS-52	Termodinâmico	Sarco	Frio	N/A
Purgador 046	DK 57	Termodinâmico	Gestra	Vazando	4,0
Purgador 048	TDS-52	Termodinâmico	Sarco	Vazando	2,0
Purgador 049	TDS-52	Termodinâmico	Sarco	Vazando	2,0
Purgador 050	TDS-52	Termodinâmico	Sarco	Frio	N/A
Purgador 055	UNA 23	Boia	Gestra	Vazando	3,6
Purgador 056	UNA 23	Boia	Gestra	AC	N/A
Purgador 058	TDS-52	Termodinâmico	Sarco	Vazando	2,0
Purgador 059	TDS-52	Termodinâmico	Sarco	Vazando	2,0
Purgador 060	PT-66	Termodinâmico	Sarco	Vazando	2,0
Purgador 061	TDS-52	Termodinâmico	Sarco	Vazando	3,6
Purgador 062	TDS-52	Termodinâmico	Sarco	Vazando	2,0
Purgador 063	TDS-52	Termodinâmico	Sarco	Vazando	3,0
Purgador 070	TDS-52	Termodinâmico	Sarco	Vazando	4,0
Purgador 071	MSDT-420	Termodinâmico	SF International	Vazando	2,0
Purgador 074	UNA 23	Boia	Gestra	Parado	N/A
Purgador 075	UNA 23	Boia	Gestra	Parado	N/A
Purgador 076	DK 57	Termodinâmico	Gestra	Vazando	3,6
Purgador 077	TDS-52	Termodinâmico	Sarco	Vazando	4,0
Purgador 078	TDS-52	Termodinâmico	Sarco	Vazando	4,0
Purgador 081	UNA 23	Boia	Gestra	Parado	N/A
Purgador 087	DT-301	Termodinâmico	SF International	Vazando	3,0
Purgador 089	PTD	Termodinâmico	Plasnox	Vazando	2,0
Purgador 090	CA-40	Termodinâmico	SF International	Vazando	2,0
Purgador 091	FT 14	Boia	Sarco	AC	N/A
Purgador 092	DK 47-H	Termodinâmico	Gestra	Vazando	4,0
Purgador 094	FT 14	Boia	Sarco	Frio	N/A
Purgador 095	TD-52	Termodinâmico	Sarco	Vazando	2,0
Purgador 096	PT-66	Termodinâmico	Sarco	Vazando	3,6
Purgador 099	BK 45	Termodinâmico	Gestra	Parado	N/A
Purgador 100	TDS-52	Termodinâmico	Sarco	Vazando	3,0
Purgador 101	DK 57-H	Termodinâmico	Gestra	Parado	N/A
Purgador 104	TDS-52	Termodinâmico	Sarco	Vazando	2,0
Purgador 105	FT 14	Boia	Sarco	AC	N/A

Fonte: Autoria propria

Após identificar um total de 60 purgadores que não estavam funcionando corretamente, estimou-se as perdas com vapor em um total de 105 Kg de vapor por hora. Assim, considerando que em 1 ano há 8760 horas e que há paradas de fábrica para manutenção e redução de produção, estimou-se que haverá perdas por um total de 8000 horas de operação. Como mostra na figura 13, considerando um custo de 90 reais por Quilograma para produção de vapor, calculou-se as perdas em reais.

**Figura 13: Resultados da análise primária**



**Fonte: Autoria própria**

Após estipulado o valor de R\$ 75.600,00 por ano, iniciou-se as próximas etapas do plano de manutenção dos purgadores.

### 3.1.2 Estruturação do plano de manutenção

A partir dos dados coletados, pode-se quantificar o número de purgadores apresentando algum problema. Desta forma, iniciou-se o processo de estruturação do plano de manutenção dos purgadores.

#### 3.1.2.1 Mapeamento, identificação e coleta de dados

Primeiramente, para que se possa realizar as inspeções e manutenções dos purgadores, é necessário ter a localização desses equipamentos, assim, com a equipe interna, realizou-se a ronda para mapear e instalar a identificação dos

purgadores. Além de executar os itens citados, aproveitou-se a oportunidade para fazer a coleta das informações técnicas dos purgadores, sendo elas:

- Modelo do purgador
- Fabricante
- Princípio de Funcionamento (Termodinâmico, Mecânico ou Termostático)
- Diâmetro Nominal do Purgador (mm)
- Pressão de Serviço (Kg/cm<sup>2</sup>)
- Contra Pressão (Kg/cm<sup>2</sup>)

Aproveitou-se também, para coletar algumas informações relevantes, como se há a instalação de filtros e se o purgador está instalado em um cavalete onde possui válvulas de *by-pass*.

Assim, foi contabilizado um total de 102 purgadores, na grande maioria dos modelos termodinâmicos e mecânicos (boia). Paralelamente, o modelo de identificação (*TAG*) foi utilizado de acordo com o padrão utilizado para o resto dos equipamentos, sendo a utilização de duas letras referentes ao nome do equipamento em inglês, neste caso, as letras utilizadas foram ST, seguido de 3 dígitos, onde o primeiro é referente a identificação a área em que está instalado e a sequência é para contagem dos equipamentos semelhantes.

A lista com todos os purgadores, *TAGs* e dados técnicos citados, estão no Apêndice A deste trabalho.

### 3.1.2.2 Definição das técnicas de manutenção

Para dar sequência ao início dos planos de manutenção, torna-se necessário definir as estratégias que serão utilizadas para identificar os problemas em purgadores.

Dentre as literaturas presentes, as técnicas utilizadas para planos de manutenção em purgadores são a inspeção visual, ultrassom e termografia. A seguir, serão explanados alguns pontos sobre estas e o que devem ser considerados dentro da rotina do executante.

## 1. Inspeção visual

A inspeção visual tem grande eficiência para detectar falhas em purgadores, sendo recomendada como avaliação inicial para um programa de preventivas e preditivas, não apenas em purgadores, mas também em grande parte de equipamentos.

Diante disto, no plano de trabalho dos planos de inspeções no *software* de manutenção, foram inseridas as seguintes instruções:

- **Avaliação de vazamentos:** Observar se há vazamentos pelo corpo, juntas ou válvulas dos purgadores.
- **Avaliação do funcionamento:** Fechar a válvula de saída do condensado para a linha e abrir a válvula de drenagem do cavalete do purgador e verificar se está havendo passagem de vapor vivo (transparente) indevida.

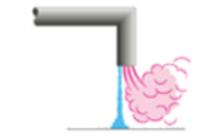
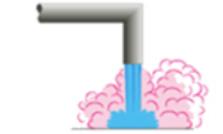
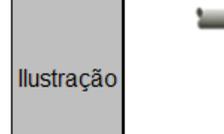
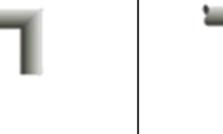
## 2. Ultrassom

Vapor e condensado passando através de um purgador produzem sons e vibrações, sendo o vapor um som de tom mais alto e o condensado de tom mais baixo. O mesmo vale para o mecanismo de abertura e fechamento deste equipamento. Quando o purgador estiver operando de forma incorreta, os sons serão diferentes do funcionamento normal (TLV, 2021).

Para realizar a análise por ultrassom, deve-se utilizar equipamentos apropriados com faixas de frequência entre 20k e 30k Hertz, podendo ser analisado pelo analista no momento da inspeção ou posteriormente, através dos gráficos dos sons coletados.

De forma a exemplificar os sons emitidos pelos purgadores, a figura 14 ilustra as possíveis situações que o purgador pode apresentar e o som emitido em cada caso.

**Figura 14: Ilustração resumida para inspeção em purgadores por ultrassom**

Purgador operando apropriadamente			
Ilustração			
Som	Quase sem som	Som similar a um apito	Apito mais forte
Purgador vazando			
Ilustração			
Som	Similar ao vazamento de ar comprimido	Similar ao vazamento de ar comprimido com um ligeiro apito	Apito mais forte
	Purgador frio (bloqueado)	Capacidade insuficiente	
Ilustração			
Som	Nenhum	Som bem baixo	

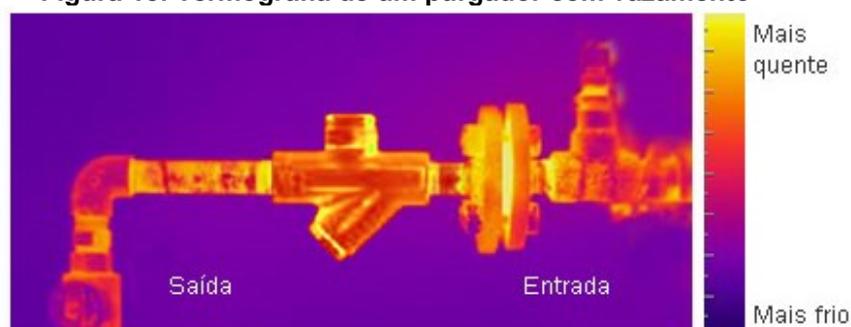
Fonte: Adaptado de TLV (2021)

### 3. Termografia

Juntamente ao ultrassom, a termografia é a técnica mais adequada para análise em purgadores, devido ao equipamento trabalhar com um mesmo elemento em estados físicos diferentes devido a variação de temperatura.

Ao se observar a figura 15, pode-se observar que a temperatura de entrada está semelhante à da saída e são temperaturas mais altas, ou seja, nesse caso está ocorrendo a passagem de vapor pelo purgador.

**Figura 15: Termografia de um purgador com vazamento**



Fonte: TLV (2021)

Além da detecção de passagem de vapor vivo pelo purgador de forma indevida, pode-se detectar problemas do purgador bloqueado. Para os purgadores termodinâmicos, o vapor não atinge temperaturas altas o suficiente para entrar na etapa de descarga, devido ao excesso de condensado na linha. Para purgadores de boia, a baixa temperatura pode indicar um purgador alagado ou que seu mecanismo interno está danificado.

### 3.1.2.3 Criação dos planos de trabalho e de manutenção

Após o mapeamento, identificação e coleta de dados dos purgadores em campo e a definição das estratégias de manutenção, realizou-se a etapa de cadastro das informações no sistema de manutenção. Estes sistemas, são *softwares* utilizados pelas empresas de forma a controlar e otimizar de forma eficiente as manutenções nos equipamentos. Além disso, esses sistemas conseguem armazenar o histórico de manutenções realizadas, o que se torna essencial para futuras estratégias de manutenção.

Para realizar o cadastro dos equipamentos, torna-se necessário o preenchimento de algumas informações, sendo:

- **Preenchimento da TAG:** Pode se considerar como o nome do equipamento, sendo este o meio para localizar o equipamento dentro do sistema.
- **Descrição:** Um resumo em poucas palavras de forma a auxiliar a identificação e localização do equipamento, podendo se colocar até algum ponto de referência.
- **Área de localização:** Local da fábrica onde se encontra o equipamento.
- **Ativo Pai:** Grande partes de equipamentos, como instrumentos de medição, estão instalados em algum ponto de um equipamento maior, como motores, secadores, silos. Assim, uma forma de facilitar a localização é relacionar o purgador a algum equipamento que está interligado a ele.

Após o cadastro de todos os equipamentos no sistema de manutenção, deve-se criar as rotas de manutenção. Considerando o alto número de purgadores, torna-se improvável a execução das inspeções e manutenções em um mesmo dia e/ou mesmo plano de manutenção. Desta forma, para otimizar as rotinas de inspeções,

separaram-se os purgadores em rotas, para que seja possível inspecionar o maior número de purgadores em um dia de trabalho, aproximadamente 8 horas.

À vista disso, estipulou-se a necessidade de aproximadamente 15 minutos para a realização da inspeção visual e manutenção preditiva em cada purgador. Assim sendo, é possível realizar a coleta de dados de até 32 purgadores em um dia.

É importante salientar que esses planos são para a realização de manutenção corretiva nos purgadores de forma programada. No caso de encontrar algum tipo de falha como: vazamento nas juntas do purgador, purgador com defeito e com necessidade de troca, entre outros, é necessário passar para o fluxo do PCM para a programação e manutenção pela a equipe técnica.

Por fim, estipulou-se a frequência mensal para a execução de 3 rotas de inspeção, sendo apresentado na tabela 3:

**Tabela 3: Rotinas de inspeções em purgadores**

Descrição da manutenção	Rota	Frequência	Setor	Duração
Inspeção de purgadores 1	PURG01	Mensal	SITE	8 horas
Inspeção de purgadores 2	PURG02	Mensal	SITE	8 horas
Inspeção de purgadores 3	PURG03	Mensal	SITE	8 horas

Fonte: Autoria própria

#### 3.1.2.4 Cadastro de *spare parts*

Considerando a grande quantidade de trocas necessárias nos conjuntos dos purgadores, cadastraram-se os seguintes em almoxarifado:

- Purgadores termodinâmicos modelo TDS-52 SpiraxSarco DN ½" e ¾".
- Kits de reparo: Acionamento mecânico para purgadores de boia DN 2".
- Válvulas esféricas para conjunto *by-pass*, DN ½", ¾" e 2".
- Material de grafite para confecção de juntas.

A escolha de cadastrar um purgador de modelo específico, tem como objetivo padronizar o modelo em toda a fábrica, visto que ao se olhar a relação de purgadores, há diversos modelos e marcas instaladas, o que se torna um aspecto de dificuldade ao ponto de vista da manutenção.

## 3.2 ANÁLISE E RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos após 3 meses de execução das inspeções e manutenções preventivas e preditivas. A fim de relatar

algumas evidências, serão apresentados também, defeitos relatados em inspeções visuais, preditiva por ultrassom e termografias em alguns purgadores.

### 3.2.1 INSPEÇÃO VISUAL

Ao realizar as inspeções visuais, foram constatados diversos pontos com problemas relativamente simples de serem resolvidos. Ao se considerar apenas as inspeções visuais, foram identificados diversos vazamentos pela a junta de grafite, devido ao desgaste do material em contato com o vapor em alta temperatura.

Dentre os tipos de falhas encontrados, pode-se observar nas figuras 16 e 17, respectivamente, que as válvulas de bloqueio estão totalmente fechadas e o purgador instalado de forma contrária ao fluxo do condensado, fazendo com que a drenagem do condensado naquele ponto da linha não fosse possível de acontecer, acarretando perdas de eficiência do vapor.

**Figura 16: Purgador bloqueado por válvulas**



Fonte: Autoria própria

**Figura 17: Purgador instalado ao contrário**



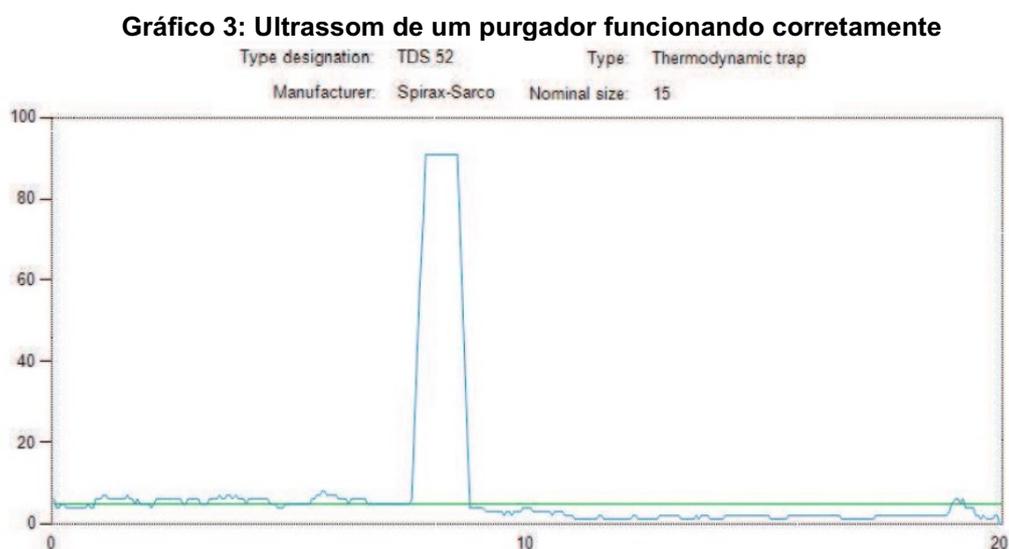
Fonte: Autoria própria

Como forma de correção para estes casos, foram reabertas as válvulas de bloqueio e feita a instalação do purgador de forma correta.

### 3.2.2 PREDITIVA POR ULTRASSOM

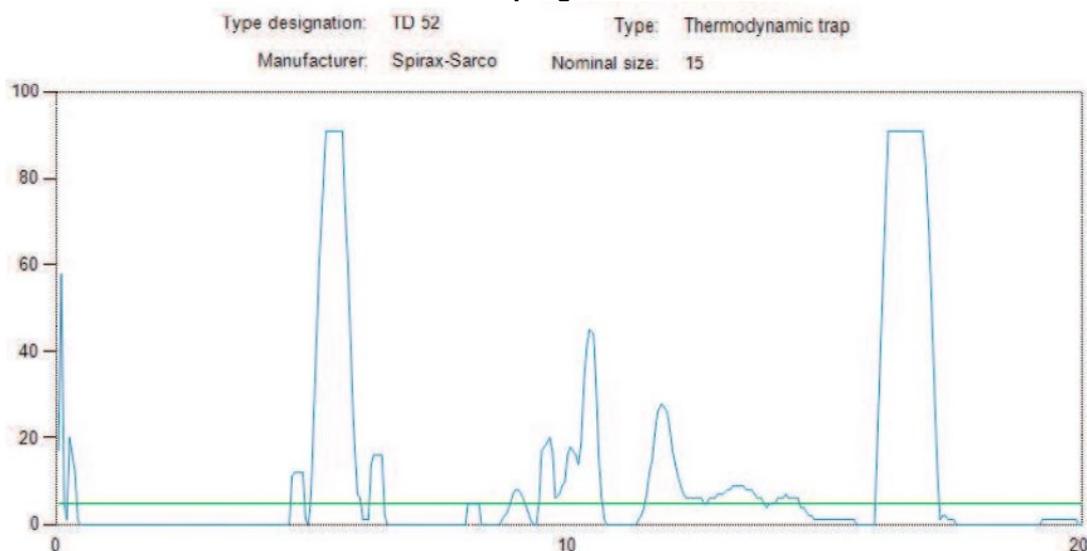
A coleta via ultrassom é realizada através do equipamento Traptest VKP-40, onde os dados são armazenados no equipamento e descarregados no *software* em um computador para fazer a análise. Neste tópico serão apresentados alguns resultados coletados.

Como forma de referenciar o padrão de funcionamento correto, o gráfico 3 mostra o funcionamento adequado de um purgador termodinâmico. Como abordado no subtópico 2.3.2, referente a purgadores termodinâmicos, este tipo de purgador possui uma etapa de descarregamento do condensado e no restante do tempo, devem ficar com o acionamento interno fechado. Para identificar esse fechamento no gráfico, o próprio *software* traça uma linha de referência no espectro de ultrassom, de acordo com as informações técnicas do purgador analisado. Esta linha, na cor azul, pode ser observada na parte inferior dos gráficos apresentados.



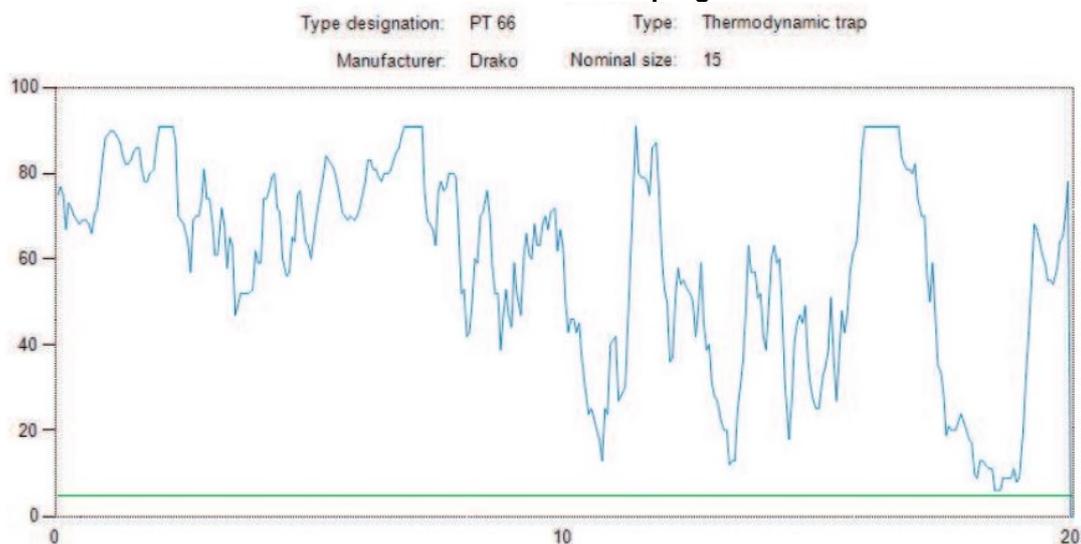
Fonte: Traptest VKP-40

O gráfico 4 apresenta um purgador TD 52 trabalhando de forma incorreta, fazendo aberturas do seu mecanismo diversas vezes de forma errônea.

**Gráfico 4: Ultrassom de um purgador funcionando incorretamente**

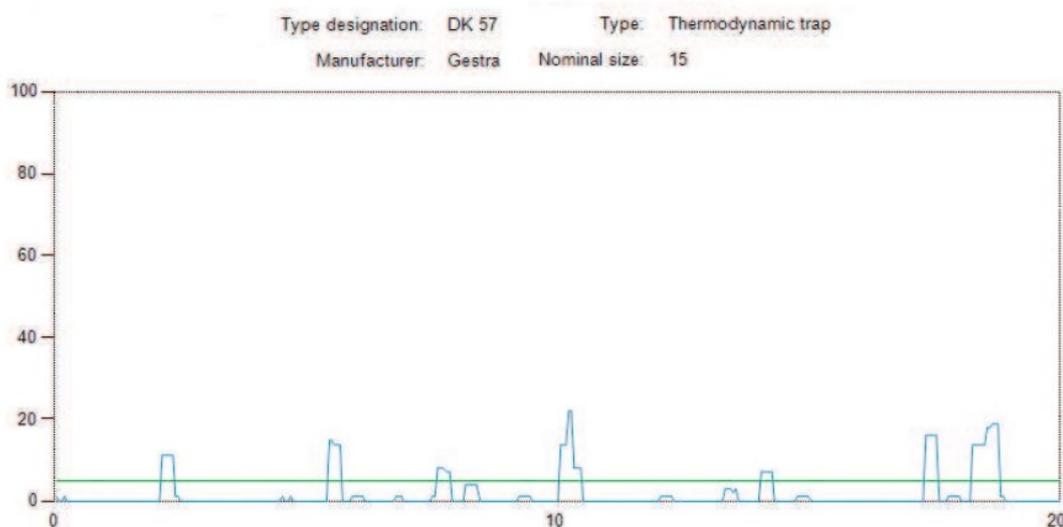
Fonte: Traptest VKP-40

O gráfico 5 apresenta um purgador PT-66 trabalhando totalmente aberto, podendo estar com o mecanismo de abertura travado ou com o tamanho da linha e purgador subdimensionado.

**Gráfico 5: Gráfico de ultrassom de um purgador com vazamento**

Fonte: Traptest VKP-40

O gráfico 6 apresenta um purgador DK 57 operando de forma incorreta. É possível observar que o purgador faz pequenas descargas sem um tempo padrão, expondo uma possível capacidade de descarga insuficiente.

**Gráfico 6: Ultrassom de um purgador com descarga insuficiente**

Fonte: Traptest VKP-40

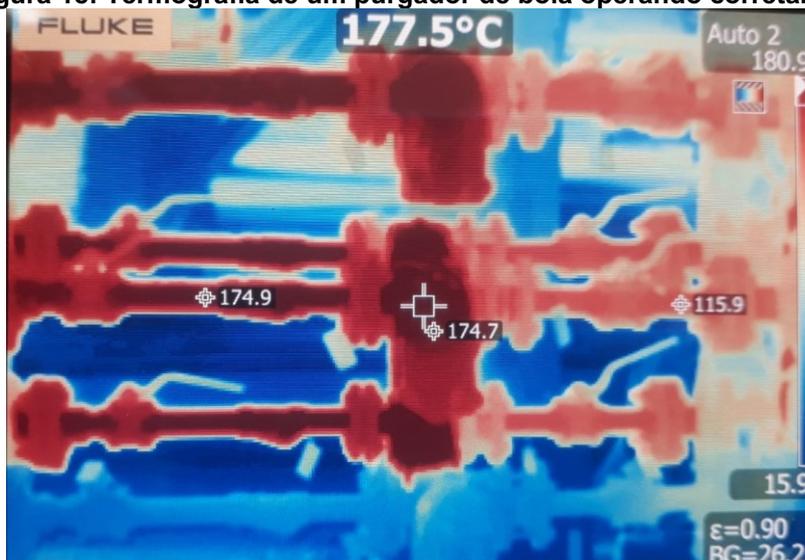
Já no caso de purgadores de boia, como seu princípio de funcionamento se dá como uma válvula de controle, eles não possuem um padrão gráfico, pois sua abertura se dá pelo o fluxo de condensado no momento.

### 3.2.3 PREDITIVA POR TERMOGRAFIA

A análise por termografia foi realizada com a utilização do equipamento Fluke TI400 PRO, apontando para o purgador e tendo a indicação da temperatura por toda a imagem. Caso seja necessário, é possível fotografar a imagem e descarregar para um computador. Neste tópico serão apresentadas algumas análises coletadas.

A figura 18 apresenta um purgador de boia funcionando corretamente, mesmo ao apresentar a temperatura de saída maior que 100°C, pois como há uma diferença de pressão da entrada para saída, há a formação de vapor *flash* junto ao condensado.

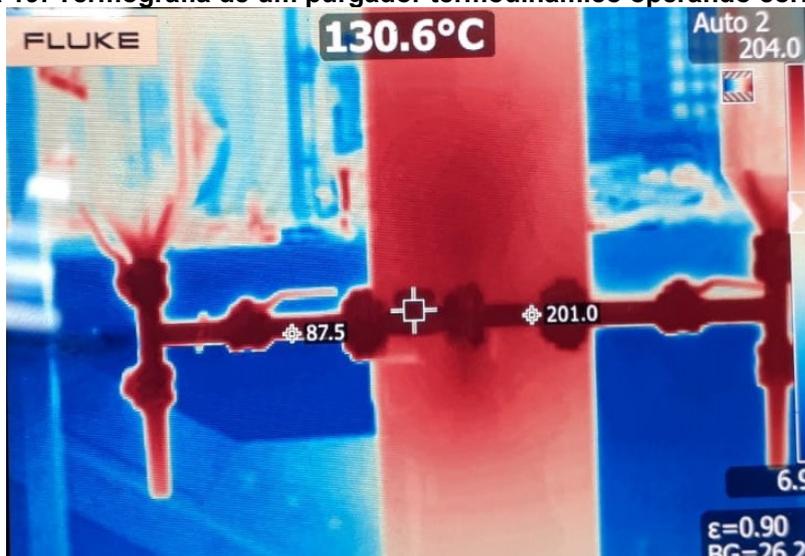
**Figura 18: Termografia de um purgador de boia operando corretamente**



Fonte: Fluke TI400 PRO

A figura 19 apresenta um purgador termodinâmico funcionando corretamente.

**Figura 19: Termografia de um purgador termodinâmico operando corretamente**



Fonte: Fluke TI400 PRO

A figura 20 apresenta o purgador de boia operando alagado gerando uma baixa temperatura na entrada e na saída do purgador, decorrente de uma contra pressão no sistema, fazendo com que haja o fluxo inverso do condensado, causando o alagamento.

Figura 20: Termografia de um purgador boia operando alagado



Fonte: Fluke TI400 PRO

A figura 21 apresenta um purgador termodinâmico com o seu acionamento travado, visto que está dando passagem de vapor devido à alta temperatura de entrada e saída.

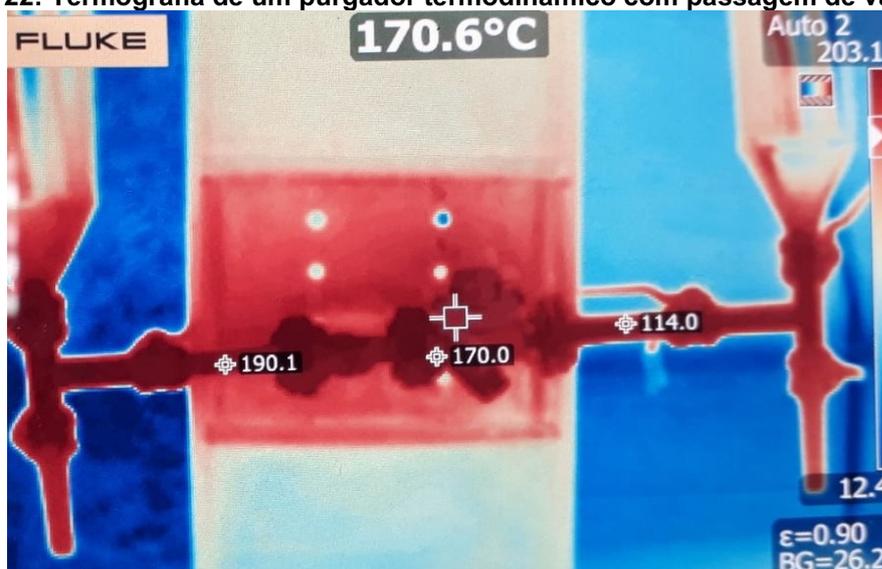
Figura 21: Termografia de um purgador termodinâmico com defeito



Fonte: Fluke TI400 PRO

A figura 22 apresenta um purgador termodinâmico operando de forma correta, entretanto, com passagem de vapor. Isto se dá pois o purgador termodinâmico utiliza do vapor no seu funcionamento, ou seja, há perdas intrínsecas ao seu funcionamento, que aumenta de acordo com o tempo.

Figura 22: Termografia de um purgador termodinâmico com passagem de vapor



Fonte: Fluke TI400 PRO

Portanto, ao apresentar alguns dos resultados encontrados através da termografia, é possível garantir que há a eficiência utilizando o método definido para encontrar problemas em purgadores.

### 3.2.4 RETORNO DE CONDENSADO À CALDEIRA

Ao analisar o retorno de condensado, utilizaram-se as informações coletadas através de um transmissor de vazão instalado na entrada do desaerador. Este equipamento é responsável por fazer o tratamento da água, retirando todos os gases não condensáveis presentes e enviar para a caldeira. Desta forma, é possível reduzir a corrosão no sistema da caldeira.

Para efeito de comparação, foram utilizados os dados de retorno de condensado dos 3 meses antecedentes ao início do plano de trabalho e os 3 meses após as manutenções. Desconsiderou-se as diferenças de época, devido ao fato de a fábrica funcionar 24 por dia, 7 dias da semana, e o tempo médio de paradas para manutenção por mês é semelhante para todos os meses do ano.

A tabela 4 apresenta a quantidade de vapor produzida, em toneladas, e a quantidade de retorno de condensado, em toneladas e porcentagem, referente aos meses de maio, junho e julho, obtendo um retorno de condensado em 57,73%, 59,57% e 60,43%, respectivamente.

**Tabela 4: Retorno de condensado nos meses de maio, junho e julho**

Data	Vapor (Kg)	Retorno de Condensado (Kg)	Retorno de Condensado (%)	Data	Vapor (Kg)	Retorno de Condensado (Kg)	Retorno de Condensado (%)	Data	Vapor (Kg)	Retorno de Condensado (Kg)	Retorno de Condensado (%)
01/05/20	1064,04	588,61	55,32%	01/06/20	1218,91	795,34	65,25%	01/07/20	884,44	539,65	61,02%
02/05/20	1181,59	687,57	58,19%	02/06/20	1061,06	616,50	58,10%	02/07/20	986,32	595,36	60,36%
03/05/20	1219,73	716,35	58,73%	03/06/20	1269,86	769,38	60,59%	03/07/20	790,16	486,21	61,53%
04/05/20	1191,48	703,18	59,02%	04/06/20	1110,33	644,38	58,04%	04/07/20	558,05	338,93	60,73%
05/05/20	1191,52	724,43	60,80%	05/06/20	1255,51	760,23	60,55%	05/07/20	1060,38	681,74	64,29%
06/05/20	990,14	567,35	57,30%	06/06/20	1245,8	767,18	61,58%	06/07/20	1184	725,90	61,33%
07/05/20	1122,85	710,62	63,29%	07/06/20	1205,23	742,79	61,63%	07/07/20	999,15	642,83	64,34%
08/05/20	1140,02	649,98	57,02%	08/06/20	1146,4	662,54	57,79%	08/07/20	991,42	616,66	62,20%
09/05/20	1169,22	290,80	24,87%	09/06/20	990,75	542,83	54,79%	09/07/20	867,4	488,67	56,34%
10/05/20	1173,92	728,48	62,06%	10/06/20	1058,55	597,38	56,43%	10/07/20	993,7	608,35	61,22%
11/05/20	1243,88	662,00	53,22%	11/06/20	1034,26	637,17	61,61%	11/07/20	870,96	495,58	56,90%
12/05/20	1093,82	512,48	46,85%	12/06/20	1093,91	602,58	55,08%	12/07/20	949,63	584,22	61,52%
13/05/20	1142,77	675,21	59,09%	13/06/20	1166,9	646,81	55,43%	13/07/20	819,14	468,06	57,14%
14/05/20	1167,91	617,41	52,86%	14/06/20	1196,6	754,72	63,07%	14/07/20	1034,03	594,27	57,47%
15/05/20	1047,18	542,46	51,80%	15/06/20	1223,79	703,97	57,52%	15/07/20	985,8	578,21	58,65%
16/05/20	1177,2	783,64	66,57%	16/06/20	1149,47	647,59	56,34%	16/07/20	873,25	558,39	63,94%
17/05/20	1200,27	751,56	62,62%	17/06/20	1017,96	540,33	53,08%	17/07/20	983	574,38	58,43%
18/05/20	1201,13	688,18	57,29%	18/06/20	1160,63	719,08	61,96%	18/07/20	1178,98	770,68	65,37%
19/05/20	1228,38	738,22	60,10%	19/06/20	991,45	571,00	57,59%	19/07/20	1195,63	746,99	62,48%
20/05/20	1062,13	676,97	63,74%	20/06/20	1255,38	655,32	52,20%	20/07/20	1219,8	762,16	62,48%
21/05/20	1191,56	731,72	61,41%	21/06/20	1244,29	803,20	64,55%	21/07/20	1274,58	758,95	59,54%
22/05/20	1091,84	677,78	62,08%	22/06/20	1213,15	763,34	62,92%	22/07/20	1249,51	722,93	57,86%
23/05/20	1023,41	620,46	60,63%	23/06/20	1237,51	769,97	62,22%	23/07/20	1232,37	777,05	63,05%
24/05/20	1231,74	789,67	64,11%	24/06/20	1172,48	719,83	61,39%	24/07/20	1269,88	757,47	59,65%
25/05/20	1099,65	582,60	52,98%	25/06/20	1196,6	715,91	59,83%	25/07/20	1148,23	674,68	58,76%
26/05/20	1171,45	746,85	63,75%	26/06/20	1225,02	787,79	64,31%	26/07/20	1066,85	653,97	61,30%
27/05/20	864,67	533,19	61,66%	27/06/20	1164,84	674,14	57,87%	27/07/20	1205,27	751,52	62,35%
28/05/20	1095,23	606,58	55,38%	28/06/20	1104,25	661,71	59,92%	28/07/20	1139,15	667,58	58,60%
29/05/20	1054,9	566,57	53,71%	29/06/20	1136,46	733,25	64,52%	29/07/20	1206,03	697,02	57,79%
30/05/20	1073,59	646,81	60,25%	30/06/20	1191,66	724,83	60,83%	30/07/20	1359,32	800,08	58,86%
31/05/20	1196,28	752,25	62,88%					31/07/20	1300,401	751,53	57,79%
<b>Total</b>	<b>35103,5</b>	<b>20269,99</b>	<b>57,73%</b>	<b>Total</b>	<b>34739,01</b>	<b>20731,11</b>	<b>59,57%</b>	<b>Total</b>	<b>32876,37</b>	<b>19870,01</b>	<b>60,43%</b>

**Fonte: Autoria própria**

A tabela 5 apresenta o retorno de condensado durante os meses de setembro, outubro e novembro, sendo estes após a implementação do plano de manutenção.

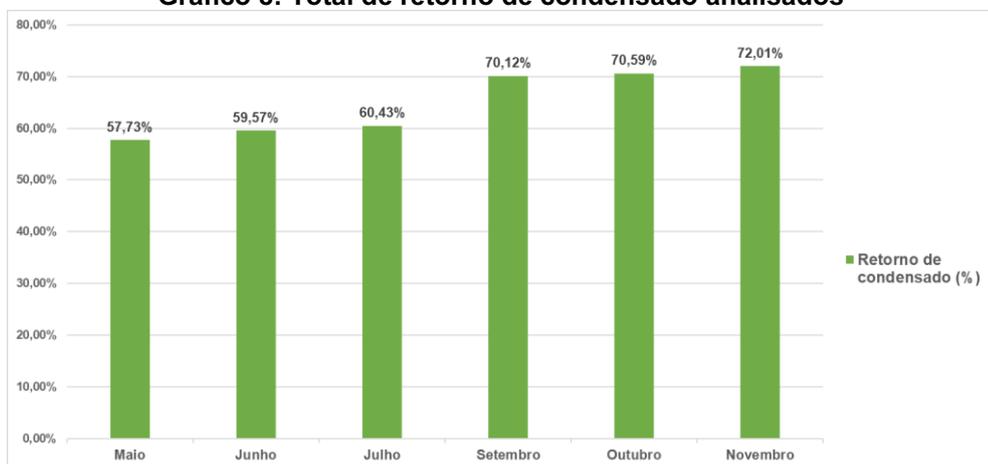
Tabela 5: Retorno de condensado nos meses de setembro, outubro e novembro

Data	Vapor (Kg)	Retorno de Condensado (Kg)	Retorno de Condensado (%)	Data	Vapor (Ton)	Retorno de Condensado (ton)	Retorno de Condensado (%)	Data	Vapor (Ton)	Retorno de Condensado (ton)	Retorno de Condensado (%)
01/09/20	1221,22	845,22	69,21%	01/10/20	1300,41	923,98	71,05%	01/11/20	1050,97	751,16	71,47%
02/09/20	1248,71	883,20	70,73%	02/10/20	1264,44	842,62	66,64%	02/11/20	1165,25	779,55	66,90%
03/09/20	867,41	614,23	70,81%	03/10/20	1152,15	781,48	67,83%	03/11/20	1255,71	904,75	72,05%
04/09/20	1212,29	833,68	68,77%	04/10/20	1303,33	887,47	68,09%	04/11/20	1245,89	844,69	67,80%
05/09/20	1248,15	830,33	66,53%	05/10/20	1161,3	807,61	69,54%	05/11/20	1175,87	792,65	67,41%
06/09/20	1312,21	928,58	70,76%	06/10/20	1189,09	876,84	73,74%	06/11/20	927,17	691,34	74,56%
07/09/20	1238,15	833,74	67,34%	07/10/20	1286,16	890,28	69,22%	07/11/20	1294,57	928,63	71,73%
08/09/20	1212,02	865,76	71,43%	08/10/20	1204,26	798,45	66,30%	08/11/20	986,58	700,68	71,02%
09/09/20	1249,12	853,77	68,35%	09/10/20	823,09	603,79	73,36%	09/11/20	1309,58	900,41	68,76%
10/09/20	1230,08	819,71	66,64%	10/10/20	465,09	308,54	66,34%	10/11/20	1281,62	1014,74	79,18%
11/09/20	970,69	678,73	69,92%	11/10/20	1212,62	797,06	65,73%	11/11/20	1272,06	985,62	77,48%
12/09/20	1220,42	847,76	69,46%	12/10/20	1212,14	815,48	67,28%	12/11/20	1155,95	829,41	71,75%
13/09/20	1253,72	898,18	71,64%	13/10/20	1139,35	837,25	73,49%	13/11/20	1279,98	952,41	74,41%
14/09/20	1300,95	917,02	70,49%	14/10/20	1123,43	733,75	65,31%	14/11/20	1232,68	852,95	69,19%
15/09/20	1301,52	983,64	75,58%	15/10/20	881,18	615,69	69,87%	15/11/20	1169,4	818,89	70,03%
16/09/20	1217,83	850,99	69,88%	16/10/20	1204,45	883,05	73,32%	16/11/20	995,16	719,51	72,30%
17/09/20	1244,16	864,47	69,48%	17/10/20	1020,11	806,09	79,02%	17/11/20	1206,37	909,12	75,36%
18/09/20	1071,49	759,84	70,91%	18/10/20	1148,3	886,23	77,18%	18/11/20	1177,11	852,62	72,43%
19/09/20	1239,09	864,03	69,73%	19/10/20	1082,37	771,13	71,24%	19/11/20	1114,73	835,02	74,91%
20/09/20	1175,42	823,68	70,08%	20/10/20	1067,62	871,80	81,66%	20/11/20	1326,54	950,32	71,64%
21/09/20	1222,97	899,18	73,52%	21/10/20	1015,96	697,21	68,63%	21/11/20	1284,44	938,34	73,05%
22/09/20	1258,02	881,96	70,11%	22/10/20	1062,42	741,42	69,79%	22/11/20	1157,96	816,38	70,50%
23/09/20	1244,43	894,68	71,89%	23/10/20	969,84	760,75	78,44%	23/11/20	616,78	471,70	76,48%
24/09/20	1252,33	855,31	68,30%	24/10/20	1117,24	801,33	71,72%	24/11/20	1272,18	916,14	72,01%
25/09/20	1086,18	742,23	68,33%	25/10/20	1059,77	775,68	73,19%	25/11/20	1137,41	819,29	72,03%
26/09/20	497,32	354,51	71,29%	26/10/20	1160,17	796,07	68,62%	26/11/20	1248,28	860,63	68,95%
27/09/20	973,04	690,93	71,01%	27/10/20	1190,1	832,83	69,98%	27/11/20	1082,46	785,92	72,61%
28/09/20	1248,28	867,21	69,47%	28/10/20	1080,71	714,31	66,10%	28/11/20	1192,83	889,65	74,58%
29/09/20	1210,66	847,07	69,97%	29/10/20	1062,47	723,44	68,09%	29/11/20	1194,37	860,21	72,02%
30/09/20	1290,21	926,64	71,82%	30/10/20	1178,61	805,79	68,37%	30/11/20	1323,11	896,12	67,73%
				31/10/20	1225,38	845,90	69,03%				
<b>Total</b>	<b>35318,09</b>	<b>24756,30</b>	<b>70,12%</b>	<b>Total</b>	<b>34363,56</b>	<b>24233,33</b>	<b>70,59%</b>	<b>Total</b>	<b>35133,01</b>	<b>25268,87</b>	<b>72,01%</b>

Fonte: Autoria própria

O gráfico 8 apresenta um comparativo entre os meses considerados para análise. Ao observar os dados, houve um aumento significativo de aproximadamente 10% no aumento de retorno de condensado.

Gráfico 8: Total de retorno de condensado analisados



Fonte: Autoria própria

### 3.2.5 RENDIMENTO DA CALDEIRA

Ao se analisar os impactos gerados ao sistema de produção de vapor, o condensado está atrelado principalmente ao rendimento da caldeira. Ao elevar a quantidade de retorno do condensado à geração de vapor, há a redução de consumo de combustível para o aquecimento da água, pois o condensado chega à caldeira em uma temperatura próxima a de vaporização (70 à 90°C), enquanto a água de alimentação da caldeira, chega na caldeira a uma temperatura entre 10 e 30°C.

Portanto, para o cálculo de rendimento da caldeira foi utilizado a equação (1), apresentada no capítulo 2. A relação da fórmula se dá pela a quantidade de vapor gerado, em toneladas, sobre a quantidade de combustível utilizado na caldeira, também em toneladas, obtendo-se um valor adimensional. Essa relação, o objetivo é alcançar um resultado o mais próximo de 1, ou seja, produzir a mesma quantidade de vapor pela mesma quantidade de consumo de combustível.

É importante ressaltar que o tipo de combustível utilizado para alimentação da caldeira também afeta o rendimento da caldeira. Como a caldeira analisada utiliza cavaco de madeira, seu rendimento tende a ser menor que, por exemplo, uma caldeira à gás, já que esta utiliza um material sólido e menos eficiente no processo de queima.

Logo, para fazer a análise da quantidade de condensado retornado para a caldeira, utilizou-se a coleta de dados extraídos do sistema de automação da produção de vapor e do consumo de cavaco diário. Os dados para comparação foram retirados dos mesmos meses referentes ao retorno de condensado.

A tabela 6 mostra os valores diários de produção de vapor e consumo de cavaco da caldeira durante os meses de maio, junho e julho, respectivamente.

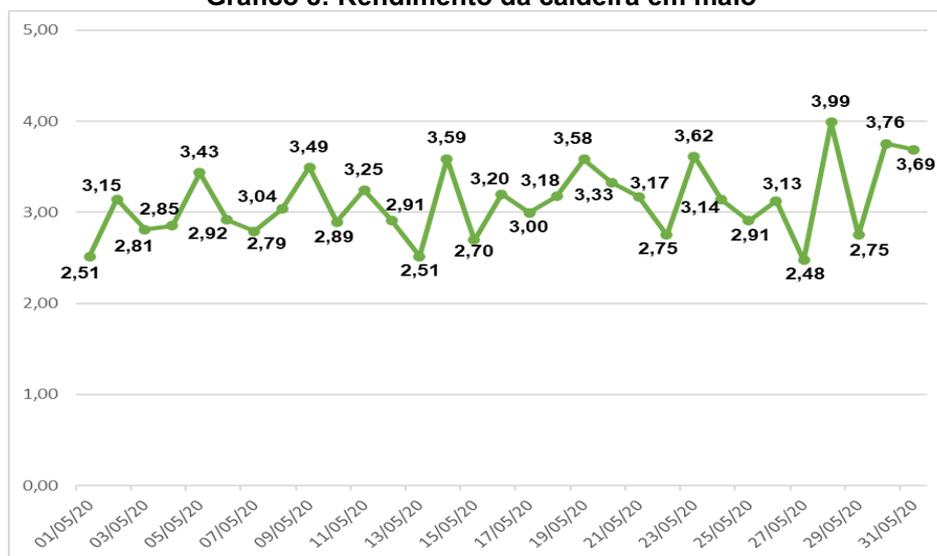
Tabela 6: Consumo de cavaco e geração de vapor em maio, junho e julho

Data	Consumo (Kg)	Vapor (Kg)	Data	Consumo (Kg)	Vapor (Kg)	Data	Consumo (Kg)	Vapor (Kg)
01/05/20	423,18	1064,04	01/06/20	425,66	1218,91	01/07/20	345,62	884,44
02/05/20	375,58	1181,59	02/06/20	355,26	1061,06	02/07/20	349,74	986,32
03/05/20	434,14	1219,73	03/06/20	361,5	1269,86	03/07/20	313,3	790,16
04/05/20	417,44	1191,48	04/06/20	366,62	1110,33	04/07/20	308,34	558,05
05/05/20	346,96	1191,52	05/06/20	333,98	1255,51	05/07/20	356,32	1060,38
06/05/20	339,42	990,14	06/06/20	395,84	1245,8	06/07/20	326,66	1184
07/05/20	401,98	1122,85	07/06/20	377,92	1205,23	07/07/20	356,08	999,15
08/05/20	375,3	1140,02	08/06/20	340,68	1146,4	08/07/20	335,68	991,42
09/05/20	334,6	1169,22	09/06/20	357,82	990,75	09/07/20	299,28	867,4
10/05/20	405,78	1173,92	10/06/20	377,62	1058,55	10/07/20	274,96	993,7
11/05/20	383,32	1243,88	11/06/20	352,92	1034,26	11/07/20	301,8	870,96
12/05/20	375,66	1093,82	12/06/20	398,66	1093,91	12/07/20	356,9	949,63
13/05/20	454,6	1142,77	13/06/20	405,14	1166,9	13/07/20	330,42	819,14
14/05/20	325,32	1167,91	14/06/20	399,64	1196,6	14/07/20	373,14	1034,03
15/05/20	388,44	1047,18	15/06/20	405,18	1223,79	15/07/20	260,84	985,8
16/05/20	367,66	1177,2	16/06/20	392,12	1149,47	16/07/20	299,52	873,25
17/05/20	400,36	1200,27	17/06/20	376,9	1017,96	17/07/20	320,68	983
18/05/20	378,01	1201,13	18/06/20	353,54	1160,63	18/07/20	313,34	1178,98
19/05/20	342,94	1228,38	19/06/20	362,18	991,45	19/07/20	315,6	1195,63
20/05/20	319,26	1062,13	20/06/20	365,66	1255,38	20/07/20	351,64	1219,8
21/05/20	375,52	1191,56	21/06/20	363,56	1244,29	21/07/20	371,14	1274,58
22/05/20	396,58	1091,84	22/06/20	342,98	1213,15	22/07/20	315,3	1249,51
23/05/20	283,1	1023,41	23/06/20	384,62	1237,51	23/07/20	311,62	1232,37
24/05/20	392,2	1231,74	24/06/20	367,96	1172,48	24/07/20	347,8	1269,88
25/05/20	378,24	1099,65	25/06/20	381,66	1196,6	25/07/20	338,78	1148,23
26/05/20	374,54	1171,45	26/06/20	390,38	1225,02	26/07/20	318,9	1066,85
27/05/20	349,22	864,67	27/06/20	325,68	1164,84	27/07/20	328,98	1205,27
28/05/20	274,37	1095,23	28/06/20	369,14	1104,25	28/07/20	323,88	1139,15
29/05/20	383,52	1054,9	29/06/20	342,42	1136,46	29/07/20	380,38	1206,03
30/05/20	285,86	1073,59	30/06/20	379,6	1191,66	30/07/20	329,34	1359,32
31/05/20	324,16	1196,28				31/07/20	331,86	1300,401
<b>Total</b>	<b>11407,26</b>	<b>35103,5</b>	<b>Total</b>	<b>11152,84</b>	<b>34739,01</b>	<b>Total</b>	<b>10187,84</b>	<b>32876,37</b>

Fonte: Autoria própria

Os gráficos 8, 9 e 10 apresentam os valores de rendimento diário da caldeira.

Gráfico 8: Rendimento da caldeira em maio



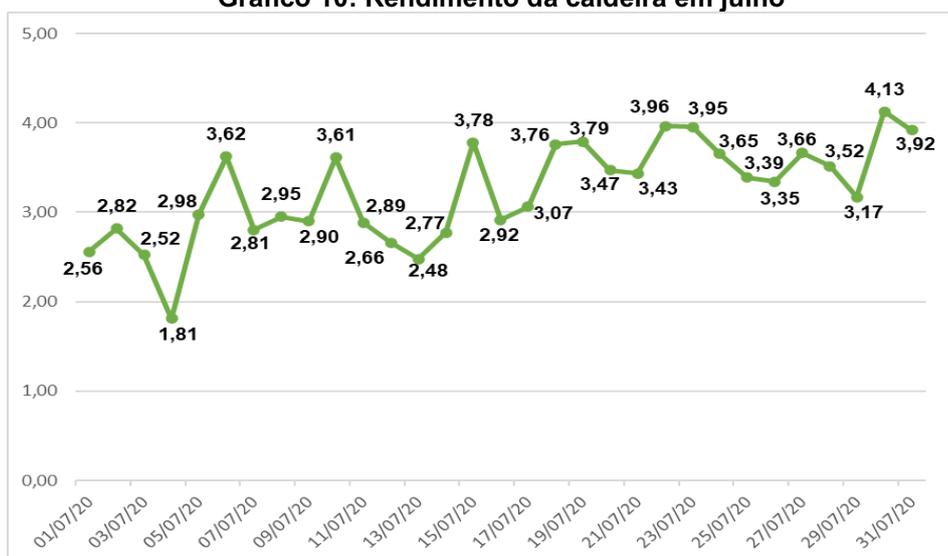
Fonte: Autoria própria

Gráfico 9: Rendimento da caldeira em junho



Fonte: Autoria própria

Gráfico 10: Rendimento da caldeira em julho



Fonte: Autoria própria

Após a implementação do plano de trabalho, foi realizada a mesma análise nos meses de setembro e outubro e novembro. A tabela 7 apresenta o consumo de matéria prima e produção de vapor diário.

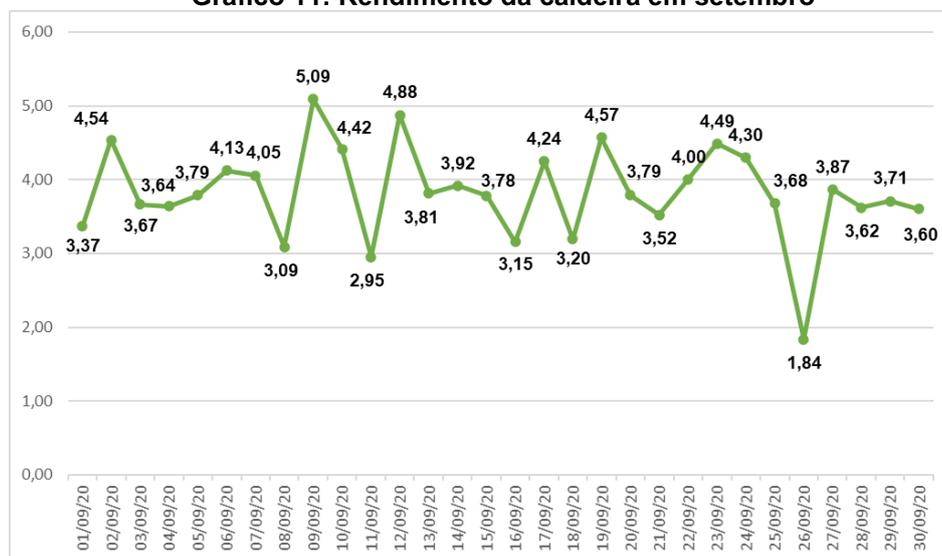
Tabela 7: Consumo de cavaco e geração de vapor em setembro, outubro e novembro

Data	Consumo (Kg)	Vapor (Kg)	Data	Consumo (Kg)	Vapor (Kg)	Data	Consumo (Kg)	Vapor (Kg)
01/09/20	362,66	1221,22	01/10/20	274,56	1300,41	01/11/20	289,14	1050,97
02/09/20	275,26	1248,71	02/10/20	297,34	1264,44	02/11/20	248,66	1165,25
03/09/20	236,58	867,41	03/10/20	299,58	1152,15	03/11/20	275,5	1255,71
04/09/20	333,02	1212,29	04/10/20	366,2	1303,33	04/11/20	263,48	1245,89
05/09/20	329,52	1248,15	05/10/20	260,58	1161,3	05/11/20	269,46	1175,87
06/09/20	318,06	1312,21	06/10/20	306,54	1189,09	06/11/20	320,06	927,17
07/09/20	305,52	1238,15	07/10/20	293,2	1286,16	07/11/20	326,18	1294,57
08/09/20	392,38	1212,02	08/10/20	284,22	1204,26	08/11/20	305,86	986,58
09/09/20	245,42	1249,12	09/10/20	248,96	823,09	09/11/20	303,64	1309,58
10/09/20	278,56	1230,08	10/10/20	225,48	465,09	10/11/20	312,44	1281,62
11/09/20	328,76	970,69	11/10/20	285,38	1212,62	11/11/20	333,16	1272,06
12/09/20	250,32	1220,42	12/10/20	318,9	1212,14	12/11/20	315,92	1155,95
13/09/20	328,64	1253,72	13/10/20	302,64	1139,35	13/11/20	303,16	1279,98
14/09/20	332,17	1300,95	14/10/20	305,4	1123,43	14/11/20	298,3	1232,68
15/09/20	344,36	1301,52	15/10/20	315,28	881,18	15/11/20	264,6	1169,4
16/09/20	386,08	1217,83	16/10/20	247,94	1204,45	16/11/20	305,76	995,16
17/09/20	293,1	1244,16	17/10/20	303,9	1020,11	17/11/20	282,74	1206,37
18/09/20	335,28	1071,49	18/10/20	330,22	1148,3	18/11/20	293,58	1177,11
19/09/20	271,22	1239,09	19/10/20	336,58	1082,37	19/11/20	345,12	1114,73
20/09/20	310,08	1175,42	20/10/20	320,56	1067,62	20/11/20	342,86	1326,54
21/09/20	347,32	1222,97	21/10/20	327,38	1015,96	21/11/20	361,5	1284,44
22/09/20	314,26	1258,02	22/10/20	244,84	1062,42	22/11/20	322,68	1157,96
23/09/20	277,3	1244,43	23/10/20	263,24	969,84	23/11/20	319,48	616,78
24/09/20	291,32	1252,33	24/10/20	242,68	1117,24	24/11/20	354,4	1272,18
25/09/20	295,54	1086,18	25/10/20	344,36	1059,77	25/11/20	335,52	1137,41
26/09/20	270,52	497,32	26/10/20	321,38	1160,17	26/11/20	306,78	1248,28
27/09/20	251,4	973,04	27/10/20	303,44	1190,1	27/11/20	329,52	1082,46
28/09/20	344,42	1248,28	28/10/20	251,6	1080,71	28/11/20	323,82	1192,83
29/09/20	326,3	1210,66	29/10/20	311,14	1062,47	29/11/20	345,88	1194,37
30/09/20	358,1	1290,21	30/10/20	318,54	1178,61	30/11/20	297,98	1323,11
			31/10/20	301,86	1225,38			
<b>Total</b>	<b>9333,47</b>	<b>35318,09</b>	<b>Total</b>	<b>9153,92</b>	<b>34363,56</b>	<b>Total</b>	<b>9297,18</b>	<b>35133,01</b>

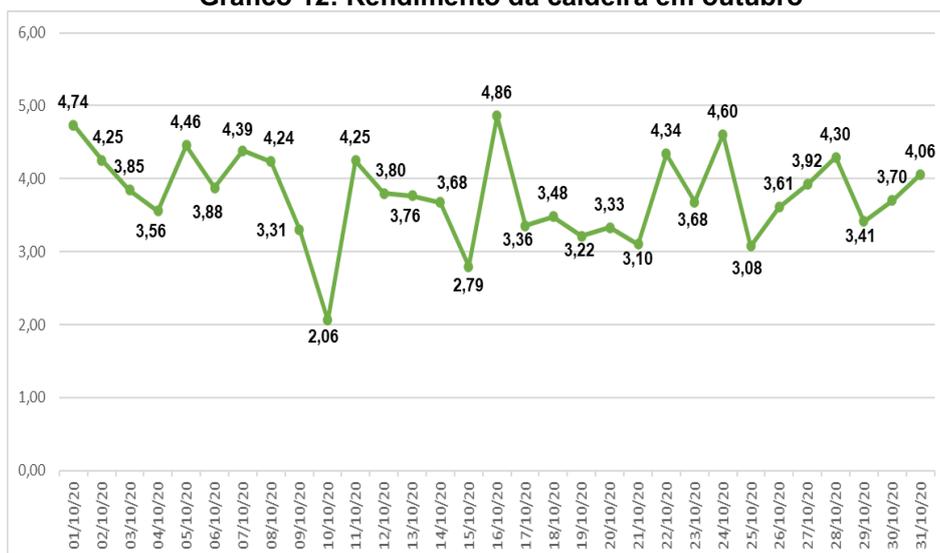
Fonte: Autoria própria

Os gráficos 11, 12 e 13 apresentam os rendimentos durante os meses após a implementação.

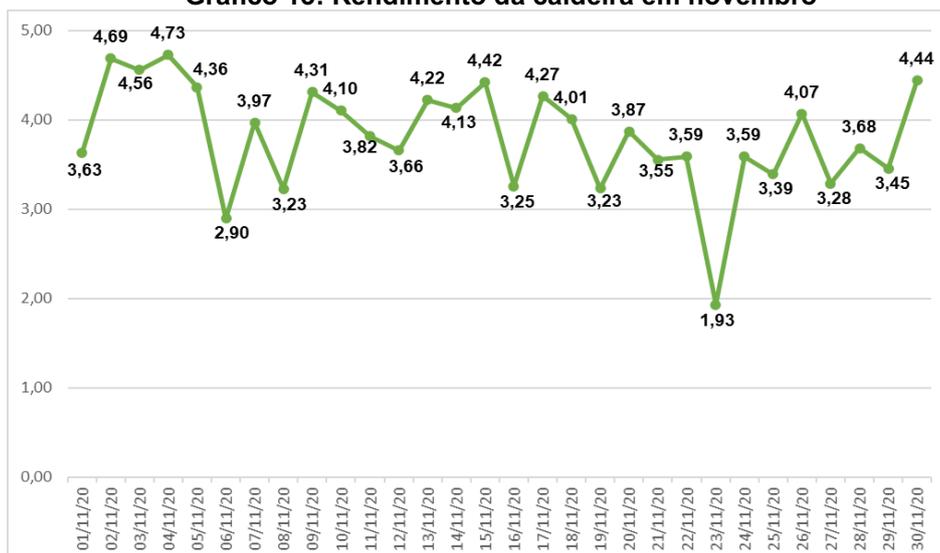
Gráfico 11: Rendimento da caldeira em setembro



Fonte: Autoria própria

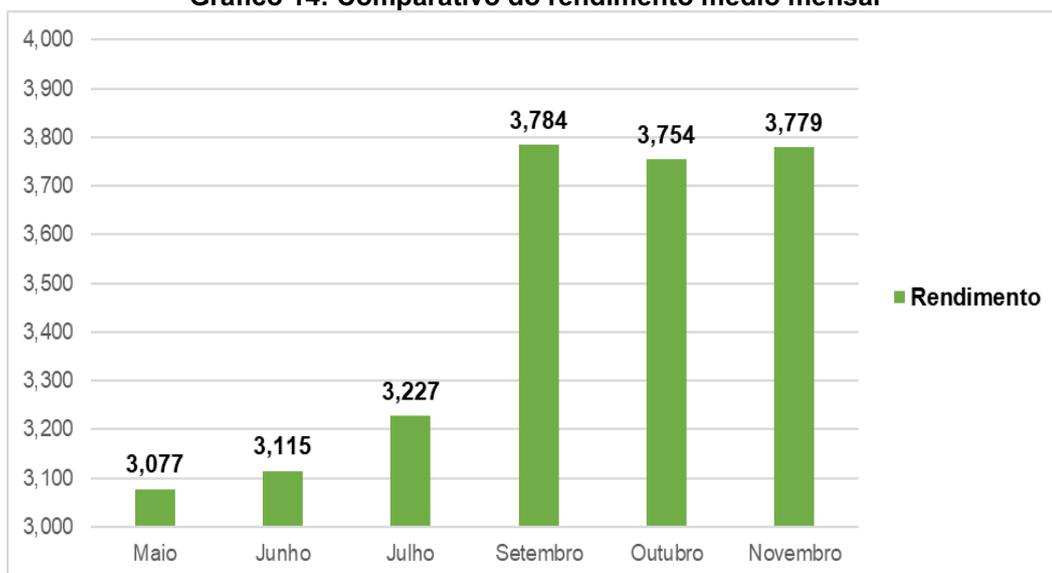
**Gráfico 12: Rendimento da caldeira em outubro**

Fonte: Autoria própria

**Gráfico 13: Rendimento da caldeira em novembro**

Fonte: Autoria própria

O gráfico 14 apresenta um comparativo dos rendimentos pré e pós trabalho, pode-se observar a melhoria no rendimento da caldeira, saindo da média trimestral de 3,140 para o valor médio de 3,772.

**Gráfico 14: Comparativo do rendimento médio mensal**

**Fonte: Autoria própria**

Desta forma, com os resultados apresentados, comprova-se a eficiência do plano de manutenção e os benefícios trazidos para todo o sistema de vapor da fábrica.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo desse trabalho foi promover a melhoria da eficiência da utilização de vapor no processo fabril e o aumento do retorno de condensado para as caldeiras afim de reduzir o gasto com água. Para isto, foi feita toda a estruturação de mapeamento, planejamento de inspeções e manutenções preventivas e preditivas de todos os purgadores das linhas de vapor da fábrica.

Atualmente, as empresas estão cada vez mais preocupadas em reduzir custos com materiais, processos, excesso de colaboradores, entre outros. E alinhado a este pensamento, os equipamentos operando de forma correta, também é uma fonte de economia de grande impacto.

Aplicando a metodologia proposta é possível garantir que os purgadores das linhas de vapor se tornem visíveis à manutenção, e com isso, é possível realizarem-se as manutenções necessárias nesses equipamentos, que em muitos casos, só é possível identificar seu mal funcionamento através de câmeras termográficas e aparelhos de ultrassom. Há também, os casos onde os equipamentos ficam em áreas mais afastadas e mesmo com grandes vazamentos, demoram para serem identificados.

É importante salientar, que devido a empresa ser de grande porte, os equipamentos preditivos já eram utilizados para outros tipos de inspeções, assim, não houve a necessidade de grandes investimentos iniciais.

Paralelamente ao início da execução da metodologia proposta, realizando o mapeamento e coleta dos dados, como: tipo de purgador, modelo, pressão de entrada e saída, tipo de filtro, diâmetro da tubulação, foram realizados treinamentos de termografia e ultrassom para os analistas que iriam realizar as rotinas de inspeções afim de relembrar alguns pontos importantes, mesmo que a equipe já se possui um conhecimento prévio das técnicas citadas.

Embora a metodologia aplicada seja focada em manutenção preventiva e preditiva, para trabalhos futuros, há a possibilidade de realizar melhorias para alcançar maiores índices de economia.

Considerando a melhoria no âmbito dos purgadores, há a possibilidade através da substituição dos modelos termodinâmicos, que apresentam perdas em seu processo de operação após 6 meses de uso, pelos modelos termostáticos, que garantem um funcionamento sem perdas por pelo menos 2 anos.

Ao se considerar as tubulações de vapor, pode-se ser feita a correção de pontos de linhas, onde há um alto volume de vapor e a tubulação está subdimensionada. E também, a retirada de cotovelos no trajeto das tubulações, principalmente antecedente ao purgador, para que o fluido não chegue ao equipamento com alta turbulência.

Por fim, conforme apresentados os resultados dos três primeiros meses após a implementação, houve uma economia considerável de condensado, sendo em média de 10% nos três primeiros meses após a aplicação, com um valor médio de R\$ 12.000,00 por mês. Além da melhora do rendimento da caldeira, que saiu de um valor médio de 3,139, para 3,772. Houve também, a melhora em relação aos processos que utilizam o vapor, validando que a metodologia proposta é de grande utilidade para garantir o pleno funcionamento dos purgadores em qualquer indústria que possua estes equipamentos.

## REFERÊNCIAS

ABRAMAN, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO. **Documento Nacional de Manutenção: A Situação da manutenção no Brasil**. Salvador, 2013. Disponível em: <https://www.abramanoficial.org.br>. Acesso em 21 jul. 2021. Citado 4 vezes nas páginas 15, 30 e 31.

BAZZO, E. **Geração de vapor**. 2.ed. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1995. 216 p. Citado 3 vezes nas páginas 21, 22 e 23.

BEEINDIA, Bureau of Energy Efficiency. **Energy Performance Assessment of Boilers**. Disponível em: <<https://www.beeindia.gov.in/sites/default/files/4Ch1.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2021. Citado 3 vezes na página 24.

BEGA, E. A. **Instrumentação aplicada ao controle de caldeiras**. 3.ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2003. 179 p. Citado na página 22.

ELETROBRÁS. **Eficiência Energética no uso do Vapor**. 1.ed. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2014. 196p. Disponível em: <https://static.portaldaindustria.com.br/media/uploads/arquivos/LivroVapor.pdf>. Citado 5 vezes nas páginas 14, 19, 20, 22 e 24.

GESTRA, **Purgadores de condensado e aparelhos de controle**, 2020. Disponível em: < <https://www.gestra.com/global/pt-GES/products/steam-traps>>. Acesso em 30 jun. 2021. Citado nas páginas 27, 28 e 29.

GULATI, Ramesh; SMITH, Ricky. **Maintenance and Reliability Best Practices**. 1. ed. Nova Iorque: INDUSTRIAL PRESS INC, 2009. 416 p. Citado na página 33.

KARDEC, Alan; NASCIF Júlio. **Manutenção: função estratégica**. 3.ed. Rio de Janeiro: Ed. Qualitymark, 2009. 384 p. Citados 11 vezes nas páginas 29, 30, 31, 32, 33 e 34.

MARQUES, Susana Patrícia Dias. **Otimização da Rede de Vapor**. Orientador: Ana Maria de Figueiredo Alves. 2012. 89 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2012.

Disponível em:

<https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/cursos/meq/dissertacao/2353642430841>. Acesso em: 10 jun. 2021. Citado 7 vezes nas páginas 24, 26, 27 e 28.

MARTINELLI, L. C. Jr. **Geradores de vapor**. 1998. Panambi. Disponível em: <<http://www.saudeetrabalho.com.br/download/gera-vapor.pdf>>. Citado na página 141.

MONCHY, François. **A Função Manutenção: Formação para a gerência da Manutenção Industrial**. 1.ed. São Paulo: Ed. Durban, 1987. 424 p. Citado 3 vezes nas páginas 30 e 31.

NR-13. **NR 13 – Caldeiras e vasos de pressão**. Ministério do Trabalho e Emprego, Redação dada pela Portaria nº 3.214, 8 de julho de 1978. – Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-13.pdf>. Acesso em 12 jun. 2021. Citado na página 20.

OLIVEIRA, José Carlos Souza. **Análise de indicadores de qualidade e produtividade da manutenção nas indústrias brasileiras**. Revista GEPROS (Gestão da Produção, Operações e Sistemas. Ano 8, n.3, 2013. Disponível em: <<http://www.revista.feb.unesp.br/index.php/gepros/article/download/1021/501>> Acesso em 10 jun. 2021. Citado na página 30.

SANTINI, João Bosco. **Manual de Purgadores de Vapor para drenagem de tubulações de vapor**. Brasil, 9 ago. 2017. Disponível em: <https://www.petroblog.com.br/wp-content/uploads/Manual-de-Purgadores-de-Vapor-de-tubula%C3%A7%C3%B5es.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2021. Citado 2 vezes nas páginas 13 e 24.

SIFONTE, J. R.; REYES-PICKNELL, J. V. **Reliability Centered Maintenance: Reengineered: Practical Optimization of the RCM Process with RCM-R**. 1. ed. Nova Iorque: Productivity Press, 2017. 349 p. Citado na página 34.

SPIRAX, S. **Bem-vindo ao mundo do vapor**, 2013. Disponível em: <<http://www.scribd.com/doc/25316074/apostila-sarco>>. Acesso em 12 jun. 2021. Citado 6 vezes nas páginas 24, 25, 26, 28 e 29.

SPIRAX, S. **Steam Trapping Overview**, 2020. Disponível em: <<https://www.spiraxsarco.com/global/pt-BR/products/steam-traps>>. Acesso em 15 jun. 2021. Citado 3 vezes nas páginas 29 e 30.

TLV, **Teoria do Vapor**, 2021. Disponível em: <<https://www.tlv.com/global/BR/steam-theory/what-is-steam.html>>. Acesso em: 20 set. 2021. Citado 6 vezes nas páginas 14, 25, 41 e 42.

XENOS, Harilaus G. **Gerenciando a Manutenção Produtiva: O Caminho para Eliminar Falhas nos Equipamentos e Aumentar a Produtividade**. 1.ed. Rio de Janeiro: EDG, 1998. 302 p. Citado 4 vezes nas páginas 14, 31 e 33.

## **APÊNDICE A - Dados gerais dos purgadores**

<b>Purgador (TAG)</b>	<b>Modelo do Purgador</b>	<b>Princípio de Funcionamento</b>	<b>Fabricante</b>	<b>DN (mm)</b>	<b>Pressão de serviço (Kgf/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Contra pressão (Kgf/cm<sup>2</sup>)</b>
ST-201	DT 42F	Termodinâmico	Jucker	15	6,0	1,0
ST-202	BK 45	Bimetálico	Gestra	20	6,0	1,0
ST-203	DT 42	Termodinâmico	Jucker	15	6,0	1,0
ST-204	UNA 23	Boia	Gestra	25	6,0	1,0
ST-205	UNA 23	Boia	Gestra	25	6,0	1,0
ST-206	UNA 23	Boia	Gestra	25	6,0	1,0
ST-207	UNA 23	Boia	Gestra	25	6,0	1,0
ST-208	UNA 23	Boia	Gestra	25	6,0	1,0
ST-209	UNA 23	Boia	Gestra	25	6,0	1,0
ST-210	UNA 23	Boia	Gestra	25	6,0	1,0
ST-211	UNA 23	Boia	Gestra	25	6,0	1,0
ST-212	UNA 23	Boia	Gestra	25	6,0	1,0
ST-213	UNA 23	Boia	Gestra	25	6,0	1,0
ST-214	UNA 23	Boia	Gestra	25	6,0	1,0
ST-216	UNA 23	Boia	Gestra	25	6,0	1,0
ST-217	TDS-52	Termodinâmico	Sarco	50	6,0	1,0
ST-218	FT 14	Boia	Sarco	25	6,0	1,0
ST-219	FT 14	Boia	Sarco	25	6,0	1,0
ST-301	TD-52	Termodinâmico	Sarco	20	6,0	1,0
ST-401	P-46S	Termodinâmico	TLV	25	6,0	1,0
ST-402	TDS-52	Termodinâmico	Sarco	15	6,0	1,0
ST-403	TDS-52	Termodinâmico	Sarco	15	6,0	1,0
ST-404	TDS-52	Termodinâmico	Sarco	20	6,0	1,0
ST-405	UNA 23	Boia	Gestra	50	6,0	1,0
ST-406	UNA 23	Boia	Gestra	50	6,0	1,0
ST-407	TDS-52	Termodinâmico	Sarco	15	6,0	1,0
ST-408	TDS-52	Termodinâmico	Sarco	15	6,0	1,0
ST-409	TDS-52	Termodinâmico	Sarco	15	6,0	1,0
ST-410	UNA 23	Boia	Gestra	50	6,0	1,0
ST-411	UNA 23	Boia	Gestra	50	6,0	1,0
ST-412	TDS-52	Termodinâmico	Sarco	20	6,0	1,0
ST-413	DK 57-H	Termodinâmico	Gestra	15	6,0	1,0
ST-414	TDS-52	Termodinâmico	Sarco	15	6,0	1,0
ST-415	TDS-52	Termodinâmico	Sarco	15	6,0	1,0
ST-416	TDS-52	Termodinâmico	Sarco	15	6,0	1,0
ST-417	UNA 23	Boia	Gestra	50	6,0	1,0
ST-418	UNA 23	Boia	Gestra	50	6,0	1,0
ST-419	TDS-52	Termodinâmico	Sarco	15	6,0	1,0
ST-420	UNA 23	Boia	Gestra	50	6,0	1,0
ST-421	UNA 23	Boia	Gestra	50	6,0	1,0
ST-422	TDS-52	Termodinâmico	Sarco	20	6,0	1,0
ST-423	UNA 23	Boia	Gestra	50	6,0	1,0
ST-424	UNA 23	Boia	Gestra	50	6,0	1,0
ST-425	TDS-52	Termodinâmico	Sarco	20	6,0	1,0
ST-426	45.640	Termodinâmico	ARI	20	6,0	1,0
ST-427	45.640	Termodinâmico	ARI	20	6,0	1,0
ST-428	TDS-52	Termodinâmico	Sarco	20	6,0	1,0
ST-429	TDS-52	Termodinâmico	Sarco	15	6,0	1,0
ST-430	TDS-52	Termodinâmico	Sarco	15	6,0	1,0
ST-431	UNA 23	Boia	Gestra	50	6,0	1,0
ST-432	UNA 23	Boia	Gestra	50	6,0	1,0
ST-433	DK 57-H	Termodinâmico	Gestra	15	6,0	1,0

ST-434	TDS-52	Termodinâmico	Sarco	15	6,0	1,0
ST-435	TDS-52	Termodinâmico	Sarco	15	6,0	1,0
ST-436	TDS-52	Termodinâmico	Sarco	15	6,0	1,0
ST-437	TDS-52	Termodinâmico	Sarco	15	6,0	1,0
ST-501	PT-16	Termodinâmico	Pennat	20	6,0	1,0
ST-502	TD-52	Termodinâmico	Sarco	15	6,0	1,0
ST-503	UNA 23	Boia	Gestra	50	6,0	1,0
ST-504	UNA 23	Boia	Gestra	50	6,0	1,0
ST-505	UNA 23	Boia	Gestra	50	6,0	1,0
ST-506	UNA 23	Boia	Gestra	50	6,0	1,0
ST-507	TDS-52	Termodinâmico	Gestra	15	6,0	1,0
ST-601	DT-301	Termodinâmico	SF International	20	6,0	1,0
ST-602	TD-52	Termodinâmico	Sarco	15	6,0	1,0
ST-603	TD-52	Termodinâmico	Sarco	20	6,0	1,0
ST-604	TD-52	Termodinâmico	Sarco	20	6,0	1,0
ST-605	TD-52	Termodinâmico	Sarco	20	6,0	1,0
ST-606	TD-52	Termodinâmico	Sarco	20	6,0	1,0
ST-607	TD-52	Termodinâmico	Sarco	20	6,0	1,0
ST-608	45.640	Termodinâmico	ARI	20	6,0	1,0
ST-609	TD-52	Termodinâmico	Sarco	20	6,0	1,0
ST-610	UNA 23	Boia	Gestra	50	6,0	1,0
ST-611	UNA 23	Boia	Gestra	50	6,0	1,0
ST-612	UNA 23	Boia	Gestra	50	6,0	1,0
ST-613	UNA 23	Boia	Gestra	50	6,0	1,0
ST-614	UNA 23	Boia	Gestra	50	6,0	1,0
ST-701	TD-52	Termodinâmico	Sarco	15	6,0	1,0
ST-702	DT-301	Termodinâmico	SF International	20	6,0	1,0
ST-703	TD-52	Termodinâmico	Sarco	15	6,0	1,0
ST-704	TD-52	Termodinâmico	Sarco	15	6,0	1,0
ST-705	UNA 23	Boia	Gestra	50	6,0	1,0
ST-706	UNA 23	Boia	Gestra	50	6,0	1,0
ST-801	DK-57-H	Termodinâmico	Gestra	15	6,0	1,0
ST-802	TD-52	Termodinâmico	Sarco	25	6,0	1,0
ST-803	TD-52	Termodinâmico	Sarco	20	6,0	1,0
ST-804	TD-52	Termodinâmico	Sarco	10	6,0	1,0
ST-805	UNA 23	Boia	Gestra	25	6,0	1,0
ST-806	UNA 23	Boia	Gestra	25	6,0	1,0
ST-807	UNA 23	Boia	Gestra	50	6,0	1,0
ST-808	UNA 23	Boia	Gestra	50	6,0	1,0
ST-809	UNA 23	Boia	Gestra	50	6,0	1,0
ST-810	UNA 23	Boia	Gestra	50	6,0	1,0
ST-901	H20-50	Boia	Sarco	50	6,0	1,0
ST-902	DT-301	Termodinâmico	SF International	15	6,0	1,0
ST-903	TDS-52	Termodinâmico	Sarco	20	6,0	1,0
ST-904	PTD	Termodinâmico	Plasnox	20	6,0	1,0
ST-905	CA-40	Termodinâmico	SF International	20	6,0	1,0
ST-906	FT 14	Boia	Sarco	20	6,0	1,0
ST-907	DK 47-H	Termodinâmico	Gestra	20	6,0	1,0
ST-908	TDS-52	Termodinâmico	Gestra	20	6,0	1,0
ST-909	FT 14	Boia	Sarco	25	6,0	1,0
ST-910	BK 45	Bimetálico	Gestra	20	6,0	1,0
ST-1101	TD-52	Termodinâmico	Sarco	15	6,0	1,0
ST-1102	TD-52	Termodinâmico	Sarco	15	6,0	1,0
ST-1103	PT-16	Termodinâmico	Pennat	25	6,0	1,0