

**Faculdades DOCTUM de Caratinga**  
**CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**REFLEXO DA APLICAÇÃO DE TÉCNICAS ATINENTE A ENGENHARIA DE  
MANUTENÇÃO NA PCH AREIA BRANCA**

**LUÃ MARTINS**

**Trabalho de Conclusão de Curso**

**Caratinga/MG**

**2017**

**LUÃ MARTINS**

**REFLEXO DA APLICAÇÃO DE TÉCNICAS ATINENTE A ENGENHARIA DE  
MANUTENÇÃO NA PCH AREIA BRANCA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Examinadora do Curso Superior de Engenharia Elétrica das Faculdades DOCTUM de Caratinga como requisito parcial para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.  
Professor Orientador: Guilherme Casimiro Borges.

**Caratinga/MG**

**2017**

**LUÃ MARTINS**

**REFLEXO DA APLICAÇÃO DE TÉCNICAS ATINENTE A ENGENHARIA DE  
MANUTENÇÃO NA PCH AREIA BRANCA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Examinadora do Curso Superior de Engenharia Elétrica das Faculdades DOCTUM de Caratinga como requisito parcial para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

**APROVADA PELA COMISSÃO EXAMINADORA  
EM CARATINGA, 15 DE DEZEMBRO DE 2017**

---

Prof. Joildo Fernandes Costa Júnior, (DOCTUM/MG)  
Coordenador do Curso

---

Prof. Guilherme Casimiro Borges, (DOCTUM/MG)  
Orientador

---

Prof. Robson Silva, (DOCTUM/MG)  
Examinador

---

Prof. Reginaldo Eustáquio, (DOCTUM/MG)  
Examinador

*"Porque dele e por ele, e para ele, são todas as coisas; glória, pois, a ele e ternamente Amém."*

*Romanos 11:36*

## **AGRADECIMENTOS**

A Ele, por Ele e por meio Dele são todas as coisas. A Deus que me permitiu chegar até aqui, me fortalecendo em cada fase desta jornada, por me proteger e me conceder força para vencer todas as adversidades.

A minha querida esposa Leticia, meus avós Elias e Lucia, aos meus pais Clovis e Claudia, a Marcia e ao Jackson e a meus irmãos Lucas e Larissa que estão presentes em todos os momentos, sem medirem esforços.

A toda minha família entre tios, tias, todos os primos pela união e por sempre estar ao meu lado.

Ao meu orientador Guilherme Borges e ao professor Joildo Fernandes, que me orientaram neste presente estudo.

A todos os meus professores que foram essenciais para minha formação acadêmica.

Aos colegas de classe, que compartilharam de momentos difíceis e gratificantes nesta caminhada, suportando-nos uns aos outros e aprendendo através da troca de experiências.

*“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível”*

(CHARLES CHAPLIN)

MARTINS, Luã. **Reflexo da aplicação de técnicas atinente a engenharia de manutenção na PCH Areia Branca.** Caratinga, 2017. Trabalho de Conclusão de Curso Superior de Engenharia Elétrica. Faculdades Integradas de Caratinga, Rede DOCTUM, Caratinga, 2017.

## RESUMO

A disponibilidade em um ativo do setor elétrico envolve o conhecimento em metodologia de técnicas da engenharia de manutenção. Portanto será apresentado as aplicações dessas técnicas e seus resultado em uma pequena central hidrelétrica. Todas as metodologias aplicadas têm o intuito de obter o pleno funcionamento dos equipamentos essenciais para o sistema de geração. Diversas técnicas e conceitos da manutenção industrial serão aplicados pelas equipes responsáveis pela operação e manutenção da usina. A engenharia da manutenção é um sistema de gestão muito amplo e pode se estender a vários empreendimentos do setor elétrico ou em outros setores que necessitam do funcionamento dos equipamentos. Sendo assim as técnicas de manutenções proposta nessa pesquisa abrange vários fatores organizacionais e atua em todos os setores. Os resultados obtidos com a aplicação das técnicas de engenharia de manutenção dentro do empreendimento poderão estabelecer confiabilidade no fornecimento de energia, contribuindo para o sistema elétrico e cooperando para o suprimento da demanda para os consumidores.

**Palavras-chave:** Engenharia de manutenção . confiabilidade . geração de energia elétrica

MARTINS, Luã. **Reflexo da aplicação de técnicas atinente a engenharia de manutenção na PCH Areia Branca.** Caratinga, 2017. Trabalho de Conclusão de Curso Superior de Engenharia Elétrica. Faculdades Integradas de Caratinga, Rede DOCTUM, Caratinga, 2017.

### **ABSTRACT**

The availability in an electrical sector asset involves the knowledge in methodology of maintenance engineering techniques. Present the applications and their images in a small hydroelectric plant. All as applied methodologies have the purpose of obtaining the full operation of the essential equipment for the generation system. Several techniques and conceptions of industrial maintenance are applied by transport units for the operation and maintenance of the plant. Maintenance engineering and a very broad management system can be estimated in several developments in the electrical sector or in other sectors that require the operation of the equipment. Thus, maintenance techniques, proposals, research, research, variations, factors, organizational and current in all sectors. The results are obtained with an application of the maintenance techniques within the enterprise.

**Key-words:** Maintenance Engineering . Reliability . Electric Power Generation



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b>	– Consumo de energia elétrica na rede 2015-2016, por classe(GWh) . . . . .	11
<b>Figura 2</b>	– Geração de energia elétrica na rede 2015-2016 (GWh) . . . . .	11
<b>Figura 3</b>	– Elevação da demanda de energia elétrica . . . . .	13
<b>Figura 4</b>	– Divisão de geração no Brasil . . . . .	14
<b>Figura 5</b>	– Divisão de participação na geração de energia elétrica no Brasil . . . . .	16
<b>Figura 6</b>	– Evolução da manutenção . . . . .	19
<b>Figura 7</b>	– Organograma das equipes . . . . .	20
<b>Figura 8</b>	– Cronograma de manutenções preventivas rotineiras . . . . .	21
<b>Figura 9</b>	– Teste de termovisão no painel . . . . .	23
<b>Figura 10</b>	– Resultado de teste de Vibração com UG em plena carga . . . . .	25
<b>Figura 11</b>	– Os oito pilares da Manutenção Protutiva Total . . . . .	26
<b>Figura 12</b>	– Organograma do processo de manutenção . . . . .	28
<b>Figura 13</b>	– Índices de disponibilibade da PCH Areia Branca . . . . .	29
<b>Figura 14</b>	– Índices de disponibilibade individual das unidades geradoras . . . . .	30
<b>Figura 15</b>	– Atividades equipes . . . . .	32
<b>Figura 16</b>	– Tempo de indisponibilidades . . . . .	36

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
MW	Mega Watt
MWh	Mega Watt Hora
TWh	Tera Watt Hora
ONS	Operador Nacional do Sistema
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
MME	Ministério de Minas e Energia
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
PCH	Pequena Central Hidreletrica
MCC	Manutenção Centrada em Confiabilidade
PCM	Planejamento de Controle da Manutenção
KM	Quilometro
TC	Transformador de corrente
TP	transformador de potência
KV	Quilovolt
MG	Minas Gerais

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>11</b>
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA</b>	<b>13</b>
2.1 Geração e Consumo de energia elétrica	13
2.2 Funcionamentos de uma Hidrelétrica	14
<b>2.2.1 Gerador e turbina</b>	<b>15</b>
<b>2.2.2 Barragem e vertedouro</b>	<b>15</b>
<b>2.2.3 Casa de força</b>	<b>16</b>
2.3 Indicadores de desempenho	16
<b>2.3.1 Disponibilidade</b>	<b>16</b>
<b>2.3.2 Taxa de falha da manutenção</b>	<b>17</b>
<b>2.3.3 Taxa média de reparo</b>	<b>17</b>
2.4 Manutenção	18
<b>3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b>	<b>20</b>
3.1 Manutenção Preventiva	20
3.2 Manutenção Preditiva	22
<b>3.2.1 Termovisão</b>	<b>22</b>
<b>3.2.2 Vibração</b>	<b>23</b>
<b>3.2.3 Análise de óleo</b>	<b>25</b>
3.3 Manutenção Produtiva Total	26
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	<b>29</b>
4.1 Disponibilidade	29
4.2 Manutenções preventivas	31
4.3 Manutenções Preditiva	32
4.4 Manutenções Produtiva Total	32
4.5 Falhas	33
4.6 Questionário	34
<b>5 CONCLUSÃO</b>	<b>36</b>
5.1 Trabalhos Futuros	37
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>38</b>
<b>ANEXO A Guia de manutenção dos painéis de 13,8KV</b>	<b>41</b>
<b>ANEXO B Registro de desligamento programado no relatório de ocorrência</b>	<b>42</b>
<b>ANEXO C Registro de desligamento programado no relatório de ocorrência</b>	<b>43</b>
<b>ANEXO D Registro de desligamento programado no relatório de ocorrência</b>	<b>44</b>

<b>ANEXO E Registro de desligamento programado no relatório de ocorrência</b>	<b>45</b>
<b>ANEXO F Registro de anormalidade no relatório de termovisão . . . . .</b>	<b>46</b>
<b>ANEXO G Registro de anormalidade no relatório de análise de óleo . . . .</b>	<b>47</b>
<b>ANEXO H Questionário . . . . .</b>	<b>48</b>
<b>ANEXO I Declaração para uso de informação . . . . .</b>	<b>49</b>
<b>ANEXO J Termo de consentimento entre as partes . . . . .</b>	<b>50</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Uma das formas de energia mais utilizada na atualidade é a elétrica e se tornou essencial para a comunidade. Após a revolução industrial ocorreu uma expansão na área industrial devido a grandes investimentos e desenvolvimento dos equipamentos. Desta maneira iniciou uma evolução na indústria o que proporcionou um crescimento tecnológico e econômico (FINKLER et. al.,2016).

Com este avanço da indústria a necessidade de utilização da eletricidade se tornou indispensável gerando um aumento da demanda. Por isso é necessária alguma forma de suprir as áreas que necessitam da energia elétrica para diversos fins (FINKLER et. al.,2016)

Na Figura 1 exibe o consumo em de energia elétrica, por classe, nos anos de 2015 e 2016:

**Figura 1:** Consumo de energia elétrica na rede 2015-2016, por classe(GWh)

Classe	2015	2016	Δ%
Residencial	131.024	132.611	1,2
Industrial	168.859	163.758	-3,0
Comercial	90.416	88.165	-2,5
Outras	74.103	74.981	1,2
<b>Total</b>	<b>464.401</b>	<b>459.515</b>	<b>-1,1</b>

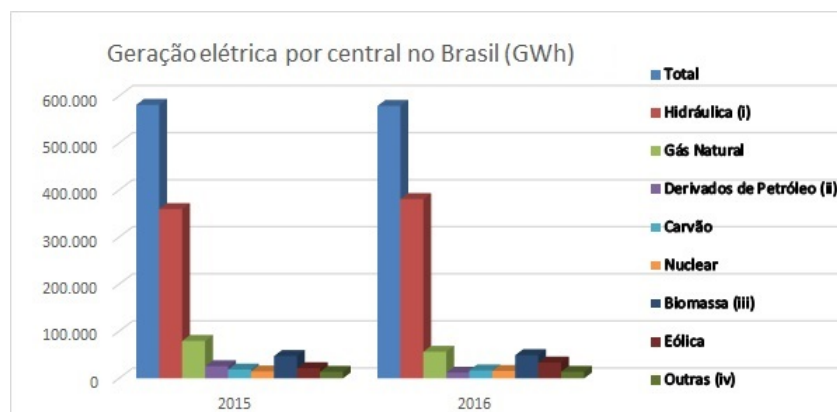
Notas: (i) Estimativa preliminar para 2016.

(ii) não inclui autoprodução "in situ".

**Fonte:**EPE - Empresa de Pesquisa Energética.

Para atender toda a demanda existente é necessário que se tenha fontes geradoras, diante disso as participações das centrais de geração são de extrema importância para o sistema interligado nacional, conhecido como SIN. À figura 2 ilustra a quantidade de energia gerada nos anos de 2015 e 2016.

**Figura 2:** Geração de energia elétrica na rede 2015-2016 (GWh)



**Fonte:**EPE - Empresa de Pesquisa Energética.

Para que a população tenha acesso a energia elétrica é necessário um conjunto de sistemas funcionando em sincronismo, esses sistemas são compostos de centrais geradoras, linha de transmissão, subestação e transformadores de distribuição. Por não possuir forma viável de armazenar energia é importante que o processo de geração e transmissão estejam em sincronismo com a demanda. Em vista disso é importante realizar medidas de controle para assegurar a confiabilidade no funcionamento do setor elétrico, (INSTITUTO ACENDER BRASIL, 2014).

Segundo Slack, et. al. (2002), a manutenção tem objetivo principal evitar falhas em instalações físicas. Se tratando de ativos de geração o objetivo está relacionado a manter o pleno funcionamento e disponibilidade dos equipamentos, conseqüentemente a confiabilidade no processo de geração de energia elétrica.

Nesse trabalho são apresentados os resultados e conseqüências da aplicação de técnicas relacionadas a engenharia de manutenção aplicados em uma pequena central hidrelétrica, nomeada de PCH Areia Branca. Através do resultado será possível analisar a eficiência da implantação das técnicas de manutenção.

A usina está situada em Caratinga no estado de Minas Gerais e possui uma potência instalada de 19,8 MW. O ativo está conectado no sistema elétrico através da subestação conhecida como SE Pipoca localizada próximo a cidade de Ipanema-MG, que por sua vez está conectada a uma subestação Caratinga também no estado mineiro.

A hidrelétrica pertence ao grupo Engie Energia, considerada o maior grupo de geração privado do Brasil e possui capacidade instalada de aproximadamente 8729MW. Todas as atividades de operação e manutenção é realizado por uma empresa especializada na realização de serviços voltado para o setor elétrico.

Com a grande quantidade de componentes inseridos no processo de geração existe grande possibilidade de ocorrer uma interrupção no funcionamento. Para evitar esses problemas as atividades de operação e manutenção dentro da usina devem estabelecer parâmetros de qualidades com o objetivo de manter a disponibilidade dos equipamentos e obter eficiência no processo de geração de energia elétrica.

Todas as técnicas analisadas nesta pesquisa podem ser realizadas em outros empreendimentos do ramo de energia elétrica e também no ramo industrial

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

O presente capítulo tem como objetivo apresentar a importância de aplicação de técnicas relacionadas a engenharia de manutenção na busca de otimizar os índices de disponibilidade da PCH Areia Branca.

A gestão eficiente da manutenção tem a função de manter os equipamentos em perfeitas condições de funcionamento e conseqüentemente manter os indicadores de disponibilidade em conformidade com as recomendações estabelecidas pelo Operador Nacional do Sistema, ONS.

Xavier (2003) descreve que as medidas de engenharia de manutenção “é o conjunto de atividades que permite a confiabilidade seja aumentada e a disponibilidade garantida.”

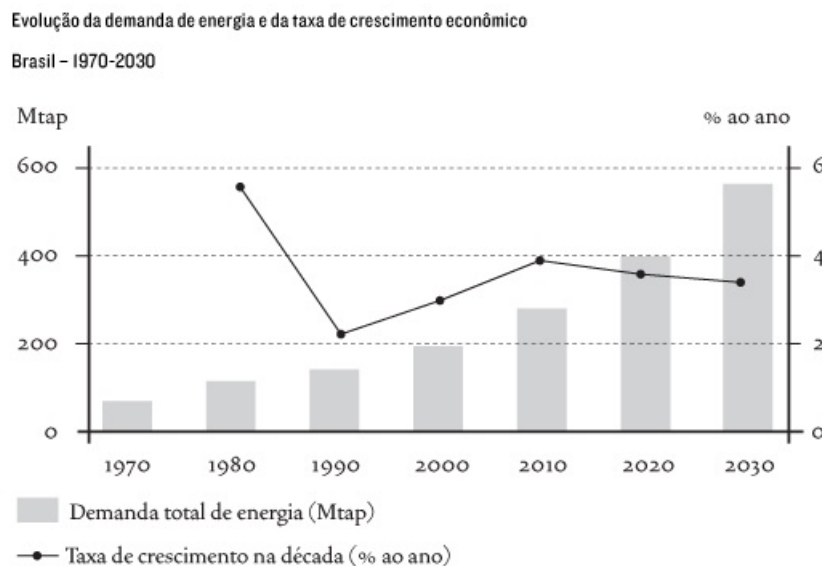
### 2.1 GERAÇÃO E CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

A geração, transmissão e distribuição, são as três etapas que fazem parte de um processo com objetivo produzir e de escoar a energia até os consumidores finais. Portanto, todas as etapas devem estar em condição de funcionamento, pois a indisponibilidades de qualquer uma provocará a interrupções no fornecimento de energia elétrica.

Nos últimos anos foi observado um aumento na demanda de energia elétrica na matriz energética brasileira devido ao grande avanço econômico. Esse crescimento da demanda tem influência na expansão populacional, crescimento do processo industrial e ampliação das áreas urbanas das cidades Tolmasquim, et. al. (2007).

A figura 3 demonstra a elevação da demanda com o passar dos anos:

**Figura 3:** Elevação da demanda de energia elétrica



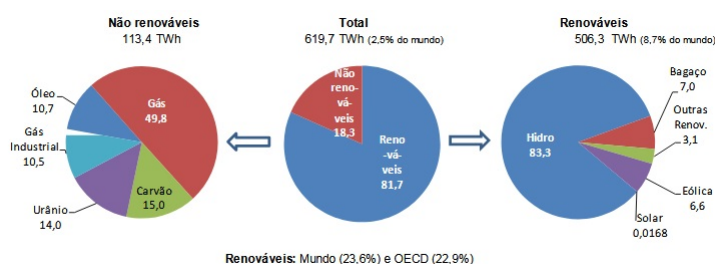
**Fonte:**EPE - Empresa de Pesquisa Energética.

A grande gama de aplicações que utilizam a eletricidade e sua importância, faz surgir a necessidade de um fornecimento de energia elétrica cada vez mais eficiente, sendo considerado uma condição básica para o desenvolvimento econômico (REIS, 2011). Para atingir tal objetivo é necessário que todos os processos relacionados à energia elétrica funcionem em sintonia.

Essa energia é resultado da transformação de algumas formas de energia disponíveis na natureza. Algumas dessas formas de transformação são através da energia solar, térmica, eólica, nuclear e hidráulica (HINRICHS & KLEINCH, 2003).

As usinas hidráulicas no Brasil têm a maior participação na geração de energia, tendo uma participação de aproximadamente 83% como é possível observar na figura 4, este valor demonstra a importância das usinas que utilizam a água como recurso para gerar energia. Conforme uma reportagem da revista Ecoturismo (2013) vale ressaltar que todas as formas de energia renovável são de extrema relevância para a matriz energética, pois estas formas são renovadas de forma natural na natureza. Com isso os países aumentam a produção de energia e reduzem a emissão de gases poluentes.

**Figura 4:** Divisão de geração no Brasil



**Fonte:**MME - Resenha energética Brasileira 2017.

Independentemente das diferentes formas de geração de energia a gestão desses ativos se assemelham, ambos os sistemas necessitam de metodologias para melhorar a eficiência do processo e garantir a confiabilidades da operação. Entretanto esta pesquisa será fundamentada em uma usina hidrelétrica e todo o procedimento aplicado nesta pesquisa podem ser inseridos em rotinas de operação e manutenção de empreendimentos que atuam no sistema elétrico.

## 2.2 FUNCIONAMENTOS DE UMA HIDRELÉTRICA

As hidrelétricas podem ser caracterizadas de três tipos: Central Geradora Hidrelétrica, Pequena Central Hidrelétrica e Usina Hidrelétrica de Energia. A principal diferença está na capacidade instalada do empreendimento que é menor ou igual a 1 MW para as CGH's, de 1,1 MW até 30 MW para as PCH's e a partir de 30 MW para as UHE's (ANEEL, 2003). Sendo que



em 2016 decorrente a lei de número 13360/2016 a potência máxima de uma CHG passou a ser 5MW, com isso a potência mínima de uma PCH passou a ser de 5.1MW e não mais 1.1MW. Contudo os arranjos e o conceito de funcionamento são muito semelhantes o que difere é somente a característica construtiva e do local onde será implantada.

### **2.2.1 Gerador e turbina**

As hidrelétricas utilizam energia potencial gravitacional em energia cinética a transformação da energia mecânica que ocorre quando o fluxo de água move o rotor de uma turbina. A geração de energia elétrica ocorre quando é criado um campo eletromagnético nas bobinas do rotor, que está variando devido ao movimento da turbina, induzido no estator uma tensão nos terminais dos enrolamentos da parte fixa do gerador, finalizando assim o processo de geração da eletricidade (FUNDAÇÃO COGE, 2007, p.32). Estes dois equipamentos são conhecidos como unidade geradora.

Juntamente com o conjunto acima, existem dois sistemas primordiais no processo de geração de energia, o primeiro é o regulador de velocidade, que atua sobre a vazão da turbina e tem a função de manter a turbina em rotação constante a fim de que a frequência da tensão gerada seja mantida em seu valor nominal, o outro sistema é o regulador de tensão, que tem a função de controlar a excitação que provem a corrente ao enrolamento de campo do gerador (LIMA, 2014).

Em paralelo com o funcionamento do gerador e turbina existem outros equipamentos que auxiliam no desempenho de todo processo de produção de energia.

### **2.2.2 Barragem e vertedouro**

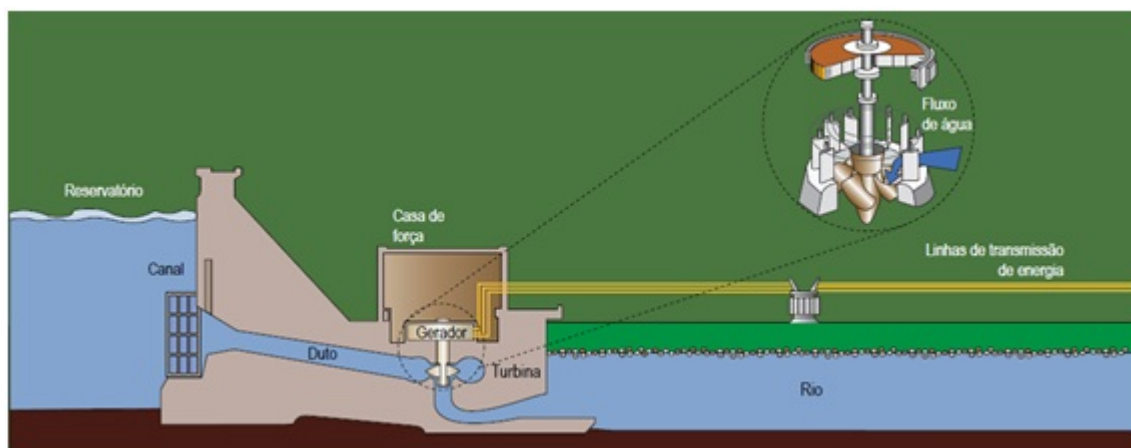
Uma característica importante em hidrelétricas são as barragens, tem como objetivo acumular água em grandes reservatórios para ser utilizado em período de estiagem, existem usinas que funcionam com reservatório a fio d'água pois as turbinas aproveitam melhor a vazão do rio e conseqüentemente menores áreas alagadas. Outra função dessa estrutura é aumentar a diferença das cotas de adução em relação a cota da turbina, proporcionando uma diferença de nível necessário para o funcionamento de algumas turbinas (ANEEL, 2003).

Os vertedouros são responsáveis pelo controle de nível permitem a passagem da água quando aproxima de valores estabelecidos para cada usina hidrelétrica, pois cada empreendimento tem um valor por projeto.

### 2.2.3 Casa de força

A casa de força é o local destinado a abrigar todos os equipamentos necessários para o processo de geração de energia elétrica. Nesta edificação está presente a turbina, gerador, painéis de proteção, painéis de controle e todos os outros periféricos que são essenciais para o funcionamento do empreendimento.

**Figura 5:** Divisão de participação na geração de energia elétrica no Brasil



Fonte: ANEEL, 2003, p.50.

## 2.3 INDICADORES DE DESEMPENHO

Esses indicadores avaliam a performance dos equipamentos que tem a função de geração e transmissão de energia elétrica e são definidos pelo Operador Nacional do Sistema, conhecido como ONS, no submódulo 25.8 dos procedimentos de rede (2010). Os bons desempenhos dos equipamentos favorecem a programação e operação do SIN. No caso de uma usina hidrelétrica os cálculos são baseados nas unidades geradoras, transformadores e linha de transmissão.

### 2.3.1 Disponibilidade

É a taxa que indica o tempo que determinado equipamento está disponível para operação. Este indicador, conforme o submódulo 25.8, pode ser calculado pela equação 2.1.

$$DISP = \frac{\sum_{i=1}^N (P_i * HD_i)}{\sum_{i=1}^N (P_i * HP_i)} * 100 \quad (2.1)$$

Onde:

DISP = indicador de disponibilidade;

HDi = número de hora disponível dos equipamento i;

HPi = número total de horas de existência do equipamento i no período considerado;

Pi = potência efetiva do equipamento i homologada pela ANEEL;

N = número total de equipamentos, conforme agregações apresentadas;

i = contador de números de equipamentos.

### 2.3.2 Taxa de falha da manutenção

Conforme submódulo 25.8, este índice considera os números de falhas de cada unidade geradora em relação ao número de horas de serviço da turbina utilizada e pode ser calculada pela equação 2.2.

$$TF = \frac{\sum_{i=1}^N (NF_i)}{\sum_{i=1}^N (HX_i)} * 8760 \quad (2.2)$$

Onde:

TF = Taxa de falha de manutenção;

NF = número de falhas do equipamento i;

HX = número de horas do equipamento i, considerando HXi = HSi para número de horas de serviço do equipamento rotativo i e HXi = HDi para número de horas disponíveis do equipamento não rotativo i;

i = contador do número de equipamentos;

N = número total de equipamentos, conforme agregações apresentadas;

8.760 = fator de anualização, considerando o valor de 8784 para anos bissextos.

### 2.3.3 Taxa média de reparo

O tempo médio de reparo é o indicador que fornece a soma do número de horas em que cada unidade geradora esteve indisponível por motivo de manutenção forçada, em relação à soma de desligamentos forçados de cada unidade geradora, Conforme apresenta no submódulo 25.8, pode ser calculada pela equação 2.3 :

$$TMR = \frac{\sum_{i=1}^N (HIR_i)}{\sum_{i=1}^N (HDF_i)} \quad (2.3)$$

Onde:

TMR = Taxa média de reparo;

HIRi = número de horas em que a UGi ficou indisponível para operação e entregue à manutenção forçada;

NDF<sub>i</sub> = número de desligamentos forçados da UG<sub>i</sub>;

i = contador do número de UGs;

N = número total de UGs.

## 2.4 MANUTENÇÃO

A manutenção é uma prática constante para o funcionamento dos equipamentos que compõem uma usina hidroelétrica, pois caso o equipamento quebre ou apresente defeitos em operação ocorrerá uma indisponibilidade das unidades geradoras ocasionando grandes perdas ao empreendimento. Além do mais, a interrupção do processo de geração ocasionam uma série de problemas que poderiam ser evitados caso tivesse sido realizada manutenção, tais como: reclamações e perda de confiabilidade do proprietário da usina, receitas que deixam de ser obtidos, custos de reparos dos equipamentos.

Portanto a manutenção é de grande importância em todos os processos e se difere em vários tipos, que são, segundo MARTINS (2005, p 467-472):

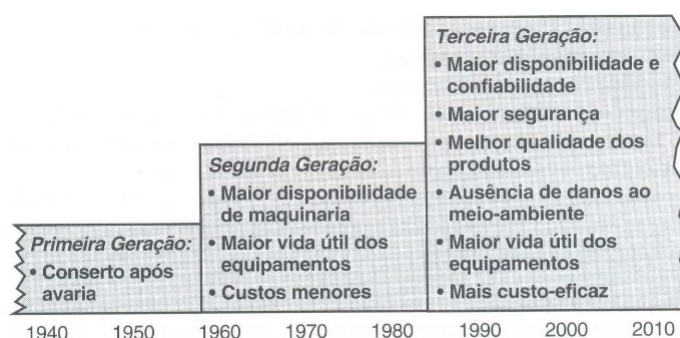
- Manutenção corretiva: tem como objetivo recuperar a capacidade produtiva total ou parcial de equipamento.
- Manutenção preventiva: significa prevenir a ocorrência de um problema no processo através da realização de algumas atividades. O sistema de geração jamais poderá ser interrompido para manutenção sem a mesma ter sido programada.
- Manutenção preditiva: é realizada através da análise e acompanhamento de alguns aspectos ou condições de equipamentos e instalações, com o objetivo de prevenir o problema para não ocorra no futuro.
- Manutenção produtiva total: este tipo de manutenção vai muito além da forma de se fazer manutenção, ou seja, é uma filosofia gerencial que atua na forma organizacional, no comportamento das pessoas, no modo com que tratam os problemas, não só os de manutenção, mas todos ligados ao processo produtivo. Tem o objetivo de eliminar as falhas. É um tipo de manutenção que não se preocupa somente com a melhoria dos equipamentos, mas principalmente com a melhoria das pessoas que são as responsáveis pela qualidade do produto ou serviço.

A manutenção, é o conjunto de medidas técnicas em determinados ativos do empreendimento com a finalidade de garantir um funcionamento regular e permanente. É necessário que todo lugar que utilize equipamentos industriais tenham um bom programa de manutenção, pois assim é possível obter metas satisfatórias como disponibilidade, segurança, lucratividade e satisfação do cliente (LOURENÇO, 2010).

Nos processos de geração de energia é indispensável manter a funcionalidade dos equipamentos industriais, este intuito é atingido com as realizações de manutenções nos equipamentos, portando deverá ser aplicado medidas preventivas e plano de ação para obter melhorias nos índices de disponibilidade dos equipamentos que estão inseridos no empreendimento. A norma 5462 descreve que todas medidas de controle nos equipamentos têm como objetivo evitar uma possível falha e fazer que possa desempenhar sua função requerida (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1994, p37).

Com o passar dos anos a manutenção tem se tornado uma prática presente em toda área industrial e contribuindo para galgar resultados eficientes nos processos produtivos. Na figura 6 mostra a evolução da manutenção dividindo três gerações.

**Figura 6:** Evolução da manutenção



**Fonte:**MOUBRAY, 2000.

Por sua vez GUSMÃO (2003) conceitua manutenção como o conjunto de atividades direcionadas para garantir um aumento na taxa de disponibilidade utilizando o menor custo possível e conseqüentemente reduzindo as ocorrências de falha.

A indagação pela estratégia de obter resultados satisfatórios em consequência de práticas de manutenção fez surgir à engenharia de manutenção.

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para que se obtenha resultados satisfatórios no processo de geração e escoamento da energia, foram utilizadas várias técnicas de manutenções nos equipamentos existentes no empreendimento.

Com as informações contidas no manual do fabricante são realizados levantamentos a fim de traçar qual a periodicidade, quais os tipos de manutenções e quais intervenções os equipamentos serão submetidos. Dessa forma o objetivo é elaborar um planejamento de manutenção, na forma de um cronograma, que será aplicado nos equipamentos por todas as equipes responsáveis.

O grupo de manutenção e operação da usina é composto por doze funcionários, que são responsáveis pela operação e manutenção da usina. Para estes é dado o nome de equipe de campo, uma vez que estão diretamente dentro da hidrelétrica realizando todas as atividades.

As manutenções programadas são realizadas por uma equipe externa locada na base da empresa responsável pelo serviço de operação e manutenção.

Na figura 7 é possível entender a distribuição da equipe técnica responsável pelas atividades de manutenções na hidrelétrica:

**Figura 7:** Organograma das equipes



**Fonte:**Elaborado pelo autor.

#### 3.1 MANUTENÇÃO PREVENTIVA

São medidas de técnicas utilizadas nos equipamentos visando eliminar ou reduzir problemas no funcionamento (SLACK et. al., 2002, p.39), esse tipo de manutenção é realizado em intervalos estabelecidos nos manuais do fabricante ou pela equipe técnica. Portanto anualmente é gerado um cronograma, como o da figura 8, de manutenções rotineiras e planejadas.

**Figura 8:** Cronograma de manutenções preventivas rotineiras

SOLUÇÕES energisa		Cronograma PCH Areia Branca 2017													
Nº	Equipamento	Periodicidade	P Realizado nº PT	MAI					JUN						
				1S	2S	3S	4S	5S	1S	2S	3S	4S	1S		
AB-01	Inspeção visual da Usina	Mensal						X						X	
AB-02	Inspeção visual da Subestação	Semanal		X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X
AB-03	Inspeção nos cubículos de 13,8KV	Anual													
AB-04	Inspeção e teste do GMG	Semanal		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
AB-05	Inspeção visual nos painéis de serviço aux. CA e CC	Mensal			X						X				
AB-06	Inspeção nos Retificadores	Quinzenal		X		X		X		X		X		X	

**Fonte:** Cronograma anual de inspeções rotineiras.

Os escopos das intervenções a serem realizadas estão presentes nas guias de manutenções, através dela é possível realizar todas as medidas de prevenções nos equipamentos, no anexo A contém um modelo de uma das guias que a equipe segue no momento de realizar as manutenções. Todas as informações contidas nas guias são embasadas nos manuais do fabricante dos equipamentos. Através disso é possível garantir a operacionalidade dos equipamentos sem deixar de cumprir as recomendações dos fabricantes.

Na PCH Areia Branca as manutenções preventivas são determinadas da seguinte forma:

- Rotineira: são manutenções que não demandam grande número de mão de obra, podendo ser realizado pela equipe local. A periodicidade é curta variando entre diário, semanal, quinzenal, mensal, bimestral e trimestral.
- Planejada: essa manutenção necessidade de um número maior de funcionários, pois envolvem uma quantidade maior de atividades, sua periodicidade é anual e deve ser planejada para um período de estiagem das chuvas.

Dentro de cada guia de manutenção existem diversos tipos de intervenções, porém todas são importantes e auxiliam no objetivo de manter a confiabilidade do equipamento.

Através da manutenção preventiva também é possível antecipar alguns problemas que podem ocorrer durante o funcionamento, gerando uma parada não programada ou forçada. Com isso poderá programar a parada do equipamento para realizar o reparo ou realizar a intervenção com a máquina em funcionamento, onde serão necessários adotar alguns procedimentos de segurança.

As manutenções programadas ocorrem dentro de um planejamento e a não programada ou forçada ocorre quando a unidade geradora apresenta um defeito que impossibilita seu funcionamento.

### 3.2 MANUTENÇÃO PREDITIVA

A premissa desta manutenção é realizar o monitoramento do equipamento através de seu funcionamento real, (Almeida, 2000), para este tipo de manutenção são necessários à utilização de ferramentas e componentes para realizar a coleta de informação. Após aquisição dos dados ou coletas de informações serão submetidos a análises e posteriormente elaborado um laudo descrevendo a situação do equipamento, se o mesmo está ou não em conformidade.

Se trata de uma manutenção planejada e realizada com uma periodicidade anual, faz parte do escopo as seguintes intervenções preditivas:

- Termovisão dos painéis;
- Termovisão da linha de transmissão;
- Ensaio de vibração das Unidades Geradoras;
- Análise de óleo das unidades hidráulicas;
- Análise de óleo dos mancais;
- Análise de óleo isolante dos transformadores.

Todos os testes citados acima são considerados não destrutivos, segundo a ABENDE (2002), os ensaios não-destrutivos são aqueles realizados em materiais para verificar a existência ou não de discontinuidades ou defeitos, por meio de princípios físicos definidos, sem alterar suas características físicas, químicas, mecânicas ou dimensionais e sem interferir em seu uso posterior.

#### 3.2.1 Termovisão

A termovisão utiliza a energia térmica dos materiais para detectar algum problema. Todos os corpos que existem no planeta terra irradiam energia sob a forma de raios infravermelhos. Com uma câmera termográfica é possível visualizar se determinado material que está dissipando energia ou calor em relação a outro material, auxiliando assim, por meio da diferença de temperaturas, a identificação de uma possível falha. (TERMOGRAFIA BRASIL, 2010)

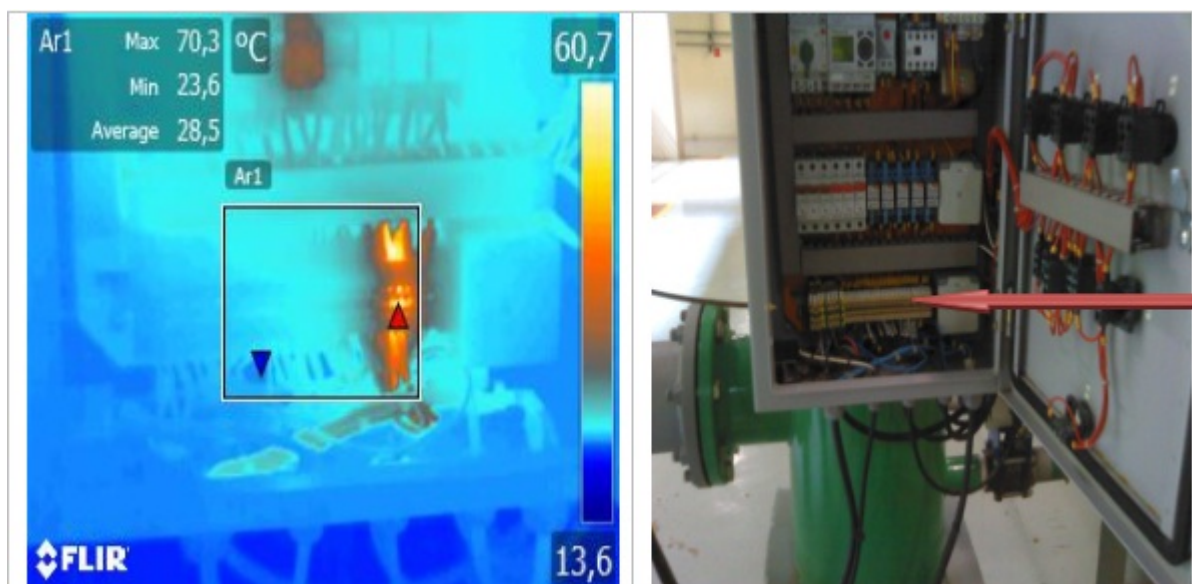
Os ensaios realizados com termovisor devem seguir recomendações e critérios da NBR 15424 que estabelece quais os termos utilizados na metodologia dos ensaios não destrutivo de termovisão, visando resultados mais eficientes e objetivos.



Na usina os testes são programados pela equipe de PCM e realizados em um período do ano com grande afluência do rio, pois este tipo de ensaio necessita das duas unidades geradoras em pleno funcionamento. A realização da termovisão é dividida em duas partes, sendo elas:

- Nos painéis: São realizados teste de termovisão em todos os barramentos e componentes elétricos no interior dos painéis da Usina. É analisado as conexões, contatores, bornes, disjuntores entre outros componentes.
- Na linha de transmissão: São analisados aproximadamente 17 KM de linha de transmissão, desde a saída da subestação da usina até o bay localizado na subestação de Pipoca. É analisado os cabos das fases, conexões com os isoladores, disjuntores, TC 's e TP's e outros componentes localizados nas subestações.

**Figura 9:** Teste de termovisão no painel



**Fonte:**Relatório de termovisão.

Em instalações elétricas a utilização desse tipo de técnica identifica componentes defeituosos baseando na elevação da temperatura de um equipamento. Além disso é possível identificar nas instalações, conexões frouxas, degradação de material, erro de montagem e falta de manutenção preventiva. Mediante o exposto ambas as falhas podem provocar sobreaquecimento TAVARES E ANDRADE (2003).

### 3.2.2 Vibração

A análise de vibração permite descobrir eventuais falhas em componentes móveis de um equipamento, são descobertas pela taxa de variação das forças que afetam o nível de vibração,

podendo ser avaliado em pontos estratégicos na máquina, sem interromper o funcionamento dos equipamentos. Através da análise do espectro gerado no teste é possível identificar o tipo de cada vibração em cada componente e conseqüentemente coletar os dados para posteriormente diagnosticar sua condição. (MEIRA, 2015)

Dentre as diversas fontes de vibração, aquelas mais comuns e que, portanto, podem ser responsabilizadas pela quase totalidade das vibrações mecânicas indesejáveis são:

- Desbalanceamento;
- Desalinhamento (Eixos/Correias/Correntes);
- Folgas generalizadas;
- Dentes de engrenagens;
- Rolamentos;
- Corrente elétrica;
- Campo elétrico desequilibrado.

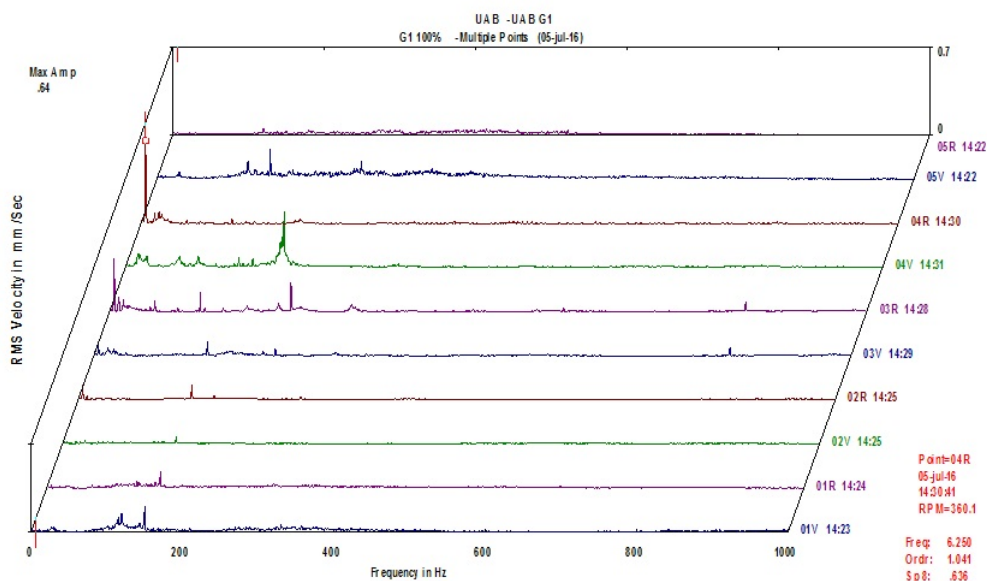
Os efeitos da vibração excessiva de um equipamento poderão ser:

- Altos riscos de acidentes;
- Desgaste prematuro de componentes;
- Quebras inesperadas;
- Aumento de custos de manutenção.

Este método possui uma boa fundamentação teórica para realizar o diagnóstico. Para realização dos ensaios é adotado a norma ISO 10816-1: 1996 com o intuito de fornecer resultados eficientes ao cliente.

Também se trata de uma manutenção planejada e sua periodicidade é anual, as unidades geradoras devem estar na condição para realizar os testes e os pontos onde realizam as coletas dos dados já estão estabelecidos pois são referências para realizar os testes no decorrer do funcionamento dos equipamentos.

Na figura 10 demonstra o resultado obtidos de um teste com a unidade geradora em plena carga:

**Figura 10:** Resultado de teste de Vibração com UG em plena carga

Fonte: Relatório de Análise de Vibração.

### 3.2.3 Análise de óleo

Outra técnica de preditiva utilizada são as análises de óleo dos equipamentos como dos transformadores, mancais e das unidades hidráulicas. A utilização do óleo dentro da usina tem como o objetivo reduzir o atrito das partes móveis dos equipamentos, utilizado em circuitos hidráulicos e ou refrigerar as espiras de um transformador.

Qualquer tipo de óleo, lubrificante ou hidráulico, sofre inúmeras contaminações no período que está sendo utilizado nos processos industriais e isso expõe a funcionalidades dos equipamentos (MARTINS,2014).

Nas análises de óleos dos óleos hidráulico e lubrificante podem obter as seguintes informações (MARTINS,2014).

- Cor e aparência;
- Ocorreu aumento na taxa de desgaste do equipamento;
- As condições do óleo se deterioraram;
- Presença de contaminantes que degradarão o óleo;
- Óleo está apropriado para aplicação.

Conforme artigo técnico do DATALINK, em óleos isolantes devido a característica de aplicação é necessário acrescentar outros tipos de análises:

- Teor de água;
- Rigidez dielétrica;
- Tensão interfacial;
- Índice de neutralização;
- Perdas dielétricas.

Para coleta existe um responsável capacitado, pois são necessárias algumas técnicas para realizar este tipo de serviço uma vez que um erro poderá comprometer os resultados. Posteriormente os materiais coletados são enviados para o laboratório localizado na base da empresa responsável pela manutenção.

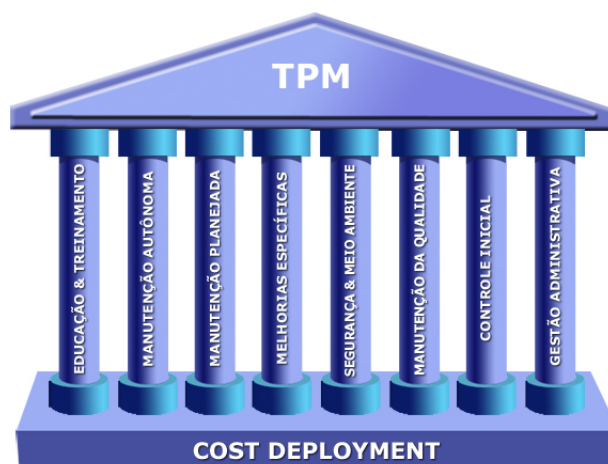
### 3.3 MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL

Outra técnica de manutenção que é aplicada dentro da usina e que também favorece na obtenção de resultados positivos no processo de geração de energia elétrica.

Segundo VERRI (2007), o responsável pela disseminação foi Nakajima, através de um livro publicado no Brasil em 1988. Também conhecida pela sigla TPM (Total Productive Maintenance) essa pratica utiliza diversas técnicas da qualidade total, aumentando a produtividade e eficiência nos processos industriais.

A TPM engloba vários aspectos que influenciam na obtenção dos resultados positivos e são conhecidos como os oito pilares da manutenção, a figura 11 demonstra esses aspectos:

**Figura 11:** Os oito pilares da Manutenção Protutiva Total



Fonte:Netto, 2017.

Segundo JIMP (2008), a contribuição de cada um dos aspectos é o seguinte:

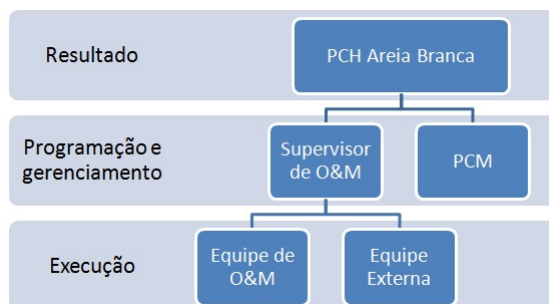
- **Manutenção autônoma:** Esta atividade é realizada diretamente nos equipamentos e tem como objetivo conscientizar a equipe local sobre a importância da melhoria contínua dos equipamentos. Dentro da usina a equipe local é responsável por inserir este pilar, são utilizadas guias de manutenções e planilhas de inspeções contendo informações de algumas grandezas primordiais para o bom funcionamento das unidades geradoras e seus periféricos.
- **Manutenção planejada:** Tem como objetivo programar e planejar através de um cronograma todas as manutenções que serão realizadas. Toda a coordenação é elaborada pelo supervisor da equipe local junto com o PCM originando um cronograma onde estarão todas as datas das intervenções que serão realizadas na hidrelétrica.
- **Melhoria específica:** Monitora os status e estatísticas de funcionamento dos equipamentos a fim de elaborar de forma contínua mecanismos para evitar o surgimento de falhas. Através de relatórios e monitoramento de rotina é possível coletar informações para fazer um monitoramento do processo de funcionamento dos equipamentos.
- **Educação e treinamento:** Está relacionado em desenvolver novas habilidades e conhecimento da equipe em relação às atividades que estão inseridos. Existe um programa que permite o desenvolvimento de toda a equipe.
- **Controle inicial:** Tem como objetivo de consolidar um histórico do funcionamento e de falhas dos equipamentos para buscar melhoria no funcionamento. Existe um banco de dados contendo o histórico de todos os ensaios realizado nas manutenções, assim é possível buscar informações antigas que contribui para a solução de problemas.
- **Manutenção de qualidade:** Através de aplicação de manutenções, preventiva e preditiva, de forma que todos os que estão envolvidos possa desempenhar as atividades de forma primorosa e utilizando materiais de qualidade. E adotado por todos envolvidos no processo de geração da usina hidrelétrica.
- **TPM Office:** A contribuição para este aspecto é através da organização dos processos, buscando um aprimoramento dos processos, técnico e administrativo, a fim de reduzir perdas geradas gerados nessa área.
- **Segurança, saúde e meio ambiente:** tem como objetivo manter a integridade de toda a equipe e melhora da condição de trabalho. Por envolver várias áreas este pilar e sustentando por diversos setores das empresas presente na hidrelétrica.

É um tipo de manutenção que tem como filosofia algumas sequencias de práticas destinadas a aumentar a eficácia dos equipamentos e processo de geração de energia, não se restringe

a manutenção propriamente dita dos equipamentos da instalação, mas também abrange a aspectos que tem como foco a motivação e o enriquecimento pessoal da equipe envolvida com o empreendimento (NETTO,2017)

Na figura 12 é possível visualizar um organograma que demonstra as fases das manutenções até atingir as metas estabelecidas:

**Figura 12:** Organograma do processo de manutenção



**Fonte:**Elaborado pelo autor.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As técnicas relacionadas a engenharia de manutenção foram implantadas desde o início da operação comercial da hidrelétrica com o objetivo de garantir a disponibilidade dos equipamentos e conseqüentemente obter o funcionamento pleno do ativo.

Entretanto é notório que no geral a hidrelétrica na maior parte do tempo obteve resultados satisfatórios em relação a disponibilidade. Em vista disso será demonstrado a influência da manutenção e aonde foi aplicada para obter tais resultados.

Se tratando de disponibilidade, o valor de 100% considera que os equipamentos, essenciais no processo de geração de energia, estão funcionando ou disponível para funcionar. Portanto o mais próximo deste valor significa que a usina está apta para funcionar ou em funcionamento dentro de um determinado período.

Vale ressaltar que em período com baixos índices de precipitação meteorológica as unidades ficam paradas por algum período para não ocorrer redução no nível do reservatório.

### 4.1 DISPONIBILIDADE

A primeira análise será sobre o valor da disponibilidade que atingiu uma média de aproximadamente 93,27%, isso significa que o empreendimento obteve um aproveitamento de 61290 horas em relação as 65712 horas desde janeiro de 2014 a setembro de 2017

Os valores dos índices são apresentados de forma geral, considerando o empreendimento que possui duas unidades geradoras. Portanto o valor é a média da disponibilidade das duas unidades geradoras.

Na figura 13 apresenta os índices mensais a partir de 2014:

**Figura 13:** Índices de disponibilidade da PCH Areia Branca

		JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
Índice de disponibilidade total PCH AREIA BRANCA	2014	Horas trabalhadas	1.477	1.199	1.396	1.433	1.483	1.419	1.370	1.242	1.283	1.407	1.438	1.486
		Disponibilidade	99,27%	86,17%	93,81%	99,48%	99,64%	98,57%	92,06%	83,46%	89,12%	94,55%	99,83%	99,89%
	2015	Horas trabalhadas	1.485	1.300	1.487	1.436	1.406	1.255	1.372	1.469	1.400	1.488	1.439	1.423
		Disponibilidade	99,83%	93,42%	99,96%	99,74%	94,49%	87,14%	92,23%	98,75%	97,21%	99,97%	99,95%	95,63%
	2016	Horas trabalhadas	1.464	1.388	1.486	1.438	1.488	1.437	1.488	1.323	1.374	1.440	1.306	882
		Disponibilidade	98,38%	99,70%	99,84%	99,85%	100,00%	99,80%	100,00%	88,93%	95,43%	96,74%	90,66%	59,30%
	2017	Horas trabalhadas	741	769	1.458	1.434	1.487	1.429	1.475	1.101	1.427			
		Disponibilidade	49,83%	55,28%	98,01%	99,55%	99,92%	99,26%	99,14%	74,02%	99,12%			

**Fonte:**Elaborada pelo Autor.

É possível observar que a disponibilidade esteve acima de 90% em quase todos os meses. Nos meses de novembro de 2016 a fevereiro de 2017 o índice reduziu pela metade. Essa redução foi referente a um conjunto de fatores que indisponibilizou a unidade geradora 01, posteriormente será detalhado a causa desta falha.

Na figura 14 apresenta os índices separados por unidades geradoras:

**Figura 14:** Índices de disponibilidade individual das unidades geradoras

		NOV		DEZ				JAN		NOV	
		UG01	UG02	UG01	UG02			UG01	UG02	UG01	UG02
2016	Horas trabalhadas	1.306		882		2017	Horas trabalhadas	741		769	
	Disponibilidade Total	90,66%		59,30%			Disponibilidade Total	49,83%		55,28%	
	Disponibilidade Individual	81,52%	99,80%	21,42%	97,17%		Disponibilidade Individual	0,00%	99,65%	15,85%	94,71%

**Fonte:**Elaborada pelo Autor.

Através do resultado individual pode notar que a falha ocorreu em uma das unidades, mas na outra unidade geradora o resultado está próximo de 100% de disponibilidade.

A engenharia de manutenção está totalmente relacionada com a obtenção desses índices, pois com a aplicação das técnicas muitos defeitos são detectados antes de ocorrer um problema que demandaria maior tempo para realizar um reparo. Esses defeitos podem ser sanados através de uma intervenção que será realizado dentro de uma programação. Quando ocorre a parada de uma unidade geradora para manutenção é considerado uma indisponibilidade programada (ONS).

A programação é importante, pois podem associar vários reparos em uma única atividade de manutenção corretiva. Desse modo obtém um aproveitamento gerando uma redução do tempo de indisponibilidade.

Porém é necessário analisar alguns fatores para realizar a programação:

- Se o problema não necessita de ser sanado imediatamente;
- Programar as intervenções contabilizando o quantitativo de mão de obra local caso o serviço seja de grande porte deverá solicitar apoio da equipe da base;
- verificar todos os procedimentos para realizar a intervenção, com isso é possível estimar o tempo de cada atividade.



## 4.2 MANUTENÇÕES PREVENTIVAS

Ao aplicar a manutenção preventiva a equipe, por meio de inspeções rotineiras, consegue identificar o surgimento de algum problema que poderá prejudicar o desempenho do processo de geração de energia.

As práticas das manutenções preventivas nos equipamentos não estão relacionados somente com inspeções, mas reposição de óleo, lubrificação, reaperto de conexões elétricas, limpeza e outras atividades contidas nas guias de manutenção e manual do fabricante. O conhecimento em metrologia, elétrica e mecânica também contribui para realização do serviço, em virtude de identificar anormalidades no funcionamento das unidades geradoras. Essas práticas e atribuições são fatores determinantes para prolongar a vida útil de um equipamento.

A seguir será demonstrado algumas intervenções detectadas através da aplicação da manutenção preventiva:

- Detectado em inspeção que os parafusos do porta gaxeta estavam oxidados e com isso foi programado uma intervenção para substituição dos mesmo, se ocorresse a quebra desses parafusos tinham um risco de ocorrer um grande vazamento de água na tampa da turbina. Através do relatório de ocorrência localizado no anexo B é possível visualizar o tempo de desligamento programado.
- Parada para manutenção preventiva anual, este tipo de manutenção tem uma periodicidade anual e envolve todos os equipamentos da planta. O objetivo é aproveitar o período de poucas chuvas e realizar uma série de intervenções. Através do relatório de ocorrência localizado no anexo C é possível visualizar o tempo de desligamento programado.
- Em uma inspeção de rotina foi detectado um vazamento excessivo no cabeçote Kaplan, se não realizasse a intervenção esse vazamento iria aumentar e entrar em contato com os anéis da excitação. Através do relatório de ocorrência localizado no anexo D é possível visualizar o tempo de desligamento programado.
- Em uma inspeção pelas torres de transmissão foi encontrado uma grande quantidade de eucaliptos próximo os cabos o que poderia acarretar em um desligamento geral na usina e até danificar as estruturas. Através do relatório de ocorrência localizado no anexo E, é possível visualizar o tempo de desligamento programado.

Todas as medidas relatadas acarretariam em problemas mais complexos e que demandariam um período mais longo para realizar o reparo.

### 4.3 MANUTENÇÕES PREDITIVA

Este tipo de intervenção ocorre anualmente e também contribuí para elevar o índice de disponibilidade, pois através de resultados gerados com auxílio de equipamentos específicos.

Abaixo serão abordadas algumas intervenções na qual apresentou alguma irregularidade:

- Em um teste de termovisão, anexo F, foi detectado no painel do sistema de excitação, uma conexão com a temperatura fora dos padrões. Com isso foi gerado um relatório para posteriormente realizar a intervenção.
- Em uma análise de óleo, anexo G, da unidade hidráulica de regulação foi detectado a presença de água.

Nas duas demonstrações, se não realizar um planejamento a fim de sanar os problemas apresentados poderá ocorrer indisponibilidade na usina e problemas graves nos equipamentos.

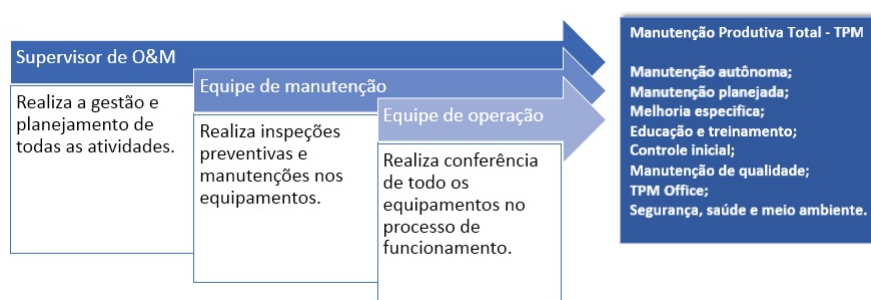
### 4.4 MANUTENÇÕES PRODUTIVA TOTAL

A inserção da manutenção produtiva total é fundada em várias áreas dentro da organização. Portanto contribuiu da mesma forma que as outras manutenções por envolver um planejamento, histórico de funcionamento e capacitação profissional.

O resultado deste tipo de manutenção ocorre no decorrer das atividades das equipes dentro do empreendimento, está relacionado com o comprometimento e disciplina da equipe. Pois são, responsáveis por executar todas as atividades para garantir o funcionamento de todos os equipamentos.

Também está fundado no gerenciamento das atividades, gestão da equipe e organização de todas as etapas da manutenção e operação da usina.

**Figura 15:** Atividades equipes



**Fonte:**Elaborada pelo Autor.

Conforme a figura 15 toda a equipe local está envolvida na manutenção, abaixo expõe algumas contribuições para a TPM:

- Supervisor: Programação das manutenções, elaboração de guias de inspeções, apuração dos índices, controle administrativo;
- Equipe manutenção: Aplicação das inspeções rotineiras, intervenções nos equipamentos, reposição de estoque, análise de desempenho;
- Equipe de operação: Análise de funcionamento, operação e controle dos equipamentos, análises de valores das grandezas relacionado ao processo de geração.

Alguns fundamentos desta manutenção podem ser aplicados de forma mais abrangente e em maior periodicidade, que são os seguintes:

- Educação e treinamento: por se tratar de capacitação da equipe este fundamento a empresa responsável pela equipe de manutenção e operação poderia disponibilizar treinamentos de alguns equipamentos específicos ou enviar o funcionário para um centro de treinamento. Após o treinamento o funcionário difunde o que foi abordado para toda equipe.
- TPM Office: está relacionado a organização do processo e para contribuir para este fundamento é necessário buscar ferramentas que auxiliam na gestão da operação e manutenção da usina, existem softwares que auxiliam na organização de todo o processo. Desse modo contribui também para os outros aspectos como o planejamento e entrega das demandas de manutenção Equipe manutenção: Aplicação das inspeções rotineiras, intervenções nos equipamentos, reposição de estoque, análise de desempenho.

#### 4.5 FALHAS

Ainda que seja aplicado as técnicas de manutenções, podem surgir algumas falhas e comprometer o fornecimento de energia elétrica. Na figura 13 apresentada no início deste capítulo, pode notar a redução do índice por aproximadamente quatro meses.

Na unidade geradora 1 ocorreu a quebra de todos os pinos de cisalhamento das pás do distribuidor e vazamento no stop log o que impossibilitou a drenagem da turbina para realizar o reparo.

A causa mais provável para a quebra dos pinos seria a colisão de algum objeto que passou pela grade da tomada d'água, evidenciando acúmulo de sujeira na grade. Já a causa do vazamento do stop log seria algum material sólido na soleira da comporta. Portanto seria necessária uma empresa especializada em mergulho.

Depois de um longo processo de contratação foi realizado o mergulho para realizar a limpeza da soleira e da grade de adução. Na atividade a equipe encontrou muito material compactado na grade. Portanto foi realizado a limpeza em ambos os locais possibilitando a realização do esvaziamento da turbina para realização do reparo nas pás do distribuidor pela equipe de manutenção.

Após a série de problemas, a inspeção na grade da adução foi inserida no cronograma de manutenção preventiva como medida de controle para evitar a incidentes deste porte.

Dessa forma pode concluir que devido à complexidade do sistema, as falhas podem ocorrer, mas é importante que a equipe esteja preparada para os imprevistos, por isso é necessário que a equipe tenha conhecimento técnico.

Acima de tudo, após uma falha o levantamento das causas e a criação de medidas de controle para impossibilitar o reaparecimento do problema, são fatores importante que visam o funcionamento pleno dos equipamentos.

#### 4.6 QUESTIONÁRIO

Foi aplicado um questionário ao coordenador da PCH Areia Branca e as perguntas estão relacionadas sobre a importância da aplicação da manutenção no empreendimento.

As perguntas foram as seguintes:

- 1 A realização de manutenção rotineira em usina, junto com a realização de testes preditivos e intervenções anuais são praticas da engenharia de manutenção. Qual a importância dessas pratica para a usina?
- 2 Devido a complexidade do processo de geração de energia elétrica é importante os bons funcionamentos dos equipamentos, qual é o impacto de uma falha em um dos componentes primordiais deste processo?
- 3 Qual a importância de aplicar uma rotina de manutenções preventivas nos equipamentos presente no processo de geração de energia?
- 4 Uma prática de manutenção que visa identificar possíveis falhas através de ensaios não destrutivos é a preditiva, qual importância da aplicação deste tipo de manutenção nos equipamentos presente em uma usina ou subestação?
- 5 A manutenção produtiva total, conhecida como TPM, define varias metodologias que não está somente envolvida na manutenção propriamente dita, mas está relacionado a questões administrativas e de gerenciamento. Essa manutenção pode contribuir para a obtenção de resultados satisfatórios no empreendimento?

O objetivo das perguntas é verificar a opinião do responsável pelo empreendimento sobre as manutenções na PCH Areia Branca e que foram fontes para realização dessa pesquisa. As respostas encontra-se no anexo H.

## 5 CONCLUSÃO

A primeira técnica citada na pesquisa foi a manutenção preventiva, através dessa intervenção foi possível diagnosticar falhas que poderiam resultar em algum tipo de defeito com potencial de indisponibilizar a unidade geradora. A utilização dessa ferramenta também se fez eficiente para prologar a vida útil dos equipamentos, por conter nas guias de manutenções, intervenções que influenciam para essa finalidade.

Na figura 16 é possível identificar a diferença de tempo quando se detecta um problema e realiza a intervenção antes de ocorrer uma indisponibilidade forçada.

**Figura 16:** Tempo de indisponibilidades

Equipamentos	Tempo de indisponibilidade (horas)	
	Programada	Forçada
Vedação do eixo	6:55	12:00
Vedação do cabeçote Kaplan	48:30	168:00
Arvores na faixa de servidão	15:42	96:00:00
Conexão no contator de campo	0:00	8:00:00
Unidade hidráulica	0:00	72:00:00
<b>Total</b>	71:07	344:00

**Fonte:**Elaborada pelo Autor.

Um outro fator determinante para evitar o surgimento de falhas, foram as aplicações das manutenções preditiva, onde, através dos resultados contidos nos laudos dos ensaios não destrutivos identificou alguns fatores que poderiam contribuir para o ocasionalmente de uma falha na unidade geradora.

Tanto a manutenção preventiva quanto a manutenção preditiva interferiram de forma favorável o processo de geração de energia, dessa forma foi elaborado uma programação para realizar as atividades de intervenção no equipamento, com isso não ocorreu interrupção no fornecimento de energia elétrica.

A manutenção produtiva total envolve muitas áreas e vários aspectos dentro de uma organização. Por causa dessa abrangência é necessário a contribuições de todas as partes, por este motivo ocorre limitações nos resultados no qual a TPM poderia atingir.

Um exemplo está na área de treinamento, um dos pilares da TPM, pois necessita de investimentos para proceder. Muitas vezes não é realizado este investimento devido ao custo e

questões contratuais. Um outro problema que também está relacionado com investimento é a aplicação de um programa de gerenciamento da manutenção, com ele teria maior agilidade no processo de aplicação de técnicas de manutenção.

Porém a aplicação da TPM apresentou resultados satisfatórios, por meio dessa metodologia obteve um planejamento das manutenções, organização do processo, comprometimento da equipe na realização das atividades. Todos os pilares desta manutenção contribuem para a obtenção dos resultados satisfatório da manutenção.

Nas respostas do questionário, anexo H, é possível verificar que o coordenador do empreendimento onde ocorreu a pesquisa concorda com aplicações das técnicas e confirmou seus benefícios.

Portanto é notório que a aplicação da engenharia de manutenção na usina contribuiu para atingir os resultados de disponibilidade, conforme apresentado nesta pesquisa. Pode se concluir que o gerenciamento dos processos e as práticas de manutenções podem cooperar para os ativos inseridos no sistema elétrico a atingir certa confiabilidade e garantir o suprimento de energia para a população.

De certo a engenharia de manutenção pode ser aplicada em vários empreendimentos pois resulta na confiabilidade do equipamento e de todo o processo industrial.

## 5.1 TRABALHOS FUTUROS

O software de gestão de manutenção é um importante aliado para os gerenciamentos dessas atividades dentro de ativos de geração e até mesmo indústrias, para trabalhos futuros pode ser realizado uma análise de viabilidade de implantação de um programa de gerenciamento de manutenção. Esta pesquisa poderá ser ampliada para a área de operação, realizando uma análise de gerenciamento das duas áreas, tanto a manutenção quanto a operação. Isso agilizará muito as atividades e padronizará as informações obtidas.

Com a intenção obter eficiência nas atividades operativas em usinas hidrelétricas pode ser criado um método para coletar as informações essenciais para o funcionamento das unidades geradoras e disponibiliza-las para análises posteriores, durante a pesquisa foi identificado que este processo pode ser automatizado com utilização de aplicativos de celular, o que evitaria a utilização de formulários impressos.

Essas possíveis implantações estão relacionadas ao processo de funcionamento da usina e também resultaria na melhora da confiabilidade dos equipamentos.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abendi. **Associação Brasileira de Ensaio Não Destrutivos e Inspeção**. Disponível em: <<http://www.abendi.org.br>>. Acessado em 31 out. 2017.
- ALMEIDA, M. T. **Manutenção Preditiva, Confiabilidade e Qualidade**. 2000. Disponível em: <<http://www.mtaev.com.br/download/mnt1.pdf>>. Acesso em 03 out. 2017.
- ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de energia elétrica no Brasil**. 2003. Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas\\_par2\\_cap3.pdf](http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_par2_cap3.pdf)>. Acessado em 19 set. 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENSAIOS NÃO-DESTRUTIVOS. Disponível em: Acesso em: 20out. 2002
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5462: Confiabilidade e manutenibilidade**. Rio de Janeiro, 1994. 37 p.
- BAJIC, B.. Methods for vibro-acoustic diagnostics of turbine cavitation. Journal of Hydraulic Research, v. 41, n. 1.,p. 87-96, 2003
- DATALINK, Engenharia Elétrica. **A importância da análise de óleo para transformador**. Curitiba, PR. Disponível em: <<http://datalink.srv.br/artigos-tecnicos/a-importancia-da-analise-de-oleo-para-transformador/>>. Acesso em: 25 out. 2017.
- FINKLER, Alessandro; FINKLER, Douglas Rodrigo; CASTRO, Jorge Luis da Silva; MILKE, Tareel Franco. **RELAÇÃO DO CRESCIMENTO ECONÔMICO E CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA**. 2016. Ensaio Teórico no XXIV Seminário de Iniciação Científica – UNIJUI. Ijuí-RS. Disponível em <https://www.publicacoeseventos.unijui.edu.br/index.php/salaconhecime nto/article/download/7237/6007>. Acessado em 20 set. 2017
- Fundação COGE, **Apostila de Treinamento para Operadores de Usinas**. Rio de Janeiro 2007, p.32.
- GUSMÃO, C. A. **Índices de desempenho da manutenção - Um enfoque prático**. Disponível em: <<http://www.datastream.net/latinamerica/mm/articulos/default.asp>>. Acessado em: 20 set. 2017.
- HINRICHS, R. A.; KLEINCH, M. **Energia e meio ambiente**. Trad. Técnica: Vichi, F. M.; de MELLO, L. F. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003
- Instituto Acende Brasil (2014). **Qualidade no Fornecimento de Energia Elétrica: Confiabilidade, Conformidade e Presteza**. White Paper 14, São Paulo, 36 p
- JIPM , Japan Institute of Plant Maintenance. . **Japan institute of Plant Maintenance**. Disponível em: <<http://www.advanced-eng.com.br>>. Acesso em: 27 out. 2017




- LIMA, Roberth dos Santos. **Padronização de Projetos Elétricos de Pequenas Centrais Hidrelétricas**. 2002. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia da Energia) Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, p.79. Disponível em: <<http://www.cerpch.unifei.edu.br/arquivos/dissertacoes/padronizacao-de-projetos-eletricos-de-pequenas-centrais-hidreletricas.pdf>>. Acessado em 20 set. 2017.
- LOURENÇO, Victor Hugo Moreno. **Análise qualitativa da política de manutenções dos sistemas de um PWR típico por redes neurais artificiais**. 2010. 94f. Dissertação (Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Nucleares) - Instituto de Engenharia Nuclear, PPGIEN, 2010
- MARTINS, Petrônio G; LAUGENI, Fernando P. **Administração da Produção**. São Paulo: Saraiva, 2ª ed., 2005. p 467-472.
- MARTINS, R. C.; et al. **Proposta de uma nova metodologia aplicada a manutenção preventiva baseada na análise de óleo lubrificante**. Salvador,BA.2014. Disponível em: <[http://www.conemi.org.br/download/TT11\\_XIV\\_CONEMI-003.pdf](http://www.conemi.org.br/download/TT11_XIV_CONEMI-003.pdf)>. Acesso em: 25 out. 2017.
- MEIRA, R. **Monitoramento da cavitação em turbinas hidráulicas Francis operando em condições de escassez hídrica utilizando análise de vibração**. Disponível em: <<https://repositorio.unifei.edu.br>>. Acessado em: 03 out. 2017.
- MME, Ministério de Minas e Energia. **Resenha energética brasileira 2017 – referencia ao ano de 2016**. 2017. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br>>. Acessado em 19 set. 2017.
- MOUBRAY, John. **Manutenção Centrada em Confiabilidade**. São Paulo: Aladon Ltda. 2000, 426 p
- NETTO, W. A. C. **A Importância e a Aplicabilidade da Manutenção Produtiva Total Nas Indústrias.**, 2008, Disponível em: <[http://www.ufjf.br/ep/files/2014/07/2008\\_3\\_Wady.pdf](http://www.ufjf.br/ep/files/2014/07/2008_3_Wady.pdf)>. Acessado em 31 out. 2017.
- PROCEDIMENTO DE REDE. **Indicadores de desempenho de equipamentos e linhas de transmissão e das funções de transmissão e geração**. ONS, Submódulo 25.8, 2010.
- REIS, Lineu Belico dos. **Geração de Energia Elétrica**. 2ed. Barueri-SP: Manoele, 2011.
- REVISTA ECOTURISMO. **Turismo e Energias Renováveis**. Disponível em: <http://revistaecoturismo.com.br/turismo-sustentabilidade/o-que-e-energia-renovavel/>. Acessado em 31 out. 2017.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 2002.
- Tavares, S. G.; Andrade, R. M.. **Metodologia de Ensaio e Análise de Incerteza na Aplicação da Termografia**. Metrologia, 2003
- TERMOGRAFIA BRASIL. **O que é termografia?**. 2010. Disponível em: <<http://termografiabrasil.blogspot.com.br/p/o-que-e-termografia.html>>. Acesso em: 23 jun. 2011.

TOLMASQUIM, Mauricio T.; GUERREIRO, Almicar; GORONI, Ricardo. Novos Estudos - CE-BRAP. **Matriz energética brasileira: uma prospectiva**. São Paulo, nov. 2007. Disponível em :<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-33002007000300003#gra1](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-33002007000300003#gra1)>. Acessado em: 03 de nov. 2017.


VERRI, L. A. **Gerenciamento pela qualidade total na manutenção industrial: Aplicação Prática**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2007.

XAVIER, J. N. **Manutenção – Tipos E Tendências**, 2003 Disponível em: <<http://www.tecem.com.br/site/downloads/artigos/tendencia.pdf>> Acessado em 31 out. 2017.


## ANEXO A GUIA DE MANUTENÇÃO DOS PAINÉIS DE 13,8KV

		Edição-Data: 18 / 10 / 2009	COUS MANUTENÇÃO	
<b>GUIA INSPEÇÃO / MANUTENÇÃO</b>		Versão-Data: 14 / 01 / 2014	Versão N.: 0002	
Usina: <b>Areia Branca</b>	Guia: <b>AB-03</b>	Frequência: <b>Anual</b>	Classificação de Risco: <b>Médio</b>	
Unidade-Subunidade:	Data:	Nº PT:		
Equipamento: Cubículos de 13,8KV	Responsável:	Empresa:		
Resumo do Serviço: Inspeção Visual, Lanters e Limpeza.				
<b>SEGURANÇA e MEIO AMBIENTE</b>				
Item	Descrição	Verific. (sim/ não)	Observações	
I	Utilizar Equipamentos de Proteção Individual (EPI).			
II	Em situações onde houver vazamento de óleo tomar medidas para contenção.			
III	Para execução dos serviços utilizar de orientação no fabricante através de <b>Manuais Específicos</b> .			
IV	Para execução dos serviços observar detalhadamente a Análise Preliminar de Risco (APR) elaborada, principalmente, em relação aos Riscos e Aplicação de Barreiras de Segurança.			
V	Para execução dos serviços observar as políticas de Meio Ambiente da companhia.			
<b>ATIVIDADES</b>				
01	Cubículos de Média Tensão (13,8 KV):			
01.01	Inspeção visual no Cubículo de Surto			
01.01.01	a) Cabos de força (sinais de sobreaquecimento, trincas e poeira)			
	b) Disjuntor do Gerador (sinais de sobreaquecimento)			
	c) Fiação, bornes, conexões elétricas, fusíveis, disjuntores de baixa tensão (sinais de sobreaquecimento e poeira).			
	d) Conexão de aterramento (fixação)			
	e) Ruído anormal			
	f) Iluminação interna			
	g) Circulação de ar, entrada de poeira e limpeza.			
02.01	Inspeção visual no Cubículo dos Serviços Auxiliares do Gerador da UG-1, verificando:			
02.01.01	a) Cabos de força (sinais de sobreaquecimento, trincas e poeira)			

OBS:	Elaborado por: Weber J. Cerqueira	Aprovado por:	Revisado por:	Alterado por:
	Data:	Data:	Data:	Data:



		Edição-Data: 18 / 10 / 2009	COUS MANUTENÇÃO																																																																																																								
<b>GUIA INSPEÇÃO / MANUTENÇÃO</b>		Versão-Data: 14 / 01 / 2014	Versão N.: 0002																																																																																																								
Usina: <b>Areia Branca</b>	Guia: <b>AB-03</b>	Frequência: <b>Anual</b>	Classificação de Risco: <b>Médio</b>																																																																																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 5%;"></td> <td style="width: 75%;">b) Chaves seccionadoras (sinais de sobreaquecimento e poeira)</td> <td style="width: 5%;"></td> <td style="width: 5%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td>c) Fusíveis de média tensão (sinais de sobreaquecimento e poeira)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>d) Conexão de aterramento (fixação)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>a) Ruído anormal</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>f) Iluminação interna</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>g) Circulação de ar, entrada de poeira e limpeza.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>03.01</td> <td>Inspeção visual no cubículo de surto do gerador da UG-1, verificando:</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="7">03.01.01</td> <td>a) Barramento (sinais de sobreaquecimento e poeira)</td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>b) Chaves seccionadoras (sinais de sobreaquecimento e poeira)</td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>c) Pára-raios (sinais de sobreaquecimento e poeira)</td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>d) Capacitores (sinais de sobreaquecimento e poeira)</td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>e) Isoladores (trincas, sinais de sobreaquecimento e poeira).</td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>f) Conexão de aterramento (fixação)</td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>g) Ruído anormal</td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>04.01</td> <td>Inspeção visual no cubículo de proteção do gerador da UG-2, verificando:</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="7">04.01.01</td> <td>a) Cabos de força (sinais de sobreaquecimento, trincas e poeira)</td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>b) Disjuntor do gerador G-2 (sinais de sobreaquecimento)</td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>c) Fiação, bornes, conexões elétricas, fusíveis danad., disjuntores de baixa tensão (sinais de sobreaquecimento e poeira)</td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>d) Conexão de aterramento (fixação)</td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>e) Ruído anormal</td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>f) Iluminação interna</td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>g) Circulação de ar, entrada de poeira e limpeza.</td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>05.01</td> <td>Inspeção visual no cubículo dos serviços auxiliares do gerador da UG-2, verificando:</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>						b) Chaves seccionadoras (sinais de sobreaquecimento e poeira)					c) Fusíveis de média tensão (sinais de sobreaquecimento e poeira)					d) Conexão de aterramento (fixação)					a) Ruído anormal					f) Iluminação interna					g) Circulação de ar, entrada de poeira e limpeza.				03.01	Inspeção visual no cubículo de surto do gerador da UG-1, verificando:				03.01.01	a) Barramento (sinais de sobreaquecimento e poeira)				b) Chaves seccionadoras (sinais de sobreaquecimento e poeira)				c) Pára-raios (sinais de sobreaquecimento e poeira)				d) Capacitores (sinais de sobreaquecimento e poeira)				e) Isoladores (trincas, sinais de sobreaquecimento e poeira).				f) Conexão de aterramento (fixação)				g) Ruído anormal				04.01	Inspeção visual no cubículo de proteção do gerador da UG-2, verificando:				04.01.01	a) Cabos de força (sinais de sobreaquecimento, trincas e poeira)				b) Disjuntor do gerador G-2 (sinais de sobreaquecimento)				c) Fiação, bornes, conexões elétricas, fusíveis danad., disjuntores de baixa tensão (sinais de sobreaquecimento e poeira)				d) Conexão de aterramento (fixação)				e) Ruído anormal				f) Iluminação interna				g) Circulação de ar, entrada de poeira e limpeza.				05.01	Inspeção visual no cubículo dos serviços auxiliares do gerador da UG-2, verificando:			
	b) Chaves seccionadoras (sinais de sobreaquecimento e poeira)																																																																																																										
	c) Fusíveis de média tensão (sinais de sobreaquecimento e poeira)																																																																																																										
	d) Conexão de aterramento (fixação)																																																																																																										
	a) Ruído anormal																																																																																																										
	f) Iluminação interna																																																																																																										
	g) Circulação de ar, entrada de poeira e limpeza.																																																																																																										
03.01	Inspeção visual no cubículo de surto do gerador da UG-1, verificando:																																																																																																										
03.01.01	a) Barramento (sinais de sobreaquecimento e poeira)																																																																																																										
	b) Chaves seccionadoras (sinais de sobreaquecimento e poeira)																																																																																																										
	c) Pára-raios (sinais de sobreaquecimento e poeira)																																																																																																										
	d) Capacitores (sinais de sobreaquecimento e poeira)																																																																																																										
	e) Isoladores (trincas, sinais de sobreaquecimento e poeira).																																																																																																										
	f) Conexão de aterramento (fixação)																																																																																																										
	g) Ruído anormal																																																																																																										
04.01	Inspeção visual no cubículo de proteção do gerador da UG-2, verificando:																																																																																																										
04.01.01	a) Cabos de força (sinais de sobreaquecimento, trincas e poeira)																																																																																																										
	b) Disjuntor do gerador G-2 (sinais de sobreaquecimento)																																																																																																										
	c) Fiação, bornes, conexões elétricas, fusíveis danad., disjuntores de baixa tensão (sinais de sobreaquecimento e poeira)																																																																																																										
	d) Conexão de aterramento (fixação)																																																																																																										
	e) Ruído anormal																																																																																																										
	f) Iluminação interna																																																																																																										
	g) Circulação de ar, entrada de poeira e limpeza.																																																																																																										
05.01	Inspeção visual no cubículo dos serviços auxiliares do gerador da UG-2, verificando:																																																																																																										

OBS:	Elaborado por: Weber J. Cerqueira	Aprovado por:	Revisado por:	Alterado por:
	Data:	Data:	Data:	Data:



		Edição-Data: 18 / 10 / 2009	COUS MANUTENÇÃO	
<b>GUIA INSPEÇÃO / MANUTENÇÃO</b>		Versão-Data: 14 / 01 / 2014	Versão N.: 0002	
Usina: <b>Areia Branca</b>	Guia: <b>AB-03</b>	Frequência: <b>Anual</b>	Classificação de Risco: <b>Médio</b>	
05.01.01	a) Cabos de força (sinais de sobreaquecimento, trincas e poeira)			
	b) Chaves seccionadoras (sinais de sobreaquecimento e poeira)			
	c) Fusíveis de média tensão (sinais de sobreaquecimento e poeira)			
	d) Conexão de aterramento (fixação)			
	e) Ruído anormal			
	f) Iluminação interna			
	g) Circulação de ar, entrada de poeira e limpeza.			
06.01	Inspeção visual no cubículo de surto do gerador da UG-2, verificando:			
06.01.01	a) Barramento (sinais de sobreaquecimento e poeira)			
	b) Chaves seccionadoras (sinais de sobreaquecimento e poeira)			
	c) Pára-raios (sinais de sobreaquecimento e poeira)			
	d) Capacitores (sinais de sobreaquecimento e poeira)			
	e) Isoladores (trincas, sinais de sobreaquecimento e poeira)			
	f) Conexão de aterramento (fixação)			
	g) Ruído anormal			
07.01	h) Circulação de ar, entrada de poeira e limpeza. Havendo alguma anormalidade, emitir uma Permissão de Trabalho.			

OBS:	Elaborado por: Weber J. Cerqueira	Aprovado por:	Revisado por:	Alterado por:
	Data:	Data:	Data:	Data:



## ANEXO B REGISTRO DE DESLIGAMENTO PROGRAMADO NO RELATÓRIO DE OCORRÊNCIA

				PRINCIPAIS EVENTOS USINA AREIA BRANCA		
23 de setembro - 23:00	24 de setembro - 15:57	16hs 57min	Parada devido a baixa afilúncia.	Programada		
24 de setembro - 19:45	25 de setembro - 04:17	8hs 32min	Parada devido a baixa afilúncia.	Programada		
25 de setembro - 06:55	25 de setembro - 17:10	10hs 15min	Parada devido a baixa afilúncia.	Programada		
25 de setembro - 21:06	26 de setembro - 05:47	8hs 41min	Parada devido a baixa afilúncia.	Programada		
26 de setembro - 09:12	27 de setembro - 00:58	15hs 46min	Parada devido a baixa afilúncia.	Programada		
27 de setembro - 05:30	27 de setembro - 09:45	4hs 15min	Parada devido a baixa afilúncia.	Programada		
27 de setembro - 09:45	27 de setembro - 16:40	6hs 55min	Parada devido a manutenção preventiva - Substituição dos parafusos do porta gaxetas.	Programada		
27 de setembro - 16:40	01 de outubro - 00:00	79hs 20min	Parada devido a baixa afilúncia.	Programada		



## ANEXO C REGISTRO DE DESLIGAMENTO PROGRAMADO NO RELATÓRIO DE OCORRÊNCIA

 		EVENTOS DA USINA AREIA BRANCA			
<b>TODOS OS EVENTOS OCORRIDOS NO GERADOR Nº 1 NO ANO DE 2016</b>					
<b>GERADOR Nº 1</b>					
Mês	Início Dia/Mês/Ano hh:mm	Término Dia/Mês/Ano hh:mm	Interrupção	Causa	Tipo da disponibilidade
	27 de agosto - 06:01	29 de agosto - 08:56	50hs 55min	Parada por conveniência operativa.	Programada.
	29 de agosto - 08:56	01 de setembro - 00:00	63hs 04min	Parada devido a manutenção preventiva anual.	Programada.
	01 de setembro - 00:00	02 de setembro - 14:20	38hs 20min	Parada devido a manutenção preventiva anual.	Programada
	02 de setembro - 14:20	02 de setembro - 14:30	0hs 10min	Parada por conveniência operativa	Programada
	02 de setembro - 16:15	03 de setembro - 02:18	10hs 03min	Parada por conveniência operativa	Programada
	03 de setembro - 03:45	03 de setembro - 11:24	7hs 39min	Parada por conveniência operativa	Programada
	03 de setembro - 12:45	03 de setembro - 17:35	4hs 50min	Parada por conveniência operativa	Programada


## ANEXO D REGISTRO DE DESLIGAMENTO PROGRAMADO NO RELATÓRIO DE OCORRÊNCIA

				EVENTOS DA USINA AREIA BRANCA	
<b>TODOS OS EVENTOS OCORRIDOS NO GERADOR Nº 1 NO ANO DE 2016</b>					
<b>GERADOR Nº 1</b>					
Mês	Início Dia/Mês/Ano hh:mm	Término Dia/Mês/Ano hh:mm	Interrupção	Causa	Tipo da disponibilidade
	25 de setembro - 22:30	29 de setembro - 14:35	88hs 05min	Parada por conveniência operativa	Programada
	29 de setembro - 16:04	01 de outubro - 00:00	31hs 56min	Parada por conveniência operativa	Programada
	01 de outubro - 00:00	04 de outubro - 10:30	82hs 30min	Parada por conveniência operativa.	Programada.
	04 de outubro - 10:30	06 de outubro - 11:00	48hs 30min	Substituição das vedações do cabeçote Kaplan	Programada.
	06 de outubro - 11:00	06 de outubro - 11:09	0hs 09min	Parada por conveniência operativa.	Programada.
	06 de outubro - 14:35	06 de outubro - 20:00	5hs 25min	Parada por conveniência operativa.	Programada.
	06 de outubro - 23:00	07 de outubro - 01:51	2hs 51min	Parada por conveniência operativa.	Programada.

## ANEXO E REGISTRO DE DESLIGAMENTO PROGRAMADO NO RELATÓRIO DE OCORRÊNCIA

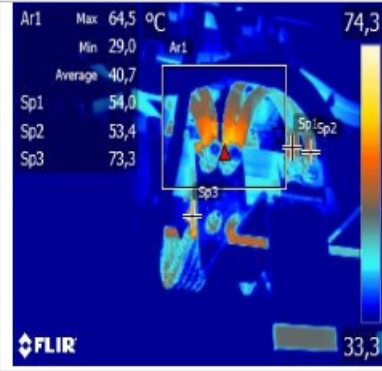
		 <b>EVENTOS DA USINA AREIA BRANCA</b>			
<b>TODOS OS EVENTOS OCORRIDOS NO GERADOR Nº 2 NO ANO DE 2015</b>					
<b>GERADOR Nº 2</b>					
Mês	Início Dia/Mês/Ano hh:mm	Término Dia/Mês/Ano hh:mm	Interrupção	Causa	Tipo de indisponibilidade
b r o	15 de setembro - 16:00	22 de setembro - 08:41	160hs 41min	Parada por conveniência operativa.	Programada
	22 de setembro - 08:41	22 de setembro - 13:42	5hs 01min	Para cortes de eucaliptos próximo a linha de transmissão.	Programada
	22 de setembro - 13:42	23 de setembro - 07:02	17hs 20min	Parada por conveniência operativa.	Programada
	23 de setembro - 07:02	23 de setembro - 12:21	5hs 19min	Para cortes de eucaliptos próximo a linha de transmissão.	Programada
	23 de setembro - 12:21	24 de setembro - 06:34	18hs 13min	Parada por conveniência operativa.	Programada
	24 de setembro - 06:34	24 de setembro - 11:56	5hs 22min	Para cortes de eucaliptos próximo a linha de transmissão.	Programada
	24 de setembro - 11:56	25 de setembro - 06:08	18hs 12min	Parada por conveniência operativa.	Programada

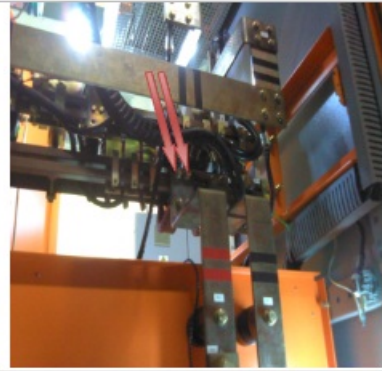
## ANEXO F REGISTRO DE ANORMALIDADE NO RELATÓRIO DE TERMOVISÃO



AV. MANOEL INÁCIO PEIXOTO, S/Nº • CEP 38771-000 • CATAGUASES/MG TEL.: (32) 3429-8000 FAX: (32) 3429-8317 [HTTP://WWW.ENERGISA.COM.BR](http://www.ENERGISA.COM.BR)

### 4.1.3. PAINEL CONTATO DO CAMPO CC DA MAQUINA G2





Modelo da câmera: FLIR T360 Data Imagem: 05/07/16 Emissividade: 0,85 Temp. refletida: 23,4 °C Distância do objeto: 1 m Temp. ponto quente: 64,5°C. Temp. ambiente: 26,7°C.	Nome da Imagem: IR_1427.jpg <b>Comentários:</b> Parafusos da barra do positivo, cor vermelha do painel contato do campo cc parte de traz do painel nomenclatura c41/1 e c41/3 do painel da maquina G2. <b>Indicação:</b> Recomenda o reaperto dos parafusos e uma análise das prensas dos terminais dos cabos.
--	--

**CRITICIDADE MÉDIA**



## ANEXO G REGISTRO DE ANORMALIDADE NO RELATÓRIO DE ANÁLISE DE ÓLEO

	Identificação: AOL-0007/17
	Versão: 0001
ANÁLISE DE ÓLEO LUBRIFICANTE	Data: 07/10/2016
CENTRAL DE DOCUMENTOS E REGISTROS	Página: 1 de 1

DADOS GERAIS	
USINA:	PCH Areia Branca
CLIENTE:	ENGIE
LOCALIDADE:	Caratinga / MG
NOME DO PRODUTO:	ISO UG 68 MOBIL
EQUIPAMENTO:	Unidade Hidráulica de Regulação
UNIDADE Nº:	UG01

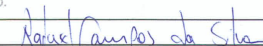
RESULTADOS	
VISCOSIDADE A 40°C cSt	66
ÁGUA	Presença Acentuada
T.A.N. / T.B.N.	Passa o Teste
CONTAGEM PARTÍCULAS NAS - 1638 - STANDART	NAS 7

RECOMENDAÇÕES	
---------------	--

- 1- O óleo está em condições de permanecer em serviço - Solicitamos novas amostras para controle quando decorrerem \_\_\_\_\_ de operação.
- 2- **Viscosidade anormal** - Verificar reposições ou enchimento inicial com óleo de viscosidade diferente.
- 3- **Elevado teor de água** - Verificar contaminação externa ou vazamento do sistema de refrigeração.
- 4- **Elevado teor de sedimentos** - Verificar eficiência de filtragem e contaminação externa
- 5- **Elevado número de neutralização (TAN)** - Verificar contaminação externa, temperatura de funcionamento elevadas, eposições com óleos de TAN mais altos.
- 6- **Baixa reserva alcalina (TBN)** - Verificar presença elevada de enxofre no combustível, contaminação externa, reposições com óleo de TBN mais alto.
- 7- **A carga de óleo deve ser substituída** - Solicitamos nova amostra para controle quando decorrerem \_\_\_\_\_ de operação.
- 8- **A carga de óleo deve ser purificada** - Após este serviço poderá ser reutilizada no mesmo sistema.
- 9- **Outros comentários:**

Data: 21/08/2017	Assinatura: José Roberto Cândido
------------------	----------------------------------

## ANEXO H QUESTIONÁRIO

<b>Questionário relacionado a aplicação de técnicas da engenharia de manutenção</b>	
Entrevistado:	<u>Rafael Campos da Silva</u>
Função:	<u>Coordenador PCH Areia Branca</u>
1 - A realização de manutenção rotineira em usina, junto com a realização de testes preditivos e intervenções anuais são práticas da engenharia de manutenção. Qual a importância dessas práticas para a usina?	<p><b>Resposta:</b> As práticas de manutenções preditivas e preventivas são de extrema importância para o bom funcionamento de uma usina, uma vez que executados de forma correta e seguindo todos os padrões de qualidade vão aumentar o tempo de vida útil do equipamento assim podendo evitar indisponibilidades forçadas o que trará prejuízos financeiros a usina.</p>
2 - Devido a complexidade do processo de geração de energia elétrica é importante os bons funcionamentos dos equipamentos, qual é o impacto de uma falha em um dos componentes primordiais deste processo?	<p><b>Resposta:</b> Quando o processo de geração de energia elétrica é interrompida por falhas em equipamentos, gerando uma indisponibilidade forçada, o impacto causado é de grande proporção, podendo ser citados prejuízo financeiro (interrupção da produção de energia elétrica, desvio de recursos humanos e técnicos, pagamento de horas extras a equipe de manutenção entre outros), aumento de chances de acidentes no trabalho, relação com clientes (desde de que seja diagnosticado erro na operação e ou manutenção).</p>
3 - Qual a importância de aplicar uma rotina de manutenções preventivas nos equipamentos presente no processo de geração de energia?	<p><b>Resposta:</b> Evitar que a produção de energia elétrica seja interrompida e que a taxa de indisponibilidade forçada não ultrapasse valores determinados pela empresa.</p>
4 - Uma prática de manutenção que visa identificar possíveis falhas através de ensaios não destrutivos é a preditiva, qual importância da aplicação deste tipo de manutenção nos equipamentos presente em uma usina ou subestação?	<p><b>Resposta:</b> Através dos métodos de monitoramento e análise, a manutenção preditiva pode aumentar o tempo de vida útil dos equipamentos consequente a disponibilidade e produtividade da usina.</p>
5 - A manutenção produtiva total, conhecida como TPM, define várias metodologias que não está somente envolvida na manutenção propriamente dita, mas está relacionado a questões administrativas e de gerenciamento. Essa manutenção pode contribuir para a obtenção de resultados satisfatórios no empreendimento?	<p><b>Resposta:</b> Sim, gerando um comprometimento maior de todos os colaboradores com o bom funcionamento do empreendimento, maior dedicação técnica para o desenvolvimento das manutenções e um maior investimento da empresa em treinamentos técnicos e de desenvolvimento pessoal de cada colaborador envolvido no processo como um todo.</p>
Assinatura:	 <b>Rafael Campos da Silva</b>

## ANEXO I DECLARAÇÃO PARA USO DE INFORMAÇÃO



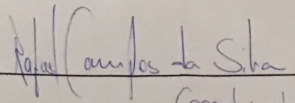
### DECLARAÇÃO

Declaro para os devidos fins, que a Engie Brasil Energia SA, autoriza o uso e a divulgação dos dados necessários para elaboração do Trabalho de Conclusão de Curso do aluno Luã Martins, matriculado no 10º período do curso de Engenharia Elétrica do Instituto Tecnológico de Caratinga da DOCTUM Caratinga, intitulado "REFLEXO DA APLICAÇÃO DE TÉCNICAS ATINENTE A ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO NA PCH AREIA BRANCA", orientado pelo professor Guilherme Borges.

#### Dados constantes:

- Cronograma de manutenção;
- Guias de manutenções;
- Relatórios de manutenções;
- Índices de disponibilidades;
- Índices de indisponibilidades;
- Dados técnicos;
- Fotos do empreendimento.

Atenciosamente,

  
\_\_\_\_\_  
Coordenador Hidroelétrica Areia Branca.  
Rafael Campos da Silva

## ANEXO J TERMO DE CONSENTIMENTO ENTRE AS PARTES



"REFLEXO DA APLICAÇÃO DE TÉCNICAS ATINENTE A ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO NA PCH AREIA BRANCA".

Pesquisador Responsável: Luã Martins  
Endereço: Rua Coronel Antonio da Silva, 541  
CEP: 35300032 - Caratinga - MG  
Fone: (32)99936-9709  
E-mail: [luanmartins.2@gmail.com](mailto:luanmartins.2@gmail.com)

### **TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

O(A)Sr.(a), está sendo convidado(a) como voluntário(a) para participar da pesquisa "REFLEXO DA APLICAÇÃO DE TÉCNICAS ATINENTE A ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO NA PCH AREIA BRANCA". Neste estudo pretendemos identificar os benefícios para o empreendimento através da aplicação de técnicas relacionadas a engenharia de manutenção.

A pesquisa é uma demanda, gerada na execução de um Trabalho de Conclusão de Curso a ser apresentado nas Faculdades DOCTUM de Caratinga, do Curso Superior de Engenharia Elétrica, como requisito parcial para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Elétrica. Onde o pesquisador deseja realizar uma análise dos resultados obtido com utilização de técnicas de manutenção nos componentes da usina. O empreendimento a ser beneficiado é a PCH Areia Branca, e também informo que seu Coordenador, Rafael Campos da Silva, está ciente e de acordo.

Para este estudo adotaremos os seguintes procedimentos; utilizaremos a metodologia de Controle e Automação e faremos entrevistas com o corpo Técnico da PCH com as questões direcionadas conforme o objetivo citado acima.

Para participar deste estudo você não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Você será esclarecido (a) sobre o estudo em qualquer aspecto que desejar e estará livre para participar ou recusar-se a participar. Poderá retirar seu consentimento ou interromper a participação a qualquer momento. A sua participação é voluntária e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que é atendido pelo pesquisador

O pesquisador irá tratar a sua identidade com padrões profissionais de sigilo.

Os resultados da pesquisa estarão à sua disposição quando finalizada. Seu nome ou o material que indique sua participação não será liberado sem a sua permissão.

O (A) Sr (a) não será identificado em nenhuma publicação que possa resultar deste estudo.