



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA

MATEUS DA SILVA VASCONCELOS

**ESTUDO DO AUMENTO DE PRODUTIVIDADE DA MÃO DE OBRA DE
MANUTENÇÃO EM UMA USINA TERMELÉTRICA**

FORTALEZA

2019

MATEUS DA SILVA VASCONCELOS

ESTUDO DO AUMENTO DE PRODUTIVIDADE DA MÃO DE OBRA DE
MANUTENÇÃO EM UMA USINA TERMELÉTRICA

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Química do Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro Químico.

Orientador: Prof. Dr. João José Hiluy Filho.

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

V451e Vasconcelos, Mateus da Silva.
Estudo do aumento de produtividade da mão de obra de manutenção em uma usina termelétrica / Mateus da Silva Vasconcelos. – 2019.
52 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Química, Fortaleza, 2019.
Orientação: Prof. Dr. João José Hiluy Filho.

1. Produtividade. 2. Estudo de tempos. 3. Cronoanálise. 4. Manutenção. 5. Usina Termelétrica. I. Título.
CDD 660

MATEUS DA SILVA VASCONCELOS

ESTUDO DO AUMENTO DE PRODUTIVIDADE DA MÃO DE OBRA DE
MANUTENÇÃO EM UMA USINA TERMELÉTRICA

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Química do Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro Químico.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. João José Hiluy Filho
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof^a. Dr^a. Rílvia Saraiva de Santiago Aguiar
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Eng. Daywison Martins dos Santos
EDP – Energia Pecém

À Deus.

Aos meu pais, Fernando e Márcia. Pelo apoio que me deram para eu chegar até essa etapa da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Inicialmente agradeço à Deus por ter me mostrado os melhores caminhos, pela força e saúde que tem me dado durante toda minha vida. Sem ele não teria conseguido chegar aonde cheguei e vencer os desafios que venci.

À minha mãe Márcia e meu pai Fernando, pelo amor, carinho e pelo esforço que fizeram para que eu tivesse a melhor educação. Agradeço também pelos conselhos dados e pelo apoio às minhas decisões.

À minha namorada Nara que soube me acalmar e me motivar nos momentos difíceis, pela paciência, companheirismo, carinho, amor e por sempre acreditar em mim.

Aos amigos de curso, que caminharam juntos, ajudaram a vencer os desafios, desejo a todos muito sucesso profissional. Agradeço especialmente ao meu amigo Lucas pelas noites as quais substituímos o sono por estudo.

Aos professores que fizeram parte dessa minha trajetória, por compartilhar seus conhecimentos e pelos desafios propostos. Agradeço em especial ao professor Hiluy pela orientação nessa última fase do curso de estágio e trabalho final. Agradeço também ao professor Mardônio que me acolheu no laboratório, por todos conhecimentos.

Ao meu gestor Daywison, pelas oportunidades que me ofereceu e pela liberdade que me deu no estágio para que eu buscasse crescimento e amadurecimento.

A toda equipe de Processos Químicos, pelos conhecimentos compartilhados e pela amizade durante o período de estágio.

Aos meus colegas de estágio e amigos, Andrea, João Pedro e Nonato pelo companheirismo e trabalho em equipe durante o ano de desenvolvimento desse projeto.

A todos meus amigos que, de alguma forma, contribuíram para que eu chegasse até aqui.

“A alegria está na luta, na tentativa, no sofrimento envolvido e não na vitória propriamente dita. ”

Mahatma Gandhi

RESUMO

A manutenção representa um setor de vital importância para garantir a disponibilidade e operação de usinas geradoras de energia elétrica, por isso está em constante busca por novas alternativas para aumento de eficiência nos seus processos de execução. Para tanto são necessários métodos que busquem identificar e eliminar gargalos, reduzindo custos de operação sem comprometer a disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos. Com base nesse cenário, o presente trabalho visa aplicar o estudo de tempos à mão de obra do setor de Manutenção da Usina Termelétrica (UTE) do Pecém localizada no município de São Gonçalo do Amarante-CE, objetivando aumento de produtividade nos métodos de trabalho. A tarefa proposta consiste em mapeamento do processo de execução de atividades de manutenção programadas por meio de um fluxograma; cronoanálise para estratificar os tempos produtivos e não produtivos de execução de atividades; revisão documental para identificar e avaliar os principais indicadores de produtividade. De posse dos resultados obtidos, foi possível realizar implantação de uma série de ações de padronização e otimização dos processos que representam uma aumento em torno de 3,1% o fator de produtividade ou da manutenção.

Palavras-chave: Produtividade. Manutenção. Usina Termelétrica. Cronoanálise. Estudo de tempos.

ABSTRACT

Maintenance is a vitally important sector to ensure the availability and operation of power plants. Therefore, it is constantly searching for new alternatives to increase efficiency in its execution processes. In order to do so, methods to identify and eliminate bottlenecks are needed, reducing operating costs without compromising equipment availability and reliability. Based on this scenario, the present work aims to apply the time study to the workforce of the Pecém Thermoelectric Power Plant Maintenance (UTE) sector located in the municipality of São Gonçalo do Amarante-CE, aiming to increase productivity in working methods. The proposed task consist of mapping the maintenance activities execution process programmed by means of a flow chart. After that, a chrono-analysis was done to stratify the productive and non-productive times of activities. In addition, documentary review was done to identify and evaluate the main productivity indicators. Based on the results, it was possible to implement a series of standardization actions and processes optimization. The maintenance productivity factor was around 3.1%.

Keywords: Productivity. Maintenance. Thermoelectric power plant. Chrono-analysis. Time Study.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Variação do PIB com a variação do consumo de energia elétrica	5
Figura 2 – Utilização de fontes de energia primárias no Brasil e no mundo	5
Figura 3 – Sistema de transmissão integrada	6
Figura 4 – Fluxograma simplificado do ciclo térmico a vapor de uma termelétrica	7
Figura 5 – Comparação de regiões com maior produção e consumo de carvão mineral	8
Figura 6 – Percentual de potência energética das principais fontes primárias na matriz energética brasileira	9
Figura 7 – Usina Termelétrica do Pecém	10
Figura 8 – Curva de desempenho para manutenção corretiva não-planejada	13
Figura 9 – Curva de desempenho para manutenção preventiva	14
Figura 10 – Curva de desempenho para manutenção preditiva	15
Figura 11 – Organograma de uma fábrica	17
Figura 12 – Módulo PM SAP	19
Figura 13 – Composição dos custos de Manutenção no Brasil	21
Figura 14 – Ilustração do cálculo do fator de produtividade da manutenção	23
Figura 15 – Fluxograma de Atividades de Manutenção Planejada	29
Figura 16 – Pareto com principais etapas improdutivas	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Coeficiente de distribuição normal	25
Tabela 2 – Coeficiente relacionado ao número de amostras iniciais	25
Tabela 3 – Quantidade de cronometragens necessárias para cada etapa	31
Tabela 4 – Plano de ação para solução das principais improdutividades	33
Tabela 5 – Tempo de atividades semelhantes antes e após as melhorias	34
Tabela 6 – Fator de produtividade antes e após da aplicação de melhorias	34

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnica
ABRAMAN	Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos
DDS	Diálogo Diário de Segurança
ERP	Enterprise Resource Planning
HH	Homem-hora
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
OS	Ordem de serviço
PCM	Planejamento e Controle da Manutenção
PIB	Produto Interno Bruto
PM	Plant Maintenance
SIN	Sistema Interligado Nacional
UTE	Usina Termelétrica

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
1.1	Objetivo geral	14
1.2	Objetivos específicos	14
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1	Energia elétrica.....	15
2.1.1	Geração de energia elétrica	15
2.1.2	Energia elétrica no Brasil	16
2.1.3	Usinas termelétricas	18
2.1.4	Geração termelétrica no Mundo	20
2.1.5	Geração termelétrica no Brasil	20
2.1.6	Usina termelétrica do Pecém.....	21
2.2	Manutenção	22
2.2.1	Histórico da Manutenção	23
2.2.1.1	<i>A Primeira Geração (1930 - 1040).....</i>	<i>23</i>
2.2.1.2	<i>A Segunda Geração (1940 - 1970).....</i>	<i>23</i>
2.2.1.3	<i>A Terceira Geração (1970 - 2000).....</i>	<i>24</i>
2.2.1.4	<i>A Quarta Geração (2000 – dias atuais).....</i>	<i>24</i>
2.2.2	Tipos de Manutenção	24
2.2.2.1	<i>Manutenção corretiva</i>	<i>24</i>
2.2.2.2	<i>Manutenção corretiva não-planejada.....</i>	<i>25</i>
2.2.2.3	<i>Manutenção corretiva planejada.....</i>	<i>25</i>
2.2.2.4	<i>Manutenção Preventiva.....</i>	<i>26</i>
2.2.2.5	<i>Manutenção Preditiva</i>	<i>27</i>
2.2.2.6	<i>Manutenção Detectiva.....</i>	<i>28</i>
2.3	Gestão da Manutenção	28
2.3.1	Planejamento e Controle da Manutenção (PCM)	28
2.3.2	Sistema de informação para manutenção	29
2.3.2.1	<i>Sistema SAP R/3 – MÓDULO PM.....</i>	<i>30</i>
2.4	Produtividade	31
2.4.1	Indicadores de desempenho da manutenção	32
2.4.1.1	<i>Custos</i>	<i>32</i>
2.4.1.2	<i>Satisfação dos Clientes.....</i>	<i>33</i>

2.4.1.3	<i>BACKLOG</i>	33
2.4.1.4	<i>Fator de produtividade da manutenção (Análise Wrench Time)</i>	34
2.4.2	Estudo de Tempos e Cronoanálise.....	35
3	METODOLOGIA	38
3.1	Definição do setor foco da pesquisa.....	38
3.2	Definição e aplicação do melhor método de cronoanálise	38
3.3	Identificação das principais fontes improdutividades	39
3.4	Sugestões de melhorias que visam reduzir ou eliminar o problema.....	39
3.5	Verificação da efetividade das melhorias.....	40
4	RESUSTADOS E DISCUSSÃO	41
4.1	Cronoanálise	42
4.2	Melhoria de processo	44
4.3	Fator de produtividade.....	46
5	CONCLUSÃO	48

1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, as organizações têm apresentado grande desenvolvimento dos seus setores produtivos. Com isso, houve um considerável aumento de competitividade e concorrência, obrigando as empresas a buscarem constantemente estratégias para aumento de qualidade e produtividade. As empresas geradoras de energia não fogem a essa tendência, uma vez que precisam garantir sua operação com o mínimo de interrupções operacionais não programadas.

Nesse contexto, alguns setores das empresas, que eram deixadas de lado no passado, estão cada vez mais ganhando destaque. É o caso da manutenção, que no princípio era vista apenas como uma geradora de custos, porém hoje é encarada como peça fundamental para manter a disponibilidade de unidades geradoras de energia e, conseqüentemente, é utilizada como estratégia de competitividade, contribuindo para o atendimento de objetivos e metas. Além disso, segundo a Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos (ABRAMAN) (2013), o maior custo da manutenção das indústrias brasileiras em geral é o custo de mão de obra.

O maior percentual de atividades de manutenção na UTE Pecém, local do presente trabalho, consiste em atividades corretivas planejadas, e por esse motivo foram escolhidas como foco do estudo. O ponto de maior destaque é o nível de produtividade de mão de obra que essas atividades de manutenção apresentam, e qual o impacto gerado para a usina como um todo.

Segundo Sink (1985), entende-se como produtividade a relação entre os recursos empregados e os resultados alcançados. Se uma empresa consegue atingir bons resultados utilizando de forma eficiente e sem grandes desperdícios sua matéria prima, mão de obra e capacidade produtiva das máquinas compreende-se que essa empresa está sendo produtiva.

Evidenciando a importância da produtividade, surge um dos principais indicadores presentes na gestão da manutenção, denominado de fator de produtividade. Também chamado de *Wrench Time*, esse indicador está relacionado com a mão de obra da manutenção e reflete o percentual de tempo que os mantenedores gastam executando atividades que agregam diretamente valor ao processo. Em outras palavras é o percentual de tempo em que o funcionário está executando a atividade para qual ele foi contratado. Além disso, esse fator influencia diretamente em outros indicadores como custo de homem-hora (HH) e *Backlog*.

Uma metodologia que tem se mostrado eficaz na determinação do fator de produtividade é o estudo de tempos utilizando a ferramenta conhecida como cronoanálise. Além

de auxiliar no cálculo do fator de produtividade, a cronoanálise permite estratificar as principais causas de improdutividade. O presente trabalho também contribui para a criação de uma base de cálculos confiável para implementação de ações de melhorias, feitas na forma de otimização e padronização de processo, afim de aumentar a produtividade.

As limitações relacionadas a análise de tempos foram balanceadas com outras formas de avaliação do processo de execução de atividades de manutenção planejada, como revisão de relatórios gerados pelo sistema SAP e planilhas eletrônicas de planejamento da manutenção.

1.1 Objetivo geral

O presente trabalho possui como objetivo principal a aplicação do estudo de tempos para análise da produtividade dos métodos de trabalho da mão de obra da manutenção na UTE Pecém, com foco nas atividades planejadas, identificando oportunidades de melhorias no processo e quantificando os ganhos através dos resultados obtidos.

1.2 Objetivos específicos

- a) Aplicar a ferramenta cronoanálise para determinar o tempo padrão de cada etapa envolvida em execução de atividades de manutenção planejada;
- b) Avaliar das principais causas de improdutividade do processo e propor melhorias consequentes da aplicação do estudo de tempos;
- c) Quantificar os ganhos, comparando o fator de produtividade antes e depois da aplicação de melhorias.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Energia elétrica

A palavra “Energia” vem do grego e significa trabalho. Posteriormente foi utilizada para se referenciar aos termos “*vis viva*” (ou força viva), relacionado ao estudo dos movimentos e “calórico”, relacionado ao estudo do calor. A palavra energia foi utilizada pela primeira vez por um médico e físico inglês chamado Thomas Young para se referir ao trabalho mecânico feito por um corpo (WILSON, 1968).

No século XVIII, Benjamim Franklin, cientista estudioso da eletricidade, já acreditava que a eletricidade era formada por cargas positivas e negativas. Anos depois, pesquisas definiram a existência de prótons e elétrons, e o conceito de eletricidade passou a estar relacionado com o movimento desses elétrons (MILEAF, 1985). Quando há o movimento desses elétrons chama-se de corrente elétrica. A energia elétrica é a capacidade de uma corrente elétrica realizar trabalho.

Além da definição científica, o termo Energia Elétrica tem muita presença no cotidiano. Notícias sobre o preço da energia elétrica, construção de novas usinas, perigo de fontes de energia nuclear, são frequentes nos meios de comunicação. Assim, a experiência cotidiana mostra que a eletricidade é indispensável para o nosso modo atual de vida e deve ser consumida e produzida de forma sustentável (BUCUSSI, 2006).

De acordo com Barbosa et al. (2013), a energia elétrica é um direito fundamental humano necessário para se atingir condições dignas de vida. Eletricidade é a principal forma de energia para garantir informação, desenvolvimento de tecnologias e produção de bens e serviços.

2.1.1 Geração de energia elétrica

A Geração de energia elétrica requer uma estratégia essencial em sua produção, visto que a cada dia, surgem novas tecnologias. Além disso, a produção de energia deve suprir a necessidade da população e, ao mesmo tempo ser feita de forma sustentável, tendo atenção aos recursos necessários para sua produção, ou seja, preservando o meio ambiente, e mantendo a sintonia entre geração energética e novas tecnologias (CASTELLI, 2003).

Por meio de Turbinas Geradoras é possível transformar outras formas de energia, como a mecânica e a química, em energia elétrica. A facilidade de transporte de eletricidade faz com que as empresas invistam em fontes geradoras de energia de grande porte. Fontes renováveis e combustíveis fósseis compõem as matérias primas mais comuns necessárias para a geração (TOLMASQUIM, 2005).

O conjunto de recursos utilizados para fornecimento de energia de um determinado país é chamado de matriz energética. Existem dois tipos de recursos: os primários que são obtidos da natureza e são usados sem um processo prévio de transformação, e os secundários onde a matéria prima sofre uma transformação antes de ser utilizada para geração (MARCOCCIA, 2007). São exemplos de recursos primários: petróleo, gás natural e carvão mineral, e exemplos de recursos secundários: gasolina, etanol e diesel.

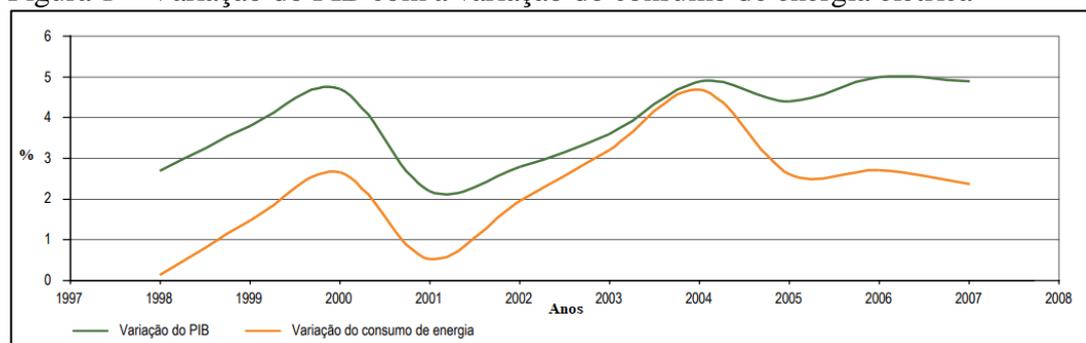
2.1.2 Energia elétrica no Brasil

O consumo de energia em qualquer país está relacionado com o seu crescimento e desenvolvimento econômico. Dois fatores que estão ligados com esse desenvolvimento são o crescimento populacional e o Produto Interno Bruto (PIB).

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2018), a população brasileira aumentou em 227% desde 1950 até o ano de 2000. Além disso, recentemente o IBGE (2018) revelou que a população brasileira já chega atualmente a 204,8 milhões de habitantes.

Além do crescimento populacional, o PIB do Brasil aumentou muito durante o século XX, crescendo aproximadamente 127 vezes em 100 anos, atingindo um valor de aproximadamente R\$ 933,7 bilhões em 1970 e de R\$ 4,5543 trilhões em 2010 (INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA, 2014). A Figura 1 mostra como o consumo de energia do Brasil acompanha crescimento econômico.

Figura 1 – Variação do PIB com a variação do consumo de energia elétrica

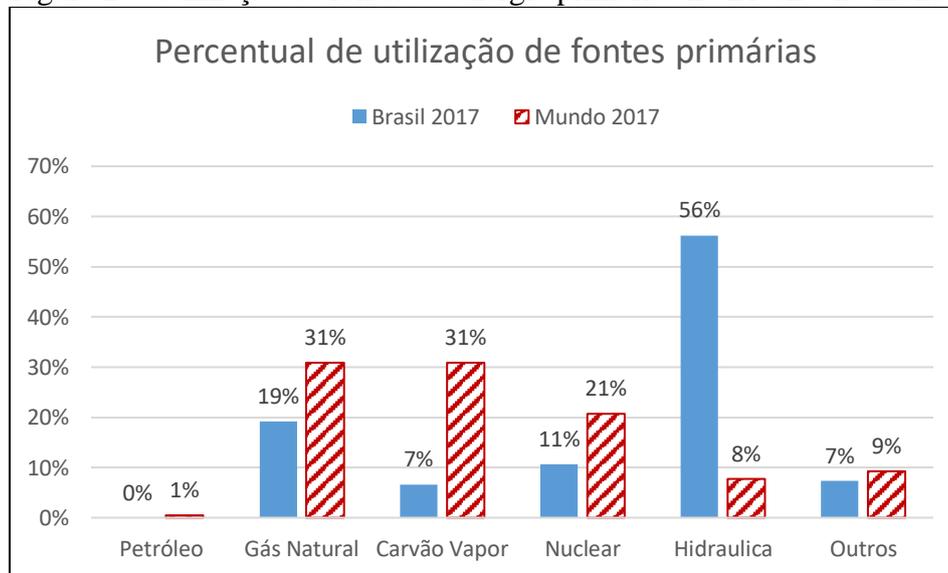


Fonte: Adaptado de Agência Nacional de Energia Elétrica (2008).

Durante os últimos 50 anos, o aumento de consumo de energia elétrica acompanhou o crescimento populacional e do PIB brasileiro. Com esse constante aumento de consumo, surge a necessidade de crescimento do potencial energético do país. Atualmente o Brasil é praticamente autossuficiente quanto ao suprimento de demanda energética, onde mais de 90% da energia consumida é gerada nacionalmente (VENTURA FILHO, 2009).

Um fato que diferencia o Brasil do resto do mundo no setor é a matriz energética. Como apresentado na Figura 2, enquanto a maior parte dos países utiliza carvão mineral como principal fonte primária de geração, o Brasil priorizou o uso de energias renováveis, principalmente a hidrelétrica (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2008) (ANEEL).

Figura 2 – Utilização de fontes de energia primárias no Brasil e no mundo

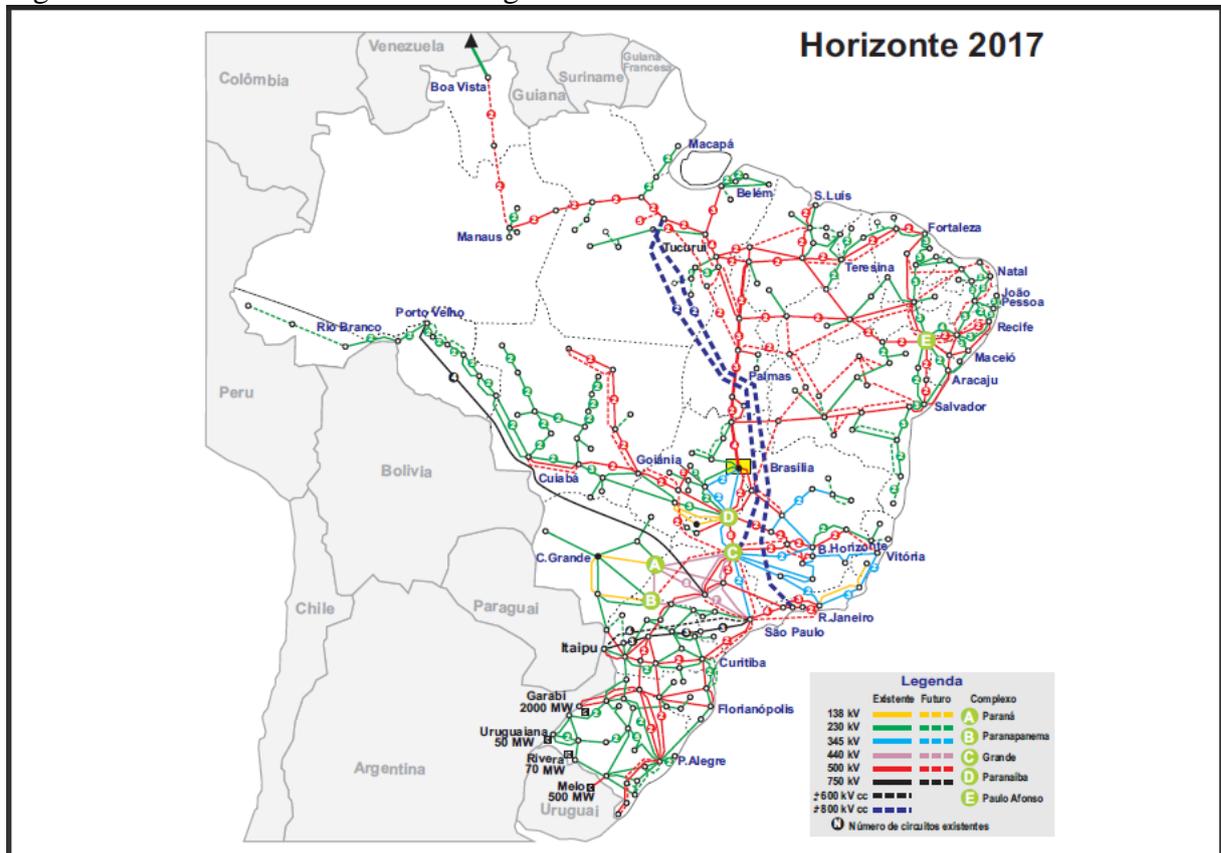


Fonte: Adaptado de Energy Information Administration (2017) e Ministério de Minas e Energia (2013).

Para geração e transmissão de energia elétrica, o Brasil conta com um sistema conjunto composto por usinas, linhas de transmissão e ativos de distribuição denominado Sistema Interligado Nacional (SIN). Esse sistema funciona como uma “rodovia elétrica” e abrange praticamente todo o território nacional. A existência do SIN é particularmente importante em um país como o Brasil, caracterizado pela predominância de usinas hidrelétricas localizadas em regiões com regimes de chuvas muito mal distribuídos. Como os períodos de seca de uma região podem corresponder ao período chuvoso de outra, a integração permite que as localidades em que os reservatórios estão mais cheios envie energia elétrica para a outras, em que os reservatórios estão mais vazios, permitindo com isso, a preservação do “estoque de

energia elétrica”. Esta troca ocorre entre todas as regiões conectadas entre si (ANEEL, 2008). A Figura 3 mostra a abrangência desse sistema interligado.

Figura 3 – Sistema de transmissão integrada



Fonte: Operador Nacional Do Sistema Elétrico (ONS) (2017).

2.1.3 Usinas termelétricas

Termogeração é o nome que se dá para uma forma de geração de energia através do calor, que normalmente é obtido pela queima de um combustível, seja ele renovável ou não renovável. Assim, usinas termelétricas são aquelas que produzem energia através da conversão de energia térmica em energia mecânica e, posteriormente, em energia elétrica (BURATTINI, 2008).

Nas usinas termelétricas usa-se a energia química dos combustíveis fósseis, como carvão mineral, gás natural ou usa-se energia proveniente de fusão nuclear em combustíveis radioativos. Segundo Tolmasquim (2005), as centrais são divididas em dois tipos de acordo com a combustão.

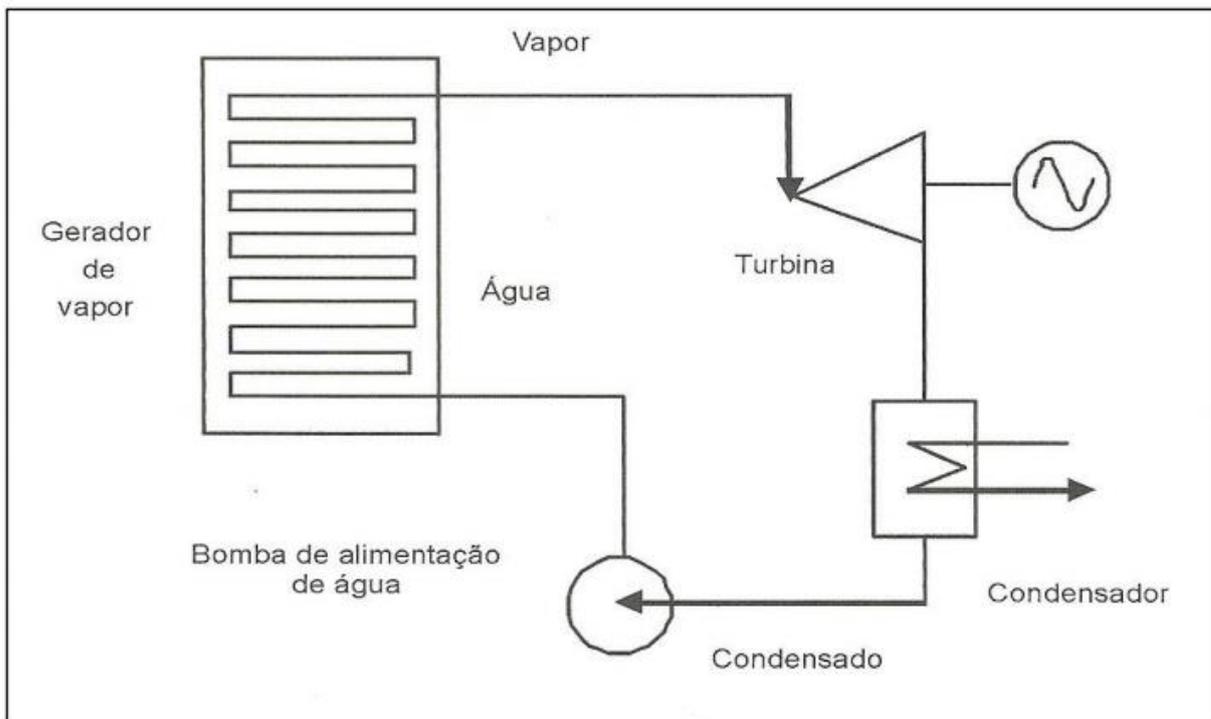
- Combustão externa: Onde os gases provenientes da queima não estão em contato com o fluido de trabalho, ou seja, não fazem movimentar a turbina. Nesse caso

o fluido de trabalho é normalmente água desmineralizada. Assim, o funcionamento da usina é independente do combustível;

- b) Combustão interna: O fluido de trabalho é composto pelos próprios gases provenientes da combustão. Esses gases sofrem expansão com o calor e assim, movimentam a turbina.

O funcionamento das Termelétricas é muito semelhante independente do combustível utilizado, como mostrado na Figura 4.

Figura 4 – Fluxograma simplificado do ciclo térmico a vapor de uma termelétrica



Fonte: Tolmasquim (2005).

O fluxograma de uma central de geração pode auxiliar no entendimento do seu funcionamento através de um ciclo com algumas etapas resumidas:

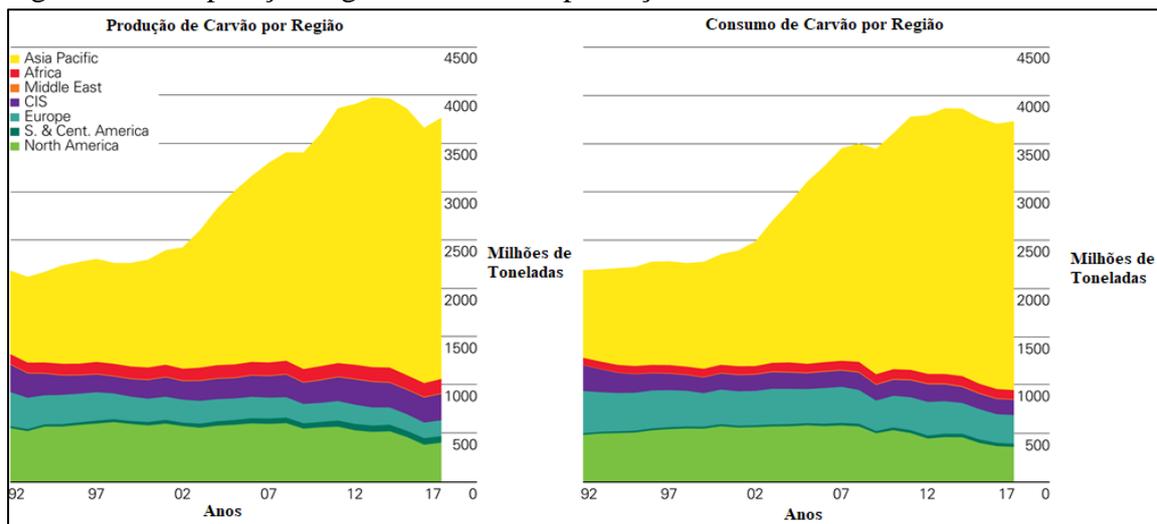
- Bombeamento da água, através das bombas de alimentação, alimentando o sistema com água desmineralizada (fluido de trabalho) no gerador de vapor, também chamado de tubulão;
- Fornecimento de calor da caldeira para o fluido de trabalho, calor esse produzido pela queima do combustível;
- A expansão do vapor fornece energia a uma turbina que está acoplada a um gerador elétrico.

- d) O calor que não foi transformado em energia mecânica na turbina é retirado do vapor através de um condensador. Após esse resfriamento o fluido de trabalho volta ao seu estado inicial, recomeçando novamente o ciclo.

2.1.4 Geração termelétrica no Mundo

As usinas termelétricas representam a principal forma de geração de energia elétrica no mundo, principalmente utilizando o carvão mineral como matéria prima. Os países que possuem maior produção de carvão mineral são também os maiores consumidores e possuem maior capacidade instalada de produção termelétrica utilizando essa fonte. Pode-se confirmar essa afirmação analisando-se a comparação apresentada na Figura 5.

Figura 5 – Comparação regiões com maior produção e consumo de carvão mineral



Fonte: Adaptado de British Petroleum (2017).

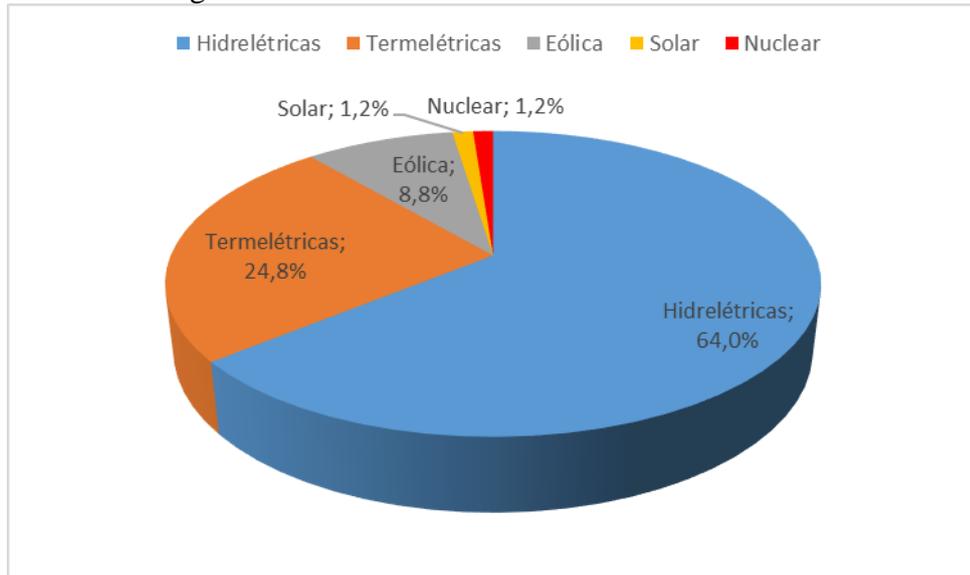
2.1.5 Geração termelétrica no Brasil

A energia hidrelétrica, mais barata e mais abundante no Brasil é prioritária no abastecimento do mercado. As termelétricas, de uma maneira geral, são acionadas para em momentos chamados de picos de demanda, em que o consumo sobe abruptamente, ou em períodos em que é necessário preservar o nível dos reservatórios.

A maior parte da potência instalada no Brasil provém de usinas hidrelétricas. Em segundo lugar, estão as termelétricas. Há poucos anos, as hidrelétricas representavam cerca de 90% da capacidade instalada no país. Em 2008, essa participação recuou para cerca de 74%.

Esse fenômeno foi resultado da construção de usinas termelétricas em ritmo maior que aquele verificado nas hidrelétricas (ANEEL, 2008). Pode-se observar na Figura 6 que a contribuição na fonte hidrelétrica já diminuiu para 64% em 2019.

Figura 6 – Percentual de potência energética das principais fontes primárias na matriz energética brasileira



Fonte: Adaptado de ANEEL (2019).

2.1.6 Usina termelétrica do Pecém

A UTE Pecém é responsável pela operação da Usina termelétrica do Pecém I, localizada no município de São Gonçalo do Amarante - CE distante 50 km de Fortaleza. O empreendimento possui duas unidades geradoras com capacidade de 360 megawatts cada. A primeira unidade iniciou sua operação em 2012 e a segunda em 2013.

Atualmente, a usina possui capacidade máxima de geração de 5.500 gigawatts-hora, suficiente para abastecer 50% de todo o consumo do estado do Ceará conferindo uma maior segurança energética. Além disso, com a construção do Complexo Termelétrico do Pecém, o estado do Ceará passou a ser exportador de energia elétrica.

O combustível utilizado é o carvão mineral, importado atualmente da Colômbia. O transporte do carvão é feito através de uma correia transportadora, instalada do Porto do Pecém até a usina, com extensão aproximada de 12,5 quilômetros, suficiente para transportar 2.400 toneladas de carvão mineral por hora. A correia é totalmente fechada para impedir a dispersão

do pó do carvão durante o percurso até a área de descarregamento na usina. A Figura 7 representa uma vista aérea da Usina Termelétrica do Pecém.

Figura 7 – Usina Termelétrica do Pecém



Fonte: EDP (2015)

2.2 Manutenção

O termo manutenção tem mudado seu significado bastante ao longo dos anos. Sua definição de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (1994, p. 6) é:

Combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida. Item é qualquer parte, componente, dispositivo, subsistema, unidade funcional, equipamento ou sistema que possa ser considerado individualmente.

Além disso quanto maior a confiabilidade dos equipamentos, menor será a demanda por intervenções e conseqüentemente menor os custos (ABNT, 1994).

Basicamente, as atividades de manutenção existem para evitar a degradação dos equipamentos e instalações, causada pelo seu desgaste natural e pelo uso. Esta degradação se manifesta de diversas formas, desde a aparência externa ruim dos equipamentos até perdas de desempenho e paradas da produção, até a fabricação de produtos de má qualidade e a poluição ambiental.

É interessante observar a mudança no significado de manutenção. Anteriormente o termo era mais ligado ao reparo de uma peça quebrada, mas atualmente está mais relacionado com manter a confiabilidade e disponibilidades de peças ou equipamentos. Essa evolução pode ser vista quando é analisado o histórico da manutenção.

2.2.1 Histórico da Manutenção

Formas simples de manutenção foram registradas desde os primórdios da civilização. Porém a partir da Revolução Industrial no século XVIII a manutenção assumiu um papel importante na preservação da produção industrial (TAVARES, 1999).

Inicialmente a manutenção era realizada pelo próprio operador da máquina, que era treinado para tal. Essa estratégia durou até o início da Primeira Guerra Mundial 1914, onde as linhas de montagem de Henry Ford demandavam uma maior estruturação para que os serviços de manutenção fossem realizados de forma mais rápida (TAVARES, 1999). As atividades eram realizadas de modo similar ao que atualmente é conhecido como manutenção corretiva.

O histórico da manutenção pode ser dividido em quatro fases ou gerações principais.

2.2.1.1 A Primeira Geração (1930 - 1040)

Surgiu no período anterior a Segunda Guerra Mundial, quando as indústrias eram pouco mecanizadas e os equipamentos eram simples. As atividades caracterizavam-se por ações corretivas, de limpeza ou lubrificação (PINTO; XAVIER, 2009). O destaque consistia na manutenção de caráter corretivo não planejado, ou seja, o reparo do equipamento era feito quando apresentava alguma falha visível.

2.2.1.2 A Segunda Geração (1940 - 1970)

Na segunda geração as indústrias já possuíam máquinas mais sofisticadas. Surge o conceito de manutenção preventiva, que na época consistia em intervenções feitas nos equipamentos em intervalos fixos (PINTO; XAVIER, 2009). Nesse período os empresários começaram a avaliar os custos da manutenção onde foi verificada a necessidade de manter a

confiabilidade e disponibilidade. Assim, começam a ser usados os sistemas de planejamento e controle da produção (PINTO; XAVIER, 2009).

2.2.1.3 A Terceira Geração (1970 - 2000)

Durante o início da década de 70, a tendência mundial consistia na utilização do sistema *just-in-time*. Os estoques eram reduzidos e logo a produção exigia apenas pequenas pausas. Esse período foi caracterizado pela aplicação do conceito de manutenção preditiva, pela utilização de *softwares* para Planejamento e Controle da Manutenção e utilização de técnicas para manter a confiabilidade, como por exemplo, o processo de Manutenção Centrada na Confiabilidade (PINTO; XAVIER, 2009).

2.2.1.4 A Quarta Geração (2000 – dias atuais)

De acordo com Pinto e Xavier (2009), nessa fase a disponibilidade dos equipamentos é um dos principais indicadores de performance de uma indústria. Ainda segundo os autores, a manutenção preditiva e o monitoramento dos equipamentos têm como objetivo reduzir ao máximo a necessidade de intervenções corretivas e preventivas. O índice de falha com necessidade corretiva se torna um indicador de ineficiência da manutenção.

2.2.2 Tipos de Manutenção

Os tipos de manutenção existentes caracterizam a forma de intervenção que é feita no equipamento, nos sistemas ou instalações. A literatura técnica também descreve como políticas de manutenção (ZAIIONS, 2003). A seguir serão apresentados os cinco tipos principais tipos considerados por diversos autores.

2.2.2.1 Manutenção corretiva

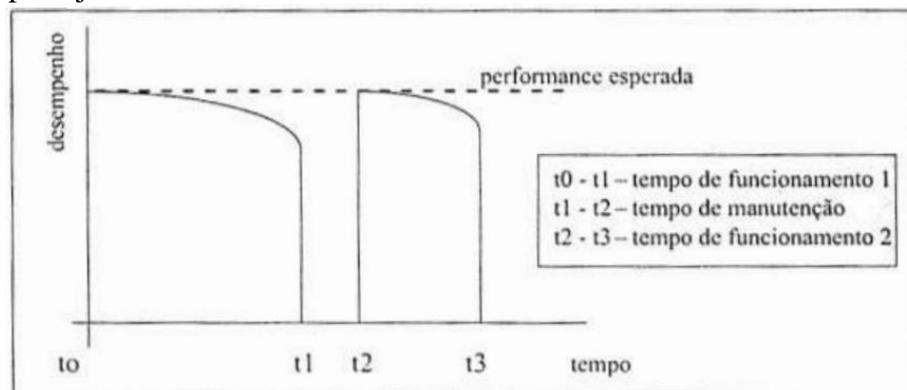
A manutenção corretiva é a forma mais primitiva de manutenção, como foi mostrado anteriormente no histórico da manutenção. Esse tipo de manutenção é utilizado quando o equipamento sofre uma falha (XENOS, 2004). Esse tipo de manutenção ainda é muito

utilizado atualmente e pode ser dividido em duas categorias: manutenção corretiva planejada e manutenção corretiva não-planejada.

2.2.2.2 *Manutenção corretiva não-planejada*

A manutenção corretiva não planejada ocorre geralmente de maneira emergencial, quando o responsável pela manutenção não tem tempo de preparar a atividade. Esse tipo de manutenção pode gerar altos custos, devido à parada de produção; baixa confiabilidade além de custos indiretos na manutenção (PINTO; XAVIER, 2009). A Figura 8 mostra o desempenho de um equipamento no qual é praticada a manutenção corretiva não-planejada.

Figura 8 – Curva de desempenho para manutenção corretiva não-planejada



Fonte: Pinto e Xavier (2009).

2.2.2.3 *Manutenção corretiva planejada*

Nesse tipo de manutenção há uma detecção prévia da falha ou do desempenho abaixo do esperado do equipamento. Ocorre por decisão da gerência de operar o equipamento até a falha ou em função de um acompanhamento preditivo. É geralmente adotada quando há sobressalentes para substituição, quando a falha não provoca situação de risco à segurança e os efeitos das falhas não geram danos severos. Um trabalho planejado é sempre mais barato, mais rápido e mais seguro, garantindo uma maior qualidade em comparação ao emergencial.

No entanto, comparado aos tipos de manutenção mostrados a seguir apresenta um custo muito alto. O resultado líquido deste tipo reativo de gerência de manutenção é o maior custo de manutenção e menor disponibilidade de maquinaria de processo. A análise dos custos de manutenção indica que um reparo realizado no modo corretivo-reativo terá em média um

custo cerca três vezes maior que quando o mesmo reparo for feito dentro de um modo programado ou preventivo (ALMEIDA, 2000).

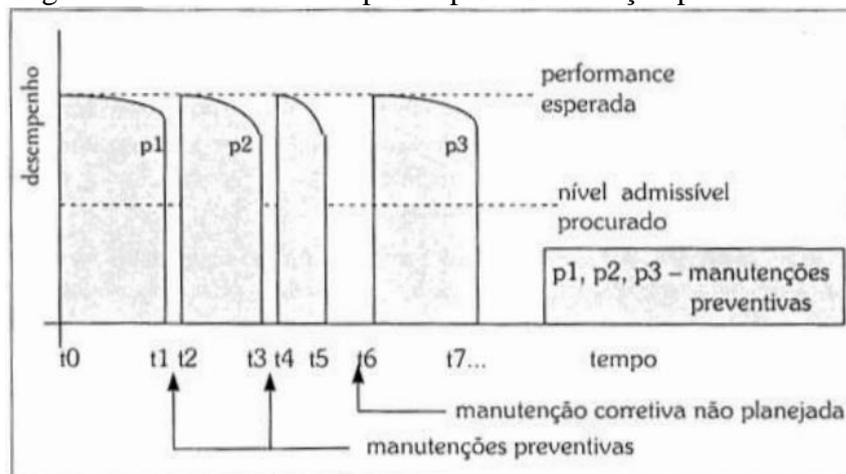
2.2.2.4 Manutenção Preventiva

É utilizada com o objetivo de evitar a falha do equipamento através de intervenções em intervalos de tempos pré-definidos, obedecendo a um plano previamente estabelecido. Segundo Slack, Johnston e Brandonjones (2002), visa reduzir ou eliminar a probabilidade de falhas, através de limpeza, lubrificação e substituição de peças. Em setores como a aviação a manutenção preventiva é imperativa, pois o fator segurança se sobrepõem aos demais.

Os argumentos para se utilizar a manutenção preventiva devem ser baseados na redução de custos de manutenção e maior produtividade. Para (XENOS, 2004), a manutenção preventiva deve ser a atividade principal da manutenção em uma empresa. Se compararmos com a manutenção corretiva a manutenção preventiva é mais cara, pois as peças devem ser trocadas antes de terminar a sua vida útil ou antes de ocorrer a falha. No entanto a frequência de falhas dos equipamentos diminui, melhorando a confiabilidade, reduzindo o custo global da manutenção para a empresa.

A Figura 9 mostra a curva de desempenho para um equipamento onde é feita a manutenção preventiva com o tempo.

Figura 9 – Curva de desempenho para manutenção preventiva



Fonte: Pinto e Xavier (2009).

2.2.2.5 Manutenção Preditiva

A manutenção preditiva tem o objetivo de antecipar quando as instalações irão necessitar de uma intervenção. Para isso são feitos monitoramentos de parâmetros nos equipamentos, sejam esses monitoramentos *on-line* ou feito por mantenedores com instrumentos específicos. Baseado nos resultados desses monitoramentos é tomada uma decisão para intervenção programada (PINTO; XAVIER, 2009).

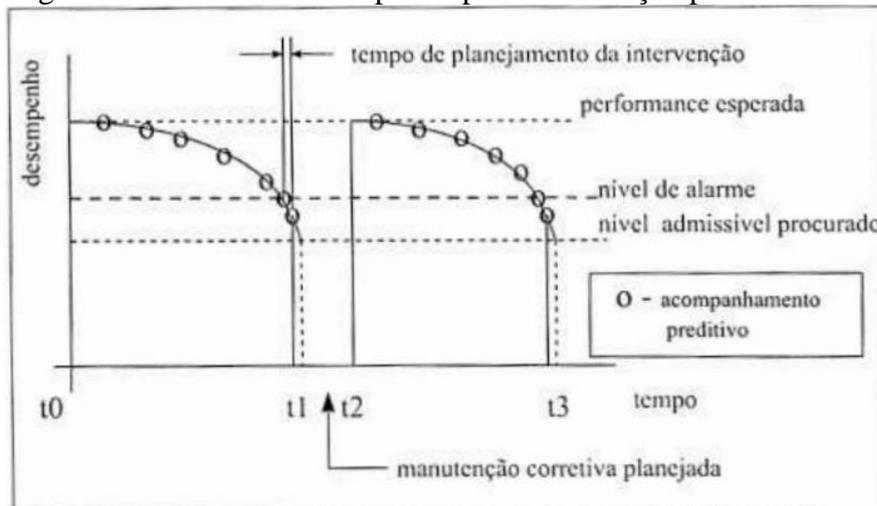
As formas mais comuns de inspeção nas manutenções preditivas são a análise de vibração, a termografia, a ferrografia e a inserção sensitiva (TOAZZA; SELLITO, 2015).

De acordo com Monchy (1989), a manutenção preditiva é uma forma totalmente moderna de manutenção que dispõe o equipamento sob supervisão contínua, intervindo o mínimo possível na planta e gerando os melhores resultados.

Além disso, Almeida (2000) diz que a diferença primordial entre a manutenção preditiva e a manutenção reativa é que a preditiva tem a vantagem de conseguir programar a atividade no momento em que o mesmo terá o menor impacto possível na produção.

A Figura 10 mostra a curva de desempenho quando aplicado os conceitos de manutenção preditiva.

Figura 10 – Curva de desempenho para manutenção preditiva



Fonte: Pinto e Xavier (2009).

2.2.2.6 *Manutenção Detectiva*

A ideia da manutenção detectiva está baseada no princípio de que erros humanos são inevitáveis (SLACK; JOHNSTON; BRANDONJONES, 2002), e por isso utiliza a implantação de sistemas de proteção que atuam na eminência de desvios que possam comprometer a o funcionamento da máquina.

Esse é o tipo mais moderno de manutenção e começou a ser referenciado na literatura a partir da década de 90. A verificação do sistema é realizada em operação, detectando falhas ocultas e não perceptíveis ao pessoal da operação. (SOUZA, 2008).

A identificação de falhas ocultas é essencial para garantir a confiabilidade dos sistemas, e para isso é cada vez maior a utilização de computadores e *softwares* de controle de processos nas mais diversas plantas industriais (PINTO; XAVIER, 2009).

2.3 **Gestão da Manutenção**

As atividades de manutenção estão presentes nos diversos setores industriais, sob as mais variadas formas. Portanto, a gestão da manutenção, ou seja, a forma na qual a manutenção será estruturada e organizada dependerá da necessidade da empresa, levando em consideração o tipo do produto, serviço, porte da fábrica, tipos de equipamentos e outras necessidades.

De acordo com Pinto e Xavier (2009), anteriormente a gestão da manutenção era entendida apenas como planejamento dos recursos adequados a carga de trabalho esperada. Hoje, devido ao grande aumento da competitividade, a manutenção tem assumido um papel cada vez mais estratégico. Isso exige um constante aprimoramento das técnicas de gestão da manutenção com suporte de uma estrutura organizacional bem determinada, indicadores de desempenho e uso de ferramentas tecnológicas de gestão.

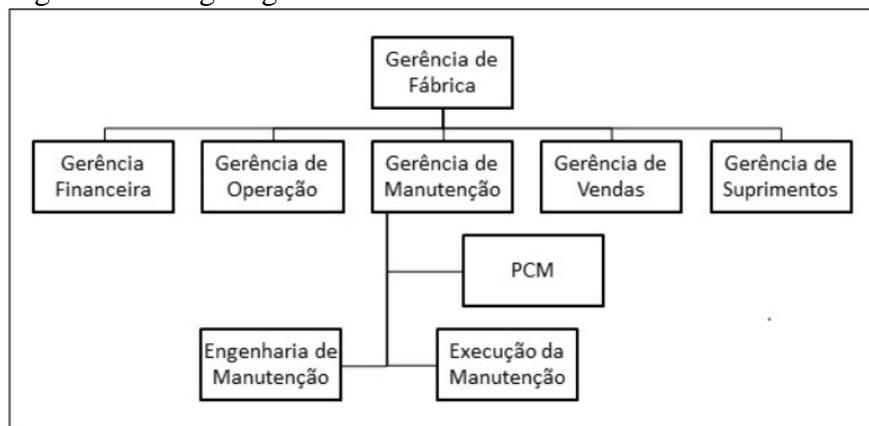
2.3.1 *Planejamento e Controle da Manutenção (PCM)*

Segundo Souza (2008), a filosofia do planejamento e controle da manutenção começou a ser utilizada no Brasil a partir da década de 90. Antes disso, a produção era relacionada apenas com a operação ou com o processo produtivo. Atualmente, a manutenção e

operação são vistas como possuindo o mesmo nível hierárquico em uma organização, atuando juntas para compor a produção.

Assim a manutenção deve ter um nível de gerência da mesma forma como encontrada na operação. O Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) é o setor que fornece o suporte para a sua execução. Em outras palavras, o PCM define estratégias de manutenção a serem seguidas pelo setor, a fim de otimizar os processos (OLIVEIRA, 2014). A Figura 11 mostra o organograma típico de uma fábrica evidenciando a ligação que o PCM tem com a gestão da manutenção.

Figura 11 – Organograma de uma fábrica



Fonte: Viana (2002).

O gerente de manutenção deve trabalhar junto ao PCM, pois esse setor tem a responsabilidade de programar, planejar e verificar o cumprimento das ordens de manutenção. Dessa forma, o PCM é tido como o órgão central da manutenção (OLIVEIRA, 2014). Sua rotina principal corresponde a verificar as notificações de anomalias do ambiente fabril, classificar as atividades de acordo com criticidade, verificar a disponibilidade dos recursos disponíveis para atendimento das anomalias, criar as ordens de serviço, programar a execução da atividade, dar *feedback* para operação sobre o andamento das atividades e monitorar a eficiência da execução da programação através de indicadores e relatórios.

2.3.2 Sistema de informação para manutenção

Como explicado anteriormente, o PCM é considerado a espinha dorsal da manutenção, pois todas as atividades passam por esse setor. Assim, é impossível imaginar um setor responsável por gerenciar tanta informação sem a utilização de um *software* para auxiliar

nessa administração. Sistemas que cumprem esse papel são chamados de *Enterprise Resource Planning* (ERP). Esses ambientes computacionais têm a função de promover o fluxo de informações entre os setores da empresa como compras, manutenção e recursos humanos (KLEIN, 2007).

Segundo Gaspar (2012), os ERPs são compostos por módulos integrados entre si, conectados a uma base de dados única, com cada módulo contemplando uma área da empresa, permitindo entender os processos que envolvem o negócio e servindo de apoio à tomada de decisão de todos os setores, e assim, diminuindo as distâncias entre os departamentos. No mercado, os *softwares* ERP são compostos por estruturas que permitem serem customizadas em função das necessidades de cada cliente.

O funcionamento dos ERPs soluciona problemas antes existentes de redundâncias ou duplicidade de dados, pois consiste em um sistema interligado, dividindo-se em vários módulos que se comunicam e se atualizam em uma única base de dados, de maneira que cada informação seja atualizada uma única vez (PADILHA; MARINS, 2005).

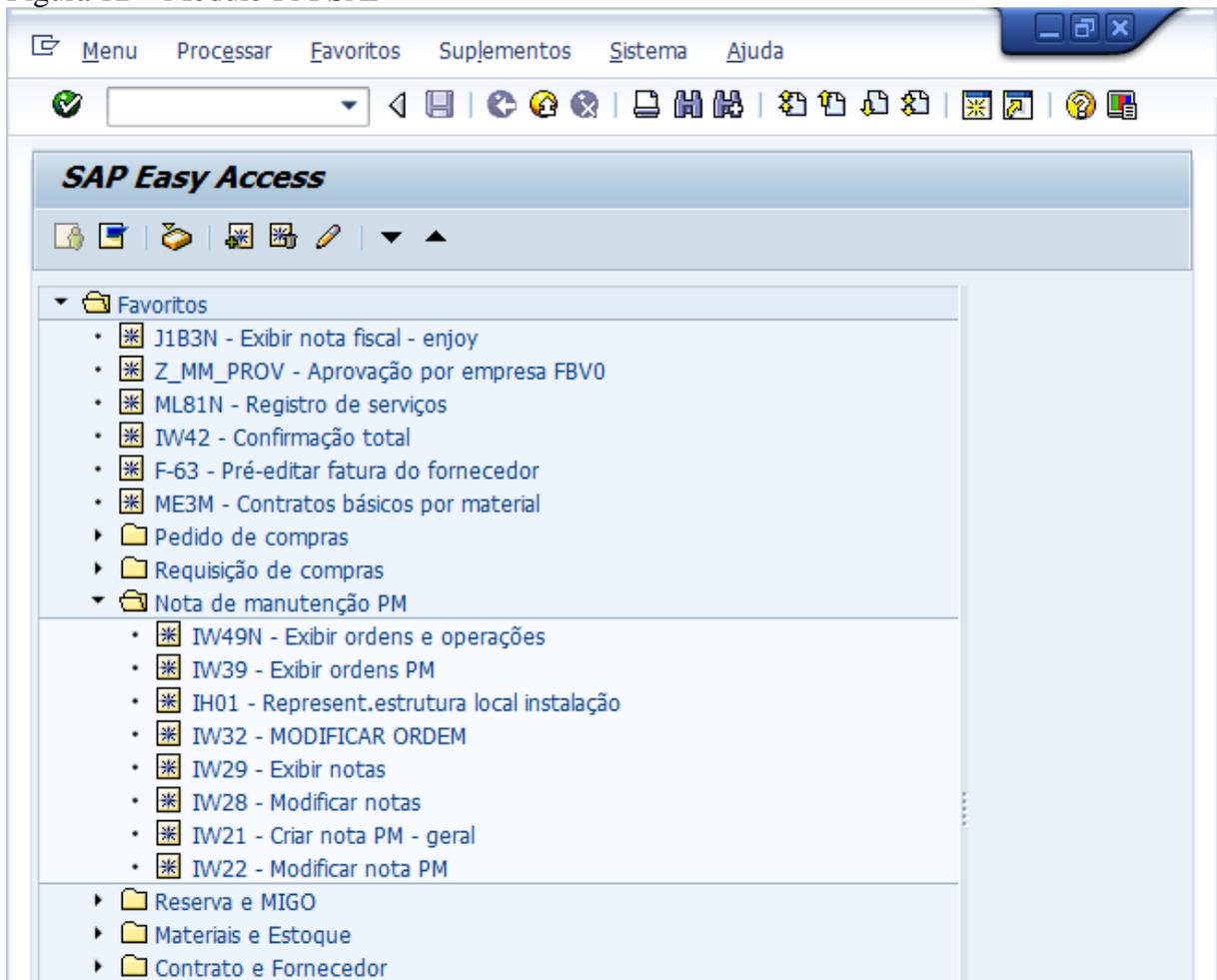
2.3.2.1 Sistema SAP R/3 – MÓDULO PM

O *software* SAP é um sistema ERP muito utilizado nas empresas, ele procura contemplar a empresa como um todo, dividindo-se em módulos que correspondem à diferentes áreas da empresa. Esse sistema processa em tempo real nas informações que trafegam na empresa. Ele possui características como: alta performance, rastreabilidade, simplicidade e compatibilidade com sistemas operacionais mais comuns. Essas características fazem com que o SAP seja o ERP mais utilizado no mundo (ALMEIDA, 2009).

Para os objetivos desse trabalho, o foco está voltado para o módulo do SAP responsável pelo gerenciamento da área de manutenção, ou seja, o Módulo Plant Maintenance (PM). Esse módulo serve para apoiar o planejamento da manutenção. Nele é possível abrir notas de serviço, transformar notas de serviço em ordens de serviço (OS), programar atividades, monitorar o status da execução da atividade, anexar relatórios da execução das atividades, solicitar material no almoxarifado necessário em uma atividade, cadastro de *tag* dos equipamentos, dentre outros.

A Figura 12 apresenta os módulos do PM do SAP.

Figura 12 – Módulo PM SAP



Fonte: Próprio autor.

2.4 Produtividade

A ideia de produtividade tem sido usada formalmente em trabalhos acadêmicos há muito tempo, mas apenas no início do século passado que esse termo começou a ser entendido como a relação entre o bem produzido e o recurso empregado (MENEZES; ROCHA, 2013).

Uma definição de produtividade que se encaixa nos objetivos de estudo da manutenção é definida por Marconi (2004), onde é definido como a eficiência em transformar o esforço humano, ou seja, HH, em quantidade de serviço.

A produtividade está ligada diretamente a desempenho, portanto o estudo da produtividade consiste em medir o desempenho dos processos através de indicadores, em busca de aprimorá-los. Segundo Campos (1999), os recursos das empresas os quais são medidos o desempenho podem se dividir em: recursos materiais, recursos administrativos e recursos humanos.

2.4.1 Indicadores de desempenho da manutenção

Como explicitado anteriormente, a produtividade de um processo precisa ser medida através de indicadores. Segundo Xavier (2011), os indicadores são medidas obtidas ou dados numéricos estabelecidos sobre determinados processos ou equipamentos que queremos controlar. A seguir, serão apresentados os principais indicadores relacionados ao processo de manutenção:

2.4.1.1 Custos

O custo é um dos principais indicadores da manutenção, uma vez que muitas empresas ainda consideram o setor da manutenção apenas como um gerador de custos (PINTO; XAVIER, 2009). O autor ainda afirma que os custos estão atrelados a todos os gastos da manutenção e podem ser divididos em três grandes grupos:

- a) Custos diretos: necessário para manter o equipamento em operação, inclui a manutenção corretiva e preventiva;
- b) Custos de perda de produção: decorrente da falha no equipamento que para a produção;
- c) Custos indiretos: custos relacionados a estrutura gerencial, engenharia de manutenção, energia elétrica, supervisão, entre outros.

De acordo com ABRAMAN (2013) pode-se observar o percentual do custo de manutenção total que é utilizado com mão-de-obra no Brasil, a Figura 13 mostra o percentual de cada gasto.

Figura 13 – Composição dos custos de Manutenção no Brasil

Ano	Composição dos Custos de Manutenção (%)			
	Pessoal	Material	Serviços Contratados	Outros
2011	31,13	33,35	27,03	8,48
2009	31,09	33,43	27,27	8,21
2007	32,35	30,52	27,20	9,93
2005	32,53	33,13	24,84	9,50
2003	33,97	31,86	25,31	8,86
2001	34,41	29,36	26,57	9,66
1999	36,07	31,44	23,68	8,81
1997	38,13	31,10	20,28	10,49
1995	35,46	33,92	21,57	9,05
Média	33,90	32,01	24,86	9,22
Desvio Padrão	2,38	1,55	2,56	0,73

Fonte: ABRAMAN (2013).

2.4.1.2 Satisfação dos Clientes

Uma das principais razões da existência de qualquer empresa é satisfazer o cliente, e para isso precisa investir em estratégias para garantir o atendimento de suas expectativas.

Com relação ao setor de manutenção, o principal cliente é a operação, e para atendê-los bem a manutenção precisa garantir principalmente a disponibilidade e confiabilidade da máquina ou dos equipamentos (PINTO; XAVIER, 2009).

2.4.1.3 BACKLOG

A relação entre o montante de serviços de manutenção planejado a ser realizado num determinado momento, medido em dias ou homem-hora, representando o tempo que a equipe de manutenção deve trabalhar para concluir todos os serviços pendentes, supondo que não cheguem novos pedidos durante a execução destes serviços (PINTO; XAVIER, 2009).

A seguir é apresentado a equação 1 que mostra o cálculo do backlog:

$$Backlog = \frac{\sum \text{Horas Planejadas}}{\sum \text{Horas disponíveis} \times \text{Fator de Produtividade}} \quad (1)$$

Em que:

Backlog = indicador de produtividade da manutenção;

Horas planejadas = h.h das ordens de serviços planejadas;

Fator produtividade = inerente a cada área, variando acordo com as suas características, recursos e a manutenibilidade de equipamentos.

2.4.1.4 Fator de produtividade da manutenção (*Análise Wrench Time*)

Como foi mostrado na Figura 13, de acordo com ABRAMAN (2013), aproximadamente 33,9% dos custos de manutenção, são destinados à mão de obra. Logo, qualquer melhoria na produtividade mão de obra da manutenção, irá permitir alcançar resultados expressivos.

Nesse contexto, muitas ferramentas surgem com o intuito de avaliar a produtividade da mão de obra de uma equipe. Uma dessas ferramentas é chamada de Fator de Produtividade ou *Wrench Time*.

Para Smith (2012), *wrench time* é o percentual de tempo que o operador de manutenção está realizando atividades que agregam valor ao trabalho em relação ao tempo total que ele passa no local de trabalho. Em outras palavras, é o tempo que o mantenedor passa executando tarefas para o qual ele foi contratado. Ainda segundo o autor, o *wrench time* não contabiliza tempos improdutivos como, deslocamento até o posto de trabalho, obtenção de ferramentas, tempo de DDS e liberação do equipamento por parte da operação.

Nas indústrias de energia, o valor do fator de produtividade pode ser classificado em típico, bom e de classe mundial. Fator de produtividade entre 25 e 30% é considerado típico, entre 35 e 40% é considerado bom e acima de 65% é considerado de classe mundial (STEINHUBL et al., 2009).

Estudo relacionado ao fator de produtividade tem como etapas comuns; estabelecer o escopo do estudo, selecionar quais categorias serão analisadas, coletar dados através de ferramentas, analisar os resultados verificando onde existe oportunidades de melhorias e propor estratégias para minimizar ou eliminar tempos improdutivos (SMITH, 2012). A Figura 14 mostra um exemplo de análise de fator de produtividade.

Figura 14 – Ilustração do cálculo do fator de produtividade da manutenção



Fonte: ENGETELES.

2.4.2 Estudo de Tempos e Cronoanálise

Uma metodologia muito utilizada para incremento de produtividade na mão de obra em qualquer indústria é o estudo de tempos, com foco na eliminação de desperdícios e melhor utilização dos recursos (SILVA; COIMBRA, 1980). A padronização dos métodos de trabalho e a definição do tempo padrão das atividades permite ao empresário definir a sua real capacidade instalada e, assim executar o planejamento adequado dos seus recursos.

A escola da Administração Científica iniciou-se no século XX pelo engenheiro americano Frederick W. Taylor, e tinha como principal objetivo a aplicação dos métodos científicos em problemas de administração (SUGAI, 2003). Taylor teve um importante papel para que a improvisação cedesse lugar ao planejamento e a ciência metódica. Segundo Barnes (1977), os primeiros estudos de tempos foram introduzidos por Taylor e um de seus inúmeros seguidores, Frank B. Gilbreth.

Para se determinar o tempo padrão de cada etapa de uma atividade é necessário subdividir a operação em elementos de trabalho, descrever tais elementos, medir através da utilização de um cronômetro levando em conta permissões ou tolerâncias em razão de atrasos inevitáveis ou fadiga do trabalhador (MAYNARD, 1970).

O estudo de tempo favorece o aumento da produtividade e qualidade das operações porque possui pontos identificáveis de entrada, transformação e saída. Uma ferramenta que teve origem no estudo de tempo e que é muito utilizada para determinar o tempo padrão de uma determinada etapa de uma atividade é chamada de Cronoanálise.

Para Toledo Jr. e Kuratomi (1977) a cronoanálise é um método de medição de trabalho, feito com a utilização de um cronômetro e seguindo determinadas condições, com o objetivo de determinar o tempo necessário para se realizar uma atividade em um certo nível de trabalho. Ainda segundo o autor, essa ferramenta é indicada quando há a necessidade de melhorar a produtividade, pois ela é capaz de determinar dados reais e indicadores confiáveis.

Barnes (1977) define a cronoanálise como uma série de etapas as quais devem ser adaptadas para cada estudo. Um exemplo comum de etapas para o desenvolvimento de uma cronoanálise, é mostrado a seguir:

- a) Obter e registrar as informações sobre a operação e o operador em estudo;
- b) Dividir a operação em elementos;
- c) Observar e registrar o tempo gasto pelo operador;
- d) Determinar o número de ciclos a serem cronometrados;
- e) Avaliar o ritmo do operador;
- f) Determinar o tempo normal;
- g) Determinar as tolerâncias;
- h) Determinar o tempo-padrão para a operação.

Peinaldo e Graeml (2004) propõem que para se determinar o tempo preciso de uma atividade utilizando a cronoanálise, é necessário se determinar o número de amostras a serem cronometradas. Para isso, utiliza-se o cálculo estatístico demonstrado na Equação 2.

$$N = \left(\frac{Z \cdot R}{E_r \cdot d_2 \cdot \bar{x}} \right)^2 \quad (2)$$

Onde:

- a) N = número de ciclos finais a serem cronometrados;
- b) Z = coeficiente de distribuição normal para uma probabilidade determinada;
- c) R = amplitude da amostra inicial;
- d) E_r = erro relativo da medida;
- e) d_2 = coeficiente em função do número de cronometragens realizadas preliminarmente (na amostra inicial);
- f) \bar{x} = média dos valores das observações da amostra inicial.

Essa equação é utilizada para confirmar se o número de cronometragens iniciais é satisfatório ou se é necessário recorrer ao maior número de cronometragens para um erro aceitável dentro do estudo.

O coeficiente Z é o coeficiente de distribuição normal correspondente ao certo grau de confiança que geralmente é usado em estudo de cronoanálise entre 90% e 95% e com erro relativo de 5%. Enquanto que o coeficiente d_2 é escolhido de acordo com o número inicial de amostras. Peinado e Graeml (2007) estabeleceram tabelas para se determinar esses coeficientes mostrada na Tabela 1 e Tabela 2 abaixo.

Tabela 1 – Coeficiente de distribuição normal

Probabilidade	90%	91%	92%	93%	94%	95%	96%	97%	98%	99%
Z	1,65	1,70	1,75	1,81	1,88	1,96	2,05	2,17	2,33	2,58

Fonte: Peinado e Graeml (2007).

Tabela 2 – Coeficiente relacionado ao número de amostras iniciais

Nº de amostras	2	3	4	5	6	7	8	9	10
d_2	1,128	1,693	2,059	2,326	2,534	2,704	2,847	2,970	3,078

Fonte: Peinado e Graeml (2007).

3 METODOLOGIA

O presente trabalho é do tipo pesquisa-ação descritivo, utilizando-se de pesquisa de campo e análise documental para obtenção de dados. Para que os objetivos fossem alcançados, buscou-se aplicar e validar os métodos e técnicas afim de solucionar um problema real.

As principais etapas da pesquisa foram delineadas da seguinte forma:

- a) Definição do foco da pesquisa;
- b) Definição e aplicação do melhor método de cronoanálise;
- c) Identificação das principais fontes improdutivas;
- d) Sugestões de melhorias que visam reduzir ou eliminar o problema;
- e) Verificação da efetividade das melhorias.

3.1 Definição do setor foco da pesquisa

As atividades de manutenção corretiva planejadas representam o maior percentual de atividades de manutenção na UTE Pecém. Por esse motivo, o foco do presente estudo de tempos visa medir e aumentar a produtividade da mão de obra da manutenção eliminando as principais etapas improdutivas de execução de atividades planejadas.

Além disso, as atividades de manutenção planejadas são programadas e controladas semanalmente, essas programações e controles são registrados em relatórios gerados pelo *software* SAP e registradas em planilhas eletrônicas. Tais relatórios contém informações importantes e de fácil rastreabilidade para compor a obtenção de dados do presente trabalho.

3.2 Definição e aplicação do melhor método de cronoanálise

Com base na revisão bibliográfica, onde foi feita a identificação dos principais modelos de cronoanálise existentes, foram escolhidas as etapas que melhor se adequaram à atividade em estudo, de modo que fosse simples e eficaz, de fácil aplicação e entendimento.

O primeiro passo para se realizar uma cronoanálise que atenda ao propósito do estudo é definir o fluxo operacional completo da execução de atividades. Uma atividade de execução de manutenção envolve várias etapas com participação de vários setores, e por isso um fluxograma é essencial para o entendimento completo do processo.

Além disso, algumas etapas existem em uma determinada atividade pode não existir em outra, fazendo-se necessário desenho de fluxograma com caixas de decisões de forma que o fluxograma seja útil para representar qualquer atividade de manutenção. Esse fluxograma foi definido através do compilado de descrições dos planejadores e executantes de manutenção.

Após determinado o fluxograma de execução, partiu-se para a primeira coleta de dados. Foram utilizados um cronômetro para medir o tempo de cada etapa definida no fluxograma e uma prancheta para registrar os tempos e fazer observações. Nessa amostra inicial foram cronometrados os tempos das etapas de 10 atividades de manutenção escolhidas aleatoriamente durante 4 semanas, acompanhando em campo o mantenedor desde o DDS no início do dia até o encerramento da atividade. O tempo médio ou tempo padrão de cada etapa consiste na média aritmética dos tempos observados em todas as cronometragens.

Para se determinar se essa amostra inicial de 10 observações mostrou resultados satisfatórios, é necessário utilizar a Equação 2. Como mostrado na seção anterior, essa equação tem o papel de determinar o número de cronometragens necessárias de cada etapa da atividade que satisfaça certo grau de confiabilidade e erro relativo aceitável, representados pelos coeficientes Z e d_2 respectivamente. Em alguns casos, quando o valor do resultado do cálculo de número de amostras necessárias é menor do que o número inicial de amostras, não é necessário fazer novas cronometragens para se atingir o grau de confiabilidade definido.

3.3 Identificação das principais fontes improdutividades

Como o objetivo do estudo é propor e aplicar melhorias que visem reduzir ou eliminar o tempo das etapas mais improdutivas deve-se expressar os dados de forma clara e objetiva. Portanto, o diagrama de Pareto torna-se essencial para fornecer rápida interpretação dos dados de um determinado problema, onde normalmente necessita-se demonstrar que poucas causas são responsáveis pela maior parte dos problemas.

A hipótese da regra de Pareto afirma que normalmente 80% dos problemas provem de 20% das fontes, ou seja, o diagrama proporciona informações necessárias para priorizar esforços nos problemas mais críticos e, com isso, obter um impacto mais positivo.

3.4 Sugestões de melhorias que visam reduzir ou eliminar o problema

Após definir e quantificar as causas do problema, elaborar alternativas e descrever soluções, o passo seguinte compreende em implementar as soluções. Para isso, optou-se pela metodologia conhecida como 5W2H. Essa metodologia nada mais é que uma forma de organizar um plano de ação de forma simples e intuitiva.

O plano de ação é organizado dividido em forma de resposta das seguintes perguntas: What? When? Who? Where? Why? How? How much? Que significam respectivamente: O que? Quando? Quem? Onde? Por quê? Como? Quanto?

Respondendo essas perguntas o plano de ação contém as medidas necessárias para a correção dos problemas encontrados e mecanismos necessários para o acompanhamento da efetividade das ações conforme previsto.

3.5 Verificação da efetividade das melhorias

Para se medir quantitativamente a efetividade das ações implantadas, optou-se por comparar o fator de produtividade antes e depois das melhorias. A forma mais comum de calcular o fator de produtividade é utilizando o tempo total que o trabalhador está na empresa durante uma semana e definir qual o percentual ele passa executando uma tarefa de manutenção ou com a ferramenta na mão (*Wrench Time*).

Os valores essenciais para esse cálculo são o tempo médio de cada etapa ou atividade do dia-a-dia do trabalhador na empresa e qual a frequência de cada etapa. Por exemplo, o tempo gasto com café da manhã é em média 20 minutos e essa atividade ocorre 5 vezes na semana, totalizando 100 minutos por semana. Algumas atividades inerentes das execuções de manutenção não possuem uma frequência diária, por isso, foi necessário recorrer as planilhas de planejamento e controle da manutenção, pois essa contém detalhes de todas as atividades programadas em uma semana.

No fluxograma são destacadas as atividades básicas que envolvem a execução de uma atividade de manutenção corretiva planejada. As raias verticais indicam os setores em que cada atividade é executada, por exemplo, a caixa descrita como “Bloquear equipamento e liberar atividade” é uma ação executada pela equipe da operação.

O fato de uma determinada etapa ser executada por outro setor não significa que a manutenção não participe da ação. Por exemplo, na etapa descrita como “Pegar matérias” está contida na raia do Almoxarifado, porém o executante da manutenção gasta seu tempo de trabalho aguardando atendimento ou solicitando a peça necessária no *software* SAP.

Outro ponto importante para o entendimento completo do fluxograma são os estilos das caixas. As caixas em cor cinza representam uma etapa direta. As caixas de cor marrom representam etapas que podem ser entendidas como sub-processos, por exemplo, “Pegar matérias no almoxarifado” representa uma etapa que poderia ser detalhada em mais etapas específicas. Por fim, as caixas em formato de losango representam tomadas de decisões, pois nem todas as etapas estão presentes em todas as atividades de manutenção, necessitando de caixas de decisão para se criar um fluxograma mais abrangente para a variabilidade de tipos de atividades de execução de manutenção.

4.1 Cronoanálise

Conforme determinado anteriormente, foram realizadas inicialmente 10 amostragens de cronometragens de atividades. Como algumas etapas não estão presentes em todas as atividades, algumas etapas foram possíveis cronometrar uma quantidade inferior a 10 nessa amostra inicial. Por exemplo, a etapa “atendimento de almoxarifado” só aconteceu em metade das atividades acompanhadas nesse primeiro momento, ou seja, apenas 5 atividades apresentaram essa etapa.

Após a amostragem inicial, deve-se utilizar a Equação 2 para se determinar o número de amostragens confiáveis. Para ilustrar a aplicação da fórmula, segue-se o exemplo da etapa de “Atendimento no almoxarifado”.

Dados:

- a) Tempo médio, $X = 35,6$ minutos;
- b) Número de observações da amostra inicial é 5, logo $d_2 = 2,326$ (Tabela 2);
- c) Erro relativo de 5%, $E_R = 0,05$ valor comumente utilizado;
- d) $Z = 1,65$, probabilidade de 90%, valor comumente utilizado (Tabela 1);

e) Amplitude, $R = 6,5$ minutos.

Substituindo-se na Equação 2, tem-se:

$$N = \left(\frac{Z \cdot R}{E_r \cdot d_2 \cdot \bar{x}} \right)^2 = \left(\frac{1,65 \cdot 6,5}{0,05 \cdot 35,6 \cdot 2,326} \right)^2 = 6,71$$

Esse resultado mostra que para se obter uma análise confiável de tempo de atendimento de almoxarifado deve-se fazer 6,71 ou arredondando, 7 amostragens de cronoanálise. O resultado de uma análise semelhante para as outras etapas é mostrado na Tabela 3:

Tabela 3 – Quantidade de cronometragens necessárias para cada etapa

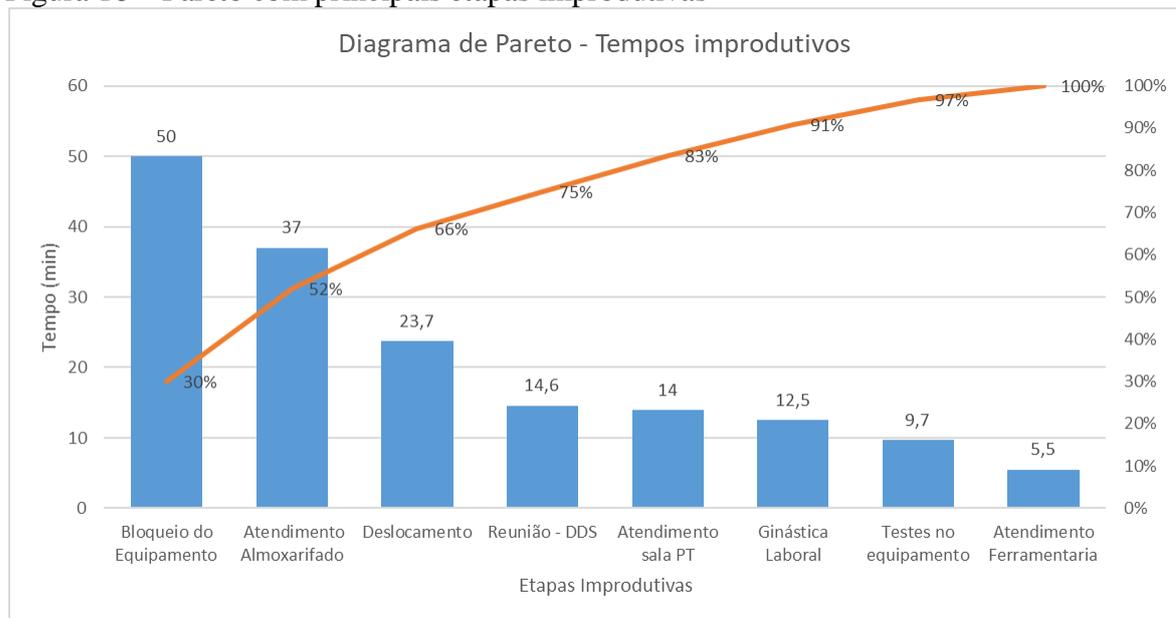
Etapa da atividade	Número de amostras iniciais	Número de ciclos a serem cronometrados (N)
DDS	10	7
Ginástica Laboral	3	3
Deslocamento	10	10
Bloqueio do Equipamento	7	10
Atendimento Almoxarifado	5	7
Ferramentaria	10	9
Testes no equipamento	10	11
Atendimento sala de PT	10	6

Fonte: Próprio autor.

Pode-se notar que algumas etapas não foram necessárias proceder com mais cronometragens além da cronometragem inicial, como é o caso da primeira atividade “DDS”, já que o número de amostragens iniciais já foi superior ao número necessário.

Diante da definição do número exato foram feitas as medições de atividades de manutenção. Os resultados com o tempo médio destinado para cada etapa de improdutividade são apresentados no diagrama de Pareto na Figura 16:

Figura 16 – Pareto com principais etapas improdutivas



Fonte: Próprio autor.

A linha de percentual acumulado em laranja mostra que apenas duas fontes de improdutividade (Almojarifado de Bloqueio de equipamentos) são responsáveis por 52% de todo o tempo improdutivo envolvido na execução de atividades de manutenção planejadas. Esses resultados guiarão as tomadas de decisões para o plano de ação de melhorias aplicadas para aumento de produtividade.

4.2 Melhoria de processo

O plano de ação definido pelo método do 5W2H, visa atacar as principais causas de improdutividade na execução de atividades. O diagrama de Pareto mostrou que essas fontes são: tempo de espera para atendimento do almojarifado e tempo de bloqueio do equipamento.

Ao planejar o cronograma semanal de manutenção, o setor de Planejamento da Manutenção só deverá programar atividades que precisem de peça de reposição caso a tal peça esteja presente em estoque no almojarifado, evitando assim que atividades programadas não sejam executadas. Ao receber a sua atividade, o mantenedor verifica se a mesma necessita de alguma peça de reposição, caso positivo faz a reserva no sistema SAP e pega o material no almojarifado. Porém esse processo é demorado, uma vez que eles têm a sua disposição poucos computadores para fazer a requisição e o atendimento de almojarifado fica sobrecarregado principalmente no início do dia.

Já a análise de causa de improdutividades por bloqueios de equipamentos, deve-se avaliar os motivos pelos quais essas são atividades tão demoradas. Conforme mostrado do fluxograma, ao chegar no local da atividade, o mantenedor aciona um operador utilizando o rádio, esse vem até o local da atividade para fazer os bloqueios necessários e liberar a atividade. O problema encontrado é que muitas vezes o operador já está executando outra atividade em outro local da usina, referente a sua ronda diária e seu deslocamento até o local de bloqueio pode ser muito demorado. A operação não tem um horário fixo para que possa executar os bloqueios.

Avaliadas as causas das principais improdutividades, um ponto importante deve ser observado. Tanto a execução do bloqueio de equipamentos como a requisição de material no almoxarifado são feitas por outras equipes que não a manutenção em si, ou seja, não é necessário que o mantenedor esteja presente para executar essas etapas das atividades. Baseado nessa observação foi montado o plano de ação que visa antecipar essas atividades para um turno anterior ou um dia anterior, conforme mostrado na tabela abaixo.

A última coluna do plano de ação, referente a pergunta “How much” não foi preenchida pois as ações não tiveram custo de implantação.

Tabela 4 – Plano de ação para solução das principais improdutividades

	O que (What)	Quem (Who)	Quando (When)	Onde (Where)	Porque (Why)	Como (How)	Quanto (How much)
Almoxarifado	Antecipar o recebimento de equipamentos do almoxarifado	Equipe Almoxarifado	Um dia anterior à atividade programada	Almoxarifado	Diminuir tempo de espera de atendimento	Separar materiais um dia antes conforme as atividades planejadas para o dia seguinte.	-
Bloqueio	Antecipar o bloqueio dos equipamentos	Equipe Operação	Um dia anterior à atividade programada	Local da atividade	Diminuir tempo de espera de bloqueio	Bloquear equipamento um turno anterior a execução da atividade conforme planejamento.	-

Fonte: Próprio autor.

Como forma de exemplificar a efetividade de ações de antecipar atividades, foi feito um acompanhamento de uma atividade de manutenção antes e após a implantação das melhorias. Foi escolhido para esse exemplo duas atividades no mesmo equipamento, com a mesma equipe de execução e com o mesmo tempo de programação. Pode-se observar na Tabela 5 que a atividade após a implantação da melhoria apresentou tempo de bloqueio igual a zero, enquanto que uma atividade semelhante exigiu um tempo de 1 hora e 36 minutos para se realizar

o bloqueio do equipamento. As demais etapas apresentaram tempo semelhante em ambas as atividades, comprovando que a antecipação do bloqueio não irá impactar em outras etapas.

Tabela 5 – Tempo de atividades semelhantes antes e após as melhorias

Atividade antes da aplicação de melhorias		Atividade após da aplicação de melhorias	
Etapas	Tempo de duração	Etapas	Tempo de duração
DDS	00:14	DDS	00:16
Pegar EPI	00:05	Pegar EPI	00:04
Pegar PT	00:12	Pegar PT	00:09
Deslocamento	00:06	Deslocamento	00:06
Pegar Ferramentas	00:08	Pegar Ferramentas	00:24
Execução	02:34	Execução	02:24
Intervalo Almoço	01:15	Intervalo Almoço	01:10
Teste	00:14	Teste	00:14
Finalizar e fechar PT	00:24	5S Liberação	00:06
5S Liberação	00:10	Finalizar e fechar PT	00:14
Encerramento de PT	00:05	Encerramento de PT	00:05
Bloqueio	01:36	Bloqueio	00:00

Fonte: Próprio autor.

4.3 Fator de produtividade

O fator de produtividade é calculado com base no tempo total que o colaborador da empresa permanece na mesma. Na empresa do presente estudo, as atividades de manutenção se iniciam as 8:00 horas do dia e se encerram as 16:00 horas com o intervalo de 1 hora para almoço. No entanto, a jornada de trabalho se inicia às 7:30 e se encerra às 16:30, onde os períodos que não são de execução de atividades de manutenção, ou seja, entre 7:30 as 8:00 e entre 16:00 às 16:30 são reservados para café da manhã e vestiário.

Com o fator de produtividade calculado antes (esquerda) e após (direita) a aplicação das melhorias, Tabela 6, é possível quantificar os ganhos de produtividade em HH da manutenção.

Tabela 6 – Fator de produtividade antes e após aplicação de melhorias.

Etapas	Tempo (hh:mm:ss)	Percentual %	Etapas	Tempo (hh:mm:ss)	Percentual %
Execução	16:26:58	41,12%	Execução	17:41:03	44,21%
DDS	1:12:30	3,02%	DDS	1:12:30	3,02%
Bloqueio	0:47:33	1,98%	Bloqueio	0:00:00	0,00%
Almoxarifado	0:31:17	1,30%	Almoxarifado	0:04:44	0,20%
Deslocamento	1:55:00	4,79%	Deslocamento	1:55:00	4,79%
Laboral	0:37:30	1,56%	Laboral	0:37:30	1,56%
Ferramentaria	0:21:04	0,88%	Ferramentaria	0:21:04	0,88%
Testes	0:35:07	1,46%	Testes	0:35:07	1,46%
PT	1:10:00	2,92%	PT	1:10:00	2,92%
Emergencia	11:23:02	28,46%	Emergencia	11:23:02	28,46%
Vest, café	5:00:00	12,50%	Vest, café	5:00:00	12,50%
Total	40:00:00	100,00%	Total	40:00:00	100,00%

Fonte: Próprio autor.

Pode-se observar que após a aplicação das melhorias, o tempo de espera de bloqueio foi totalmente eliminado, já que o equipamento já foi bloqueado previamente e o mantenedor não precisa esperar a liberação do equipamento para iniciar sua atividade. O tempo de almoxarifado reduziu para pouco menos de 5 minutos, pois mesmo antecipando a separação de materiais previamente, o mantenedor ainda precisa se deslocar ao almoxarifado para recolher a peça solicitada.

O percentual de tempo referente a execução da atividade, o qual representa o fator de produtividade, se encontra na primeira linha da Tabela 6. Pode-se notar que após a aplicação das melhorias, o tempo gasto aguardando bloqueio e atendimento de almoxarifado foram incluídos no tempo de execução, aumentando o fator de produtividade de 41,12% para 44,21%. Esse aumento representa um incremento de produtividade de 3,1% da produtividade da mão de obra da manutenção.

A equipe de manutenção disponível para execução de atividades planejadas é composta por 55 colaboradores, resultando em um total médio de 2200 HH por semana. Multiplicando o valor de HH total pelo fator de produtividade, tem-se a quantidade de HH disponível para execução de atividades. O HH disponível antes das melhorias foi calculado em 904,72 HH e após as melhorias 972,62 HH, representando um aumento de 67,9 HH disponível para execução de atividades por semana.

Sabendo-se que atividades de manutenção planejadas consomem em média 10,5 HH para sua execução, os resultados mostram que com a aplicação das melhorias sugeridas é possível realizar aproximadamente 6,47 atividades de manutenção planejada a mais por semana.

5 CONCLUSÃO

Ao implementar o plano de ação, foi possível observar ganhos consideráveis na mão de obra da manutenção da usina. Os resultados foram alcançados ao implantar ações nas duas principais fontes de improdutividades. Foi possível calcular de forma precisa qual o valor de produtividade antes e após a aplicação das melhorias, que gerou resultados imediatos.

O projeto que deu origem ao presente trabalho foi elaborado durante o programa de estágio e implantado após uma premiação interna na empresa. O projeto foi elaborado de forma que sua implantação fosse feita sem custos, destacando ainda mais a eficiência do projeto.

Por razão do grande tamanho da equipe de manutenção, alguns impactos indiretos da implementação do plano de ação podem ser destacados. Uma maior produtividade diminui a geração de hora extra, mantendo a equipe mais descansada e motivada, além de diminuir gradativamente outros indicadores negativos como o *Back-log*.

Para manter a perenidade dos resultados alcançados é recomendado uma constante análise dos indicadores. A gestão da manutenção deve monitorar a equipe para verificar se o processo continua a ser executado de forma otimizada e padronizada, evitando que novas improdutividades venham a surgir.

Outras fontes de improdutividades podem ser estudadas com mais profundidade para enriquecer o plano de ação. Estudos com foco em movimentos seriam essenciais para reduzir o tempo de deslocamento. A busca por automatização de processos manuais como preenchimento de documentos a mão também oferece oportunidades de novos estudos.

Para trabalhos futuros, a metodologia empregada pode ser aplicada aos mais diferentes setores que busquem um aumento de produtividade. Atividades mais repetitivas como rondas operacionais requerem um maior número de cronometragens. Portanto uma adaptação mínima da metodologia é necessária para a aplicação da cronoanálise em outros setores.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (brasil). **Atlas da energia elétrica do brasil**. 3ed. Brasília: ANEEL, 2008. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/livros/-/asset_publisher/>. Acesso em: 19 mar. 2019.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (brasil). **Banco de Informações da Geração (BIG)**, Brasília: ANEEL, 2019. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/>>. Acesso em: 19 mar. 2019.
- ALMEIDA, José T. **Implementação do sistema SAP R/3 no grupo Martifer: acompanhamento e estudo do seu impacto**. 2009. 165 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão Ambiental) – Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial, Universidade de Aveiro, Aveiro, 2009.
- ALMEIDA, M. T. **Manutenção Preditiva: Confiabilidade e Qualidade**. 2000. Disponível em: <<http://mtaev.com.br/home/download/>>. Acesso em: 25 mar. 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO E GESTÃO DE ATIVOS. **Documento Nacional 2013**. Salvador, 2013. Disponível em: <<http://www.abraman.org.br/arquivos/403-/403.pdf>>. Acesso em: 31 mar. 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5462: Confiabilidade e manutenibilidade**, Rio de Janeiro, 1994. 37 p.
- BARBOSA, Joaquim et al. Geração de energia elétrica. In: JORNADA DE PESQUISA E EXTENSÃO, 4., 2013, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, 2013. p. 1-2.
- BARNES, Ralph M. **Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho**. 6. ed. São Paulo: Blucher, 1977.
- BRITISH PETROLEUM. **Statistical Review of World Energy - 2017**. Londres: BP p.l.c., 2017. Disponível em: <<https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/coal.html>>. Acesso em: 19 mar. 2019.
- BUCUSSI, Alessandro A. **INTRODUÇÃO AO CONCEITO DE ENERGIA**. Rio Grande do Sul: Instituto de Física - IFRGS, 2006. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/>>. Acesso em: 16 mar. 2019.
- BURATTINI, Maria Paula T. de Castro. **Energia: Uma abordagem multidisciplinar**. São Paulo: Livraria da Física, 2008.
- CAMPOS, Vicente Falconi. **Controle da Qualidade Total: No estilo Japonês**. 8ª edição. Rio de Janeiro: Bloch Editores S.A., 1999.
- CASTELLI, Aldo. **Energia para gerações**. Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: <<https://www.shell.com.br/>> Acesso em: 16 mar. 2019.
- EDP, 2015. Disponível em: <<https://pecem.brasil.edp.com/pt-br/a-usina-3>>. Acesso em 25 mar. 2019.
- ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION; **International Energy Outlook 2017**. Washington, DC, 2009. Disponível em: <<https://www.eia.gov/>>. Acesso em: 17 mar. 2019.

GASPAR, Heloísa. **O que é sistema ERP**, 2012. Disponível em: <<https://www.pwi.com.br/blog/o-que-e-sistema-erp/>>. Acesso em: 30 mar. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Estimativas da população residente no Brasil e unidades da federação com data de referência em 1º de julho de 2016**. Edição 2018. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/populacao/>>. Acesso em: 17 mar. 2019.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **PIB anual; Ipeadata, Indicadores IPEA**. 2014. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/>>. Acesso em: 17 mar. 2019.

KLEIN, João Jorge. **Desenvolvimento e implantação de um sistema de planejamento e controle da manutenção informatizado em uma instituição de ensino superior**. 2007. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Mecânica) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/10326>>. Acesso em: 30 mar. 2019.

MARCOCCIA, Renato. **A participação do etanol em uma nova perspectiva na matriz energética mundial**. 2007. 95p. Dissertação (Mestrado em Energia) - Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

MARCONI, Marina Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Metodologia científica**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2004.

MAYNARD, H.B. **Manual de Engenharia de Produção: Padrões de tempos elementares pré-determinados**. São Paulo: Edgard Blücher, 1970.

MENEZES, G.C.O; ROCHA, C.P.T. **Estudo Comparativo de Custo entre concreto usinado e concreto produzido na obra em um prédio de 32 pavimentos localizado em Belém-Pa**. Belém: UNAMA, 2013.

MILEAF, Harry. **Eletricidade**. São Paulo: Martins Fontes, 1985.

Ministério de Minas e Energia; **Plano Decenal de Expansão de Energia 2017**, Brasília, DF, 2013. Disponível em: <www.mme.gov.br>. Acesso em: 17 mar. 2019.

MONCHY, François. **A Função Manutenção: Formação para Gerência Manutenção Industrial**. São Paulo: Ebras Durban, 1989.

OLIVEIRA, Monique Miranda de. **Análise de Métodos Estatísticos em Planejamento e Controle de Manutenção**; 2014. 69 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Mecânica) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10010070.pdf>>. Acesso em: 30 mar. 2019.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. **Sistema de Transmissão – Horizonte 2017**. Disponível em: <<http://ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/mapas>>. Acesso em: 19 mar. 2019.

PADILHA, Thais Cássia Cabral; MARINS, Fernando Augusto Silva. **Sistemas ERP: características, custos e tendências**. São Paulo, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132005000100009>. Acesso em: 30 mar. 2019.

- PEINADO, J. e GRAEML, A. R. **Administração da Produção**: operações industriais e de serviços. Curitiba, UnicenP, 2007.
- PINTO, Alan Kardec; XAVIER, Júlio de Aquino Nascif. **Manutenção: Função Estratégica**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.
- SILVA, Argens V., COIMBRA, Rubens Ricardo C. **Manual de Tempos e Métodos: Princípios e Técnicas do Estudo de Tempos**. São Paulo: Hemus, 1980.
- SINK, D. Scott. **Productivity Management: Planning, Evaluation, Control, and Improvement**. New York: John Wiley & Sons, 1985.
- SLACK, Nigel ; JOHNSTON, Robert; BRANDONJONES, Alistair. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 2002.
- SMITH, R. **Tool Box Talk – Wrench Time Study**. Charleston: GP Allied, 2012.
- SOUZA, José Barrozo. **Alinhamento das estratégias do Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) com as finalidades e função do Planejamento e Controle da Produção (PCP): Uma abordagem Analítica**. 2008. 169 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Gerência de Pesquisa e pós-graduação, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2008.
- STEINHUBL, A.; LEEUWEN, J.; ROGERS, W. **Beat the Clock: Increasing Workforce Productivity in Process Industries**. Nova Iorque: Booz & Company, 2009.
- SUGAI, Miguel. **Avaliação do uso do MTM (methods time measurement) em uma Empresa de Metal-mecânica**. 2003. Dissertação (Mestrado. Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.
- TAVARES, Lourival A. **Administração Moderna da Manutenção**, Rio de Janeiro: Novo Pólo Publicações e Assessoria Ltda, 1999.
- ENGETELES, J.; **Como elaborar planos de manutenção preventiva**, 2018. Disponível em: <<https://engeteles.com.br/plano-de-manutencao-preventiva/>>. Acesso em: 10 abr. 2019.
- TOAZZA, Guilherme Francez; SELLITO, Miguel Afonso. **Estratégia de Manutenção Preditiva no Departamento Gráfico de uma Empresa do Ramo Fumageiro**. Revista Produção Online. V.15, n.3, 2015. Disponível em: <<http://www.producaoonline.org.br/rpo-/article/view/1623/1298>>. Acesso em 25 mar. 2019.
- TOLEDO JR, I.F.B.; KURATOMI, S. **Cronoanálise base da racionalização, da produtividade da redução de custos**. 3. ed. São Paulo: Itysho, 1977.
- TOLMASQUIM, Mauricio Tiomno. **Geração de Energia Elétrica no Brasil**. 1 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2005.
- Usina Termelétrica do Pecem, 2015. Disponível em: <<https://pecem.brasil.edp.com/pt-br/a-usina-3>>. Acesso em 25 mar. 2019.
- VENTURA FILHO, Altino. **O Brasil no Contexto Energético Mundial**. 1. ed. São Paulo: NAIPE/USP, 2009. v. 6.
- VIANA, Herbert Ricardo Garcia. **PCM: Planejamento e Controle da Manutenção**. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2002.
- WILSON, Mitchell. **A energia**. Rio de Janeiro: José Olympio, 1968. 200 p.

XAVIER, Júlio de Aquino Nascif. **Indicadores de Manutenção**. Minas Gerais, n.13, p.01-14, 2011. Disponível em:< <http://www.dee.ufrn.br/~joao/manut/15%20-%20Cap%E-Dtulo%2013.pdf>>. Acesso em:31 mar. 2019.

XENOS, Harilaus G. **GERENCIANDO A MANUTENÇÃO PRODUTIVA**. 1. ed. Belo Horizonte: Editora Falconi, 2004.

ZAIONS, Douglas Roberto. **Consolidação da Metodologia de Manutenção Centrada em Confiabilidade em uma Planta de Celulose e Papel**. 2003. 219 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.