



UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
CURSO DE PÓS GRADUAÇÃO EM GERÊNCIA DE MANUTENÇÃO



FREDERICO MEDINA E MARQUEZ

**ANÁLISE DE GESTÃO DA INTERNALIZAÇÃO DA EQUIPE DE MANUTENÇÃO,
NUMA EMPRESA QUE GERENCIA PEQUENAS CENTRAIS HIDROELÉTRICAS.**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA, PR
2012

FREDERICO MEDINA E MARQUEZ

**ANÁLISE DE GESTÃO DA INTERNALIZAÇÃO DA EQUIPE DE MANUTENÇÃO,
NUMA EMPRESA QUE GERENCIA PEQUENAS CENTRAIS HIDROELÉTRICAS.**

Monografia de especialização apresentada ao Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Gerência de Manutenção.

Orientador: Prof. Jorge Carlos Corrêa Guerra, LD

CURITIBA, PR
2012

TERMO DE APROVAÇÃO

ANÁLISE DE GESTÃO DA INTERNALIZAÇÃO DA EQUIPE DE MANUTENÇÃO, NUMA EMPRESA QUE GERENCIA PEQUENAS CENTRAIS HIDROELÉTRICAS.

Esta Monografia foi julgada e aprovada como requisito parcial para a obtenção do Título de **Especialista**, do **Curso Especialização em Gerência de Manutenção** da **Universidade Tecnológica Federal do Paraná**.

Curitiba, 20 de outubro de 2012.

Prof. Marcelo Rodrigues M. Sc.
Coordenador do Curso de Especialização
Departamento Acadêmico de Eletrotécnica

BANCA EXAMINADORA

Prof. Marcelo Rodrigues / MSc.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Emerson Rigoni / Dr.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Jorge Carlos Corrêa Guerra / LD.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Orientador

Prof. Álvaro Peixoto de Alencar Neto / MSc.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao prof. Jorge Guerra pelo auxílio a minha pesquisa e conselhos no desenvolvimento da dissertação.

Agradeço ao prof. Marcelo Rodrigues, ao DAELT e à UTFPR por fazer parte da organização deste curso de especialização.

Agradeço à minha empresa por teu auxiliado e colaborado para minha formação.

Agradeço à minha família pela educação, carinho e disciplina que sempre sustentaram minha vida profissional e acadêmica.

Agradeço a Bruna, minha namorada, que me apoiou durante todo o período das aulas da especialização e motivou-me a dar o melhor para elaboração nesta etapa final da monografia.

“Você não consegue conectar os pontos olhando para frente, você só pode conectar os pontos olhando para trás”.
(Steve Jobs)

RESUMO

MARQUEZ, Frederico Medina e. Análise de gestão da internalização da equipe de manutenção, numa empresa que gerencia Pequenas Centrais Hidroelétricas. 2012. 78f. Trabalho de conclusão de curso de pós graduação (Gerência de Manutenção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2012.

A grande mudança vivenciada pelo setor elétrico do país no período de (1998 – 2002) introduziu diversas empresas privadas num ambiente que antes era dominado pelo setor público. Em sua maioria, estas não possuem quadro de funcionários suficiente para executar as atividades de manutenção e, desta forma, terceirizam os serviços com o uso de empresas especializadas. A utilização de mão de obra terceirizada para uma atividade fim pode gerar problemas como: risco empresarial, qualidade e pior administração. Foi escolhida uma empresa de Curitiba para realizar um estudo de caso e uma análise mais profunda destas características. A pesquisa iniciou-se com uma análise e descrição de todo o escopo de manutenção em uma Pequena Central Hidrelétrica a fim de facilitar o entendimento das vantagens e desvantagens da terceirização. Além disto, foi proposto para a empresa estudada uma alternativa em internalizar a equipe de manutenção. O trabalho permite verificar que existe uma pequena redução de custos ao optar pela alternativa internalizada; porém, pode-se concluir que a maior vantagem não está no custo e sim nas vantagens intangíveis, entre elas: aquisição de know-how, manter o processo primário da organização e melhor gestão e administração.

Palavras-chave: Terceirização. Internalização. Manutenção. Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH). Vantagens. Desvantagens. Custo.

ABSTRACT

MARQUEZ, Frederico Medina e. Análise de gestão da internalização da equipe de manutenção, numa empresa que gerencia Pequenas Centrais Hidroelétricas. 2012. 78f. Trabalho de conclusão de curso de pós graduação (Gerência de Manutenção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2012.

The big change experienced by the electricity sector in the country during the period (1998 - 2002) introduced several private companies in an environment that was once dominated by the public sector. For the most part, they do not have enough staff to perform maintenance and thus outsource services with the use of specialized companies. The use of outsourced labor to end an activity can generate problems such as: business risk, and worse quality management. It was chosen a company from Curitiba to conduct a case study and a deeper analysis of these characteristics. The research began with an analysis and description of the entire scope of maintenance in a Small Hydropower Plant to facilitate the understanding of the advantages and disadvantages of outsourcing. Furthermore it has been proposed and studied company for an alternative to internalize the maintenance team. The work shows that there is a small cost savings by opting for alternative internalized, but it can be concluded that the greatest benefits for the company to internalize maintenance are intangible, including: acquisition of know-how, keep the primary process of the organization and better management and administration.

Keywords: Outsourcing. Internalization. Maintenance. Small Hydro Power (SHP). Advantages. Disadvantages. Cost.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Centro de Operação.....	20
Figura 2 - Histórico da Manutenção	22
Figura 3 – Monitoramento de vibrações.....	46
Figura 4 – Controle de temperatura	49
Figura 5 – Termovisor	49
Figura 6 – Termografia – Transformador 13,8kV/138kV.....	50
Figura 7 – Análise de óleo	51
Figura 8 – Projeto em planta – Kaplan horizontal	54
Figura 9 – Projeto em vista – Francis vertical.....	55
Figura 10 - Organograma da empresa terceirizada	60

LISTA DE TABELAS E QUADROS

Tabela 1 - Análise SWOT de PCH	14
Tabela 2 – Empreendimentos	52
Tabela 3 - Investimentos COG	57
Tabela 4 – Colaboradores do escritório.....	59
Tabela 5 – Colaboradores por usina	59
Tabela 6 - Manutenção - equipe própria	61
Tabela 7 – Valores contratuais mensais	69
Tabela 8 - Mão de obra própria com terceirização	69
Tabela 9 - Custo total (terceirizando)	69
Tabela 10 - Ferramentas e Instrumentação	70
Tabela 11 - Mão de obra própria com internalização.....	71
Tabela 12 - Outros custos	72
Tabela 13 - Custo total internalizado.....	72
Tabela 14 - Comparação de custos	73
Quadro 1 – Níveis de severidade de vibração (amplitude)	47
Quadro 2 – Níveis de severidade de vibração (velocidade)	47
Quadro 3 – Escala Mensal.....	56

LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

AGREE	Advisory Group on Reliability of Electronic Equipment
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BRDE	Banco Regional de Desenvolvimento do Extremo Sul
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
COG	Centro de Operação da Geração
Copel	Companhia Paranaense de Energia
DAELT	Departamento Acadêmico de Eletrotécnica
EUA	Estados Unidos da América
GMG	Grupo Moto-Gerador
ISO	International Organization for Standardization
kV	Kilovolt
kW	Kilowatt
LED	Light-Emitting Diode
MCC	Manutenção Centrada em Confiabilidade
MSG	Maintenance Steering Group
O&M	Operação e Manutenção
O.S.	Ordem de Serviço
PCH	Pequena Central Hidroelétricas
PLC	Programmable Logic Controller
RCM	Reliability Centered Maintenance
SDSC	Sistema Digital de Supervisão e Controle
SF6	Hexafluoreto de Enxofre

SUMÁRIO

1	<u>INTRODUÇÃO.</u>	12
1.1	A INFRAESTRUTURA BRASILEIRA – GERAÇÃO DE ENERGIA.	12
1.1.1	DELIMITAÇÃO DO TEMA	13
1.2	PROBLEMAS E PREMISSAS.	13
1.3	OBJETIVOS.	15
1.3.1	OBJETIVO GERAL	15
1.3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
1.4	JUSTIFICATIVA.	15
1.5	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.	17
1.6	ESTRUTURA DO TRABALHO.	17
2	<u>CONCEITUAÇÃO DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO EM PCHS.</u>	18
2.1	PEQUENAS CENTRAIS HIDROELÉTRICAS (PCHS).	18
2.2	OPERAÇÃO DE PCHS.	18
2.2.1	OBJETIVOS DA OPERAÇÃO	18
2.2.2	AUTOMAÇÃO DA OPERAÇÃO	18
2.2.3	CENTRO DE OPERAÇÃO DA GERAÇÃO (COG)	19
2.3	MANUTENÇÃO DE PCHS.	20
2.3.1	OBJETIVOS DA MANUTENÇÃO	20
2.3.2	HISTÓRICO DA MANUTENÇÃO	21
2.3.3	MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE (MCC)	22
2.4	MANUTENÇÃO PREVENTIVA EM PCHS.	23
2.4.1	CONCEITO DA MANUTENÇÃO ROTINEIRA	23
2.4.2	ESCOPO DA MANUTENÇÃO ROTINEIRA	24
2.5	MANUTENÇÃO PREDITIVA EM PCHS.	45
2.5.1	ANÁLISE DE VIBRAÇÕES	46
2.5.2	ANÁLISE DE TEMPERATURA	48
2.5.3	INSPEÇÃO TERMOGRÁFICA	49
2.5.4	ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DE ÓLEO	50
3	<u>ESTUDO DE CASO.</u>	52

3.1	PERFIL DA EMPRESA ESTUDADA.	52
3.2	ESTRUTURA FÍSICA.	53
3.3	PRINCIPAIS EQUIPAMENTOS.	55
3.4	OPERAÇÃO.	56
3.4.1	EQUIPE DE OPERAÇÃO	56
3.4.2	INVESTIMENTOS DO COG	56
3.5	MANUTENÇÃO – EQUIPE TERCEIRIZADA.	58
3.5.1	EQUIPE DO ESCRITÓRIO	58
3.5.2	MANUTENÇÃO LOCAL	59
3.5.3	ORGANOGRAMA E FLUXO DE INFORMAÇÕES	60
3.6	MANUTENÇÃO – EQUIPE PRÓPRIA.	61
3.7	ANÁLISE DO CONTRATO DE SERVIÇOS DA EMPRESA TERCEIRIZADA.	63
3.8	PARÂMETROS UTILIZADOS PARA PROPOSTA DE CONTRATO.	64
3.8.1	LOCALIZAÇÃO E/OU FACILIDADE DE ACESSO	64
3.8.2	PROJETO E/OU FORNECIMENTO	65
3.9	ANÁLISE DAS VANTAGENS E DESVANTAGENS DA TERCEIRIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO NAS PCHs.	66
3.9.1	DESCRIÇÃO DAS VANTAGENS	66
3.9.2	DESCRIÇÃO DAS DESVANTAGENS	67
3.10	CUSTOS DAS MANUTENÇÕES DAS PCHs COM EMPRESAS TERCEIRIZADAS.	68
3.10.1	CUSTO DE EMPRESAS TERCEIRAS	68
3.10.2	CUSTO DE MÃO DE OBRA PRÓPRIA COM TERCEIRIZAÇÃO	69
3.10.3	CUSTO TOTAL TERCEIRIZADO	69
3.11	CUSTOS DAS MANUTENÇÕES DAS PCHs COM MÃO DE OBRA PRÓPRIA.	70
3.11.1	CUSTO PARA AQUISIÇÃO DE FERRAMENTAS E INSTRUMENTAÇÃO	70
3.11.2	CUSTO COM MÃO DE OBRA PRÓPRIA COM INTERNALIZAÇÃO	71
3.11.3	OUTROS CUSTOS	71
3.11.4	CUSTO TOTAL INTERNALIZADO	72
3.12	COMPARAÇÃO DE CUSTOS.	73
4	<u>CONSIDERAÇÕES FINAIS.</u>	<u>74</u>
4.1	TRABALHOS FUTUROS.	74
	<u>REFERÊNCIAS.</u>	<u>76</u>

1 INTRODUÇÃO.

A indústria de geração de energia elétrica vivencia uma grande mudança. Pode-se dizer que no Brasil, a responsabilidade de geração de energia sempre foi do Estado e, hoje temos um grande estímulo do governo para pulverizar a geração com empresas privadas. Há uma enorme inclusão de empreendedores que estão investindo principalmente, em geração de energia renovável. Este grande crescimento de empreendedores na geração de energia impulsiona um crescimento de mão de obra especializada e qualificada trazendo um crescimento econômico para o Brasil.

1.1 A infraestrutura brasileira – Geração de energia.

O crescimento econômico/financeiro de um país tem relação direta com o grau de infraestrutura existente. O argumento é exemplificado em regiões que são diretamente beneficiadas com serviços de infraestrutura as quais atraem com muito maior impacto; indústrias, capital humano, produtividade e crescimento econômico (SILVA, 2007). Os gastos com infraestrutura são mais importantes do que outros indicadores convencionais, tais como potencial de mercado, subsídios e capital humano (SOUZA, 2002).

O Brasil teve uma grande lacuna de desenvolvimento da infraestrutura durante a década de 80 e 90 do século XX. O setor de energia elétrica foi o primeiro a acusar presença de um estrangulamento (SILVA, 2007). Este fato foi observado por todos os cidadãos que enfrentaram o “apagão” e as metas de redução de consumo. Este déficit impactou diretamente no crescimento brasileiro, pois existia uma demanda maior do que a oferta.

Com auxílio de incentivos e alterações na legislação, o governo brasileiro incentivou grupos privados a investir em geração de energia, principalmente investimentos em fontes renováveis. Desta forma, a matriz energética do Brasil começa a mudar gradativamente, pois, o governo está colocando metas para transformação da matriz.

A onda de investimentos e o grande crescimento do setor de energia impactam diretamente no tipo de gestão dos ativos e dos recursos humanos das empresas. Um exemplo disto é uma Pequena Central Hidroelétrica (PCH) a qual necessita a presença de muita mão de obra na construção e depois alguns técnicos especializados, para realizar a Operação e Manutenção. Esta demanda por profissionais qualificados abriram caminho para criação de empresas especializadas em oferecer – principalmente - serviços de Operação e Manutenção para as empresas proprietárias das usinas. Este tipo de gestão acelera o processo de

contratação de terceirizadas, pois as prestadoras de serviço já detêm tecnologia e conhecimento, fato que as empresas proprietárias de usinas não possuem.

1.1.1 Delimitação do tema

Este trabalho será focado na análise e verificação técnica/financeira de internalização da manutenção em uma empresa de geração de energia elétrica de Pequenas Centrais Hidroelétricas. Para isto, será feito um estudo de caso de uma empresa privada a fim de exemplificar os reais impactos de uma alteração gerencial como esta.

1.2 Problemas e premissas.

As empresas de energia privada são relativamente novas no mercado brasileiro e, normalmente adotam uma filosofia gerencial diferente daquelas adotadas por estatais. Em geral, são empresas bastante enxutas e utilizam de maneira bastante frequente a terceirização de serviços – principalmente da Operação e Manutenção.

Por questões de faturamento, quanto menor for a capacidade de geração de uma usina, menor é a capacidade de manter uma estrutura de funcionários e serviços, por isto a PCH deve ser gerenciada de forma enxuta. Conforme mostrado na Figura 1 – Análise SWOT de PCH (BRDE, 2002), uma das fraquezas das usinas PCHs é possuir um porte insuficiente para manter uma estrutura de manutenção.

Tabela 1 - Análise SWOT de PCH

INTERNAS	EXTERNAS
FORÇAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> • Menor custo de implantação por MWh; • Nenhum custo de transmissão até 2003 (após será de 50%); • Implantação rápida; • Menor agressão ao meio ambiente; • Não paga pelo uso dos recursos hídricos; • Reserva de mercado para venda direta a consumidores entre 500kW a 3000kW. 	<ul style="list-style-type: none"> • Crescimento do consumo estimado em 5% a.a.; • Demanda atual de mercado tem deficiência de atendimento; • Empresas disponíveis para alianças estratégicas; • Aumento da consciência ambiental; • A médio prazo todo o sistema nacional estará interligado (mercado nacional).
FRAQUEZAS	AMEAÇAS
<ul style="list-style-type: none"> • Reservatórios menores; • Não tem acesso ao mercado de capitais (porte); • Dificuldades para manter estrutura de comercialização; • Porte insuficiente para manter uma estrutura de manutenção. 	<ul style="list-style-type: none"> • Clientes sensíveis a segurança de fornecimento; • Clientes sensíveis a preço; • Estação de chuvas com baixa previsibilidade; • Possibilidade de excesso de capacidade instalada no futuro; • Futuras alterações na legislação poderão prejudicar o empreendimento.

Fonte: BRDE, 2002.

A repercussão da qualidade dos serviços prestados pelas empresas terceirizadas de O&M das PCHs é intensificada pela distância do local de prestação de serviço (PCH) e local de gerenciamento do contrato (escritório sede da empresa contratante). Isto é, o controle e qualificação do que está sendo executado fica dificultado pela distância, pois geralmente não existe um fiscal do cliente *fulltime* observando os serviços realizados pela empresa contratada.

Além disso, ao contratar uma empresa para realizar serviços que requerem alta disponibilidade de máquina, o cliente fica dependendo da grade horária e prioridades da empresa contratada. Também é difícil para a empresa contratada adotar a mesma filosofia e metodologia de trabalho da empresa contratante.

Outro exemplo ruim da terceirização é que observa-se que muitas informações não são passadas por completo para a empresa contratante e que os erros operacionais – principalmente humanos – são ocultados. Dentre os erros operacionais, os mais preocupantes são os que resultam danos aos equipamentos à longo prazo. Desta forma, o gerenciamento das manutenções possuiu uma distorção da realidade.

1.3 Objetivos.

1.3.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como principal objetivo estudar gerencialmente as características de uma manutenção terceirizada e internalizada em uma empresa geradora de energia elétrica privada, proprietária de Pequenas Centrais Hidroelétricas.

1.3.2 Objetivos Específicos

Para atender o objetivo geral deste trabalho serão necessários os seguintes passos:

- Conceituar Operação e Manutenção de Pequenas Centrais Hidroelétricas;
- Analisar e descrever o escopo de manutenção de Pequenas Centrais Hidroelétricas;
- Identificar as vantagens e desvantagens técnicas da terceirização e internalização da manutenção na empresa estudada;
- Sugerir novos trabalhos a partir deste estudo.

1.4 Justificativa.

O Brasil possui muitos projetos de investimentos na área de infraestrutura e geração de energia. Além disto, é um dos maiores mercados mundial de energias renováveis, representando mais de 90% dos novos investimentos nesse setor na América Latina (PNUE, 2009).

O setor elétrico teve uma grande mudança de estrutura com o início das privatizações ocorridas no governo do presidente Fernando Henrique Cardoso (1994 - 2002). Antes das privatizações, o setor encontrava-se acomodado com apenas empresas estatais e sem

concorrência, com preço da energia sendo regulado pelo governo federal. Com o início da entrada de grupos privados no setor elétrico, formou-se um cenário onde a concorrência é fundamental para a sobrevivência das empresas.

Uma grande parte dos investimentos privados no setor é feita em Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs), as quais representam um dos principais focos de prioridade da geração de energia elétrica no Brasil (ANEEL, 2002). Os investidores do setor são empresas relativamente novas no mercado, as quais não possuem histórico e conhecimento dos custos inerentes à Operação e Manutenção das usinas. Isto difere completamente da maioria das geradoras de energia estatais, as quais possuem um *background* e expertise elevados. Além disto, as empresas privadas buscam maximizar seus lucros de qualquer maneira, diferentemente das empresas estatais, as quais envolvem questões políticas e programas de trabalho e de governo mais complexos.

Sem o conhecimento e experiência necessária para efetuar uma Operação e Manutenção competitiva, grande parte destas empresas acaba terceirizando a manutenção – principalmente em seus primeiros anos de operação. Percebe-se que em curto prazo, a terceirização é uma solução eficiente, pois não requer preparação de mão de obra e estrutura das empresas investidoras. Porém, um fato que é percebido no setor é que tem ocorrido uma grande internalização da manutenção logo que as empresas adquirem alguma experiência. Esta internalização acaba trazendo algumas vantagens às empresas, entre as quais, podemos citar: vantagens técnicas, financeiras e intangíveis. Fatos estes, serão descritos e estudados neste trabalho.

O presente trabalho contribuirá em trazer para a sociedade um estudo de caso real e conceitual de que a internalização da manutenção pode ser vantajosa – inclusive – para as empresas geradoras de energia que operam Pequenas Centrais Hidroelétricas .

O desenvolvimento deste projeto visa, sobretudo, à interdisciplinaridade dos conhecimentos adquiridos durante todo o curso de pós graduação em gerência de manutenção e confrontar com práticas reais de mercado a fim de buscar um ponto que facilite a gerência dos ativos da empresa.

Este estudo traz também o desafio de analisar um tema bastante recente e buscar alguns objetivos que auxiliariam a determinar a melhor alternativa de gestão de manutenção.

1.5 Procedimentos metodológicos.

O trabalho de pesquisa será baseado em dados retirados de pesquisa de mercado, manuais técnicos, artigos técnicos, relatórios gerenciais e experiência atuante no mercado de trabalho.

Os objetivos específicos serão desenvolvidos ao longo do trabalho e servirão como base do roteiro do estudo. A pesquisa de mercado e de empresas terá como base as empresas do ramo de geração de energia sediadas em Curitiba e que possuem mais de uma Pequena Central Hidroelétrica.

1.6 Estrutura do trabalho.

O trabalho será organizado da seguinte forma:

Capítulo 1: Introdução ao tema e proposta do trabalho;

Capítulo 2: Conceituação de operação e manutenção em PCHs;

Este capítulo aborda a Operação e Manutenção em uma PCH de forma a conceituar e entender as atividades que são desenvolvidas diariamente nos empreendimentos. O aprofundamento foi justamente nas manutenções de rotina: preventiva e preditiva.

Capítulo 3: Estudo de caso;

O estudo de caso visa entender a empresa escolhida com a exploração e análise inicial dos empreendimentos e atual situação, entre eles: estrutura física, principais equipamentos, equipe local e equipe de engenharia. Também foi analisada a estrutura e filosofia da empresa terceirizada. Por fim, uma análise das vantagens e desvantagens da terceirização e uma proposta de internalização da mão de obra de manutenção.

Capítulo 4: Sugestões para trabalhos futuros;

Uma breve análise dos problemas deste trabalho com sugestões para um possível trabalho futuro onde estes seriam eliminados.

Capítulo 5: Considerações finais;

Referências.

2 CONCEITUAÇÃO DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO EM PCHS.

2.1 Pequenas Centrais Hidroelétricas (PCHs).

Segundo a ANEEL, são consideradas Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH), os empreendimentos hidrelétricos com potência superior a 1.000kW e igual ou inferior a 30.000 kW. Além disto, a área total do reservatório deve ser igual ou inferior a 3,0 km².

Outro grande diferencial das PCHs está relacionado com a documentação e burocracia. As PCHs necessitam apenas de uma autorização da ANEEL para poderem operar, por outro lado, as usinas hidrelétricas de potência superior a 30.000 kW só podem operar mediante outorga de concessão, realizada em processo de licitação pública.

2.2 Operação de PCHs.

2.2.1 Objetivos da Operação

O setor de Operação tem como objetivo básico realizar as atividades rotineiras de uma usina. As principais atividades da operação em PCHs estão listadas abaixo (COPEL, 2012):

- Deve realizar as manobras de partida e parada de máquinas;
- Deve realizar os bloqueios necessários nos equipamentos, isolando-os, de modo a garantir a segurança da equipe de manutenção;
- Em caso de ocorrências deve realizar o estudo de caso – juntamente com a equipe de manutenção – a fim de descobrir a causa fundamental;
- Deve garantir a integridade e segurança dos equipamentos da usina;
- Deve elaborar planilhas de geração com o registro das principais grandezas dos equipamentos.

2.2.2 Automação da operação

Desde que houve início da automação industrial no final da década de 70 do século XX, há uma tendência geral de todos os setores em acompanhar estas inovações. As empresas

geradoras de energia possuem um nível de automação que em geral é bastante confiável e eficaz.

A automação das usinas geradoras diminui a quantidade de operadores necessários por turno em cada usina. Nos dias de hoje, é possível operar toda a usina com o uso do sistema supervisorio ou Sistema Digital de Supervisão e Controle (SDSC). Por exemplo, em uma usina (sem automação) eram necessários cinco operadores por turno, com a automação da mesma, a quantidade de operadores por turno passou a ser dois (COPEL, 2011).

2.2.3 Centro de Operação da Geração (COG)

A fim de aperfeiçoar e reduzir ainda mais os custos de operação das usinas, grande parte das empresas do setor estão investindo em Centros de Operação de Geração. Isto é, estão centralizando toda a operação das usinas em uma única sala, todas elas controladas e operadas com o uso de um sistema supervisorio remoto.

O principal objetivo do COG é a redução de custos, ao invés de realizar a operação das usinas individualmente, realiza-se a operação centralizada. É possível operar no COG algumas dezenas de usinas, com apenas dois operadores por turno. Desta forma, o custo fixo por usina tem um decréscimo significativo.

Outra grande vantagem da centralização da operação é a facilidade de uniformizar e padronizar os processos operativos e documentos relativos à operação. A área da operação da empresa consegue verificar todo o parque gerador de forma macro e com isto aperfeiçoa todos os processos de maneira mais eficaz.

Pode-se considerar que também existe uma grande redução de custo na área de engenharia de Operação e Manutenção. Com todas as informações centralizadas e o contínuo monitoramento das grandezas elétricas e mecânicas da usinas, a engenharia consegue elaborar análises de ocorrências de forma eficiente e em conjunto com a operação. A tendência destas alterações é que a disponibilidade do parque gerador aumente (COPEL, 2011).

Outro benefício do COG é a interação e supervisão da área de segurança de trabalho da empresa. O técnico de segurança do trabalho tem a garantia de estar ciente de todas as atividades realizadas na usina diariamente.

Na figura 2 é possível verificar um centro de operação em funcionamento. Como pode-se observar, existem grandes painéis dispostos e com fácil visualização das grandezas e ocorrências a fim de facilitar a gestão da operação.



Figura 1 - Centro de Operação

Fonte: ALUPAR, 2012

2.3 Manutenção de PCHs.

As usinas PCHs necessitam de uma estrutura de mão de obra, instrumentação e ferramental de alta capacidade, flexibilidade e desempenho. Pelo fato de ser um ambiente perigoso, toda a mão de obra deve ter um alto índice de qualificação técnica e treinada dentro das normas de segurança do trabalho.

2.3.1 Objetivos da manutenção

O setor de Manutenção tem como objetivo básico realizar todas as atividades necessárias na usina. As principais atividades da manutenção em uma PCH estão listadas a seguir (COPEL, 2012):

- Deve realizar manutenções preventivas, corretivas e preditivas nos equipamentos da usina;
- Em caso de ocorrências deve realizar o estudo de caso – juntamente com a equipe de operação – a fim de descobrir a causa fundamental;
- Deve garantir a integridade e segurança dos equipamentos da usina;

- Realizar estudos e indicadores de desempenho para verificar e acompanhar a confiabilidade dos equipamentos e componentes;
- Efetuar planejamentos anuais, mensais e semanais de manutenção;
- Emitir Ordens de Serviço;
- Controlar os itens do almoxarifado.

2.3.2 Histórico da manutenção

A manutenção nas usinas hidroelétricas teve diversas etapas ao longo dos últimos anos. Ou seja, não difere de todo o histórico da manutenção no setor industrial. Desde sua etapa “estraga-concerta” até os dias de hoje com uma visão estratégica da empresa.

No Brasil e no mundo, o primeiro conceito de manutenção surgiu com a ideia de concertar quando fosse necessário, ou seja, desde que o equipamento estivesse funcionando e executando sua função, não fazia-se intervenções. Este método é chamado de manutenção corretiva pois intervém-se para corrigir qualquer ocorrência. Esta manutenção não possui planejamento e/ou controle. Os custos poderiam variar muito mês a mês devido ao acontecimento ou não de ocorrências. Genericamente este tipo de manutenção foi usado em grande escala até a década de 70 do século XX.

Um outro tipo de manutenção começou a se desenvolver a partir da segunda guerra mundial e foi aplicada em todo o setor. Chamada de manutenção preventiva, foi usado em larga escala até o começo dos anos 80. Diferentemente da manutenção corretiva, a manutenção preventiva possui planejamento porém, o controle dela não é eficaz.

A chamada manutenção preditiva teve início nos anos 70 e hoje é um dos tipos de manutenção mais recomendados para ser genericamente usado. É possível efetuar planejamento e controle deste tipo de manutenção e criar diversos indicadores para gerenciamento. Por fim, a evolução da manutenção fez com que o conceito de Manutenção Centrada em Confiabilidade fosse usada na maioria das empresas geradoras de energia.

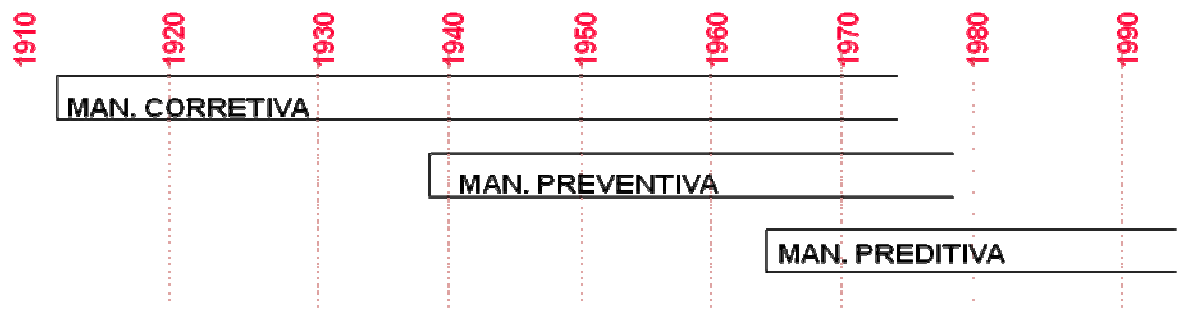


Figura 2 - Histórico da Manutenção

Fonte: MOREIRA, 2007.

2.3.3 Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC)

A Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) é a prática mais utilizada em empresas geradoras de energia. De acordo com a NBR 5462 (1994), confiabilidade é a capacidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições especificadas, durante um dado intervalo de tempo. Outra definição do conceito de confiabilidade é ser uma característica inerente ao projeto e pode ser definida como a probabilidade na qual um sistema ou produto irá operar de modo satisfatório em um dado intervalo de tempo, quando utilizado restrito às condições de operação específicas (BLANCHARD & FABRYCKY, 1990).

O histórico da MCC tem registros iniciais na primeira guerra mundial, quando houve um aumento da indústria aeronáutica. Isto exigiu um estudo mais aprofundado de análise de falhas ao longo do tempo a fim de evitar acidentes aéreos e, com isto, melhorar a segurança das aeronaves. A segunda etapa do MCC ocorreu durante a segunda guerra mundial, onde houve um avanço dos estudos nos sistemas eletrônicos e complexos, foi quando em 1952 criou-se o AGREE (*Advisory Group on Reliability of Electronic Equipment*). Em continuação aos estudos, criou-se o grupo de estudo MSG-1 (1967) (*Maintenance Steering Group*), baseando-se no Boeing 747 e em seguida houve a criação do MSG-2 (1970) que intensificou os estudos baseados na aeronáutica. Finalmente houve a criação da nomenclatura RCM (manutenção baseada em confiabilidade) liderada por Nowlan e Heap e encomendada pelo Departamento de Defesa dos EUA.

2.4 Manutenção preventiva em PCHs.

Para os equipamentos da usina, consideram-se como manutenção preventiva aquelas que são realizadas de forma cronológica (anual, bienal, diária). Estas programações de manutenção são descritas em manual específico do equipamento, dado pelo fornecedor.

A responsabilidade de execução de manutenção dos equipamentos é do proprietário do empreendimento, podendo este terceirizar ou não. A única exceção são as manutenções realizadas durante o período de garantia, as quais devem ser feitas pelos fornecedores. Apesar de ser bastante usual, isto deve ser especificado em contrato, pois pode haver situações onde o fornecedor não é responsável pelas manutenções, mesmo em garantia.

Ao verificar os manuais de manutenção, geralmente as paradas preventivas anuais são paradas longas e que necessitam abertura completa da máquina (gerador e turbina). Para evitar uma alta indisponibilidade, muitas vezes pode-se usufruir de contratos específicos de mão de obra adicional unicamente para estas paradas.

Outro fator que deve ser lembrado é que as paradas grandes devem ser realizadas em períodos de baixas vazões e pluviometria a fim de evitar perda energética e de geração. É muito importante que para estas manutenções seja feito um estudo de risco e, também de tempo de máquina parada com o auxílio de um cronograma detalhado da manutenção. Todos os esforços devem garantir o cumprimento do prazo para não haver problemas de retorno tardio da geração da máquina.

Por outro lado, quando as manutenções preventivas são feitas diariamente, são chamadas de manutenções rotineiras. Ou seja, são aquelas manutenções de grande frequência, desde que sejam tarefas limitadas em primeiro nível. Alguns exemplos destas manutenções são: serviços de limpeza, inspeções visuais, ensaios, limpeza de filtros, etc. Todas as manutenções rotineiras são realizadas sem a indisponibilidade dos equipamentos, podendo ser executadas pelos próprios mantenedores da usina.

2.4.1 Conceito da manutenção rotineira

A manutenção rotineira tem por objetivo realizar uma supervisão sistemática, normalmente diária, dos equipamentos. Esta é realizada, porém, sem a indisponibilidade destes, podendo ser executada pelos próprios mantenedores.

De acordo com os manuais dos equipamentos, resumidamente compreende:

- Serviços de conservação e limpeza das PCHs, incluindo limpeza e manutenção das instalações prediais e das áreas adjacentes;
- Detecções visuais de vazamentos (óleo, água, ar comprimido), detecção de ruídos e odores anormais;
- Acompanhamento de alarmes e medidas das grandezas elétricas e mecânicas;
- Controles de pressão, temperatura, vibração, etc.;
- Pequenas regulagens, trocas padronizadas, complementação de nível de óleo, etc.;
- Serviços rotineiros de caráter preventivo.

2.4.2 Escopo da manutenção rotineira

Estas instruções determinam os itens a serem atendidos e observados para a execução da manutenção rotineira de todos os equipamentos de uma PCH. Os prazos e frequência entre cada plano estará cadastrado no software específico de manutenção.

2.4.2.1 Barragem

De acordo com o manual de manutenção dos fabricantes de equipamentos para barragem e tomada d'água, segue lista das principais atividades que devem ser realizadas:

a) Equipamentos Diversos:

- Inspecionar e verificar o estado geral de limpeza, conservação, presença de sujeira e oxidação nas partes metálicas das grades;
- Verificar a ocorrência de trincas nas partes soldadas;
- Verificar escadas de acesso às grades;
- Verificar guarda-corpos.

b) Painel de Comando das Comportas:

- Verificar o estado de conservação, limpeza, oxidação, fixação e identificação do painel;
- Verificar funcionamento das portas: fechaduras, borracha de vedação e dobradiças;
- Verificar fixação e identificação dos componentes e dispositivos;
- Verificar conexões de aterramentos;
- Verificar funcionamento da resistência aquecimento;
- Verificar o funcionamento das tomadas e iluminação interna;
- Verificar se não há sinais aquecimento, oxidação e mau contato nas conexões/terminais/barras;
- Verificar se há algum componente queimado ou danificado;
- Verificar interconexões, fim de curso, botões de comando, sinalizadores;
- Verificar estado geral dos cabos elétricos e se não há sinais de aquecimento;
- Verificar se as fiações estão organizadas, nas régua de bornes e/ou canaletas;
- Verificar fixação e estado das bases e fusíveis *diazed*;
- Verificar funcionamento de todas as lâmpadas/ *leds* de sinalização.
- Verificar visualmente o perfeito funcionamento do PLC.

c) Unidade Hidráulica de Regulação da Comporta**i. Geral**

- Inspeção visual na central e seus componentes;
- Verificar possíveis vazamentos nas tubulações;
- Verificar nível do óleo, completando-o se necessário;
- Verificar vibrações e ruídos estranhos;
- Verificar estado de conservação das mangueiras;
- Verificar funcionamento dos registros esféricos e de alívio;

- Testar funcionamento, deixando-a funcionar em carga livre por 5 minutos;
- Verificar pressão de trabalho em vazio e com carga.

ii. **Motor CA**

- Verificar caixa de ligação, terminais/conexões, fixação na base;
- Verificar o funcionamento;
- Verificar nível de ruído e temperatura em funcionamento;
- Verificar estado de conservação e limpeza.

d) Comporta da Tomada d' água, Comporta de fundo e *Stop-log*

i. **Geral**

- Verificar fixação, estado de conservação e funcionamento dos sensores de posição;
- Verificar se as indicações de estado fornecidas pelos sensores de posição estão corretas;

ii. **Comporta**

- Verificar o estado geral de limpeza e conservação da pintura;
- Verificar presença de sujeira e se necessário limpar;
- Verificar presença de oxidação nas partes metálicas;
- Verificar existência de vazamento de óleo;
- Verificar estado de conservação das mangueiras e conexões;
- Verificar estado de conservação dos suportes dos sensores;
- Verificar o estado de conservação das vedações das comportas;
- Verificar fixação, estado de conservação e funcionamento dos sensores de posição;
- Verificar se as indicações de estado fornecidas pelos sensores de posição estão corretas.

e) Grade de limpeza

- Verificar estado de conservação e limpeza;

- Realizar a lubrificação das partes móveis;
- Efetuar limpeza e verificar pintura;
- Verificar estado de conservação das soldas;
- Verificar o estado de fixação do olhal de suspensão das Grades 01 e 02;
- Inspeccionar cabos e carretilhas.

f) Pórtico

i. Geral

- Verificar estado geral de limpeza;
- Verificar estado de conservação, pintura e ausência de oxidação;
- Verificar estado das roldanas (conservação e lubrificação);
- Verificar o estado e fixação dos cabos de aço;
- Verificar estado dos tambores, cabos e ganchos;
- Verificar estado de acoplamento do motor e mecanismos;
- Acionar os mecanismos e verificar se há ruídos estranhos;
- Verificar folga de acionamento do freio;
- Testar funcionamento dos freios;
- Verificar desgaste nas rodas de translação;
- Verificar presença de vazamento nos redutores;
- Verificar desgaste das engrenagens;
- Verificar desgaste das partes móveis;
- Testes nos fins de curso.

ii. Painel

- Efetuar limpeza geral no quadro;
- Verificar há existência de indícios de fiações queimada;
- Verificar existência de infiltração de umidade;
- Verificar se há algum componente queimado ou danificado;
- Verificar se as fiações estão organizadas, nas réguas de bornes e/ou canaletas;

iii. Motoredutores

- Verificar estado de conservação e limpeza;
- Verificar vazamentos;
- Verificar funcionamento com carga e sem carga;

- Verificar nível de ruído.

iv. **Viga Pescadora**

- Verificar o estado geral de limpeza e conservação da pintura;
- Verificar presença de sujeira, se necessário limpar;
- Verificar presença de oxidação nas partes metálicas;
- Verificar se está normal a lubrificação das partes móveis;
- Testar desarme e rearme no *stop-log*.

g) Log Boom

- Verificar estado geral de limpeza;
- Verificar estado de conservação, pintura e ausência de oxidação;
- Verificar estado das estruturas de ferro e madeiras (conservação e pintura);
- Verificar o estado e fixação das corrediças;
- Verificar estado dos tambores.

h) Sistema de medição de nível

- Verificar a leitura do indicador de nível do reservatório;

i) Transformador da Barragem

- Efetuar inspeção visual quanto à umidade, pintura, oxidação, sujeira e vedação;
- Inspeccionar o transformador para detectar possíveis vazamentos de óleo;
- Inspeccionar o estado físico aparente das buchas, quanto a trincas e lascas na porcelana, conectores quebrados, parafusos soltos ou faltantes e o acúmulo de sujeira nas saias das buchas;
- Inspeccionar o estado físico aparente do cabo de aterramento e seus conectores.

j) Malha de Aterramento

- Inspeccionar o estado das conexões aparentes dos equipamentos e estruturas;
- Verificar a existência de condutores de terra seccionados (aparentes).

2.4.2.2 Unidade Geradora

De acordo com o manual de manutenção dos fabricantes dos equipamentos e componentes das unidades geradoras, segue lista das principais atividades que devem ser realizadas:

a) Válvula Borboleta:

i. Geral:

- Verificar aspecto geral de limpeza;
- Verificar estado da pintura;
- Verificar presença de vazamento nos mancais da válvula borboleta;
- Verificar presença de vazamento de óleo no circuito hidráulico e servomotor da válvula borboleta

ii. Painel:

- Verificar estado conservação, limpeza, oxidação, fixação e identificação do painel;
- Verificar as condições funcionais dos equipamentos instalados.
- Verificar funcionamento portas: fechaduras, borracha de vedação e dobradiças;
- Verificar fixação e identificação dos componentes e dispositivos;
- Verificar conexões de aterramentos;
- Verificar funcionamento resistência aquecimento;
- Verificar funcionamento das tomadas e iluminação interna;

- Verificar se não há sinais aquecimento, oxidação, mau contato nas conexões/terminais/barras;
- Verificar se há algum componente queimado ou danificado;
- Verificar interconexões, fim de curso, botões de comando, sinalizadores;
- Verificar se as fiações estão organizadas, nas réguas de bornes e/ou canaletas
- Verificar presença de vazamento pela válvula de *by-pass*;
- Verificar presença de vazamento de óleo no circuito hidráulico e servomotor da válvula *by-pass*;
- Reaperto nas conexões do *by-pass*;

b) Turbina:

i. Geral:

- Inspecionar e efetuar limpeza externa;
- Verificar estado da pintura externa;
- Verificar presença de vazamento excessivo de água pela vedação do eixo;
- Verificar presença de vazamento pelo flange da tampa da turbina;
- Verificar presença de vazamento de óleo pelo flange do servomotor;
- Verificar presença de vazamento de óleo nas conexões do servomotor;
- Verificar presença de vazamento nos mancais das palhetas;
- Verificar se está normal o mecanismo de acionamento das palhetas;
- Verificar presença de deformação / ruptura nas bielas das palhetas e ajustar as embreagem se necessário;
- Verificar funcionamento dos fluxostatos da água da vedação;
- Verificar pressão da água do selo;
- Verificar funcionamento dos fins de curso de desalinhamento das palhetas do distribuidor.

ii. Medições:

- Manômetro da sucção da turbina (bar);
- Manômetro da caixa espiral (bar);

- Manômetro do conduto antes da válvula borboleta (bar);
- Manômetro da pressão na tampa da turbina (bar);
- Manômetro da pressão diferencial do selo (bar).

c) Mancais:

i. Geral:

- Verificar aspecto geral de limpeza dos mancais e circuito óleo dinâmico;
- Verificar estado da pintura externa;
- Verificar o nível de óleo dos mancais;
- Verificar a presença de vazamento na cuba dos mancais;
- Verificar presença de vibrações / trepidações nos mancais;
- Verificar fixação das sondas tipo PT100.

ii. Trocador de calor:

- Verificar aspecto geral de limpeza;
- Realizar limpeza do trocador de calor;
- Verificar estado da pintura externa;
- Verificar a presença de vazamento no circuito óleo dinâmico;
- Verificar a presença de vazamento de água nas tubulações de refrigeração;
- Verificar fixação dos equipamentos
- Realizar inspeção em todas as válvulas do circuito de hidráulico e água.

iii. Motor:

- Verificar estado de conservação e limpeza;
- Verificar estado da pintura externa;
- Verificar caixa de ligação, terminais/conexões e fixação na base;
- Verificar se está normal a fixação do motor na base.

d) Painel do Regulador de Velocidade:

- Verificar estado conservação, limpeza, oxidação, fixação e identificação do painel;
- Verificar as condições funcionais dos equipamentos instalados;
- Verificar funcionamento portas: fechaduras, borracha de vedação e dobradiças;
- Verificar fixação e identificação dos componentes e dispositivos;
- Verificar conexões de aterramentos;
- Verificar funcionamento resistência aquecimento;
- Verificar funcionamento das tomadas e iluminação interna;
- Verificar se não há sinais aquecimento, oxidação, mau contato nas conexões/terminais/barras;
- Verificar se há algum componente queimado ou danificado;
- Verificar interconexões, fim de curso, botões de comando, sinalizadores;
- Verificar estado geral dos cabos elétricos e se não há sinais de aquecimento;
- Verificar fixação e estado das bases e fusíveis *diazed*;
- Verificar se as fiações estão organizadas, nas régua de bornes e/ou canaletas.

e) Unidade Hidráulica de Regulação:

i. Geral:

- Verificar aspecto geral de limpeza;
- Verificar estado da pintura externa;
- Verificar nível de óleo
- Verificar temperatura do óleo;
- Teste de pressão do nitrogênio (consultar manual);
- Verificar presença de vazamentos nas válvulas do acumulador de nitrogênio;
- Verificar funcionamento das bombas;
- Verificar vazamentos no circuito de óleo dinâmico
- Verificar funcionamento dos equipamentos da central;
- Verificar pressões de intermitência;

- Verificar vibrações e ruídos estranhos;
- Verificar estado de limpeza, conexões, fixação, e funcionamento das solenóides.

ii. **Painel de Controle:**

- Verificar estado de limpeza, bornes, terminais e conexões;

iii. **Motor:**

- Verificar caixa ligação, terminais/conexões, fixação na base;
- Verificar funcionamento;
- Verificar nível de ruído e temperatura em funcionamento;
- Verificar estado de conservação e limpeza.

f) Geradores:

- Verificar trincas e outras condições que possam comprometer o funcionamento do equipamento.

g) Anel Coletor e Porta escovas:

- Verificar o estado geral das escovas, desgaste, etc.;
- Conferir o alinhamento dos porta-escovas.

h) Quadro de forças de bombas:

- Verificar estado conservação, limpeza, oxidação, fixação e identificação dos painéis;
- Verificar funcionamento das portas: fechaduras, borracha de vedação e dobradiças;
- Verificar fixação e identificação componentes/dispositivos;
- Verificar conexões de aterramentos;
- Verificar funcionamento resistência aquecimento;
- Verificar funcionamento das tomadas e iluminação interna;

- Verificar se não há sinais aquecimento, oxidação, mau contato nas conexões/terminais/borneiras;
- Verificar fixação e estado dos disjuntores, das bases e fusíveis *diazed*;
- Verificar fixação, conexões e aspecto geral das chaves seletoras, botão comando, sinalizadores;
- Verificar fixação, conexões e aspecto geral dos disjuntores, contactores, relés;
- Verificar se há algum componente queimado ou danificado;
- Verificar estado geral dos cabos elétricos e se não há sinais de aquecimento;
- Verificar se as fiações estão organizadas, nas régua de bornes e/ou canaletas;
- Verificar fixação e estado geral das borneiras.

i) Quadro de comando, medição e controle:

- Verificar fixação e identificação componentes/dispositivos;
- Verificar conexões de aterramentos;
- Verificar se não há sinais aquecimento, oxidação, mau contato nas conexões/terminais/borneiras;
- Verificar estado dos instrumentos de medição;
- Verificar fixação e estado dos disjuntores, das bases e fusíveis *diazed*;
- Verificar fixação, conexões e aspecto geral das chaves seletoras, botão comando, sinalizadores, disjuntores, contactores e relés;
- Verificar se há algum componente queimado ou danificado;
- Verificar estado geral dos cabos elétricos e se não há sinais de aquecimento;
- Verificar fixação e estado geral das borneiras.

j) Sistema de Frenagem:

- Verificar o desgaste das pastilhas;
- Verificar o funcionamento do atuador pneumático;
- Verificar a pressão do sistema no momento da atuação do freio;

- Verificar presença de vazamentos pelo sistema;
- Realizar inspeção visual do sistema de frenagem e acompanhamento do mesmo durante a parada das unidades geradoras.

2.4.2.3 Serviços auxiliares

De acordo com o manual de manutenção dos fabricantes dos equipamentos e componentes dos serviços auxiliares, segue lista das principais atividades que devem ser realizadas:

a) Painéis de serviços auxiliares CA:

- Verificar estado conservação, limpeza, oxidação, fixação e identificação dos painéis;
- Verificar funcionamento portas: fechaduras, borracha de vedação e dobradiças;
- Verificar fixação e identificação componentes/dispositivos;
- Verificar conexões de aterramentos;
- Verificar funcionamento resistência aquecimento;
- Verificar funcionamento das tomadas e iluminação interna;
- Verificar visualmente o perfeito estado dos TC e TP, caso seja possível;
- Verificar fixação e estado das bases e fusíveis *diazed*;
- Verificar fixação, conexões e aspecto geral das chaves seletoras, botões de comando, sinalizadores;
- Verificar se há algum componente queimado ou danificado;
- Verificar estado geral dos cabos elétricos e se não há sinais de aquecimento;
- Verificar se as fiações estão organizadas, nas régua de bornes e/ou canaletas.

b) Quadro de serviços auxiliares CC:

- Verificar estado conservação, limpeza, oxidação, fixação e identificação do painel;

- Verificar funcionamento portas: fechaduras, borracha de vedação e dobradiças;
- Verificar fixação e identificação componentes/dispositivos;
- Verificar conexões de aterramentos;
- Verificar funcionamento resistência aquecimento;
- Verificar funcionamento das tomadas e iluminação interna;
- Verificar funcionamento exaustão/ventilação;
- Verificar estado dos instrumentos de medição (V, A,...);
- Verificar se há algum componente queimado ou danificado;
- Verificar estado geral dos cabos elétricos e se não há sinais de aquecimento;
- Verificar se as fiações estão organizadas, nas régua de bornes e/ou canaletas.

c) Retificadores:

- Verificar se a tensão está normal;
- Verificar se a corrente das baterias está normal;
- Verificar se a corrente do consumidor está normal;
- Verificar a fixação e nivelamento;
- Efetuar limpeza externa;
- Verificar a pintura e se há pontos de oxidação;
- Verificar funcionamento das portas e trincos;
- Verificar a conservação das identificações dos equipamentos;
- Verificar fixação do aterramento;
- Desobstruir as grades de aeração;
- Verificar se há sinais de aquecimento excessivo nas fiações;
- Verificar se há vibrações excessivas ou ruído anormal;
- Verificar correto funcionamento da sinalização;
- Verificar se há aquecimento excessivo no transformador;
- Desligar e religar a alimentação CA do retificador. Verificar se o mesmo, após normalizar a alimentação, irá retornar à sua operação normal de retificação.

d) Banco de baterias:

- Verificar a conservação, fixação e pintura dos suportes;
- Verificar as condições do aterramento do suporte das baterias;
- Verificar as condições do piso;
- Verificar o estado de conservação das placas de identificação dos conjuntos de acumuladores;
- Verificar se existem trincas nos vasos das baterias;
- Verificar existência e conservação da identificação dos elementos;
- Verificar condições de limpeza e pontos de oxidação nos bornes dos elementos;
- Verificar fixação das conexões elétricas das interligações;
- Verificar se os cabos de interligação estão devidamente conectados;
- Verificar deslocamento dos pólos devido a esforços.
- Medir e registrar a tensão de cada bateria, água e densidade.

e) Transformador de serviço auxiliar:

- Verificar se há vazamentos de óleo;
- Verificar o estado físico da pintura e se há pontos de corrosão
- Verificar o nível de óleo;
- Inspeccionar o estado físico das buchas, quanto a trincas e lascas na porcelana, conectores quebrados, parafusos soltos ou faltantes e o acúmulo de sujeira nas saias das buchas;
- Inspeccionar o estado físico do cabo de aterramento e seus conectores;
- Verificar se há indícios de sobreaquecimento

f) Gerador de emergência:**i. Geral:**

- Verificar estado da pintura externa;
- Verificar limpeza da sala do grupo gerador;
- Verificar infiltrações e vazamentos nas proximidades do GMG;
- Verificar vazamentos de água ou óleo;

- Verificar ruídos anormais;
- Verificar nível de combustível (óleo diesel);
- Nº de horas trabalhadas.

ii. **Painel:**

- Verificar estado conservação, limpeza, oxidação, fixação e identificação dos painéis;
- Verificar fixação e identificação componentes/ dispositivos;
- Verificar conexões de aterramentos;
- Verificar funcionamento resistência aquecimento;
- Verificar se não há sinais aquecimento, oxidação, mau contato nas conexões/terminais/borneiras;
- Verificar fixação e estado dos disjuntores, das bases e fusíveis *diazed*;
- Verificar fixação, conexões e aspecto geral das chaves seletoras, botão comando, sinalizadores;
- Verificar se há algum componente queimado ou danificado;
- Verificar estado geral dos cabos elétricos e se não há sinais de aquecimento.

iii. **Gerador:**

- Efetuar limpeza geral;
- Verificar e reapertar as conexões;

iv. **Lubrificação:**

- Verificar o nível do óleo lubrificante;
- Verificar e registrar a pressão do óleo lubrificante.

v. **Sistema de Refrigeração:**

- Verificar e completar nível de água e funcionamento do pré-aquecimento;

g) Compressores de ar:

- Verificar aspecto geral de limpeza;

- Verificar estado da pintura externa;
- Verificar o nível de óleo;
- Verificar estado dos coxins;
- Verificar se está normal a fixação do moto compressor na base;
- Verificar se está normal o funcionamento do purgador automático;
- Verificar presença de vazamento de óleo ou ar;
- Verificar presença de ruídos/vibrações quando em funcionamento;
- Verificar se há aquecimento excessivo nos cabeçotes do compressor;
- Verificar a operação normal dos compressores quanto à entrada e saída de operação;
- Verificar se está normal a conexão do aterramento no moto compressor;
- Verificar, no motor, a caixa de ligação, terminais/conexões e fixação na base;
- Verificar se está normal a fixação do motor na base.

h) Sistema de Filtragem:

- Verificar aspecto geral de limpeza;
- Verificar estado da pintura externa;
- Realizar Inspeção geral nas válvulas do sistema de filtragem;
- Verificar vazamento d'água pelas válvulas do sistema;
- Verificar o funcionamento dos atuadores pneumáticos;
- Verificar nível de ruído;
- Verificar painel comando, terminais/conexões e fixação na base;
- Realizar limpeza dos filtros manuais;
- Realizar testes de regulagem nas válvulas.

i) Sistema de Refrigeração:

- Verificar aspecto geral de limpeza;
- Verificar estado da pintura externa;
- Verificar vazamento d'água pelas válvulas do sistema;
- Verificar estado de limpeza do elemento filtrante;

- Verificar funcionamento das válvulas de seleção de filtros e de refrigeração.

j) Ponte Rolante e Talha:

- Verificar estado geral de limpeza;
- Verificar estado de conservação, pintura e ausência de oxidação;
- Verificar estado das roldanas/engrenagens (conservação e lubrificação);
- Verificar o estado e fixação dos cabos de aço, prensa cabos e ganchos;

k) Sistema de Drenagem:

- Verificar aspecto geral de limpeza;
- Verificar estado da pintura externa;
- Verifica presença de vazamento de água nas tubulações;
- Verificar presença de óleo na água do poço;
- Verificar funcionamento das bombas;
- Verificar vibrações e ruídos estranhos.
- Verificar possíveis vazamentos pelo eixo da bomba
- Verificar caixa ligação, terminais/conexões e fixação na base do motor;
- Verificar funcionamento do motor;
- Verificar nível de ruído e temperatura em funcionamento do motor;
- Verificar estado de conservação e limpeza.

2.4.2.4 Conjunto de manobras

De acordo com o manual de manutenção dos fabricantes dos equipamentos de manobra, segue lista das principais atividades que devem ser realizadas:

a) Painéis de manobra:

- Verificar estado conservação, limpeza externa, oxidação, fixação e identificação do painel;

- Verificar funcionamento portas: fechaduras, borracha de vedação e dobradiças;
- Verificar funcionamento resistência aquecimento;
- Verificar funcionamento das tomadas e iluminação interna;
- Verificar se há algum componente queimado ou danificado;
- Verificar interconexões, fim de curso, botões de comando, sinalizadores;
- Verificar estado geral dos cabos elétricos e se não há sinais de aquecimento;
- Verificar se as fiações estão organizadas, nas régua de bornes e/ou canaletas;
- Verificar fixação e estado das bases e fusíveis *diazed*;

b) Disjuntor 52:

- Verificar estado de conservação, limpeza, oxidação, fixação e identificação;
- Verificar a existência de oxidação no disjuntor e na estrutura de sustentação;
- Verificar se há vazamento de óleo;
- Realizar Inspeção visual na cabine, verificar as conexões e fiações;
- Verificar e anotar o número de operações do disjuntor;
- Verificar se não há sinais aquecimento e oxidação;
- Verificar estado geral dos cabos elétricos e se não há sinais de aquecimento.

c) Seccionadora:

- Verificar visualmente o estado geral de todo o equipamento;
- Realizar Inspeção visual na cabine, verificar as conexões e fiações;
- Verificar e anotar o número de operações do disjuntor;
- Verificar se não há sinais aquecimento e oxidação;
- Verificar estado geral dos cabos elétricos e se não há sinais de aquecimento.

2.4.2.5 Subestação

De acordo com o manual de manutenção dos fabricantes dos equipamentos da subestação, segue lista das principais atividades que devem ser realizadas:

a) Quadro de comando:

- Verificar estado conservação, limpeza interna e externa, oxidação, fixação e identificação dos painéis;
- Verificar funcionamento portas: fechaduras, borracha de vedação e dobradiças;
- Verificar fixação e identificação componentes/ dispositivos;
- Verificar conexões de aterramentos;
- Verificar funcionamento resistência aquecimento;
- Verificar funcionamento das tomadas e iluminação interna;
- Verificar se não há sinais aquecimento, oxidação, mau contato nas conexões/terminais/borneiras;
- Verificar fixação e estado dos disjuntores, das bases e fusíveis *diazed*;
- Verificar fixação, conexões e aspecto geral das chaves seletoras, botão comando, sinalizadores;
- Verificar fixação, conexões e aspecto geral dos disjuntores, contactores, relés;
- Verificar se há algum componente queimado ou danificado;
- Verificar estado geral dos cabos elétricos e se não há sinais de aquecimento;
- Verificar se as fiações estão organizadas, nas régua de bornes e/ou canaletas;
- Verificar fixação e estado geral das borneiras.

b) Transformador de força:

- Verificar se há sinais de vazamento, trincas ou outros indícios que possam comprometer o bom funcionamento dos componentes (buchas de alta e baixa tensão e de neutro, relé de gás, válvula de segurança, termômetros e outros);
- Inspecionar visualmente a presença de bolhas de ar no corpo do relé de gás;
- Verificar ausência de vazamento de óleo;
- Verificar temperatura do enrolamento e do óleo;
- Verificar o estado de conservação e fixação;
- Verificar o estado de conservação da sílica gel e óleo do depósito. Se necessário, substituir;
- Verificar ausência de vazamentos de óleo em válvulas bujões de purgas e dreno, registros, soldas e flanges;
- Inspeção visual aterramento;
- Verificar ausência de penetração de umidade;
- Lubrificar as dobradiças e fechaduras;
- Realizar testes na ventilação forçada do transformador.

c) Transformadores de excitação:

- Verificar estado geral e fixação do transformador na base;
- Verificar estado de conservação e limpeza do transformador;
- Verificar se há sinais de aquecimento, oxidação nas conexões primárias/secundárias do transformador;
- Verificar nível e temperatura de óleo;
- Verificar estado geral dos cabos interligação do transformador.

d) Seccionadoras:

- Verificar visualmente o estado geral de todo o equipamento;
- Verificar a existência de oxidação na Chave Seccionadora e na estrutura de sustentação;
- Verificar os pontos de aterramentos;
- Verificar o alinhamento da lâmina de contato principal.

e) Isoladores:

- Verificar visualmente o estado geral de todo o Isolador. Observar a existência de trincas, fixação, deformações ou de acúmulo excessivo de sujeiras.

f) Transformador de potencial:

- Verificar se há vazamentos de óleo, se aplicável;
- Verificar se há trincas, fissuras ou manchas na porcelana;
- Verificar estado geral da pintura do tanque.

g) Transformador de corrente:

- Verificar se há vazamentos de óleo;
- Verificar se há trincas, fissuras ou manchas na porcelana;
- Verificar estado geral da pintura do tanque.

h) Disjuntor do transformador:

- Verificar estado de conservação, limpeza, oxidação, fixação e identificação;
- Verificar a existência de oxidação no disjuntor e na estrutura de sustentação;
- Verificar conexões de aterramentos;
- Verificar e anotar o número de operações do disjuntor;
- Verificar se não há sinais aquecimento e oxidação;
- Verificar estado geral dos cabos elétricos e se não há sinais de aquecimento;
- Verificar pressão de gás SF₆.

i) Para Raios:

- Verificar visualmente o estado geral de todo equipamento;
- Realizar a leitura de descargas ocorridas no período no contador de descargas;
- Verificar a existência de oxidação no para raios e na estrutura de sustentação;
- Verificar os pontos de aterramentos.

j) Malha de aterramento:

- Inspecionar o estado das conexões aparentes dos equipamentos e estruturas;
- Verificar a existência de condutores de terra seccionados (aparentes).

k) Pátio:

- Verificar área britada;
- Sistema de drenagem;
- Verificar se há ninhos de insetos, pássaros ou caixas de marimbondo, na subestação;
- Verificar se o alambrado/cerca possuem placas de advertência;
- Verificar se os portões de acesso possuem aterramento;
- Verificar se há algum material estranho, vegetação, bem como o estado de limpeza geral;
- Verificar se as placas de identificação estão em perfeito estado;
- Verificar as condições das canaletas, tampas, etc.;
- Verificar o estado da iluminação, se a alguma lâmpada queimada, ou danificada.

2.5 Manutenção preditiva em PCHs.

A manutenção preditiva consiste em técnicas de monitoramento baseadas em condições as quais incluem: análise de vibração, ultra-som, ferrografia, tribologia, monitoria de processo, inspeção visual (ARATO JUNIOR, 2011).

Os serviços que devem ser realizados na usina são: monitoramento de vibrações e temperatura; análise físico-química dos óleos isolantes e lubrificantes.

2.5.1 Análise de vibrações

O método de medição e monitoramento de vibrações é indispensável nas máquinas rotativas quando quiser identificar e detectar anomalias prematuras de operação do equipamento devido à problemas. Geralmente os problemas relacionados com os equipamentos são desbalanceamento das partes rotativas, desalinhamento das juntas, rolamentos e mancais, excentricidade do conjunto, interferências, erosão localizada das partes metálicas, abrasão e folgas.

Os principais equipamentos rotativos que devem ter monitoramento de vibração dentro de uma usina são: mancais das turbinas, geradores, caixas multiplicadoras, bombas, entre outros.

O método de análise de vibrações é simples e consiste na utilização de sensores: proximetros e acelerômetros. Em resumo, estes sensores são conectados em um computador onde faz-se a coleta da vibração: deslocamento e velocidade. Com os dados no computador, é possível calcular e criar um gráfico com o espectro de vibrações, o qual é essencial para realizar a análise e identificar os problemas.



Figura 3 – Monitoramento de vibrações
Fonte: empresa estudada, 2011.

Na Figura 4 é possível verificar um exemplo de monitoramento de vibrações em máquinas rotativas. No caso exemplificado, turbina Kaplan S – Jusante, percebe-se que a instalação temporária da instrumentação é relativamente simples. São colocados sensores do tipo proximetros e acelerômetros nos mancais do eixo da turbina, no eixo de entrada e saída do multiplicador e no mancal do gerador. Toda a instrumentação pode ser conectada à um computador em uma mesa móvel.

A análise dos dados deve ser feita com o auxílio de softwares específicos para facilitar a manipulação e alcançar os valores de espectros para serem analisados. Com base em normas é possível verificar se os valores obtidos no monitoramento encontram-se dentro da faixa aceitável de vibrações para determinado equipamento. No caso de máquinas como o exemplo acima, é utilizada a norma ISO 7919-5:1996 (amplitude de vibração) e ISO 10816-5:2000 (velocidade de vibração).

Nível	Faixa em μm	Recomendações
A	Até 84	Equipamento em boas condições.
B	84 a 142	Faixa considerada aceitável para operação continuada sem restrições.
C	142 a 285	Faixa considerada insatisfatória para operação contínua. Aceitável para operação por períodos limitados. Deve ser revisada logo que se tenha oportunidade.
D	Acima de 285	Nível de vibração inaceitável. Nesta faixa se poderá induzir quebra.

Quadro 1 – Níveis de severidade de vibração (amplitude)

Fonte: NBR ISO 7919-5, 1996.

Nível	Faixa em mm/s	Recomendações
A	Até 1,6	Equipamento em boas condições.
B	1,6 – 2,5	Nível aceitável. Equipamento considerado em condições de uso.
C	2,5 – 4,0	Nível alto. Alarme para revisão. Condições inadequadas.
D	Maior que 4,0	Nível muito alto. Não admissível.

Quadro 2 – Níveis de severidade de vibração (velocidade)

Fonte: NBR ISO 10816-5, 2000.

Controle das Vibrações:

A fim de diminuir as vibrações para faixas dentro dos níveis “A” das normas geralmente pode-se realizar três tipos de ações:

a) Eliminação das fontes:

- Consiste em retirar/eliminar do sistema as fontes causadoras da vibração. Isto é, realizar um balanceamento, alinhamento, troca de peças defeituosas e aperto de bases soltas.

b) Isolamento das partes:

- Consiste em inserir/adicionar um modo elástico amortecedor de modo a reduzir a transmissão da vibração dentro do sistema.

c) Atenuação da resposta:

- Alteração da estrutura do sistema que inclui adição de reforços, massas auxiliares e mudanças da frequência natural.

2.5.2 Análise de temperatura

A análise de temperatura também é outro item essencial para a manutenção preditiva dos equipamentos de uma usina. A análise das temperaturas é bastante simples e requer um estudo de engenharia apenas em casos extremos.

Para os equipamentos que se julga necessário controle de temperatura, podem existir níveis de disparo. Por exemplo, os mancais possuem níveis de alerta e trip. Este tipo de monitoramento já pode ser considerado rotina da Operação visto que os níveis e tratativas das temperaturas são dominadas pelo próprio operador.

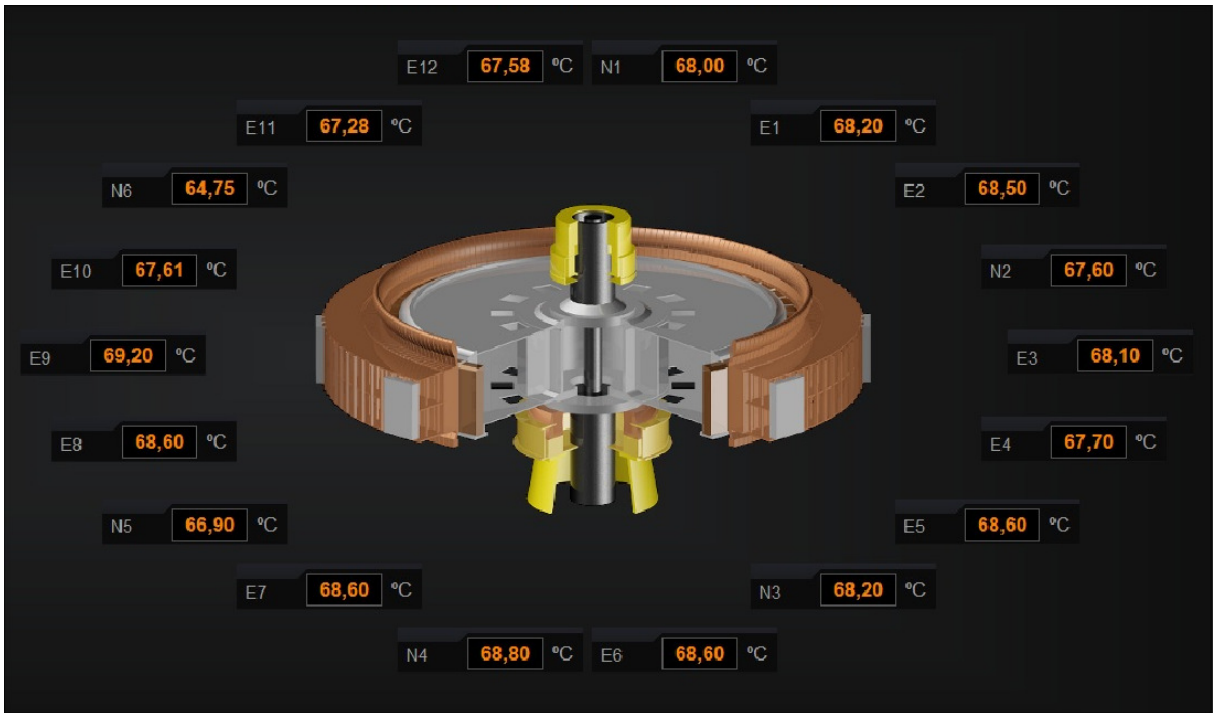


Figura 4 – Controle de temperatura
 Fonte: SDSC – empresa estudada, 2012

2.5.3 Inspeção termográfica

Um dos principais estudos dentro da manutenção preditiva por temperatura está na utilização dos equipamentos de termovisão. Estes equipamentos permitem o mapeamento e distinção de diferentes áreas de temperaturas em qualquer corpo.



Figura 5 – Termovisor
 Fonte: Fluke, 2012

Desta forma, a termografia é utilizada nos painéis internos dos painéis elétricos da usina, nos equipamentos das subestações e linhas de transmissão, a fim de pesquisar localidades com má conexão ou isolação. Assim como todas as outras manutenções preditivas citadas no texto, a termografia não necessita parada de máquina para efetuar medição.



Figura 6 – Termografia – Transformador 13,8kV/138kV
Fonte: Empresa estudada, 2011.

Na figura 7 é possível verificar uma imagem retirada de um termovisor fazendo leitura de temperaturas em um transformador elevador. Verifica-se que a diferença de temperatura entre os enrolamentos internos e a carcaça externa é bastante grande.

2.5.4 Análise físico-química de óleo

Com o passar do tempo, os óleos utilizados em unidades hidráulicas, transformadores e mancais passam a ter alteração física química em sua composição. Estas alterações ocorrem

por diversos fatores, sendo os principais: desgaste de peças, umidade relativa elevada do ambiente e descargas internas nos circuitos (transformadores).

Ao retirar uma amostra de óleo do equipamento, o mesmo deve ser levado para algum laboratório especializado a fim de averiguar partículas físicas presentes e verificar a composição química do mesmo. Na figura 8 é possível verificar um exemplo de relatório de uma análise de óleo expedida por um laboratório. Este fragmento é apenas parte de um relatório bastante complexo que inclui, não somente, elementos estranhos mas também toda a composição química da amostra.

RESULTADO			
Ensaio(s)	Resultado(s)		Valores Referenciais
Índice de Neutralização.....	0,01	mg KOH/g de óleo	máx. 0,15
Teor de Água.....	4	ppm (m/m)	máx. 35
Densidade a 20 °C.....	0,8800	g/ml	-----
Fator de Potência a 100 °C.....	1,4	%	máx. 15,0
Rigidez Dielétrica.....	48	kV	mín. 30
Tensão Interfacial.....	42,1	dina/cm	mín. 18,0

Figura 7 – Análise de óleo
Fonte: Empresa estudada, 2011.

Tratamento de óleo

Com o resultado do laboratório é possível identificar se o óleo possui as mesmas propriedades do original. Caso exista risco de dano a algum equipamento na utilização deste óleo com partículas ou composição química diferente, deve-se tratar o óleo ou trocá-lo totalmente.

O tratamento do óleo consiste em filtragem utilizando filtros tipo prensa na própria usina. Muitas vezes uma única filtragem não é suficiente, isto depende do teor da contaminação do óleo. Desta maneira deve ser feita uma filtragem dupla a fim de garantir uma contaminação final mínima e similar ao óleo original.

3 ESTUDO DE CASO.

O estudo de caso desenvolvido no trabalho é referente a uma empresa sediada em Curitiba do setor de geração de energia renovável. Escolheu-se esta empresa pelo fato de encontrar-se em uma situação favorável ao estudo devido à sua estrutura de mão de obra e planejamento estratégico de desenvolvimento em longo prazo.

3.1 Perfil da empresa estudada.

A empresa estudada possui três empreendimentos hidráulicos (PCH) já em operação, os quais estão localizados em três Estados diferentes: Paraná, Santa Catarina e Mato Grosso. Pode-se verificar na tabela 1 as respectivas potências e energias asseguradas dos empreendimentos. Estes dados são importantes, pois eles impactam diretamente no faturamento da usina e com isto influenciam no custeio da Operação e Manutenção.

A energia assegurada dos empreendimentos é o montante de energia firme que é garantido ao empreendedor. Desta forma, é o total de energia que pode ser vendido contratualmente para as outras empresas. Quanto melhor a relação de potencia instalada sob energia assegurada, maior é o fator de carga da usina e mais viável é o projeto/empreendimento.

Tabela 2 – Empreendimentos

Estado	Potência (MW)	Energia Assegurada (MW)
Santa Catarina	30	21,20
Mato Grosso	19,62	12,60
Paraná	23	9,61

Fonte: autor, 2012.

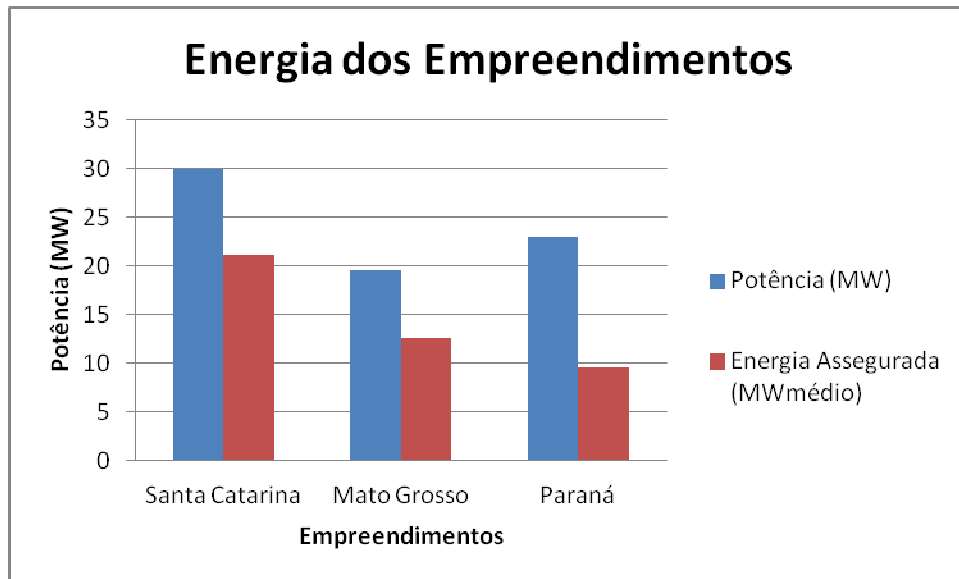


Gráfico 1 – Energia dos Empreendimentos

Fonte: autor, 2012

3.2 Estrutura Física.

Para a construção de uma usina hidrelétrica, existem três fatores que impactam no arranjo e definição de turbina, são eles: vazão do rio, queda e geologia. Com o estudo destes fatores, chega-se a definição de qual tipo de turbina deve ser instalado. As turbinas estão divididas em três grandes grupos: Kaplan, Francis e Pelton. Além da separação por tipo, também existem os tipos de arranjo, divididos em dois principais tipos: eixo vertical e eixo horizontal.

Neste caso, um dos motivos do estudo do tipo de turbina e arranjo é a colaboração de facilitar a visualização da dificuldade de executar o escopo de serviços de manutenção na PCH. Desta forma, é importante identificar a disposição e dimensão dos equipamentos na usina e verificar a dificuldade de acesso para cada um.

Na figura 9, pode-se observar o projeto em corte da PCH que está localizada no Estado do Mato Grosso, é uma turbina tipo Kaplan com arranjo horizontal. Pode-se considerar que esta é uma usina enxuta, pois possui apenas três pavimentos: uma galeria mecânica e duas pequenas galerias elétricas. Por outro lado, esta turbina possui dimensões e massa que geram dificuldades para manobras de manutenção, gerando um alto tempo com mão de obra.

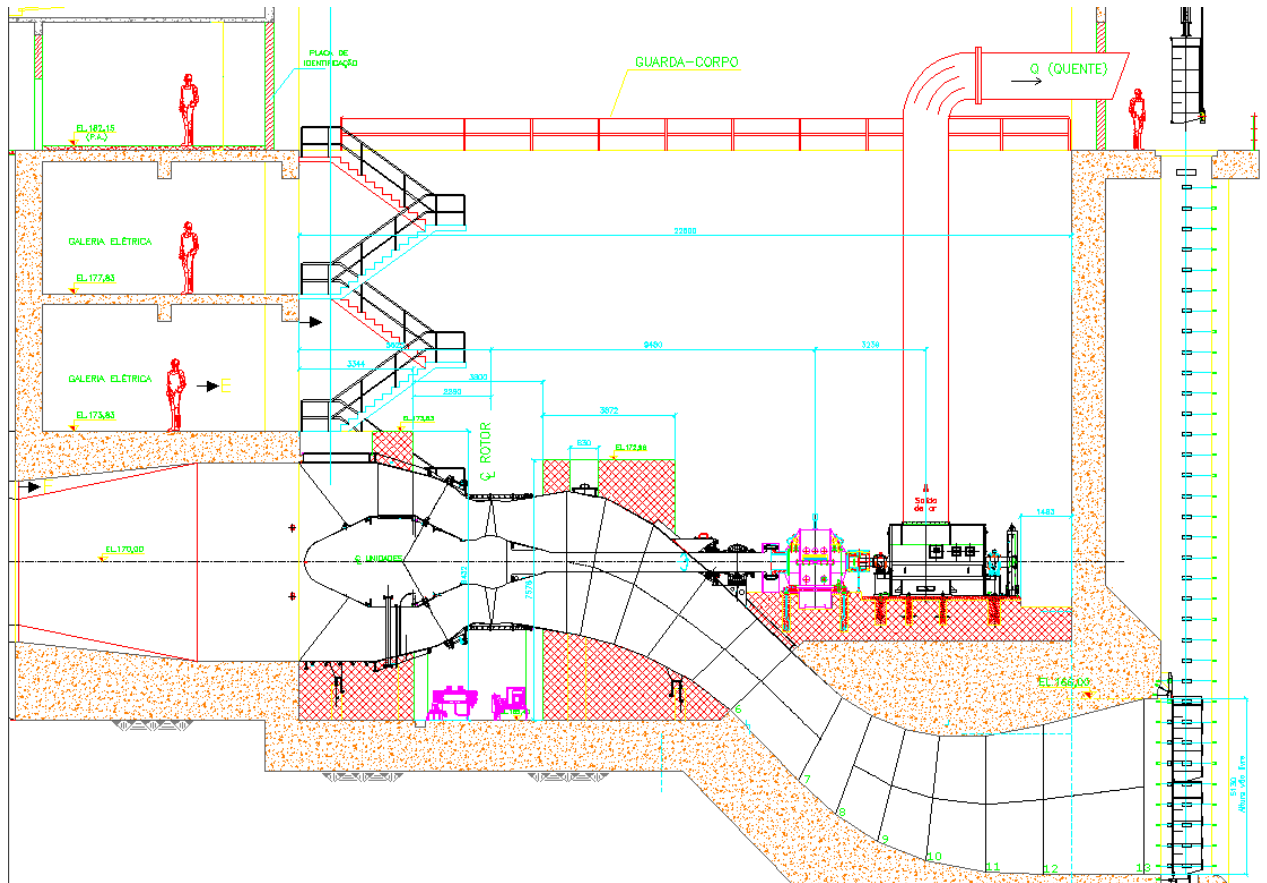


Figura 8 – Projeto em planta – Kaplan horizontal
Fonte: empresa estudada, 2012.

Por outro lado, a figura 10 é o projeto em corte da PCH localizada no Estado do Paraná, onde é possível verificar o arranjo dos equipamentos com uma turbina tipo Francis com eixo vertical. Percebe-se que este arranjo é mais complexo que o anterior e por isto menos enxuto. Há existência de cinco pavimentos: galeria da turbina, galeria mecânica, galeria elétrica inferior, galeria elétrica superior e área de montagem. Ao contrário do projeto anterior, este projeto possui turbina com dimensões e massa relativamente menores, facilitando as manobras de manutenção.

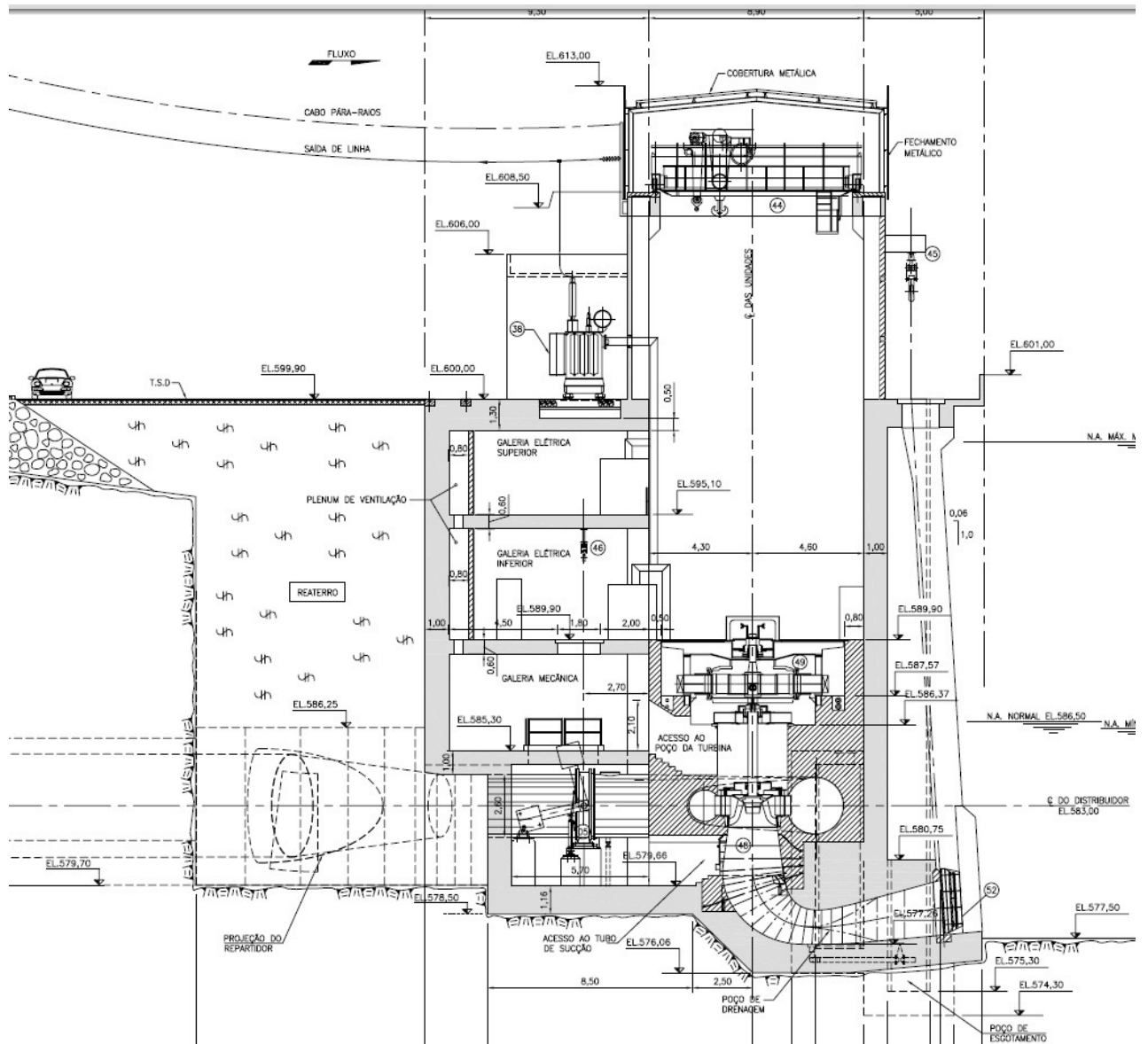


Figura 9 – Projeto em vista – Francis vertical
 Fonte: empresa estudada, 2012.

3.3 Principais equipamentos.

Independente do tipo de turbina e/ou arranjo, os principais equipamentos de uma usina são basicamente os mesmos. Abaixo segue lista destes equipamentos que devem ser mantidos pela equipe de manutenção, pois eles são essenciais para operação da usina e geração de energia elétrica.

- Turbina;
- Gerador;
- Transformador;
- Reguladores de Velocidade e Tensão;

- SDSC – Sistema digital de supervisão e controle;
- Unidades hidráulicas;
- Painéis elétricos;
- Auxiliares mecânicos (drenagem, ar comprimido, refrigeração);
- Comportas;

3.4 Operação.

A operação dos três empreendimentos está sendo feita a partir do COG (Centro de Operação da Geração) que está situado na cidade de Curitiba. Para executar todos os serviços de operação relativos às três usinas está sendo usado um operador por turno.

3.4.1 Equipe de operação

A equipe de operação da empresa estudada é composta por seis operadores. O quadro 3 demonstra como a equipe de operação faz a divisão e escala de trabalho. Em resumo, os operadores trabalham seis dias corridos e folgam quatro dias, escala 6 x 4. Observa-se que a divisão mensal é realizada considerando cinco operadores. O sexto operador tem a função de cobrir as ausências legais e planejadas dos demais, como: treinamentos, licenças, férias.

Dia/Turno	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Turno 1	A	A	B	B	C	C	D	D	E	E	A	A	B	B	C	C	D	D	E	E	A	A	B	B	C	C	D	D	E	E
Turno 2	B	B	A	A	B	B	C	C	D	D	E	E	A	A	B	B	C	C	D	D	E	E	A	A	B	B	C	C	D	D
Turno 3	D	D	E	E	A	A	B	B	C	C	D	D	E	E	A	A	B	B	C	C	D	D	E	E	A	A	B	B	C	C

Quadro 3 – Escala Mensal

Fonte: autor, 2012.

3.4.2 Investimentos do COG

O projeto para implantação do COG teve duração de dois anos. O projeto teve separação em quatro partes distintas, as quais são: estudos/projetos, mobiliário, *hardware* e *software*. Percebe-se que o investimento total para implantação do COG foi de R\$1.794.002, dividido em dois anos (tabela 2).

Tabela 3 - Investimentos COG

Ano		2011 (R\$)	2012 (R\$)
1	Estudos/ Projetos	272.000	0
2	Mobiliário	66.000	71.500
3	Equipamentos - <i>Hardware</i>	741.400	123.250
4	<i>Software</i>	217.330	302.522
TOTAL		1.296.730	497.272

Fonte: autor, 2012.

Abaixo segue uma breve descrição do que está incluído em cada uma das partes:

- Estudos/Projetos:
 - Projeto arquitetônico;
 - Projeto executivo;
 - Projeto de desenvolvimento do SDSC.
- Mobiliário:
 - Consoles de operação;
 - Poltronas e cadeiras;
 - Armários;
 - Mesas.
- Hardware:
 - Servidores;
 - *Workstation*;
 - Impressoras;
 - Painel de visualização;
 - Retificadores/baterias;
 - Montagem;
 - Telefones;
 - Sobressalentes.
- Software:
 - *Software* de supervisão e controle;
 - Antivírus;
 - Banco de dados.

3.5 Manutenção – Equipe terceirizada.

Toda a manutenção da empresa estudada é terceirizada. Os contratos com as empresas prestadoras de serviço contemplam – principalmente – duas partes: equipe do escritório e equipe de manutenção local. A primeira fica lotada na sede da empresa, a segunda fica lotada na PCH em questão.

3.5.1 Equipe do escritório

A equipe do escritório da empresa terceirizada é dividida em duas grandes partes:

- Administrativo e financeiro;
- Engenharia de manutenção.

Os colaboradores do administrativo e financeiro são responsáveis por gerir estas funções na empresa terceirizada. Isto inclui, por exemplo: controle de horas extras, controle de caixa, controle e elaboração dos relatórios, cotações, compras, entre outros.

Com relação à engenharia de manutenção, estes são os responsáveis por realizar a parte de planejamento e estudo das usinas. Em resumo, realizam a parte burocrática e inteligente da manutenção; auxiliando no cadastro de equipamentos no software de manutenção e realizando o planejamento das manutenções preventivas. As equipes de engenharia de manutenção das empresas terceirizadas fazem um papel fundamental para a empresa estudada. São eles os responsáveis em colaborar e repassar um suporte técnico que serve de embasamento para justificativas do setor de operação e manutenção da empresa estudada. Dentro do contrato, existe a obrigação da engenharia de manutenção da empresa terceirizada elaborar de um relatório de ocorrência, sempre que houver. Este relatório contém: descrição do problema, análise da causa raiz, ações tomadas, ações sugeridas e relatório fotográfico. Para tanto, a empresa deve seguir um padrão de relatório - fornecido em contrato – e adequar-se para o prazo de envio após cada ocorrência.

Toda a gestão dos colaboradores lotados na usina, desde questões técnicas até questões administrativas são de responsabilidade da equipe do escritório. Na tabela 3 é possível verificar a quantidade de profissionais que estariam disponíveis para trabalhar no planejamento, organização e administração da manutenção.

Tabela 4 – Colaboradores do escritório

Colaborador	Quantidade
Engenheiro Eletricista Senior	3
Engenheiro Mecânico Pleno	1
Engenheiro de sistemas Pleno	1
Administrativo	4
Engenheiro civil Junior	1

Fonte: autor, 2012.

3.5.2 Manutenção local

A equipe de manutenção local é responsável pela execução da manutenção propriamente dita, sempre com supervisão e apoio da engenharia de manutenção. A equipe é bastante enxuta e está dividida basicamente em: um supervisor, três técnicos. Além disto, o supervisor também é responsável por gerir o auxiliar de limpeza e os dois auxiliares de conservação das áreas verdes. Pode-se verificar a equipe local na tabela 4.

Tabela 5 – Colaboradores por usina

Colaborador	Quantidade
Técnico Eletrotécnico	1
Técnico Eletroeletrônico	2
Técnico Mecânico	1
Auxiliar de limpeza	1
Auxiliar de conservação da área verde	2

Fonte: autor, 2012.

Estes técnicos trabalham apenas em horário comercial na usina, permanecendo em sobreaviso nas demais horas do dia e finais de semana. Caso aconteça alguma ocorrência e a mesma for verificada pela equipe do COG (empresa estudada), estes devem entrar em contato com o supervisor local (empresa terceirizada) o qual definirá o(s) técnico(s) que deve(m) se deslocar para usina a fim de realizar um atendimento local.

3.5.3 Organograma e fluxo de informações

A fim de visualizar e entender melhor o papel de todos os integrantes e responsáveis em cada empreendimento, o organograma a seguir (figura 11) demonstra esta relação.

Pode-se verificar que o supervisor da usina está subordinado diretamente à equipe do escritório. E por isto, toda e qualquer intervenção efetuada pela equipe de manutenção local deve ser previamente acertada pela equipe de engenharia de manutenção e administrativo/financeiro, os quais encontram-se no escritório.

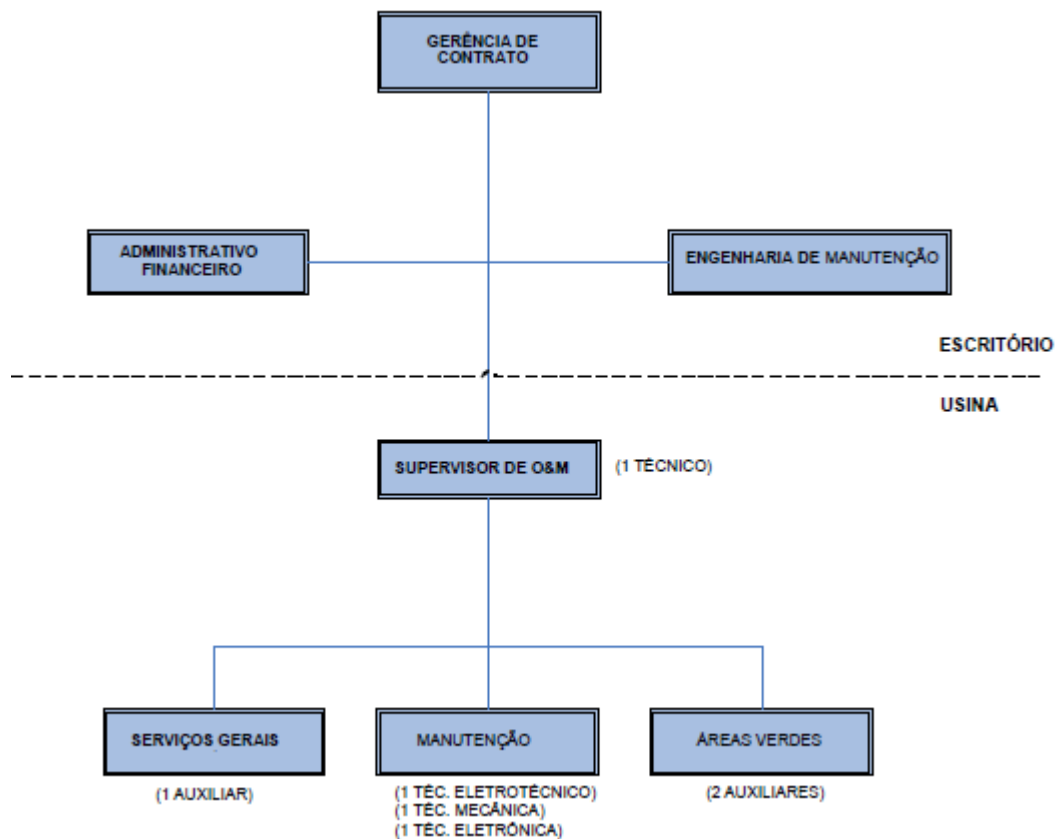


Figura 10 - Organograma da empresa terceirizada
Fonte: relatório mensal, 2012

Um dos principais problemas levantados no estudo de caso está ligado diretamente a este organograma e fluxo de informações/comunicação. O fluxo imposto pela empresa terceirizada deve seguir: cliente (empresa estudada) \leftrightarrow escritório da empresa terceira. Desta forma, as informações e acontecimentos não são passadas diretamente do supervisor local na usina para a empresa cliente. Esta triangulação dificulta o entendimento e muitas vezes podem ocasionar interpretações distorcidas da realidade.

3.6 Manutenção – Equipe própria.

A empresa estudada não possui um quadro de funcionários adequado para realizar a manutenção das PCHs, pois o mesmo é muito enxuto. Fundamentalmente, a empresa estudada executa apenas uma gestão dos contratos das empresas terceirizadas de manutenção.

A tabela 5 demonstra a quantidade de colaboradores responsáveis pela gestão das três PCHs. Existe um engenheiro sênior que responde pela área de Operação e Manutenção e dois engenheiros junior que fazem a gestão dos contratos.

Tabela 6 - Manutenção - equipe própria

Colaborador	Quantidade
Engenheiro Senior (Gerente)	1
Engenheiro Junior	2

Fonte: autor, 2012.

O maior desafio para a equipe é garantir o controle e gerência de todos os trabalhos realizados pela equipe local, visto ao fluxo de informações. Desta forma, os contratos exigem alguns documentos essenciais que servem de parâmetros e base para gerir o contrato de maneira adequada. Na sequência, segue lista destes documentos com principais conteúdos:

- Ordens de serviços:
 - Atividades a serem desenvolvidas;
 - Bloqueios e manobras que a operação deve realizar.

- Análise de riscos:
 - Lista de riscos inerentes ao serviço;
 - Lista de bloqueios que devem ser realizados para evitar acidentes.

- Planejamento mensal/semanal da manutenção:
 - Tabela com plano de manutenção e equipamento

- Relatórios de manutenção:
 - Ensaio no gerador a diesel;
 - Análise de óleo;
 - Relatório de termografia;
 - Relatório de preventiva civil;
 - Controle de temperaturas;
 - Relatório de vibrações.

- Relatórios de ocorrências:
 - Data e hora da ocorrência;
 - Condição operacional da usina;
 - Consequência da ocorrência;
 - Causa fundamental
 - Providências tomadas;
 - Ações a serem tomadas.

- Relatório gerencial mensal:
 - Gráficos de pluviometria;
 - Gráficos de vazão afluente;
 - Gráficos de produção de energia;
 - Planejamento de manutenção preventiva mensal;
 - Planejamento de conservação da área verde;
 - Resumo das atividades realizadas no mês;
 - Manutenção civil;
 - Controle estatístico de acidentes;
 - Desligamentos ocorridos no mês;
 - Ocorrências do mês;
 - Gráficos de indisponibilidade;
 - Gráficos de taxa de falhas.

3.7 Análise do contrato de serviços da empresa terceirizada.

O contrato de prestação de serviço da empresa terceirizada prevê algumas obrigações da contratada, as quais estão listadas abaixo:

- a) Prover recursos humanos suficientes à plena execução dos serviços, além de materiais de consumo, equipamentos, ferramentas, máquinas, dispositivos e tecnologias para a adequada execução do contrato;
- b) Elaborar programas de manutenção, planos, estudos e relatórios;
- c) Participar de reuniões para explicar e defender a sistemática de manutenção adotada;
- d) Ser responsável por arcar pelos respectivos ônus de contratação, treinamento, remuneração, encargos sociais, transporte, acomodação, alimentação e de todos os demais custos relativos à mão de obra necessária à execução do contrato;
- e) Ser a única responsável técnica pelos serviços e obras a serem desenvolvidos para dar atendimento ao objeto contratado;
- f) Contratar e desenvolver toda a tecnologia e sistemas de informação e de gestão necessárias para gerir o contrato;
- g) Instalar e utilizar software de gestão técnico-administrativa, que apresente pelo menos os módulos integrados para gerenciar: estoque de peças, cadastro de equipamentos, índices de desempenhos, emissão e controle de O.S.;
- h) Manter cadastro do ativo fixo do empreendimento;
- i) Adquirir por sua conta e risco materiais de consumo que se fizerem necessários para o cumprimento das obrigações contratuais;
- j) Prover ferramental, instrumentos de medidas e outros dispositivos que serão necessários para executar a manutenção do empreendimento.

Com análise do contrato e execução das atividades realizadas pela contratada, é possível verificar que alguns pontos não estão sendo cumpridos corretamente, principalmente no quesito de planejamento. A gestão das obrigações da empresa terceirizada é penalizada pela falta de cláusulas claras referentes à punição para não cumprimento das obrigações. Isto acaba gerando uma reincidência das mesmas.

Pela análise, outra fraqueza do contrato é impor ao contratado a responsabilidade pela instalação do software de gestão de manutenção. Desta forma, todo o histórico dos equipamentos e das manutenções fica sob gestão da empresa terceira.

Além disto, não existe descrição do ferramental e instrumentação que a empresa terceirizada deve manter na PCH. Em algumas situações da análise, percebeu-se que a empresa terceirizada mantém algumas ferramentas e instrumentos em seu escritório para atender outros contratos, acarretando em atrasos e demora de manutenção.

Alguns itens que não estão no escopo de serviços do contrato e que poderiam estar são listados abaixo. Neste caso, a empresa estudada realiza contratos específicos com prestadores de serviço quando há necessidade:

- Manutenção dos acessos/estradas;
- Manutenção da área de preservação;
- Acompanhamento dos planos ambientais;
- Manutenção patrimonial;
- Dedetização.

3.8 Parâmetros utilizados para proposta de contrato.

Dentro dos custos de manutenção, estão intrínsecos alguns fatores que afetam diretamente os custos administrativos do serviço. No caso de terceirização da manutenção, estes fatores devem ser levados em conta pela empresa prestadora de serviço. Por outro lado, caso decida-se em internalizar a manutenção, a empresa estudada deve analisar estes fatores para contabilizar os custos. Dentro do estudo, segue os fatores que impactam diretamente:

- Localização e/ou facilidade de acesso;
- Projeto e/ou fornecimento.

3.8.1 Localização e/ou facilidade de acesso

O fator localização é muito importante para a formulação da proposta, pois ele é um indicativo de custos variáveis e, também, facilidade de encontrar mão de obra para que a mesma não tenha rotatividade.

Devido ao fato das usinas PCHs estarem localizadas em rios, quase sempre distante de meios urbanos, o acesso é geralmente muito ruim. Desta forma, é muito comum não existir estradas e vias públicas para o deslocamento da cidade à usina. Em muitos casos, o deslocamento é realizado em acessos de fazendas e propriedades particulares e, por isto, as estradas não recebem manutenção anual adequada e ficam com estado precário.

A dificuldade de acesso e estado ruim das estradas geram os seguintes pontos que devem ser considerados para elaboração de proposta:

- Aluguel de carro 4x4;
- Manutenções extras;
- Quebras prematuras;
- Desgastes prematuros.

Dentro do fator localização, também deve ser considerado a distância da moradia dos mantenedores e a usina. Devido a isto, os desembolsos variáveis são maiores e, também devem ser considerados para formulação do contrato. Seguem abaixo, detalhadamente:

- Maior consumo de combustível;
- Maior quantidade de horas *in itinere*.

3.8.2 Projeto e/ou fornecimento

O projeto do empreendimento é um fator que deve ser considerado para realizar o orçamento de terceirizar a manutenção de uma usina. Isto é, principalmente no que diz respeito a três índices: automação, manutenibilidade e confiabilidade.

Referente ao nível de automação da usina, pode-se dizer que influencia na quantidade de itens que deverão ser supervisionados/mantidos localmente e, por isto deve ser levado em consideração. Quanto maior o nível de automação da usina, menor será a instrumentação e equipamentos que a equipe local fará a supervisão. Desta forma, a equipe terá mais tempo para efetuar outras atividades ou, de outro ponto de vista, será necessário um menor número de colaboradores para assegurar a execução das outras atividades.

Por outro lado, o projeto da usina tem influência grande na questão da manutenibilidade, ou seja, a facilidade de manter ou restaurar um equipamento. Neste caso, a manutenibilidade do equipamento é uma característica inerente ao projeto e deve ser definido antes da construção do empreendimento. A série de ações que devem ser executadas para garantir a operacionalidade do sistema após uma falha é caracterizada, também, pela manutenibilidade.

O conceito de confiabilidade dos equipamentos deve ser verificado caso a caso. Existem diversas usinas PCHs que tiveram o custo de implantação do projeto reduzido ao máximo, influenciando na qualidade do fornecimento dos equipamentos. Este fato implica em mais trabalhos locais que devem ser realizados, inclusive alguns ajustes nas máquinas. Quanto

menor a confiabilidade dos equipamentos, maior será o número de ocorrências/falhas e com isto a indisponibilidade forçada. Desta forma, maior será o número de intervenções nas máquinas e com isto, melhor preparada deverá ser a equipe local.

3.9 Análise das vantagens e desvantagens da terceirização da manutenção nas PCHs.

As principais vantagens e desvantagens da terceirização da manutenção na empresa estudada serão listadas a seguir. Os itens serão descritos e detalhados, caso a caso, para verificar sua complexidade e importância dentro do estudo.

Vantagens:

- Aumento de qualidade (curto prazo);
- Diminuição do risco de passivo trabalhista.

Desvantagens:

- Aumento da dependência de terceiros;
- Perda de know-how;
- Aumento do risco empresarial;
- Transferência de processo primário da organização;
- Pior administração e gestão.

3.9.1 Descrição das vantagens

- Aumento da qualidade (curto prazo):

O aumento da qualidade de mão de obra para os serviços de manutenção é relativo. Em um curto prazo, este pode ser um fator determinante. Porém, a situação inverte-se com o passar do tempo pois a empresa estudada pode treinar seus colaboradores e contratar mão de obra especializada e qualificada do mercado de trabalho. Com um estudo e projeção criteriosa, pode-se chegar a um nível melhor de qualidade com mão de obra própria. Desta forma pode-se considerar que a vantagem é apenas a curto prazo pois com o passar do tempo torna-se desvantagem.

- Diminuição do risco de passivo trabalhista:

Com um contrato bem firmado e considerando que a empresa contratada foi bem estudada, este item torna-se uma vantagem ao terceirizar. Neste estudo de caso, percebe-se que todos os cuidados foram tomados na hora da contratação e que o risco de passivo trabalhista praticamente inexistente.

3.9.2 Descrição das desvantagens

- Aumento da dependência de terceiros:

Ao terceirizar a manutenção, a empresa estudada aumenta a dependência de empresas terceiras e isto pode gerar desconfortos na gestão dos empreendimentos. Principalmente problemas relacionados à prioridades dos serviços a serem executados. A empresa terceira sempre irá colocar prioridades que beneficiam suas atividades e gerem custos menores e muitas vezes não é considerada a posição da empresa contratante.

- Perda de *know-how*:

Este item pode ser considerado como a maior desvantagem ao terceirizar a manutenção nas PCHs. Portanto é o item de maior impacto neste estudo de caso. Muitas informações e ocorrências são ocultadas pela empresa terceira, dificultando uma gestão eficiente de todo o serviço e trabalho executado. Além disto, qualquer erro de manobra ou manutenção pode ser facilmente mascarado a fim de evitar punições e multas contratuais. Desta forma, a empresa contratante acaba não recebendo todas as informações necessárias e com isto perde-se o conhecimento e histórico da usina. Além disto, a empresa contratante fica totalmente dependente dos funcionários da empresa terceira, ficando, muitas vezes, sem poder de decisão devido à falta de *know-how*.

- Aumento do risco empresarial:

Assim como o item acima (*know-how*), o risco empresarial é existente e bastante significativo neste estudo de caso. O contrato de prestação de serviço, normalmente é feito para duração de três anos. Assim que o contrato expira, o poder de barganha para renovação do contrato está totalmente com a empresa terceirizada. Isto ocorre porque ela é a detentora dos seguintes itens: *know-how*, histórico,

ocorrências, problemas, etc. Caso a empresa estudada não renove os contratos atuais, qualquer outra empresa terceira que virá a substituir a antiga, não terá qualquer um dos itens citados anteriormente – dificultando a execução do serviço e, certamente, trazendo riscos e queda de eficiência e eficácia.

- Transferência de processo primário da organização:

A manutenção pode ser considerada uma atividade fim da empresa estudada, pois ela é proprietária das PCHs e dos ativos. Quando se terceiriza uma atividade fim da empresa, a empresa proprietária pode perder conhecimento de muitas informações essenciais para o bom andamento das atividades. Inclusive há informações que são ocultadas e distorcidas.

- Pior administração e gestão:

A gestão de uma atividade fim da empresa é sempre mais eficaz quando se tem uma gestão completa sobre todos os serviços e problemas encontrados durante o trabalho. Desta forma, ao terceirizar, perde-se o poder de gestão completa de todo o processo.

3.10 Custos das manutenções das PCHs com empresas terceirizadas.

Para compor os custos de manutenção nas usinas, relacionados a serviços, devem ser considerados duas partes distintas:

- Contratos firmados com empresas terceiras;
- Custo de mão de obra para fiscalizar e inspecionar o serviço.

3.10.1 Custo de empresas terceiras

Como foi citado anteriormente, as empresas terceiras devem considerar os fatores e parâmetros para propostas para compor os custos operacionais. A tabela 6 é um resumo dos custos contratuais dos serviços de manutenção nas PCHs da empresa estudada. Percebe-se que os valores podem variar em torno de 12% entre os empreendimentos. Este percentual é definido de acordo com os custos operacionais que a empresa terceira terá que desembolsar para conseguir executar os serviços, dentre outros: localização e projeto.

Tabela 7 – Valores contratuais mensais

Estado	Valor de Contrato (R\$)
Santa Catarina	106.535
Mato Grosso	96.851
Paraná	117.743
TOTAL	321.129

Fonte: autor, 2012

3.10.2 Custo de mão de obra própria com terceirização

Considerando que a mão de obra própria fará a fiscalização e acompanhamento do contrato da empresa terceirizada, os custos referentes devem ser somados aos custos dos contratos de serviços. A tabela 7 demonstra os custos dos funcionários atuais.

Tabela 8 - Mão de obra própria com terceirização

Cargo	Quantidade	Total - Salário + Encargos (R\$)
Engenheiro Sênior/Especialista	1	25.149
Engenheiro Mecânico Junior	1	12.994
Engenheiro Eletricista Junior	1	12.994
Total	3	51.137

Fonte: autor, 2012.

3.10.3 Custo total terceirizado

Para efeito de comparação de custos, será considerado como custo total da manutenção da empresa estudada a soma da tabela 6 e tabela 7. O custo total é de R\$372.266 por mês e está demonstrado na tabela 8.

Tabela 9 - Custo total (terceirizando)

Cargo	Total - Salário + Encargos (R\$)
Contrato de serviços	321.129
Mão de obra própria	51.137
Total	372.266

Fonte: autor, 2012.

3.11 Custos das manutenções das PCHs com mão de obra própria.

Por outro lado, para compor os custos totais de manutenção nas usinas considerando o fato de não ter empresas terceirizadas para realizar a operação e manutenção das usinas, deve considerar o seguinte:

- Compra de ferramentas e instrumentação para cada usina;
- Contratação de mão de obra própria;
- Outros custos: veículos, consumíveis, manutenção geral e treinamento..

3.11.1 Custo para aquisição de ferramentas e instrumentação

Foi realizada uma cotação das principais ferramentas que devem ser compradas para serem utilizadas na manutenção de cada empreendimento. Desta forma, será possível avaliar o custo total da substituição da filosofia de trabalho atual (terceirizada) para uma filosofia de trabalho sugerida (internalizada).

A consideração levada para a análise é da compra das ferramentas específicas e generalistas que cada empreendimento necessita ter disponível para realizar manutenções preventivas e corretivas rotineiras.

Por outro lado, foi considerado que alguns instrumentos devem estar lotados na sede na empresa, desta maneira pode-se otimizar a compra dos mesmos de forma compartilhada. Sempre que houve necessidade da utilização da instrumentação específica, deve haver o deslocamento dos mesmos para o empreendimento. Dentro desta instrumentação, estão – principalmente – aqueles utilizados em manutenções preditivas: termovisor, sensores acelerômetros e sensores proximetros,

O custo do conjunto principal das ferramentas e instrumentação pode ser verificado na tabela 9, abaixo:

Tabela 10 - Ferramentas e Instrumentação

Empreendimento	Custo total médio (R\$)
Santa Catarina	31.825
Mato Grosso	31.825
Paraná	31.825
Instrumentação	35.726
TOTAL	131.201

Fonte: autor, 2012.

3.11.2 Custo com mão de obra própria com internalização

Com a internalização da manutenção, seria necessário a contratação de mão de obra para executar as manutenções locais e auxiliar na área de engenharia de manutenção. Foi considerado que cinco engenheiros lotados na sede (escritório) serão os responsáveis pelos estudos e gestão da engenharia de manutenção. A manutenção local na usina manterá a mesma filosofia da empresa terceirizada: um técnico sênior (supervisor) e 3 técnicos plenos para execução da manutenção. A tabela 10 apresenta o resumo dos custos mensais.

Tabela 11 - Mão de obra própria com internalização

Cargo	Local	Quantidade	Total - Salário + Encargos (R\$)
Engenheiro Sênior/Especialista	3/Sede	3	75.447
Engenheiro Mecânico Pleno	2/Sede	2	25.988
Engenheiro Eletricista Pleno	2/Sede	2	25.988
Engenheiro Civil Pleno	1/Sede	1	12.994
Técnico Sênior	1/Sede 1/usina	4	39.664
Técnico Pleno	3/usina	9	63.414
Auxiliar/Limpeza	1/usina	3	9.300
Conservação da área verde	2/usina	6	18.600
TOTAL		30	271.395

Fonte: autor, 2012.

3.11.3 Outros custos

Além dos custos com aquisição de ferramental e contratação de mão de obra, deve ser verificado e considerado na análise os outros custos intrínsecos na proposta de internalização da manutenção. Neste item será considerado:

- a) Veículos: considerado dois veículos por PCH. A especificação dos veículos será a utilização de duas camionetes com tração 4x4.
- b) Consumíveis: considerado um montante fixo mensal por empreendimento para ser utilizado como consumíveis e materiais administrativo. Dentro deste item também foi incluído e considerado os custos com uniformes e EPIs.

- c) Manutenção geral: além da mão de obra considerada no item 3.11.2, a qual considera as manutenções rotineiras e corretivas, foi também considerado a contratação de uma empresa específica para realização de grandes manutenções. Estas grandes manutenções são realizadas a cada três anos, quando há necessidade pontual de um número maior de colaboradores. Foi realizada uma análise de mercado e verificou-se que o custo médio para uma manutenção deste porte é de R\$100.000/PCH. Para efeitos de comparação, será utilizado o valor médio e este será dividido pelo período de 36 meses (três anos) para enquadrar-se à base mensal.
- d) Treinamento e qualificação: considerado o valor para treinar e qualificar toda a equipe de manutenção para as seguintes normas regulamentadoras: NR-10, NR-33 e NR-35. Neste caso, o valor dos cursos será dividido pelo período de 12 meses para enquadrar-se à base mensal. Devido a necessidade de reciclagem anual da qualificação, o item ficará enquadrado como custo mensal.

Tabela 12 - Outros custos

Descrição	Custo Total Mensal (R\$)
Veículos	27.000
Consumíveis/Administrativo	30.000
Manutenção geral	8.333
Treinamento/Qualificação	500
TOTAL	65.833

Fonte: autor, 2012.

3.11.4 Custo total internalizado

A tabela 12 contempla os custos inerentes na internalização da manutenção.

Tabela 13 - Custo total internalizado

Descrição	Investimento (R\$)	Custo Total Mensal (R\$)
Ferramentas e Instrumentos	131.201	
Mão de obra própria		271.395
Outros Custos		65.833
TOTAL	131.201	337.228

Fonte: autor, 2012.

3.12 Comparação de custos.

A fim de realizar uma comparação mensal dos custos de manutenção terceirizada e internalizada, foram definidas algumas premissas:

- Custos operacionais: os valores mensais dos custos operacionais não devem ser considerados como fluxo de caixa por não consideram exatamente os desembolsos mensais. Por exemplo, o valor listado mensalmente para a manutenção geral e para os treinamentos não são desembolsados mensalmente. O primeiro ocorre a cada três anos e o segundo ocorre em algum determinado mês do ano.
- Custo de investimento: o valor para compra de ferramentas e instrumentação foi amortizado em 12 meses com uma taxa de juros de 8% ao ano. Este valor deve ser considerado apenas no primeiro ano da comparação;

Tabela 14 - Comparação de custos

Descrição	Custo Terceirizado (R\$)	Custo Internalizado (R\$)
Custos Operacionais	372.266	337.228
Custos de investimentos		11.412

Fonte: autor, 2012.

Apresentou-se um custo menor para a filosofia de manutenção internalizada, mesmo quando comparado apenas o primeiro ano, onde está sendo considerado os investimentos necessários para internalização. A diferença neste caso é de R\$23.626 a maior para a proposta de manutenção terceirizada. No caso dos outros anos, a diferença aumenta para R\$35.038.

Também é possível verificar que os custos para manutenção estão bem equilibrados com as duas filosofias: internalizado e terceirizado. O valor é baixo e relativamente insignificante quando comparado com o faturamento total das três PCHs. O grande diferencial da definição de qual é a melhor filosofia deve estar calcado nas vantagens intangíveis da internalização da manutenção, tais como: melhora na administração e gestão, aquisição de *know-how*, controle das informações, histórico dos equipamentos.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.

A elaboração do estudo de caso possibilitou verificar gerencialmente as vantagens e desvantagens da terceirização da manutenção nas PCHs. Percebe-se que existem mais desvantagens do que vantagens ao executar um contrato de terceirização da manutenção. Neste caso, ficará mais destacado ainda se principalmente forem consideradas as desvantagens intangíveis da contratação.

A perda de *know-how* pode ser considerada a principal desvantagem ao terceirizar pois toda a expertise dos equipamentos será capital intelectual da empresa prestadora de serviço. Desta forma, a empresa estudada não consegue adquirir formação e expertise adequada para seus colaboradores. O risco empresarial também é elevado quando há contratação de prestadores de serviço, principalmente em caso de falência ou objetivos estratégicos divergentes da organização contratante.

Com relação aos custos, percebe-se que não há muita diferença entre terceirizar ou internalizar a manutenção. A diferença apresentou-se favorável à internalização da mão de obra, mas como foi comentado nos assuntos de sugestão dos trabalhos futuros; deve-se considerar um estudo de custos mais criterioso para efeitos de avaliar corretamente a viabilidade financeira.

Outro ponto que favorece a contratação própria de mão de obra da manutenção é a existência do centro de operação da geração (COG). Com isto, já não existe mão de obra terceira na operação da usina, diminuindo a quantidade de colaboradores que devem ser contratados por empreendimento, pois fica restrito à manutenção. Caso a empresa tivesse operação local, seria mais um ponto que deveria ser analisado.

Por outro lado, a viabilidade técnica e gerencial da substituição da manutenção por equipe própria foi confirmada no estudo de caso. Percebem-se inúmeras vantagens intangíveis na substituição e que tem colaboração da maior facilidade de gestão dos colaboradores.

4.1 TRABALHOS FUTUROS.

O conteúdo deste estudo teve foco voltado às questões gerenciais na diferenciação entre os tipos de mão de obra. Além disto, verificou-se superficialmente as diferenças de custos nas duas filosofias de trabalho. Como sugestão para trabalho futuro deve-se considerar a elaboração de uma análise de custos mais criteriosa com a inclusão de alguns conceitos – principalmente na análise do custo de manutenção internalizada, entre eles:

- Avaliação de risco de passivo trabalhista e outros riscos/custos jurídicos;
- Inclusão de custos de mão de obra relacionados à hora extra, hora in itinere;
- Inclusão do aumento dos custos com seguros e responsabilidade técnica pela execução dos serviços;
- Aumento dos custos administrativos da empresa estudada que está diretamente relacionado com o aumento do quadro funcional;
- Considerar as variações de custo com mão de obra nas diferentes localizações das PCHs;
- Analisar a relação de escala que a empresa terá com novos empreendimentos onde o número de funcionários não aumentará diretamente pois os colaboradores da sede atenderão esta nova demanda;

REFERÊNCIAS.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 7919-5/1996. Machines set in hydraulic power generating and pumping plants.** ABNT: Rio de Janeiro, RJ.

_____. **NBR 5462:1994. Confiabilidade e Manutenibilidade.** ABNT: Rio de Janeiro, RJ.

_____. **NBR ISO 10816-5/2000. Machines set in hydraulic power generating and pumping plants.** ABNT: Rio de Janeiro, RJ.

ALMEIDA, Eduardo A. Paiva. **A Inovação na Indústria de Energia.** Publicado em 3 de agosto e 2009. Disponível em: < <http://goo.gl/9RXyl> >. Acesso em 20 de abril de 2012.

ALMEIDA, Márcio Tadeu. **Manutenção preditiva: confiabilidade e qualidade.** Disponível em: < <http://goo.gl/ni0KX> >. Acesso em: 20 de agosto de 2012.

_____. **Manutenção preditiva: benefício e lucratividade.** Disponível em: < <http://goo.gl/MZsiE> >. Acesso em: 20 de agosto de 2012.

AMATO NETO, João. **Reestruturação Industrial, Terceirização e Redes de Subcontratação.** Disponível em: < <http://goo.gl/rOHJg> >. Acesso em 22 de agosto de 2012.

ANDRADE, José Sérgio de Oliveria. **Pequenas Centrais Hidrelétricas: Análise das causas que impedem a rápida implantação de um programa de PCH no Brasil.** Universidade Salvador. Salvador, 2006.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de energia elétrica do Brasil.** 3 ed. Brasília, 2008.

_____. **Resolução n. 652,** de 9 de dezembro de 2003. Estabelece os critérios para enquadramento de aproveitamento hidrelétrico na condição de Pequena Central Hidrelétrica (PCH).

_____. **Resolução n. 407**, de 19 de outubro de 2000. Define a sistemática de fixação da potência instalada” para todos os fins de regulação, fiscalização e outorga dos serviços de geração de energia elétrica.

ARATO, Adyles J. **Manutenção Preditiva: usando a análise de vibrações**. São Paulo: Manole, 2004.

BLANCHARD, B.S.; FABRYCKY, W.J. *Systems Engineering and Analysis*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1990.

BRASIL. Ministério do Trabalho. **NR-10: Segurança em instalações e serviços em eletricidade**. 07 de dezembro de 2004.

_____. **NR-33: Segurança e saúde no trabalho em espaços confinados**. 22 de dezembro de 2006.

_____. **NR-35: Trabalho em altura**. 23 de março de 2012.

CAMPOS, Auristela Carvalho; PESSOA, Gerisval Alves. **Terceirização: vantagens e desvantagens para as organizações empresariais**. Disponível em < <http://goo.gl/IGDTP> >. Acesso em 10 de julho de 2012.

JUNQUEIRA, Artur de Andrade; BREMER, Odilon Arthur; BERCHT, Mário; SILVA, Paulo Renato Ferreira. **Informe sobre as PCHs**. Disponível em: < <http://goo.gl/2QUiC> >. Acesso em 07 de janeiro de 2012.

MOREIRA, Urbano F. **Apostila de Organização e Métodos de planejamento e controle da manutenção**. UTFPR. Curitiba, 2011.

MORETO, Laércio. **A Gestão Eficaz de Contratos : Suporte para a Implantação de Terceirização de Serviços – Caso Petrobras – Unidade Espírito Santo**. Dissertação apresentada no Programa de Pós-Graduação da UFSC. Florianópolis, 2000.

PAGNONCELLI, Dernizo. **Terceirização e Parceirização : Estratégias para o Sucesso Empresarial**. Rio de Janeiro, Gráfica JB, 1993.

PINTO, Alan Kardec; XAVIER, Júlio Nascif. **Manutenção: função estratégica**. Rio de Janeiro: QualityMark, 1999. 304p.

SILVA, Fabrício de Carvalho - **Tecnologia PLC: Comunicação através da Rede Elétrica**. Disponível em: < <http://bit.ly/a0g0lk> >. Acesso em 23 de março de 2012.

SILVA, Guilherme Jonas Costa; JAYME JR., Frederico Gonzaga; MARTINS, Ricardo Silveira. **Gasto Público com infraestrutura de transporte e crescimento: uma análise para os estados brasileiros (1986 – 2003)**. Disponível em: < <http://goo.gl/93YcV> >. Acesso em 07 de janeiro de 2012.

SILVA, Guilherme Jonas Costa; FORTUNATO, Wanderson Luiz Lopes. **Infraestrutura e crescimento: uma avaliação do caso brasileiro no período de 1985 – 1988**. Disponível em: < <http://goo.gl/B7GQl> >. Acesso em 17 de março de 2012.

XAVIER, J.N. **Efeitos da Manutenção sobre a Terceirização**. Congresso de Manutenção 2001. Disponível em < <http://goo.gl/nCFrb> <http://www.tecem.com.br/downloads> >. Acesso em 10 de abril de 2012.