



Universidade Federal de Campina Grande

Centro de Engenharia Elétrica e Informática

Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

VICTOR DE PAIVA LOPES

RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO

Campina Grande – Paraíba

Abril de 2011

VICTOR DE PAIVA LOPES

RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO

Relatório de Estágio Integrado submetido à Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências no Domínio da Engenharia Elétrica.

Orientadora:

Professora Núbia Silva Dantas Brito

Campina Grande – Paraíba

Abril de 2011

VICTOR DE PAIVA LOPES

RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO

Relatório de Estágio Integrado submetido à Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências no Domínio da Engenharia Elétrica.

Aprovado em ____ / ____ / _____

Prof.^a Núbia Silva Dantas Brito, UFCG

Orientador

Professor Avaliador
Componente da Banca

Campina Grande – Paraíba

Abril de 2011

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me fortalecido nos momentos de fraquezas e me iluminado pelos caminhos que segui.

À minha família que sempre me apoiou nas escolhas que fiz e principalmente, aos meus pais, pelo suporte financeiro e emocional nos momentos de angústia.

Aos meus amigos, Tiago da Silva Balbino, Manoel Leoemi, Allan Sousa Silva, Antonio Ferreira Lopes Neto, Flávio Roque Bezerra Salvador, José Danilo, Flávio Soares, Alberto Henrique e Edér Alelaf, pelos momentos de alegria e superação vivenciados em minha vida acadêmica.

A José Muniz de Moraes e Ivson Bandeira, pelas orientações profissionais e pela oportunidade de desenvolvimento profissional durante o período de estágio.

A todos os funcionários da BM engenharia, especialmente a Vantuil Junior, com quem tive a honra de trabalhar e que ajudou-me no desenvolvimento de minhas atividades e do meu caráter profissional.

Aos professores e funcionários do Departamento de Engenharia Elétrica, que sempre foram muito solícitos e dispostos a ajudar.

A todos aqueles que não foram citados, mas que de forma direta ou indireta contribuíram substancialmente para o meu aprendizado profissional.

Dedicatória

À minha mãe, *Maria das Graças de Paiva Lopes* e ao meu pai,
Antonio Ferreira Lopes Filho.

APRESENTAÇÃO

O estágio foi realizado na empresa BM Engenharia, prestadora de serviço da AREVAKOBLOITZ, no período 10/10/2010 a 09/02/2011. Foram realizadas atividades relacionadas com a montagem da Pequena Central Hidrelétrica (PCH) Barra da Paciência, localizada na cidade de Açucena, distante cerca de 280 km de Belo Horizonte, capital de Minas Gerais. O empreendimento é de capital privado, sendo a gestão do reservatório de responsabilidade da ERSA S/A, durante um período de 15 anos. A ERSA se comprometeu a gerar energia adequada, atendendo aos requisitos de preservação e impactos ambientais, bem como, como sua manutenção.

Ao final, a capacidade de geração da PCH Barra da Paciência será de 23 MW. A execução da construção civil esteve sob a responsabilidade da ENGEPOL Engenharia Ltda., a montagem dos geradores e turbinas sob a responsabilidade da ANDRITZ, as comportas da tomada d'água e vertedouro sob a responsabilidade da DENGGE e a montagem dos equipamentos da subestação, painéis da casa de força, auxiliares mecânicos, iluminação, sistema de proteção contra descargas atmosféricas e interligação de painéis sob a responsabilidade da AREVAKOBLOITZ.

Apresenta-se neste relatório um resumo das atividades desenvolvidas durante o período de estágio, dando enfoque às atividades relacionadas ao monitoramento das montagens elétricas, acompanhamento de testes nos equipamentos junto à equipe de comissionamento, elaboração de relatórios diários de frentes de montagens, análise dos projetos e acompanhamento administrativo da obra.

SUMÁRIO

1.	Empresas	8
1.1.	BM engenharia	8
1.2.	AREVAKOBLOITZ.....	8
2.	PCH Barra da Paciência	10
2.1.	Casa de força	10
2.1.1.	Geradores elétricos	10
2.1.2.	Turbinas.....	12
2.1.3.	Transformadores auxiliares	13
2.1.4.	Painéis elétricos.....	14
2.1.5.	Gerador diesel	15
2.2.	Subestação.....	16
2.2.1.	Pára-raios.....	16
2.2.2.	Transformador de potencial.....	17
2.2.3.	Transformador de corrente	18
2.2.4.	Disjuntor.....	18
2.2.5.	Chave seccionadora.....	19
2.2.6.	Transformador trifásico.....	20
3.	Atividades desenvolvidas	21
3.1.	Encaminhamentos	21
3.2.	Fixação dos painéis	22
3.3.	Aterramentos	23
3.4.	Lançamento dos cabos	24
3.5.	Interligação dos painéis.....	25
3.6.	Muflas	27
3.7.	Sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA)	28
3.8.	Iluminação.....	29
3.9.	Relatórios e planilhas administrativas.....	30
4.	Conclusão.....	32
5.	Bibliografia	33

1. AS EMPRESAS

Um resumo da empresa onde o estágio foi realizado e da empresa contratante é apresentado a seguir.

1.1. BM ENGENHARIA

A BM Engenharia foi fundada pelos engenheiros Ivson Bandeira e José Muniz de Moraes. Criada em 2007, é uma empresa prestadora de serviços, atuando nos serviços de montagens industrial de PCH, termoeletricas, montagens elétricas de usinas de cana de açúcar e de painéis elétricos.

A BM Engenharia é reconhecida no mercado como sendo uma empresa de montagem industrial e representação comercial em Pernambuco, tendo já prestado serviço as empresas: AREVAKOBBLITZ, ERSA, CHESF, ALUSA Engenharia, Usina JB-PE, SUAPE, dentre outras.

A empresa atuou na montagem da casa de força e subestação das PCH de São Gonçalo - MG, Paiol - MG, São José do Mantimento - MG, Açucena - MG e Santa Fé - MG, além das Usinas Hidrelétricas de Barra de Braúna - MG e São José - RS e da Termoeletrica de Laranjeiras - SE. Na Usina JB-PE atuou na montagem de encaminhamentos e instalações do grupo gerador diesel e equipamentos de manobra.

Na PCH Barra da Paciência, a BM engenharia atuou como contratada da AREVAKOBBLITZ, ficando responsável pela montagem dos encaminhamentos (leitos, eletrocalhas, eletrodutos e perfilados), fixação de painéis elétricos e equipamentos eletromecânicos, aterramentos dos painéis, eletrocalhas e equipamentos, lançamentos e interligação dos cabos de força e de comando da casa de força (CF) e subestação (SE), além de toda a iluminação da PCH.

1.2. AREVAKOBBLITZ

A AREVAKOBBLITZ surgiu através da aquisição de 70% da KOBBLITZ pela multinacional francesa AREVA. A KOBBLITZ teve como fundador o engenheiro Luiz Otávio Kobblitz em 1975. Atualmente o grupo possui fábricas em mais de 40 países e uma rede comercial em

mais de cem países, oferecendo soluções tecnológicas confiáveis para a geração de energia. No Brasil, a AREVAKOBLITZ conta com cerca de 700 funcionários.

A empresa é líder em integração de sistemas para geração e cogeração de energia a partir de fontes renováveis, sendo seu principal negócio o fornecimento de serviços para a construção de centrais termoelétricas e hidrelétricas até 30MW. As fontes mais utilizadas pelos produtores independentes de energia são as pequenas centrais hidrelétricas, usinas de energia térmica abastecidas por biomassa e cogeração com gás natural.

AREVAKOBLITZ produz painéis elétricos de baixa e média tensão e automação em sua unidade de Recife. Na PCH Barra da Paciência, a empresa foi responsável pelo fornecimento e interligação dos painéis da subestação e da casa de força, assim como a montagem dos auxiliares mecânicos, dos auxiliares elétricos e dos sistemas de proteção de descargas atmosféricas (SPDA).

2. PCH BARRA DA PACIÊNCIA

A ERSA S/A possui a concessão de 15 anos para comercializar a energia elétrica produzida pela PCH Barra da Paciência, localizada na porção leste do Estado de Minas Gerais, cerca de 280 km de Belo Horizonte.

O reservatório possui forma alongada de alagamento com extensão longitudinal de 51,2 hectares, entre os municípios de Açucena e Gonzaga. A PCH Barra da Paciência possui potência instalada de 23 MW, sendo composta por tomada d'água com um conduto forçado à casa de força, uma barragem e vertedouro de concreto controlado por comportas fazendo o represamento da água. Na PCH, as comportas da tomada d'água quando abertas, permitirão a passagem de água necessária para o funcionamento dos hidrogeradores pelo conduto forçado. Para interligar o conduto forçado à tomada d'água foi necessário perfurar a montanha.

2.1. CASA DE FORÇA

Apresentam-se a seguir, os componentes eletromecânicos que fazem parte da casa de força da PCH Barra da Paciência.

2.1.1. GERADORES ELÉTRICOS

A PCH Barra da Paciência possui dois geradores síncronos de velocidade constante e frequência sincronizada com a tensão dos terminais, os quais são responsáveis pela conversão de energia mecânica em elétrica (Figura 1).

Um gerador síncrono é constituído por um rotor (parte girante) e por um estator (parte fixa). O rotor é constituído por material ferromagnético envolto em um enrolamento chamado de *enrolamento de campo*, que tem como função produzir um campo magnético constante. A tensão aplicada nesse enrolamento é contínua e a intensidade da corrente suportada por esse enrolamento é muito menor que o enrolamento do estator. O rotor pode conter dois ou mais enrolamentos, sempre em número par e todos conectados em série, sendo cada enrolamento responsável pela produção de um dos pólos do eletroimã. A excitação do rotor é feita através de corrente contínua (CC), onde é estabelecida uma tensão interna no gerador, funcionando como partida do gerador para geração de tensão alternada (CA).



(a)

(b)

Figura 1. (a) Vista superior do gerador (b) Gerador acoplado a turbina.

Apresentam-se a seguir, informações técnicas dos geradores.

- Nº de unidades geradoras: 2;
- Potência instalada bruta (kW): 11.500 kW;
- Tipo de ligação do estator: Y;
- Tipo de excitação: *brush-less*;
- Número de fases: 3;
- Número de pólos: 12;
- Rendimento: 97%;
- Sentido da rotação: horário;
- Potência aparente nominal: 12.800 kVA;
- Tensão nominal: 13.8 kV;
- Corrente nominal: 535,5 A;
- Fator de potência: 0.9;
- Frequência: 60 Hz;
- Rotação: 600 rpm;
- Fabricante: WEG;

A PCH Barra da Paciência possui ainda, um transformador de serviços auxiliares, o qual é utilizado para alimentar as cargas do processo da central hidrelétrica, tais como: alimentação de painéis, determinados motores, etc.

2.1.2. TURBINAS

Na PCH Barra da Paciência as turbinas são horizontais e do tipo Francis, que são adequadas para operar entre quedas de 40 até 400 m (Figura 2). No caso desta PCH, a queda possui em torno de 65 m.



(a)



(b)

Figura 2. (a) Turbina horizontal tipo Francis (b) Conduto forçado.

O princípio de funcionamento das turbinas Francis pode ser descrito de forma resumida assim:

- A água entra pela tomada d'água na montante da usina hidrelétrica que está num nível mais elevado.
- Em seguida, a água é levada através de um conduto forçado até a entrada da turbina.
- A água então passa por um sistema de palhetas (distribuidor) guias móveis que controlam a vazão volumétrica fornecida à turbina.
- Para aumentar a potência, as palhetas se abrem.
- Para diminuir a potência, as palhetas se fecham.
- Após passar pelo rotor, um duto chamado tubo de sucção, conduz a água até a parte de jusante da casa de força, no nível mais baixo.

As turbinas hidráulicas podem ser montadas com o eixo no sentido vertical ou horizontal. Os esforços oriundos do peso próprio e da operação da máquina são suportados por mancais, sendo que o arranjo e quantidade de mancais podem variar em cada projeto.

A potência(W) de uma turbina pode ser calculada pela seguinte expressão:

$$P = \rho Q H g \eta \quad (1)$$

Sendo: ρ a densidade da água em (kg/m^3), Q a vazão d'água que atravessa a turbina em (m^3/s), H a altura da queda d'água em (m) e η , a eficiência total da turbina em (p.u.), ou seja: fração da energia total da fonte de energia primária (água) que é convertida em energia útil (potência de eixo).

2.1.3. TRANSFORMADORES AUXILIARES

A PCH Barra da Paciência possui dois transformadores auxiliares, os quais se localizam na parte interna da Casa de Força e são supridos pelos geradores da central hidroelétrica, através de derivações dos cabos das fases isoladas que interligam os geradores aos transformadores auxiliares (Figura 3).

Esta derivação é para dois transformadores a seco de serviços auxiliares, que transformam a tensão de geração de 13,8 kV para a tensão de 380 V, com potência nominal de 150 kVA, suprindo toda a carga dos serviços auxiliares da central hidroelétrica.



(a)



(b)

Figura 3. (a) e (b) Transformador Auxiliar.

Apresentam-se a seguir, informações técnicas dos transformadores auxiliares.

- Norma ABNT: NBR 10295/88;
- Transformador tipo a seco;
- Tipo de ligação: Δ -Y;
- Potência nominal: 150 kVA;
- Número de fases: 3;
- Impedância a 115°C: 6%;
- Classe de materiais: F;

- Frequência: 60 Hz;
- Classe de isolamento: AT 15 kV; BT 1 kV;
- Tensão aplicada: AT 34 kV; BT 4 kV;
- Impulso atmosférico: AT 95 kV;
- Tensão: AT 13,8 kV; BT 380/220 V;
- Corrente: AT 6,3 A; BT 228 A.

2.1.4. PAINÉIS ELÉTRICOS

Os painéis elétricos possuem os dispositivos de proteção e controle dos equipamentos da PCH. Os transformadores auxiliares alimentam os quadros de distribuição CCM-GA e CCM-GB com tensão de 380 V, que passa a distribuir alimentação para os principais painéis e equipamentos de corrente alternada, tais como: compressores, bombas de drenagem e esvaziamento, unidades hidráulicas de lubrificação e regulação, motores de abertura e fechamento das comportas da tomada d'água e vertedouro, válvula borboleta, bombas de óleo e resfriamento das unidades geradoras, e os quadros de iluminação.

Na PCH Barra da Paciência, existem dois quadros de distribuição de corrente, o QDCA (corrente alternada) e o QDCC (corrente contínua), sendo este último fornecendo 125 Vcc aos equipamentos da casa de força. Existe ainda, o painel retificador/carregador de baterias microprocessado na sala de bancos de baterias, conectado a 10 baterias, as quais possuem autonomia de 12 horas de fornecimento de corrente contínua, em caso de falha da alimentação normal.

Apresentam-se a seguir, informações técnicas dos painéis da casa de força.

- QPC-U1: Quadro de proteção da unidade 1;
- QPC-U2: Quadro de proteção da unidade 2;
- QPC-L1: Quadro de proteção da linha 1;
- QPC-L2: Quadro de proteção da linha 2;
- QPC-G: Quadro de proteção geral;
- PNMED-1: Painel de medição 1;
- PNMED-2: Painel de medição 2;
- Painel da Rede Lógica;
- PNSEC-TR1: Painel de Seccionamento do trafo 1;
- PNSEC-TR2: Painel de Seccionamento do trafo 2;
- PNGMT-G1: painel de isjunção de força do gerador 1;

- PNGMT-G2: painel de disjunção de força do gerador 2;
- PNDMT: painel de distribuição de média tensão, cubículos para os TP e TC;
- PNAT-U1: Painel de aterramento da unidade 1;
- PNAT-U2: Painel de aterramento da unidade 2;
- PNSFT-U1: Painel de surto e fechamento do neutro da unidade 1;
- PNSFT-U2: Painel de surto e fechamento do neutro da unidade 2;
- PNDBT-TA: Painel de distribuição de baixa tensão da tomada d'água;
- QDL-SE: Quadro de iluminação da Subestação;
- QDL-CF: Quadro de iluminação da Casa de Força;
- RT-U1: Regulador de tensão da unidade 1;
- RT-U2: Regulador de tensão da unidade 2;
- RV-U1: Regulador de velocidade da unidade 1;
- RV-U2: Regulador de velocidade da unidade 2;

2.1.5. GERADOR DIESEL

Na PCH Barra da Paciência, O CCM-GA está interligado a um gerador acionado por motor a diesel, de 450 kVA, 1800 rpm e 380 V na saída, fabricado pela Cummins Power Generation (Figura 4). O barramento do gerador foi projetado de forma a operar em paralelo com a saída do barramento dos transformadores dos serviços auxiliares, sendo acionado automaticamente ou através da sala de controle (quando da ocorrência de falta ou falha de fornecimento da alimentação normal).

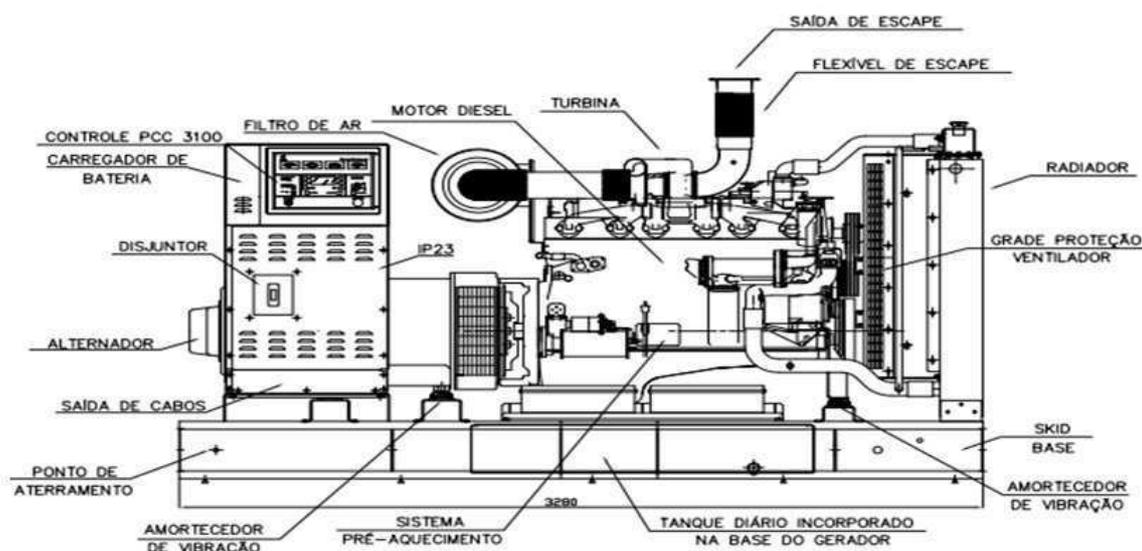


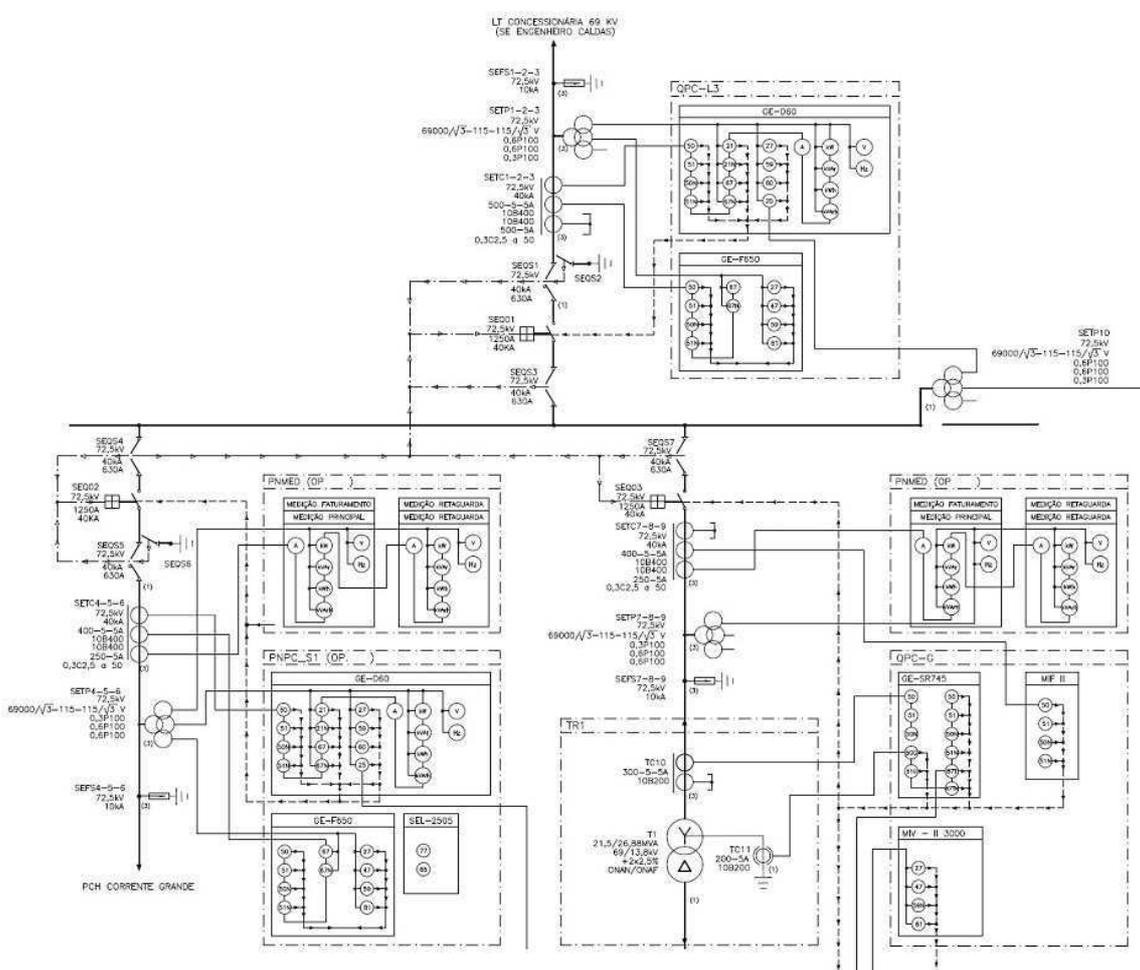
Figura 4. Grupo Gerador Diesel da Casa de Força

Fonte Cumins Power Generation (2009)

2.2. SUBESTAÇÃO

A subestação da PCH Barra da Paciência é do tipo convencional com um barramento de entrada, proveniente da PCH Corrente Grande. Possui um barramento de transferência aéreo, interligando as linhas de transmissão de Corrente Grande ao transformador elevador e um barramento de saída para a subestação Engenheiro Caldas (Figura 5).

O arranjo físico da subestação ocupa uma área de aproximadamente 2000 m², sendo composta por: pára-raios, transformador de potência, transformador de corrente, chave seccionadora, disjuntor e transformador de força trifásico.



nominal de 120 kV, localizados na entrada das linhas de transmissão (Figura 6). Os pára-raios são acompanhados de contadores de descargas (instrumento utilizado para registrar a ocorrência e a intensidade das descargas que o atravessam).



Figura 6. Foto dos pára-raios.

2.2.2. TRANSFORMADOR DE POTENCIAL

Transformador de potencial (TP) é um transformador para instrumento, cujo enrolamento primário é ligado em derivação com o circuito e cujo enrolamento secundário se destina a alimentar instrumentos elétricos de medição, proteção ou controle. A PCH Barra da Paciência possui nove TP do tipo indutivo, com tensão máxima de 72,5 kV, sendo dois usados para medição (Figura 7).



Figura 7. Foto de um TP.

2.2.3. TRANSFORMADOR DE CORRENTE

Transformador de corrente (TC) é um transformador para instrumento, cujo enrolamento primário é ligado em série com o circuito e cujo enrolamento secundário se destina a alimentar instrumentos elétricos de medição, proteção ou controle. Esses tipos de transformadores, segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), se subdividem em duas classes: classe A, que apresenta alta impedância interna e classe B, que apresenta baixa impedância interna.

A PCH Barra da Paciência possui TC dos dois tipos, totalizando 10, sendo dois deles usados para medição e os demais para proteção.



Figura 8. Foto de um TC.

2.2.4. DISJUNTOR

Os disjuntores são os principais equipamentos de segurança de um sistema elétrico. Possuem capacidade de abertura e fechamento que deve atender a todos os pré-requisitos de manobra sob condições normais e anormais de operação. Um disjuntor é composto de três pólos separados. Na parte inferior, um disjuntor apresenta um mecanismo em um compartimento de liga metálica e na parte superior encontra-se a unidade de interrupção, que corresponde a uma câmara de gás Hexafluoreto de Enxofre (SF₆).

A PCH Barra da Paciência possui três disjuntores, montados em estruturas metálicas (Figura 9).



Figura 9. Foto de um disjuntor.

2.2.5. CHAVE SECCIONADORA

As chaves seccionadoras são dispositivos destinados a isolar equipamentos, zonas de barramento ou trechos de linhas de transmissão. Elas são operadas sem carga, embora possam ser operadas sob tensão.

A PCH Barra da Paciência possui seccionadoras horizontais, apoiadas sobre as jabaquaras com a função de isolação dos disjuntores (Figura 10). Elas são de abertura central, ou seja, composta de duas colunas rotativas de isoladores. Das cinco seccionadoras horizontais, duas possuem lâmina de terra (opera única e exclusivamente quando a seccionadora está aberta, provocando o aterramento das linhas de transmissão, quando necessário). O processo de montagem de uma seccionadora pode ser resumido assim: montagem propriamente dita, fixação das seccionadoras, regulagem (os contatos dos pólos devem operar simultaneamente sem provocar esforços adicionais aos motores de acionamento automático) e travamento dos mancais (evita que apareçam folgas nas articulações).



Figura 10. Foto de uma seccionadora.

2.2.6. TRANSFORMADOR TRIFÁSICO

A PCH Barra da Paciência possui um transformador do tipo elevador (13,8/69KV) com potência de 21,5 MVA, o qual possui pára-raios (Figura 11). O transformador é um equipamento de operação estática, que por meio de indução eletromagnética, transfere energia de um circuito (primário) para um ou mais circuitos denominados (secundário e terciário).

Para adequar a relação de tensão às condições do sistema, o transformador possui um enrolamento especial com derivações. A relação de tensão pode ser alterada através de um comutador em vazio (com o transformador desenergizado) ou por um comutador de derivação em carga (com o transformador energizado). Acionamentos motorizados são usados para operar os comutadores, possibilitando comando local ou à distância, inclusive com controle automático de tensão.

A eficiência da refrigeração é um fator fundamental que determina a segurança operacional e o tempo de vida de um transformador. O sistema utilizado com maior frequência em unidades menores é a refrigeração natural (ONAN), na qual o calor é absorvido pelo óleo e dissipado no ar através de radiadores. No sistema ONAN/ONAF (OA/FA ou OA/FA/FA) os radiadores são adicionalmente refrigerados por meio de ventiladores. O sistema de refrigeração pode também consistir de bancos de radiadores separados ou com trocador óleo/água (OFWF ou FOW). A refrigeração pode ainda ser incrementada por meio do fluxo direcionado do óleo (ODAF ou ODWF).



Figura 11. Foto do transformador elevador.

3. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

Durante o estágio foram realizadas atividades administrativas (controle de marcação do ponto, demissão e admissão de funcionários, elaboração de relatórios e pedido de material), de monitoramento e coordenação das tarefas desempenhadas em campo pela empresa, as quais seguem projetos fornecidos pelo construtivo da PCH, com fiscalização da empresa contratante. Apresenta-se a seguir um resumo das atividades realizadas.

3.1. ENCAMINHAMENTOS

Durante o estágio foram realizadas atividades denominadas de *encaminhamentos*, que são os caminhos onde os condutores elétricos são percorridos e cujo dimensionamento deve ser feito de forma a suportar a quantidade de cabos que irá conter. Os encaminhamentos, sob responsabilidade da BM Engenharia, foram os de estruturas metálicas ou polimerizadas.

Na PCH Barra da Paciência foram construídos encaminhamentos do tipo: leito, perfilados, eletrocalha e eletroduto. Tomou-se como referência o arranjo elétrico fornecido pelo construtivo e a troca térmica entre os condutores e ambiente, assim como a interferência eletromagnética dos mesmos.

Os do tipo leito foram utilizados na montagem dos encaminhamentos da Casa de força, os quais foram usados para passagem de cabos de Média Tensão (MT).

Os do tipo perfilado foram utilizados para passagem de cabos singelos da iluminação e cabos de fibra ótica.

As eletrocalhas foram utilizadas para cabos de comando, de baixa tensão, cabos de instrumentação, cabos de corrente contínua e cabos dielétricos, dispostas de forma a não sofrerem tração brusca e aquecimento por meio de outros cabos. Para isso, utilizou-se um septo-divisor para separar os cabos de alimentação dos demais.

Os eletrodutos utilizados para a Casa de Força foram do tipo galvanizado e de uma polegada, para Subestação foram do tipo galvanizado e de PVC de 2 polegadas.

Apresentam-se na Figura 12, fotos dos encaminhamentos usados.

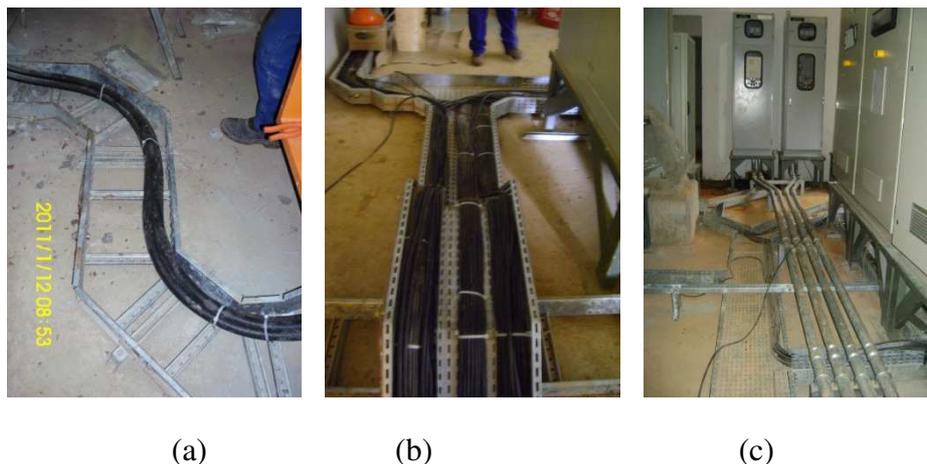


Figura 12. (a) Leito para cabos de média tensão. (b) Eletrocalha para cabos de comando e baixa tensão. (c) Perfilado e eletroduto.

3.2. FIXAÇÃO DOS PAINÉIS

Durante o estágio foram feitas fixação dos painéis, atividade necessária para evitar que os painéis sofram tombamentos, haja vista o custo elevado, localização em pontos adversos e manuseio correto. Os painéis fornecidos pela AREVAKOBLITZ foram fixados conforme apresentados no projeto, fazendo-se uso de chumbadores e peças de perfilados preparadas no local. O transporte dos painéis aos seus devidos lugares dentro da casa de força foi feito através de uma ponte rolante.

Apresenta-se na Figura 13, foto de um painel fixado.



Figura 13. Foto de um painel fixado.

3.3. ATERRAMENTOS

Durante o estágio foram feitos aterramentos das estruturas metálicas, o qual deve ser feito de modo a garantir a integridade física dos operadores e interligadores. O aterramento deve ser contínuo, pois à medida que os painéis são interligados eles são logo em seguida energizados, para em seguida se fazer seu comissionamento. Foram feitos aterramentos dos painéis, dos equipamentos, das carcaças dos motores, dos encaminhamentos metálicos e dos cabos blindados.

A blindagem dos cabos foi aterrada em uma das suas extremidades para servir de referência de atuação para o sistema de proteção, uniformizar o campo e reduzir as perdas devido aos comprimentos dos mesmos.

Para aterrar os painéis, os encaminhamentos metálicos, a cerca e os equipamentos da subestação, foram utilizados cabos de cobre nu de 70mm^2 , 35mm^2 , 6mm^2 e 10mm^2 , interligando todos os aterramentos à malha de terra.

Apresenta-se na Figura 14 uma foto de alguns dos aterramentos realizados.



(a)

(b)

Figura 14. Aterramento da (a) eletrocalha na Casa de Força e da (b) chave seccionadora na Subestação.

O aterramento na subestação dos equipamentos à malha de terra e nas caixas de inspeção, onde a malha de terra era conectada a uma haste de cobre, foi feito através de solda exotérmica (Figura 15).



Figura 15. Solda Exotérmica (a) Caixa de Inspeção. (b) Transformador da subestação.

3.4. LANÇAMENTOS DE CABOS

A principal atividade desenvolvida no estágio consistiu em acompanhar o corte e lançamento dos cabos. Essa é atividade que consome muito tempo, pois depende da sua área de secção e comprimento, um grande contingente de pessoas deve ser deslocado.

Na PCH Barra da Paciência, essa atividade era realizada por apenas dois funcionários. A planilha de lançamento de cabos era fornecida pela AREVAKOBLITZ, na qual havia:

- Tag do cabo, número que identifica o cabo e seu painel de origem;
- Painel ou equipamento de origem do cabo;
- Painel ou equipamento de destino do cabo;
- Tipo, bitola do cabo e isolamento;
- Comprimento do cabo, medido pelo projeto e real (neste caso, quem media era a BM Engenharia);
- Observação, as vezes vinha informando a finalidade do cabo.

Apresenta-se na Tabela 1 uma planilha de lançamento de cabos usada na PCH Barra da Paciência.

O corte dos cabos exigia atenção redobrada, em particular aos cabos de Média Tensão, devido ao seu custo elevado e porque a empresa contratante fornecia os cabos com comprimento aproximadamente exato.

A arrumação dos cabos de média tensão era feita em forma de um trifólio, devido as correntes elevadas que circulam entre as fases. Essa etapa tinha como objetivo manter o equilíbrio das induções mútuas entre as fases (Figura 16).

CLIENTE		CONTRATADA			
ER SA - ENERGIAS RENOVÁVEIS S.A. PCH BARRA DA PACIÊNCIA					
Nº CLIENTE 1237	Nº CONTRATADA	Nº AREVA KOBLITZ 1237-13F-021F-0203		REV. 00	FOLHA 01 / 01
APLICAÇÃO CASA DE FORÇA E SUBESTAÇÃO				OP 9378	

LISTA DE CABOS DE COMANDO/ INSTRUMENTAÇÃO

TAG	ORIGEM	DESTINO	SEÇÃO NOMINAL (mm²)	ISOLAÇÃO	LANÇE (m)		OBSERVAÇÃO
					PROJETO	REAL	
C9353-01	QPC-U1 (OP-9353)	PNGMT-G1 (OP-9347)	3x2,5mm²	0,6/1kV	30		
C9353-02	QPC-U1 (OP-9353)	PNDMT (OP-9345)	3x2,5mm²	0,6/1kV	30		
C9353-03	QPC-U1 (OP-9353)	PNGMT-G1 (OP-9347)	4x4,0mm²	0,6/1kV	30		
C9353-04	QPC-U1 (OP-9353)	PNGMT-G1 (OP-9347)	4x4,0mm²	0,6/1kV	30		
C9353-05	QPC-U1 (OP-9353)	PNGMT-G1 (OP-9347)	2x4,0mm²+SH	0,6/1kV	30		
C9353-06	QPC-U1 (OP-9353)	FNAT-G1 (OP-9351)	2x2,5mm²	0,6/1kV	46		
C9353-07	QPC-U1 (OP-9353)	FNST-U1 (OP-9349)	4x4,0mm²	0,6/1kV	46		
C9353-08	QPC-U1 (OP-9353)	REGULADOR DE TENSÃO U1 PAINEL REMAX	3x2,5mm²	0,6/1kV	50		
C9353-09	QPC-U1 (OP-9353)	REGULADOR DE TENSÃO U1 PAINEL REMAX	4x4,0mm²	0,6/1kV	50		
C9353-10	QPC-U1 (OP-9353)	REGULADOR DE TENSÃO U1 PAINEL REMAX	2x4,0mm²	0,6/1kV	50		
C9353-11	QPC-U1 (OP-9353)	REGULADOR DE VELOCIDADE U1 PAINEL VATEQH	3x1,5mm²	0,6/1kV	40		
C9353-12	QPC-U1 (OP-9353)	REGULADOR DE TENSÃO U1 PAINEL REMAX	3x1,5mm²	0,6/1kV	50		

Tabela 1. Planilha de lançamento de cabos elétricos.



Figura 16. Trifólio dos cabos de média tensão.

3.5. INTERLIGAÇÃO DE PAINÉIS

Durante o estágio foram realizadas atividades de interligação de painéis, a qual é feita após o lançamento dos cabos para os seus respectivos painéis, equipamentos e gerador diesel. Concluída a etapa de lançamento dos cabos, o electricista começa o processo de decapagem e preparação da ponta de conexão do cabo. Em seguida, mediante o uso da planilha de interligação fornecida pela AREVA KOBLITZ, o electricista começa a interligar os cabos aos bornes que se encontram dentro do painel. Esta planilha de interligação possui as seguintes informações:

- Tag do cabo, número que identifica o cabo e seu painel de origem;
- Painel ou equipamento de origem do cabo;

- Identificação onde cada veia do cabo irá ser conectada ao borne;
- Tipo, bitola do cabo e isolamento;
- Painel ou equipamento de destino do cabo;
- Identificação onde cada veia do cabo irá ser conectada ao borne ;
- Observação, as vezes informando a finalidade do cabo.

Apresenta-se na Tabela 2 uma planilha de interligação usada na PCH Barra da Paciência.

CLIENTE ERSA - ENERGIAS RENOVÁVEIS S.A. PH BARRA DA PACIENCIA		CONTRATADA				
Nº CLIENTE 1237		Nº CONTRATADA				Nº AREVA KOBLITZ 1237.13F-021B-0208
APLICAÇÃO CASA DE FORÇA		PROJETO UHR U1		OP 9355		REV. 00 FOLHA 01/01

PLANILHA DE INTERLIGAÇÃO

ORIGEM EQUIPAMENTO	BORNE	VEIA	CABO TAG / SEÇÃO NOMINAL	VEIA	BORNE	DESTINO EQUIPAMENTO	OBSERVAÇÃO
OPC-U1 (OP-9353)	PIX12-9	1	C9353-32/4x1,5mm²	1	X3-42	UHR U1 UNIDADE HIDRÁULICA DE REGULAÇÃO	Nível de Óleo muito baixo(TRIP), pressão muito baixo
	PIX12-10	2		2	X3-43		
	PIX12-11	3		3	X3-16		
	PIX12-12	4		4	X3-17		
OPC-U1 (OP-9353)	PIX12-13	1	C9353-33/4x1,5mm²	1	X3-18	UHR U1 UNIDADE HIDRÁULICA DE REGULAÇÃO	TEMPERATURA MUITO ALTA! NIVEL ÓLEO ALARME ALTO
	PIX12-14	2		2	X3-19		
	PIX12-15	3		3	X2-9		
	PIX12-16	4		4	X2-10		
OPC-U1 (OP-9353)	PIX12-17	1	C9353-54/2x1,5mm²	1	X2-08	UHR U1 UNIDADE HIDRÁULICA DE REGULAÇÃO	Comando shutdown valve (Desenergizar) PSV0224NA
	PIX12-18	2		2	X2-07		
OPC-U1 (OP-9353)	PIX12-21	1	C9353-55/2x1,5mm²	1	X2-6	UHR U1 UNIDADE HIDRÁULICA DE REGULAÇÃO	VALV. RETENÇÃO BORBOLETA - FECHAMENTO
	PIX12-22	2		2	X2-5		
OPC-U1 (OP-9353)	PIX12-25	1	C9353-56/2x1,5mm²	1	X2-4	UHR U1 UNIDADE HIDRÁULICA DE REGULAÇÃO	VALV. BY PASS ABERTURA -FECHAMENTO
	PIX12-26	2		2	X2-3		
OPC-U1 (OP-9353)	PIX12-27	1	C9353-83/4x1,5mm²	1	X3-44	UHR U1 UNIDADE HIDRÁULICA DE REGULAÇÃO	BOMBA 1, 2 FUNCIONANDO, VALV. EMERG. ABERTA - JUMPEAR BORNE X3-44 COM BORNES X3-45, XX
	PIX12-28	2		2	X3-45		
	PIX12-29	3		3	X3-47		
	PIX12-30	4		4	X3-7		
OPC-U1 (OP-9353)	PIX12-31	1	C9353-84/2x1,5mm²	1	X2-11	UHR U1 UNIDADE HIDRÁULICA DE REGULAÇÃO	NIVEL OLEO ALARME BAIXO
	PIX12-32	2		2	X2-12		

Tabela 2: Planilha de Interligação do Quadro Proteção e controle da unidade 1.

Dependendo do tipo de cabo e do mecanismo no qual serão interligados, terminais de compressão tipo olhal, agulha e garfo são usados. Em seguida, faz-se um corte no cabo de forma a se obter um acabamento dos chicotes formados dentro dos painéis com auxílio de fitas Helliman. Os cabos interligados são postos com sua identificação, tag, e anilhas, de modo que se possa observar a origem e o destino do cabo (Figuras 17, 18, 19 e 20).



Figura 17. Terminal tipo olhal e anilhas nos cabos.



Figura 18. Tag's usados na identificação dos cabos.



Figura 19. Disposição dos cabos interligados nos painéis.

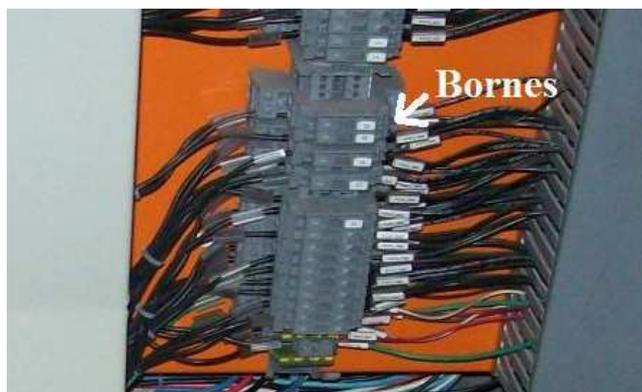


Figura 20. Cabos interligados aos bornes nos painéis.

3.6. MUFLAS

Durante o estágio foram realizadas atividades referentes à instalação de mufla elétrica, que é a terminação dos cabos de alta e média tensão, aplicada onde existe uma transição do tipo de isolamento. A rigor deve existir uma mufla em cada ponto de mudança de tipo

de isolamento, mas na maioria das vezes a mufla está em uma transição de isolamento sólido (ou líquido) para ar. As Muflas são projetadas para se fazer a impermeabilização no ponto de término do isolamento, evitando assim a entrada de umidade, que também pode danificar o cabo naquele ponto. Esses cabos possuem uma blindagem que deve ser conectada a malha de terra.

Também se chama mufla ao tipo de isolamento aplicado em conexões de alta tensão em transformadores. Neste caso, ela tem uma cobertura metalizada e um revestimento isolante que reduzem o risco de ruptura do dielétrico, principalmente em conexões subterrâneas.

Na PCH Barra da Paciência a BM ficou responsável por fazer as muflas nas terminações dos cabos de Média Tensão (MT).

3.7. SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS (SPDA)

Durante o estágio foram realizadas atividades referentes à instalação de SPDA. A proteção contra descargas atmosféricas é fundamental em instalações elétricas, de tal forma que as dimensões da instalação são função da área de proteção dos equipamentos destinados a fazer a captação das possíveis descargas elétricas. Na subestação da PCN, a proteção contra descargas atmosféricas é feita por meio dos captosres Franklin instalados nos pórticos de entrada e no poste localizado atrás do transformador de potência (Figura 21).



(a)



(b)

Figura 21. Captosres Franklin: (a) pórtico de entrada, (b) poste atrás do Transformador.

A instalação dos captosres foi feita por um eletricista e um auxiliar, devidamente equipados com os equipamentos de segurança. Eles foram conduzidos, através de uma gaiola controlada por um *munk*, até as extremidades dos postes para fixar o apoio para mastro e o suporte porta bandeira, no qual vai ser encaixado e fixo um eletroduto de ferro galvanizado a fogo com o captor Franklin conectado em sua extremidade. Após a fixação da estrutura do SPDA, os cabos guias foram lançados (cabos de aço de 35 mm²), interligando os postes por meio de grampos de tensão fixos aos parafusos olhais por meio de manilhas. A interligação com a malha de terra foi feita por meio de cabos de cobre nu de 70 mm², passando de forma linear pelos orifícios dos anéis e dos postes.

3.8. ILUMINAÇÃO

Durante o estágio foram realizadas atividades referentes à iluminação. Inicialmente, colocou-se a iluminação na subestação, a qual foi composta por dez refletores com lâmpadas de vapor de sódio e potência de 400 W, sendo oito delas fixadas na lateral da subestação e as outras duas, no poste atrás do transformador (Figura 22).



(a)



(b)

Figura 22. Iluminação: (a) lateral, (b) poste atrás do transformador.

Na casa de força, iniciou-se a iluminação pelos refletores externos e logo após, os refletores na elevação 271m e nas demais salas. Os refletores externos eram compostos por quatro unidades do mesmo tipo da subestação: dois na lateral, um na frente e um na parte de trás.

Na elevação 271m foram utilizados quatro refletores de vapor de sódio com 400 W e lâmpadas de emergência. Os refletores foram postos próximos à escada que dá acesso, entre os geradores e na outra extremidade da elevação. Os refletores foram instalados

junto com as lâmpadas de emergência, que possuem autonomia de duas horas em caso de falha na iluminação normal.

Nas salas onde se encontram os painéis foram utilizadas luminárias com calhas refletoras e lâmpadas de emergência do mesmo tipo usado na elevação 271m. Conforme a distância e cargas distribuídas nos circuitos, foram utilizados cabos de 10 mm², 6 mm², 4 mm² e de 2 mm².

3.9. RELATÓRIOS E PLANILHAS ADMINISTRATIVAS

Durante o estágio foram realizadas atividades de elaboração de relatório, cujo objetivo foi familiarizar o estagiário com os serviços realizados na obra. Os relatórios realizados foram do tipo:

- Registro diário de obra: relatório preenchido conforme as atividades realizadas no dia na Subestação e na Casa de Força, informando se as atividades estão em andamento e ou se foram concluídas. Neste relatório são colocados como observação falta de material e paralisação das frentes de serviços devido ao desligamento de energia ou atraso por não conformidade do projeto.
- Solicitação de serviço fora de escopo: informa os serviços realizados na obra que não estavam no escopo. Serve como documento para solicitação de aditivos de atividades extra-contrato.
- Relatório de retrabalho: relatório feito após a conclusão do serviço, conforme o projeto. Ao final, os supervisores e coordenadores solicitam refazer o serviço de outra forma, independente do motivo. Serve como documento para solicitação de aditivos.
- Relatório de andamento da obra: relatório feito em conjunto com o engenheiro. Constitui-se em uma forma dos diretores da empresa acompanharem o andamento da obra, podendo definir junto com o engenheiro as frentes de serviços e cobrar corretamente a empresa contratante.

Os registros diários de obra (RDO's) constam os funcionários presentes no dia, assim como os horários de entrada e saída e as atividades realizadas. Uma cópia desses relatórios é entregue à empresa contratante. Apresentam-se na Figura 23, exemplos dos relatórios elaborados durante o estágio.

 REGISTRO DIÁRIO DE OBRA		DATA				
CLIENTE PCH – Barra da Paciência (AvevaKobiltz)		15/12/10				
LOCAL Engenheiro de Campo		UF MG				
DT	NOME DO FUNCIONÁRIO	FUNÇÃO	MANHÃ	TARDE	NOITE	TOTAL DE HORAS
	Leandro	Aux. Eletricista	7:30 12:30 13:30 17:30			
	Fábio José	Yac. Sup. Trabalho	7:30 12:30 13:30 17:30			
	José Cosmo	Eletricista	7:30 12:30 13:30 17:30			
	Vantuil Junior	Eng. Eletricista	7:30 12:30 13:30 17:30			
	Victor de Paiva	Estagiário de eng	7:30 12:30 13:30 17:30			
	Alexandre	Eletricista	7:30 12:30 13:30 17:30			
	Roberto	Encarregado de Mont	7:30 12:30 13:30 17:30			
	Galidêncio	Eletricista	7:30 12:30 13:30 17:30			
	José Carlos	Encarregado de Mont	7:30 12:30 13:30 17:30			
	José Paulo	Eletricista	7:30 12:30 13:30 17:30			
	Belmiro	Soldador / Montador	7:30 12:30 13:30 17:30			
	Nicanor	Eletricista	7:30 12:30			
	Claudio	Eletricista	7:30 12:30 13:30 17:30			
	Edson	Aux. Eletricista	7:30 12:30 13:30 17:30			
	Irineu	Aux. Eletricista	7:30 12:30 13:30 17:30			
	Brenner	Aux. Eletricista	7:30 12:30 13:30 17:30			
	Edison	Eletricista	7:30 12:30 13:30 17:30			
	Rafael	Aux. Eletricista	7:30 12:30 13:30 17:30			
	Gonzaga dos Santos	Eletricista	7:30 12:30 13:30 17:30			
RELATORIO DOS SERVIÇOS						
ITEM	DESCRIÇÃO	OBSERVAÇÃO/EFFICAZIAÇÃO				
Casa de força						
01	Montagem do Septo divisor e das tampas da caixa do motor do Gerador principal					
02	Levantamento das medidas dos cabos que ainda falta da unidade 1					
03	Interligação do CCM-GA e CCM-GB					
04	Interligação dos cabos do QDCA e QDCC, do regulador de velocidade e de tensão da unidade 2					
05	Arumação e Passagem dos cabos.					
06						
07						
Subestação						
01	Corte e passagem dos cabos;					
02	Foi dado continuidade no aterramento da cerca					
03						
04						
VISTO DO RESPONSÁVEL TÉCNICO		VISTO DO CLIENTE				
						
BM-001 Rev. 00		15/11/2007				

(a)



Engenharia

1- INTRODUÇÃO

O presente relatório reporta os retrabalhos executados na obra PCH BPA, localizada no município de Açucena, no estado de Minas Gerais, referente ao dia 12/01/2011.

2- PRINCIPAIS SERVIÇOS EXECUTADOS NA SUBESTAÇÃO

PRINCIPAIS ATIVIDADES EXECUTADAS	
1) Alteração do septo-divisor na eletrocalha da Unidade 1	3x Alterado
2) O supervisor da obra Fábio, mandou que a eletrocalha ficasse posicionada afastada da parede, mas ela acabou ficando no local do contra-piso do conduto	1x Alterado

FIGURA 01



FIGURA 02



Rua Professor Avertano Rocha, 198,
 Torres – Recife/PE, CEP-50760-100, Tel - 3446-8543
 Email: edson.bandiera@bmeng.com.br, jose.muniz@bmeng.com.br

(b)

Figura 23. Relatórios de: (a) registro diário das atividades (b) solicitação de serviços fora de escopo.

A planilha administrativa usada foi a planilha de pontos, na qual constam os nomes dos funcionários, as datas, os horários de entrada e saída de cada um, as horas extras e as faltas. Com relação as datas, a planilha de ponto começa do dia 16 do mês anterior e termina no dia 15 do mês subsequente. As horas extras são computadas da seguinte forma: 60% de segunda a sábado e 100% nos domingos e feriados.

4. CONCLUSÃO

A realização do estágio integrado na PCH Barra da Paciência foi de fundamental importância para a minha formação profissional, visto que foi possível aliar os conhecimentos teóricos adquiridos ao longo do período acadêmico com os conhecimentos práticos. Fazendo parte de uma equipe multidisciplinar, tive a oportunidade de interagir com profissionais da área de segurança do trabalho, engenheiros mecânicos, civis e eletricitista, os quais possuem larga experiência no mercado, além de conhecer equipamentos de alta tecnologia.

Ao final, pude desenvolver: relações interpessoais, atividades relacionada à coordenação e liderança de grupo e aprendizado na ação de tomada de decisão. A expectativa é que o aprendizado obtido no estágio possa servir de subsídio na competitividade do mercado de trabalho.

5. BIBLIOGRAFIA

JOÃO MAMEDE FILHO. Manual de Equipamentos Elétricos, 3ª edição, Editora LTC, 2005.

JOÃO MAMEDE FILHO. Instalações Elétricas Industriais, 7ª edição, Editora LTC, 2007.

HELIO CREDER. Instalações Elétricas, 14ª edição, Editora LTC, 2000.

SILVERIO VISACRO FILHO. Aterramentos Elétricos, 1ª edição, Editora Artliber, 2002.