



**Universidade Federal de Campina Grande**

**Centro de Engenharia Elétrica e Informática**

**Curso de Graduação em Engenharia Elétrica**

**LEANDRO LOPES DE AZEVEDO FREIRE**

## **RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO**

Campina Grande, Paraíba  
Novembro de 2012

**LEANDRO LOPES DE AZEVEDO FREIRE**

## 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.*

Orientador:

Professor Karcus M. C. Dantas, D. Sc.

Campina Grande, Paraíba  
Novembro de 2012

## **Dedicatória**

À minha mãe, *Ana Maria Lopes de Azevedo Freire* e  
ao meu pai, *João de Azevedo Freire*.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Ana Maria e João Azevedo por terem se esforçado tanto para me proporcionar uma boa educação, por ter me alimentado com saúde, força e coragem, as quais que foram essenciais para superação de todas as adversidades ao longo desta caminhada.

Agradeço a Raisa Melo, pela paciência, carinho e apoio nos momentos de alegria e tristeza da minha vida.

Agradeço a José Álvaro, Engenheiro Eletricista graduado pela UFCG em 2005, pelo companheirismo e suporte técnico as duvidas durante o decorrer do estagio e vida acadêmica.

Aos meus colegas Manoel Ramos, Breno Dantas, Eder Alelaf, Pierre, Alberto Henrique dentre outros pelos momentos superação vivenciados durante o curso universitário.

A Ivson Bandeira, pelas palavras de incentivo, profissionalismo e pela oportunidade de desenvolver-me profissionalmente durante o período de meu estágio.

A todos os funcionários da BM engenharia, entre eles Devaldo Mercedes e Ilo Augusto com quem tive a honra de trabalhar e que ajudou-me no desenvolvimento de minhas atividades e do meu caráter profissional.

Ao professor Karcus Marcelus Colaço Dantas que se colocou a disposição no desenvolvimento e participação no relatório de estágio, dando-me suporte no que foi necessário.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Elétrica, que sempre foram muito solícitos e dispostos a ajudar, em especial, Adail e Tchaikowsky, pela paciência e disponibilidade.

Enfim, agradeço a todos que de alguma forma, passaram pela minha vida e contribuíram para a construção de quem sou hoje.

*“O fardo é proporcional  
às forças, como  
a recompensa, será  
proporcional à,  
resignação e à coragem.”*

Allan Kardec

## Sumário

Lista de Ilustrações .....	7
Lista de Tabelas .....	8
1. Apresentação.....	9
2. Empresas.....	9
2.1 BM Engenharia .....	9
2.2 ABB.....	10
2.3 AMCOR Ltda.....	10
3. Subestação (SE) – AMCOR .....	11
3.1 Chaves Seccionadoras .....	13
3.2 Transformador de Potencial (TP).....	15
3.3 Transformador de Corrente (TC) .....	18
3.4 Disjuntor.....	21
3.5 Transformador de Potência .....	23
3.6 Pára-Raios .....	24
4. Casa de Força .....	25
4.1 Transformador de Serviço Auxiliar.....	25
4.2 Painéis Elétricos de Distribuição da SE-AMCOR .....	26
5. Atividades Desenvolvidas .....	28
5.1 Encaminhamentos .....	28
5.2 Fixação dos Painéis .....	29
5.3 Aterramento.....	30
5.4 Lançamentos de cabos.....	31
5.5 Interligações de Painéis.....	32
5.6 Terminações contráteis.....	33
5.7 Sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA).....	34
5.8 Iluminação.....	35
5.9 Relatórios .....	36
6. Conclusão .....	38
7. Bibliografia.....	39
Anexo .....	40

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- AMCOR Ltda., local onde foi construída a subestação.....	11
Figura 2 - Diagrama Unifilar da subestação AMCOR .....	12
Figura 3 - Chave seccionadora com lâmina de terra utilizada na SE-AMCOR .....	14
Figura 4 - Chave seccionadora sem lâmina de terra.....	15
Figura 5 - TP's de medição .....	17
Figura 6 - TP's de proteção .....	18
Figura 7 - TC's de medição.....	20
Figura 8 - TC's de proteção .....	21
Figura 9 - Disjuntor da SE-AMCOR.....	22
Figura 10 - Transformador da SE – AMCOR .....	24
Figura 11- Pára-Raios da SE – AMCOR.....	25
Figura 12 - Transformador de Serviço Auxiliares.....	26
Figura 13 - PSA-CA .....	27
Figura 14 - (a) Canaleta para cabos de controle/proteção e medição (b) Perfilados para iluminação da Casa de força (c) Eletrodutos para os quadros de distribuição .....	29
Figura 15 – Painel do Retificador fixado.....	30
Figura 16 - (a) Malha de aterramento (b) Cabo de cobre nu 70 mm <sup>2</sup> .....	31
Figura 17 – (a) Anilhas, régua de bornes e terminal de compressão "olhal" (b) Tags e Braçadeiras tipo "Nylon" .....	33
Figura 18 - (a) Muflas tipo interna/externa (b) Mufla interna em cubículo de média tensão .....	34
Figura 19 - Hastes de SPDA.....	35
Figura 20 - (a) Refletor de 250W no pátio da subestação (b) Modelo da Luminária do refletor de 250W (c) Lâmpada de 250W a vapor de sódio com soquete E-40.....	36
Figura 21 - Relatório de diário de obra.....	37
Figura 22 - Arranjo geral da Subestação .....	40

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados técnicos da seccionadora com lâmina de terra .....	14
Tabela 2 - Dados técnicos da seccionadora sem lâmina de terra .....	15
Tabela 3 - Dados técnicos do TP de medição.....	16
Tabela 4 - Dados técnicos do TP de proteção .....	18
Tabela 5 - Dados técnicos dos TC's de medição .....	19
Tabela 6 - Dados técnicos dos TC's de proteção .....	20
Tabela 7 - Dados técnicos do Disjuntor .....	22
Tabela 8 - Planilha de interligação de cabos .....	32



## **1. Apresentação**

O estágio foi realizado na empresa BM Engenharia, prestadora de serviço da ABB, no período 18/06/2012 a 23/10/2012. Foram realizadas atividades relacionadas a construção de uma subestação abaixadora de 69/13,8kV, localizada no município de Cabo de Santo Agostinho-PE. O empreendimento é de capital privado, sendo a AMCOR a responsável pelo financiamento e fiscalização geral da obra.

A capacidade de fornecimento de energia dessa subestação (SE) será de 5 / 6,25 MVA com previsão futura de poder dobrar essa carga com a instalação de mais um transformador no sistema. A instalação do transformador ficou de responsabilidade da CEMEC, fornecedora do equipamento. Já a montagem da parte civil da obra como construção da cabine da subestação, cercas e drenos ficou ficaram sob responsabilidade da AMARNO Engenharia Ltda.

A montagem eletromecânica – sistema de iluminação, SPDA (sistema de proteção de descarga atmosférica), aterramento, lançamento de cabos, instalação e fornecimento dos equipamentos e comissionamento foram do escopo da ABB.

Apresenta-se neste relatório um resumo das atividades desenvolvidas durante o período de estágio, dando enfoque às atividades relacionadas ao monitoramento da montagem eletromecânica da subestação registrada em RDO (relatório de diário de obra). Sendo este: sistema de iluminação, SPDA, lançamento de cabos, instalação de equipamentos e suporte ao comissionamento.

## **2. Empresas**

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

### **2.1 BM Engenharia**

A BM Engenharia foi fundada 2007 pelos engenheiros Ivson Bandeira e José Muniz de Moraes. Atuando no mercado como empresa prestadora de serviços, nos serviços de montagens eletromecânicas industrial.

A BM Engenharia é reconhecida no mercado como sendo uma empresa de montagem industrial e representação comercial em Pernambuco, tendo já efetuado

serviço as seguintes empresas: ABB, AREVAKOBLITZ, ERSÁ, CHESF, ALUSA Engenharia, Usina JB-PE, SUAPE, dentre outras.

A atuação dessa empresa se fez presente, por exemplo, na montagem eletromecânica da casa de força e subestação das PCH (Pequena Central Hidroelétrica) 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 Termoelétrica de Laranjeiras - SE. Na Usina JB-PE atuou na montagem de encaminhamentos e instalações do grupo gerador diesel e equipamentos de manobra.

Na subestação da AMCOR, a BM Engenharia atuou como contratada da ABB, ficando responsável pela montagem eletromecânica – Sistema de iluminação, SPDA (sistema de proteção de descarga atmosférica), aterramento e lançamento de cabos.

## **2.2 ABB**

A ABB (Asea Brown Boveri) é uma empresa multinacional com sede em Zurique, Suíça, que atua na parte de robótica e principalmente na área de potência e automação. A ABB é uma das maiores companhias de engenharia, assim como, um dos maiores conglomerados no mundo. A ABB se faz presente em mais de 100 países, com aproximadamente 145.000 funcionários. No Brasil a ABB se fez presente desde que sua primeira unidade fabril foi inaugurada em 1957, em Osasco.

Na construção da subestação da AMCOR, a ABB ficou com o fornecimento dos equipamentos e painéis da subestação, assim como a montagem dos sistemas de proteção de descargas atmosféricas (SPDA), comissionamento e interligação de painéis da casa de força.

## **2.3 AMCOR Ltda**

De origem australiana, a Amcor Rigid Plastics Brasil atua no País desde 1998 e tem unidades em Minas Gerais, Goiás, São Paulo, Amazonas e Pernambuco. Com duas unidades de injeção e seis fábricas de sopro, a Amcor Rigid Plastics Brasil oferece uma extensa variedade de aplicações em embalagens PET, incluindo refrigerantes, água, alimentos e produtos de higiene pessoal e limpeza.

Foi responsável pela contratação da ABB e AMARNO Engenharia para a ampliação da subestação de sua indústria, bem como a fiscalização e cobrança do andamento da obra.

### 3. Subestação (SE) – AMCOR

Foi na subestação em que foram desenvolvidas atividades de monitoramento, montagem e coordenação das tarefas desempenhadas durante o estágio na BM Engenharia.

A subestação construída é um empreendimento da AMCOR Ltda., localizada a 40 km da parte sul de Recife-PE, na cidade do Cabo de Santo Agostinho-PE. A área da subestação é de aproximadamente 589 m<sup>2</sup>, localização na Figura 1.



Figura 1- AMCOR Ltda., local onde foi construída a subestação

A subestação é composta por: para-raios, transformador de potencial (TP), transformador de corrente (TC), chaves seccionadoras, disjuntor e transformador de potência trifásico, como ilustrado no diagrama unifilar na Figura 2. A seguir serão descritos cada um dos equipamentos.

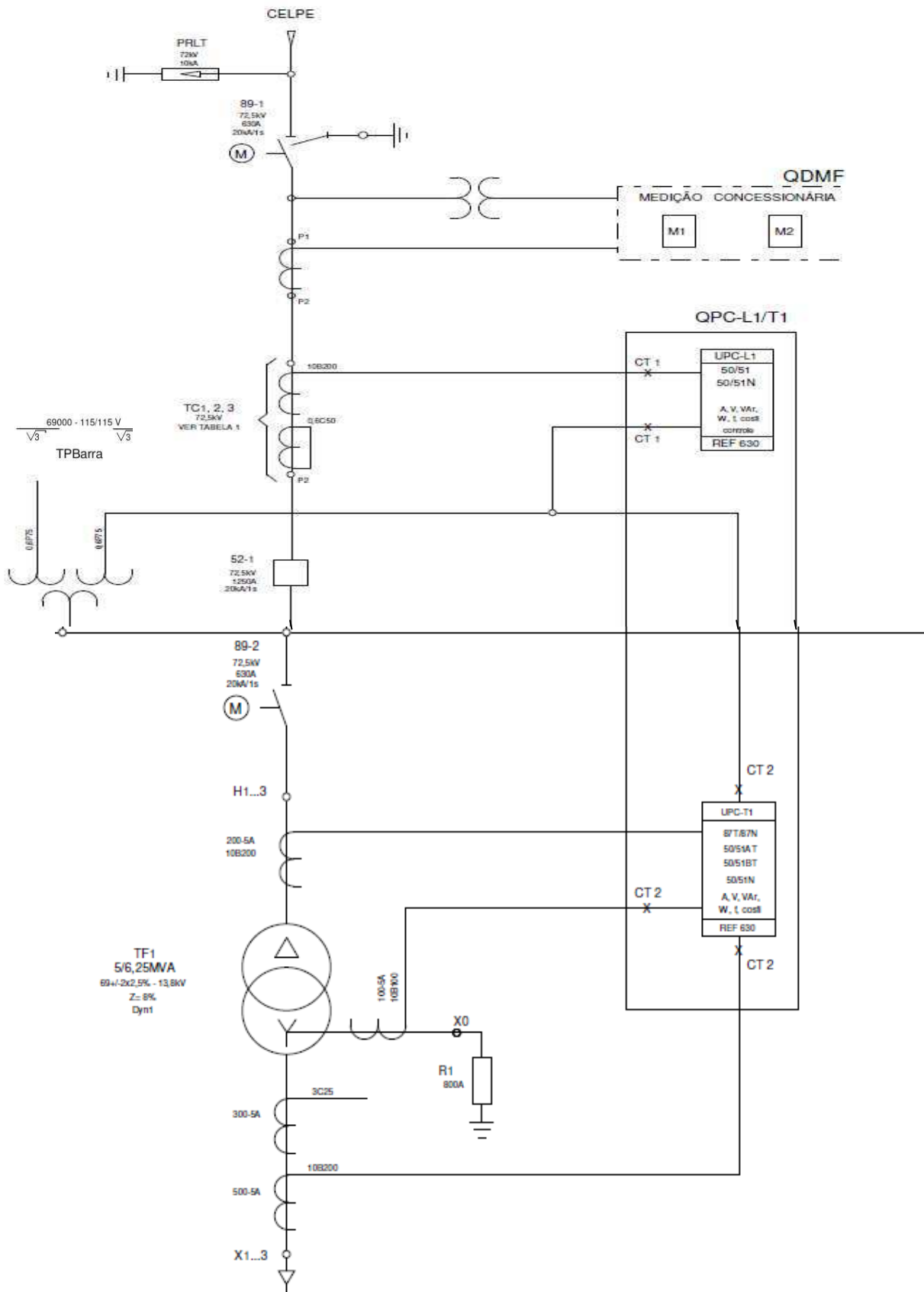


Figura 2 - Diagrama Unifilar da subestação AMCOR

### 3.1 Chaves Seccionadoras

A chave seccionadora é um dispositivo que pode ser usado para manobras de desligamento de circuitos elétricos de distribuição primária. Esse equipamento de manobra teve sua designação normalizada pela ABNT, nas NBR's 6935/85 e 7571/85, e foi renomeado como seccionador. Segundo a NBR 6935/85, define seccionador como:

*“Um dispositivo mecânico de manobra capaz de abrir e fechar um circuito elétrico quando uma corrente de intensidade desprezível é interrompida ou restabelecida. Também é capaz de conduzir correntes sob condições normais do circuito e, durante um tempo especificado, correntes sob condições anormais, como curto-circuito”*

O arranjo elétrico da subestação da AMCOR dispõe de dois tipos de chaves seccionadoras, classificadas da seguinte maneira.

- **Chave Seccionadora com Lâmina de Terra:** Descrita no diagrama unifilar como 89-1, é uma chave de terra acoplada a um seccionador que serve para aterrar a parte do circuito seccionado e desenergizado. A lâmina de terra possui um comando independente ao comando do seccionador, porém ambas devem estar intertravadas mecanicamente para evitar que a lâmina de terra seja fechada quando o seccionador estiver fechado e vice-versa. Na montagem da subestação foi utilizada uma chave seccionadora lâmina de terra com abertura central, sendo este equipamento fixado de maneira vertical como ilustrado na Figura 3. Os dados de placa estão explicitados na Tabela 1.

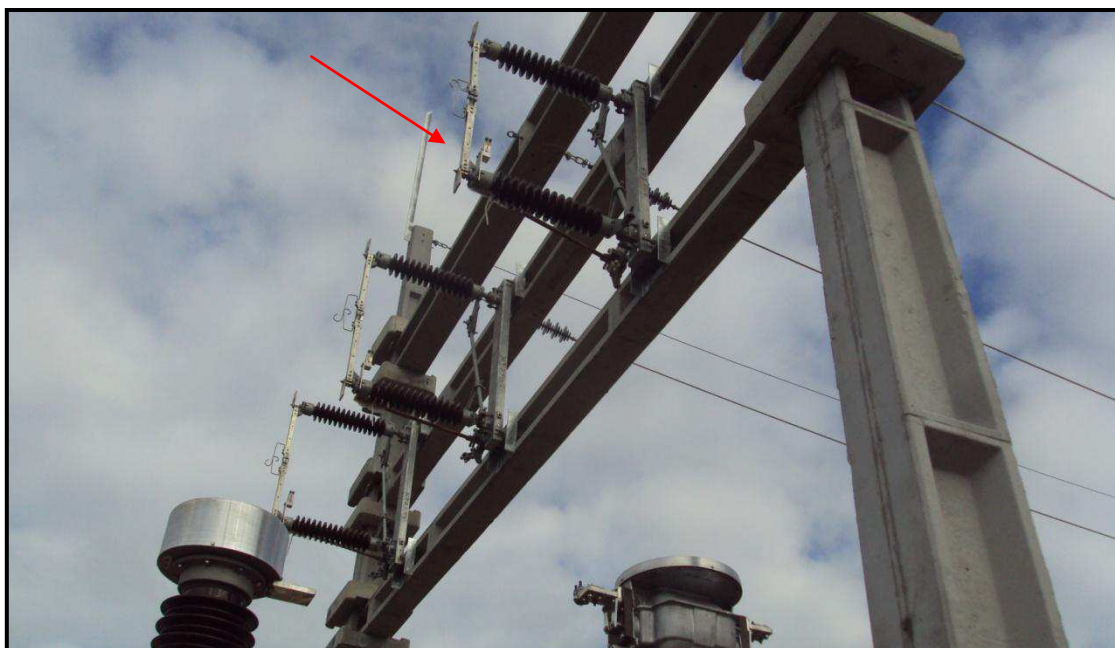


Figura 3 - Chave seccionadora com lâmina de terra utilizada na SE-AMCOR

Tabela 1 - Dados técnicos da seccionadora com lâmina de terra

Fabricante	GTMS Equipamentos Elétricos Ltda.
Modelo	GTMS - 036
Tensão nominal do equipamento (tensão máxima operativa) (kV)	72,5 kV
Norma de especificação	ABNT NBR IEC 62271 – 102/2006
Corrente nominal	630 A
Corrente térmica nominal <sup>[1]</sup>	20 kA/s
Corrente dinâmica nominal <sup>[2]</sup>	52 kA crista

- **Chave Seccionadora sem Lâmina de Terra:** Descrita no diagrama unifilar como 89-2 essa chaves de operação em carga tem a função de abrir e/ou fechar o

<sup>1</sup> Corrente térmica nominal: Maior corrente que uma Chave Seccionadora é capaz de suportar durante um segundo.

<sup>2</sup> Corrente dinâmica nominal: Valor de crista que a chave Seccionadora é capaz de suportar, durante o primeiro ciclo, sem danos elétricos ou mecânicos resultantes das forças eletromagnéticas.

circuito de alimentação de 69 kV para o transformador de força (Figura 4). O seu dado de placa é similar ao da chave seccionadora com lâmina de terra, com diferença no modelo, com pode ser visto na Tabela 2.



Figura 4 - Chave seccionadora sem lâmina de terra

Tabela 2 - Dados técnicos da seccionadora sem lâmina de terra

Fabricante	GTMS Equipamentos Elétricos Ltda.
Modelo	GTMS - AC
Tensão nominal do equipamento (tensão máxima operativa) (kV)	72,5 kV
Norma de especificação	ABNT NBR IEC 62271 – 102/2006
Corrente nominal	630 A
Corrente térmica nominal	20 kA/s
Corrente dinâmica nominal	52 kA crista

### 3.2 Transformador de Potencial (TP)

Os transformadores de potencial são equipamentos elétricos projetados e construídos especificamente para transformar os níveis elevados de tensão em valores

acessíveis instrumentos elétricos de medição, controle e proteção, isolando o circuito de baixa tensão (secundário) do circuito de alta tensão (primário).

Para subestação da AMCOR os TP's de medição foram de fornecimento da CELPE – Companhia Energética de Pernambuco – enquanto os TP's de proteção ficaram por parte da ABB. Foram utilizados um total de seis TP's, sendo três de medição e três para a parte de proteção.

Para efetuar a parte de medição, um ponto em comum dos três enrolamentos secundário dos TP's (1X3) foi solidamente aterrado, assim como o terminal H2 do primário. A tensão secundária nominal ficou em  $115/\sqrt{3}$  volts, com classe de exatidão de 0,3 com carga padronizada P75<sup>[3]</sup>, como mostrado na Tabela 3. Foram utilizado dois fabricantes diferentes de TP's (Alstom e ABB) para efetuar a medição, porém com relação de espiras, potência e classe de exatidão iguais (Figura 5).

Tabela 3 - Dados técnicos do TP de medição

Fabricante	Alstom e ABB			
Tipo	OTEF- 72 (Alstom) e EMFC 72 (ABB)			
Potência térmica <sup>[4]</sup>	400VA			
Terminais	Uprim. (V)	Usec. (V)	Rn	Exatidão
1X2 – 1X3	$69.000/\sqrt{3}$	$115/\sqrt{3}$	600:1	0,3P75
1X1 – 1X3	$69.000/\sqrt{3}$	$\approx 115$	350:1	
2X2 – 2X3	$69.000/\sqrt{3}$	$115/\sqrt{3}$	600:1	0,6P75
2X1 – 2X3	$69.000/\sqrt{3}$	$\approx 115$	350:1	

<sup>3</sup> A classe de exatidão 0,3 é definida pela ABNT para fins de medições para faturamento. Essa classe só será válida, se a soma das características (em termos de perdas elétricas internas) das cargas (cargas padronizadas), usualmente ligadas ao secundário do mesmo apresentem uma potência aparente de próxima de 75VA, ou seja P75 definido pela ABNT.

<sup>4</sup> Potência térmica : “ Maior potência aparente que um TP pode fornecer em regime permanente, sob tensão e frequência nominais, sem exceder os limites de elevação de temperatura especificados”. (Medeiros Filho, 1980)



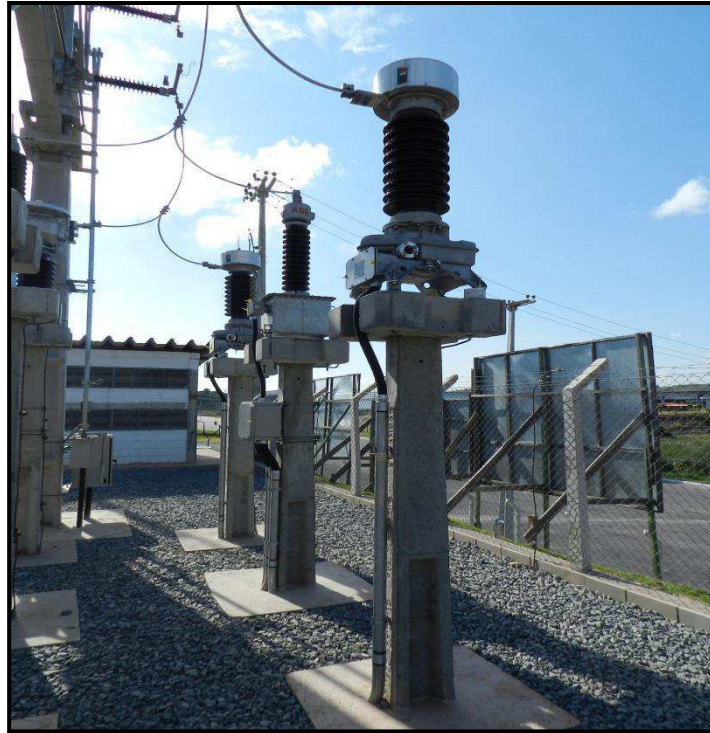


Figura 5 - TP's de medição

Em relação à parte de proteção foram utilizados três TP's com o terminal primário H2 solidamente aterrado. Os terminais secundários utilizados foram 1X2 - 1X3 e 2X2 – 2X3. Dessa maneira a tensão primária nominal é  $69.000/\sqrt{3}$  volts e a secundária ficou como  $115/\sqrt{3}$ , como mostrado pela Tabela 4. Embora os valores da tabela abaixo se assemelhem com os dos TP's de medição, a sua classe de exatidão ficou em 0,6 para uma carga padronizada P75 <sup>[5]</sup>.

---

<sup>5</sup> A classe de exatidão 0,6 é definida pela ABNT para alimentação de instrumentos de relés e instrumentos de controle. Essa classe só será válida, se a soma das características (em termos de perdas elétricas internas) das cargas usualmente ligadas ao secundário do mesmo, apresentem uma potência aparente de próxima de 75VA, ou seja, P75 de carga padronizada, definido pela ABNT.

Tabela 4 - Dados técnicos do TP de proteção

Fabricante	ABB			
Tipo	EMFC - 72			
Potência Térmica	400VA			
Terminais	Uprim. (V)	Rn	Usec. (V)	Exatidão
1X2 – 1X3	$69.000/\sqrt{3}$	600:1	$115/\sqrt{3}$	0,6P75
1X1 – 1X3	$69.000/\sqrt{3}$	350:1	$\approx 115$	
2X2 – 2X3	$69.000/\sqrt{3}$	600:1	$115/\sqrt{3}$	0,6P75
2X1 – 2X3	$69.000/\sqrt{3}$	350:1	$\approx 115$	



Figura 6 - TP's de proteção

### 3.3 Transformador de Corrente (TC)

O transformador de corrente é um equipamento capaz de reduzir a corrente que circula no seu primário para um valor inferior no secundário compatível com os instrumentos de medição, controle ou proteção. Dessa maneira (Medeiros Filho, 1980), define TC como:

“É um transformador para instrumento cujo enrolamento primário é ligado em série em um circuito elétrico e cujo o enrolamento secundário se destina a

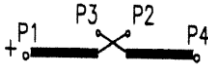
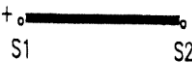
alimentar bobinas de corrente de instrumentos elétricos de medição, controle ou proteção.”

Para subestação da AMCOR os TC's de medição (Figura 7) foram de fornecimento da CELPE, enquanto os TC's de proteção ficaram por parte da ABB. Foram utilizados cinco TC's, sendo dois para medição e três de proteção.

Os dados técnicos dos TC's de medição explicita que este é um TC com dois enrolamentos no primário (ligação série/paralela no primário) e sem derivações no secundário. Este equipamento foi utilizado na forma paralela<sup>[6]</sup>, obtendo uma relação de 100-5 ampères com uma classe de exatidão de 0,3C2,5 a C50<sup>[7][8]</sup>. Os dados técnicos estão na Tabela 5, e estão de acordo com que (Medeiros Filho, 1980) diz:

“Em medições para fins de faturamento devem ser preferidos TC's com apenas uma relação nominal, ou se desejar TC's com apenas duas ou três relações nominais estes devem ser especificados com ligação série/paralela no primário (sem derivações no secundário) o que permitirá exigir do fabricante a garantia da exatidão em todas as relações nominais”.

Tabela 5 - Dados técnicos dos TC's de medição

Fabricante	Alstom		
Tipo	OSKF-72		
Tensão Máxima	72,5 kV		
	Terminais	Relações	Exatidão
	S1 – S2	50X100 – 5A	0,3C2,5 A C50

<sup>6</sup> O enrolamento primário P1-P2 foi posto em paralelo com o enrolamento P1-P4, que por divisão de corrente pode-se dobrar a corrente nominal mantendo o número de ampères-espiras ainda constante.

<sup>7</sup> A classe de exatidão é definida com 0,3 pela ABNT para medição de energia elétrica para fins de faturamento a consumidor. E essa exatidão, só será possível para cargas padronizadas que estejam na faixa de potência aparente de 2,5 VA a 50 VA (C2,5 e C50 pela ABNT).

<sup>8</sup>Segundo (Medeiros Filho, 1980), a exatidão 0,3 deverá ser verificada desde a carga C2,5 até C50 em cada uma das relações nominais bem como na condição de 1,2 vezes a corrente nominal.

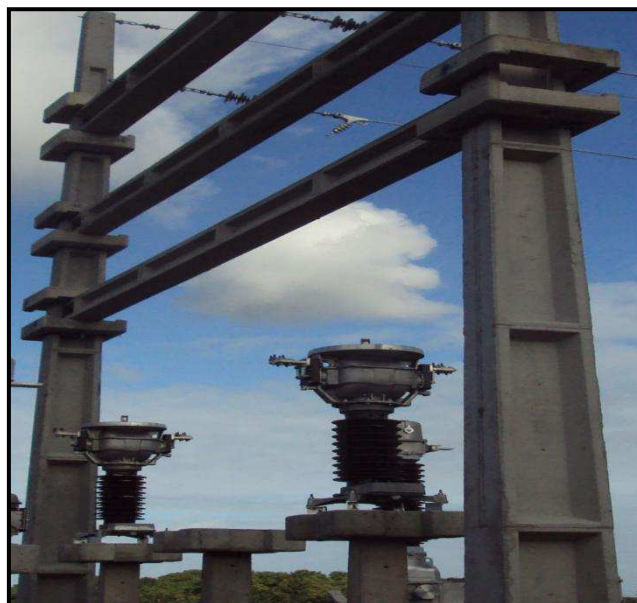


Figura 7 - TC's de medição

Em relação a parte de proteção subestação da AMCOR foram utilizados três TC's da ABB com vários enrolamentos no primário e várias derivações no secundário. Estes TC's apresentam um enrolamento secundário destinado à medição (classe exatidão 0,6C50) e outro destinado à proteção (10B200) <sup>[9]</sup>, mostrado na Tabela 6. Para efetuar a proteção utilizou-se os enrolamentos do primário em série, com os enrolamentos do secundário da classe de exatidão 2S e relação de espiras 60:1. Como os enrolamentos que não estiverem alimentando nenhum instrumento elétrico devem ser curto-circuitados, então tal procedimento foi efetuado no enrolamento de medição.

Tabela 6 - Dados técnicos dos TC's de proteção

Ligação Primária	Ligação Secundária		Relação	Corrente Prim. Sec.	Classe de Exatidão	
	1S	2S			1S	2S
C1-C0	1S1 – 1S2	2S1 – 2S2	40 : 1	200 – 5 A	_[10]	-
C2 – C0	1S1 – 1S3	2S1 – 2S3	60 :1	300 – 5 A	0,6C50	10B200
P1 – C1	1S1 – 1S2	2S1 – 2S2	80 :1	400 – 5 A	-	-
P2 – C2	1S1 – 1S3	2S1 – 2S3	120 : 1	600 – 5 A	0,6C50	10B200

<sup>9</sup> “É muito frequente na prática (sobretudo em circuitos de alta tensão e extra alta tensão) a utilização de TC com vários núcleos.. [...] Um dos secundários é destinado à medição e os outros (ou o outro) são destinados à proteção”. (Medeiros Filho, 1980)

<sup>10</sup> Embora mostrados no dado de placa desses TC's, esses valores estão ausentes do TC.

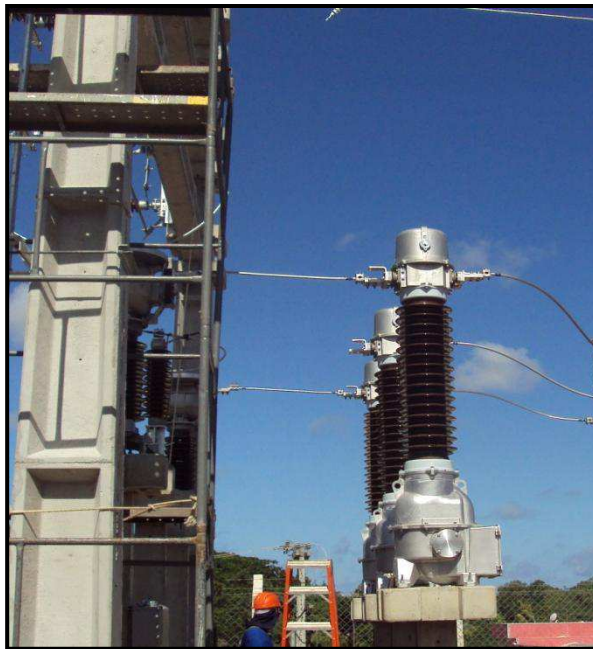


Figura 8 - TC's de proteção

### 3.4 Disjuntor

Os disjuntores de potência são equipamentos destinados à interrupção e ao restabelecimento das correntes elétricas num determinado ponto do circuito. A função principal de um disjuntor é interromper as correntes de defeito de um determinado circuito em um menor intervalo de tempo possível.

Possuem capacidade de abertura e fechamento que deve atender a todos os pré-requisitos de manobra sob condições normais e anormais de operação. Estão sempre associados a relés, sem os quais não passariam de simples chaves com alto poder de interrupção. Os disjuntores utilizados em sistemas de alta tensão são disjuntores a óleo, a vácuo, ar comprimido e hexafluoreto de enxofre (SF<sub>6</sub>).

Foi utilizado na subestação um disjuntor fabricado pela ABB (ver Figura 9), com três pólos separados. Na parte inferior, desta figura, apresenta-se 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 (SF<sub>6</sub>). Os dados técnicos encontram-se na Tabela 7.



Figura 9 - Disjuntor da SE-AMCOR

Tabela 7 - Dados técnicos do Disjuntor

Fabricante	ABB
Meio de extinção	SF <sub>6</sub>
Tensão nominal do equipamento (tensão máxima operativa) (kV)	72,5 kV
Norma de especificação	IEC62271-100
Corrente nominal (A)	2000A
Corrente de curta duração <sup>[11]</sup>	1s 31,5 kA
Corrente de fechamento <sup>[12]</sup>	83kA

<sup>11</sup> Corr. De curta duração: “Embora a função básica do disjuntor seja a interromper curtos-circuitos, ele deve ser capaz de suportar, na posição fechada, os efeitos térmicos da corrente curto-circuito, durante um segundo, além dos efeitos eletromecânicos da crista da primeira onda de corrente” (Carvalho, 1995)

<sup>12</sup> Corr. De fechamento: Pela NBR 7118 esse valor é igual a 2,5 vezes o valor eficaz da componente alternada da corrente de falta, que é aproximadamente o valor de crista da primeira onda da corrente nominal de curto circuito.

### 3.5 Transformador de Potência

O transformador é um equipamento de operação estática que por meio de indução eletromagnética transfere energia de um circuito, chamado primário, para um ou mais circuitos os quais são denominados, secundário e terciário, sendo mantida a mesma frequência.

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).

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, “*Oil Natural Air Natural*” (ONAN), no qual o calor é absorvido pelo óleo e dissipado no ar através de radiadores.

No sistema ONAN/ONAF<sup>[13]</sup> 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<sup>[14]</sup> ou OFW<sup>[15]</sup>). A refrigeração pode ainda ser incrementada por meio do fluxo direcionado do óleo.

Na subestação da AMCOR o transformador redutor (69/13,8kV) (figura 10), tem potência de 5 à 6,25MVA com a instalação de um resistor no neutro no lado da baixa tensão, afim de limitar a corrente de falta a um valor seguro.

---

<sup>13</sup> ONAF: “Oil Natural Air Forced” na designação ANSI

<sup>14</sup> OFWF: “Oil Forced Water Forced” na designação ANSI

<sup>15</sup> OFW: “Oil Forced with Water” na designação CSA



Figura 10 - Transformador da SE – AMCOR

### 3.6 Pára-Raios

Os para-raios também conhecidos como supressores de surtos são dispositivos fundamentais em sistemas de potência atuando na proteção de equipamentos elétricos contra surtos atmosféricos e de manobra. Auxiliando na coordenação do isolamento de subestações elétricas, sua função é limitar o nível de tensão nos equipamentos, evitando que os mesmos sofram sobretensões inadequadas a sua operação. São dispositivos ligados em paralelo ao equipamento protegido entre fase e terra. Têm as seguintes características:

- Apresentam impedância muito alta durante as condições normais de serviço, com correntes de fuga praticamente nulas.
- Apresentam baixa impedância durante a ocorrência de surtos, limitando as sobretensões a valores admissíveis.
- Dissipam a energia associada ao surto sem sofrer dano.

A subestação da AMCOR possui três pára-raios de óxido de zinco (ZnO), com tensão nominal de 72 kV<sup>[16]</sup>, localizados na entrada das linhas de transmissão

<sup>16</sup> Para fins práticos, a tensão nominal dos pará-raios não são de grande relevância. Na verdade o valor da máxima tensão operativa é que define a especificação do pará-raio quanto a sua isolação em termos de tensão suportável. No caso dos pará-raios da SE-AMCOR, sua máxima tensão operativa corresponde a 57,6 kV.



(Figura 11). Os pára-raios são acompanhados de contadores de descargas (instrumento utilizado para registrar a ocorrência das descargas que o atravessam).



Figura 11- Pára-Raios da SE – AMCOR

## 4. Casa de Força

Também chamado de casa de comando é nesse recinto onde se encontram os painéis de medição/controla, quadros de distribuição, cubículos de distribuição e transformador de serviço auxiliar. Será abordado nesse tópico, um esquema geral dos painéis e equipamentos que fazem parte da casa de força da subestação da AMCOR.

### 4.1 Transformador de Serviço Auxiliar

A subestação da AMCOR possui um transformador de serviço auxiliar, a qual se localiza na parte externa da Casa de Força sendo suprido pelo transformador de potência, através de derivações dos cabos das fases isoladas que interligam o trafo de força ao transformador auxiliar (Figura 12). Esta derivação transforma a tensão do secundário do trafo de força 13,8 kV para a tensão de 220 V (linha), com potência nominal de 45 kVA, suprido toda a carga dos serviços auxiliares da subestação.



Figura 12 - Transformador de Serviço Auxiliares

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

- Fabricante : ABB
- Norma ABNT: NBR 5440;
- Tipo de ligação:  $\Delta$ -Y;
- Potência nominal: 45 kVA;
- Número de fases: 3
- Impedância a 85°C: 3,36%;
- Frequência: 60 Hz
- Tensão: AT 13,8 kV; BT 220 V;
- Corrente: BT 118,09 A

#### 4.2 Painéis Elétricos de Distribuição da SE-AMCOR

Os painéis elétricos possuem os dispositivos de proteção e controle dos equipamentos da subestação. O transformador auxiliar alimenta o quadro de distribuição PSA-CA com tensão de 220 V fase-fase, que passa a distribuir alimentação para os principais painéis e o quadro de iluminação. Na subestação da AMCOR, existem quatro quadros de distribuição: Painel de Serviço Auxiliar em Corrente Alternada (PSA-CA) (Figura 13), Quadro de Iluminação e Tomadas (QIT), Quadro de Iluminação Essencial (QIE), Painel de serviço Auxiliar em Corrente Contínua (PSA-CC), 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 de 12 volts, as quais possuem autonomia de 12 horas de fornecimento de corrente contínua, em caso de falha da alimentação normal.

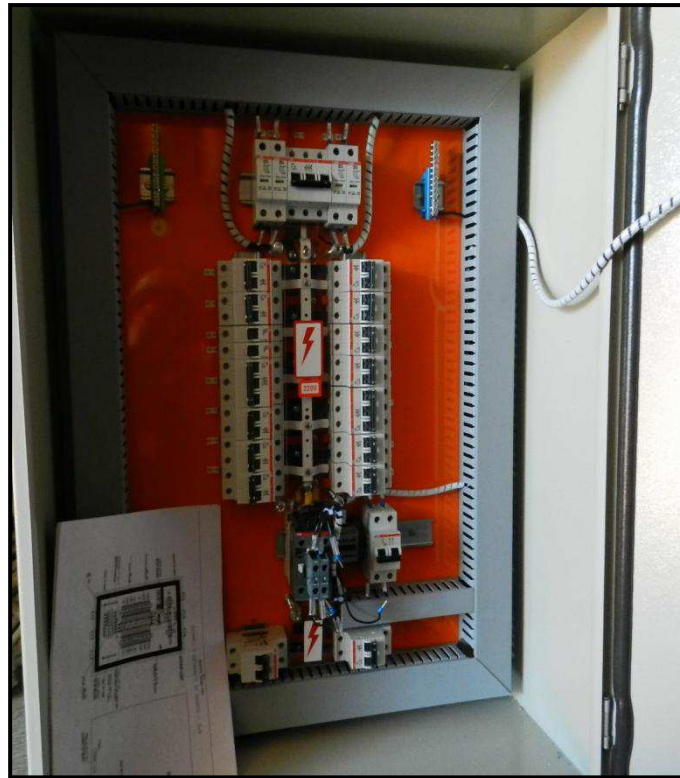


Figura 13 - PSA-CA

Apresentam-se a seguir, nomenclatura dos equipamentos e painéis da casa de força.

- Cubículo – Secundário Trafo 1
- Cubículo – Alimentador 1
- Cubículo – Alimentador 2
- Cubículo – Serviço Auxiliares
- Retificador
- QPC – Quadro de proteção e controle
- QIT – Quadro de iluminação e tomadas
- QIE – Quadro de iluminação essencial
- PSA-CA – Painel de serviço auxiliar de corrente alternada

- PSA-CC – Painel de serviço auxiliar de corrente alternada
- Painel de Medição e Faturamento

## 5. Atividades Desenvolvidas

Durante o estágio foram realizadas atividades administrativas (controle de marcação do ponto, homem-hora (HH) trabalhada, elaboração de relatórios e pedido de material), de monitoramento e coordenação das tarefas desempenhadas em campo pela empresa as quais seguem projetos os fornecidos pelo construtivo da subestação, sob fiscalização da empresa contratante (ABB). Apresenta-se a seguir um resumo das atividades realizadas.

### 5.1 Encaminhamentos

Basicamente são as estruturas para o lançamento dos cabos para a interligação dos equipamentos instalados no pátio (Ver equipamentos no item 3) com os painéis dentro da casa de força.

Foram executados três tipos de encaminhamentos: canaletas, eletrodutos aparentes/embutidos e perfilados. Os encaminhamentos, sob responsabilidade da BM Engenharia, constituíram os de estruturas metálicas ou polimerizadas.

Segue descritivo dos encaminhamentos executados:

- **Canaletas:** Foram utilizados nos encaminhamentos dos cabos dos equipamentos de controle e proteção da subestação até casa de força, dispostos em uma única camada, utilizando-se de um *leito de cabos*.
- **Perfilado:** Foram utilizados para passagem de cabos singelos referentes ao circuito de iluminação e tomadas. Montada sob o teto da Casa de força as dimensões do perfilado (largura e altura) foi de 38 x 38 mm.
- **Eletrodutos:** Os eletrodutos utilizados para a casa de força foram do tipo galvanizado a fogo, de 1.1/2 polegada para subida e descida dos cabos do circuito de iluminação e tomada provindo dos perfilados, bem como

eletrodutos de PVC de 2 polegadas para os quadros de comando. Para o encaminhamento dos cabos dos equipamentos do pátio da subestação até a casa de força, foram utilizados eletrodutos galvanizados e de PVC, com diâmetros diferentes.

Apresentam-se na Figura 14, fotos dos encaminhamentos usados.

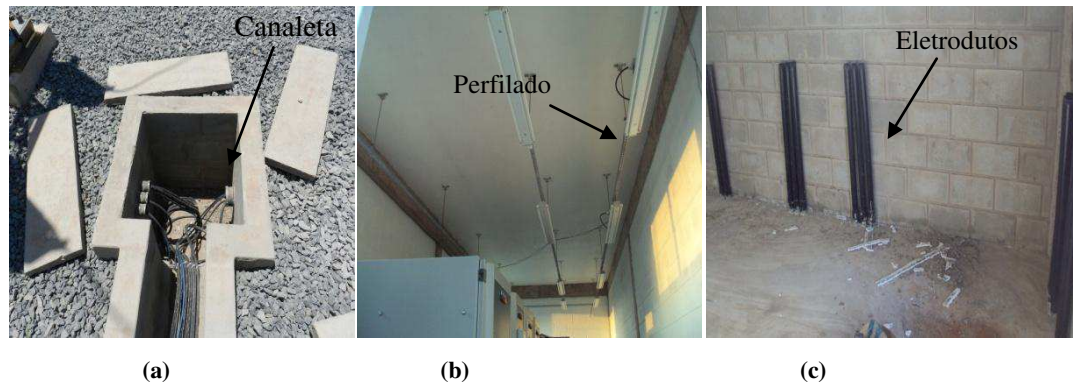


Figura 14 - (a) Canaleta para cabos de controle/proteção e medição (b) Perfilados para iluminação da casa de força (c) Eletrodutos para os quadros de distribuição

## 5.2 Fixação dos Painéis

Durante o período de montagem foram fixados os painéis, de custo elevado, cujo cuidado e manuseio devem ser feitos de forma correta. Os painéis de fornecimento da ABB, foram fixados conforme projeto, fazendo-se uso de chumbadores. O transporte dos painéis aos seus devidos lugares dentro da casa de força foi feito através de um caminhão Munck. Apresenta-se na Figura 15, foto de um painel fixado.



Figura 15 – Painel do Retificador fixado

### 5.3 Aterramento

Conforme exigem as normas NBR 5410, NBR 14039, NBR 5419 e NR 10, toda instalação elétrica deve ser provida de um aterramento. Segundo (Mamede Filho, 2010), um sistema de aterramento visa:

- Segurança de atuação da proteção;
- Proteção das instalações contra descarga atmosférica;
- Proteção do indivíduo contra contatos com partes metálicas da instalação energizadas acidentalmente;
- Uniformização do potencial em toda área do projeto, prevenindo contra lesões perigosas que possam surgir durante uma falta fase-terra.

Respeitando essas exigências no projeto de subestação da AMCOR, foram feitos aterramentos das estruturas metálicas, dos painéis, dos equipamentos, 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.

Toda malha de terra foi feita com hastes de aterramento de 3/4" x 3000mm<sup>[17]</sup> e com cabo de cobre nu de 70 mm<sup>2</sup><sup>[18]</sup> (Figura 16).

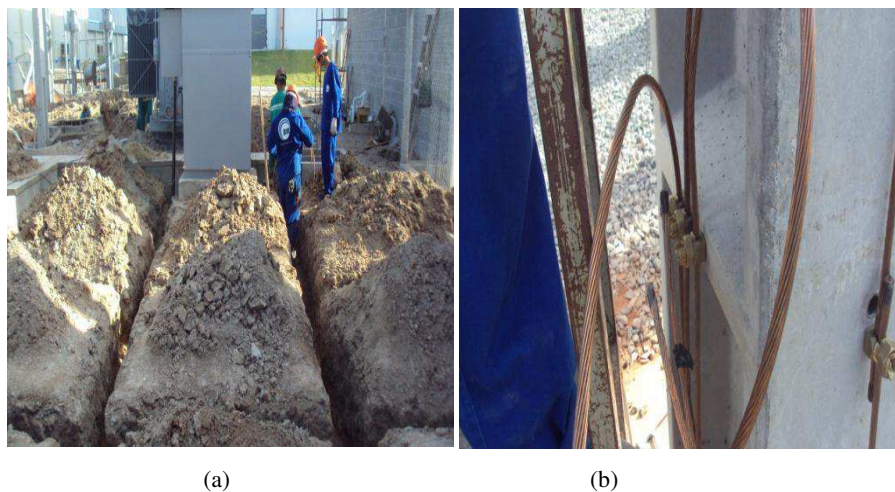


Figura 16 - (a) Malha de aterramento (b) Cabo de cobre nu 70 mm<sup>2</sup>

#### 5.4 Lançamentos de cabos

Uma das principais atividades desenvolvidas no estágio consistiu na execução do plano de corte dos cabos (planilha de fornecimento da ABB). Atividade que desprenhe muita atenção e responsabilidade onde um cabo cortado erroneamente irá comprometer, diretamente, na data de energização. A planilha apresenta as seguintes informações:


- Tag do cabo, número que identifica o cabo e seu painel de origem e destino;
- Formação e tipo de cabo;
- Comprimento do cabo, medido pelo projeto (nem sempre de acordo com o comprimento real em campo);
- Identificação onde cada veia do cabo irá ser conectada ao borne.

Ver Tabela 8 para um melhor entendimento.

<sup>17</sup> Baseando-se no documento normativo da COELCE sobre fornecimento de energia elétrica em alta tensão tem-se a seguinte assertiva : “Os eletrodos de terra verticais devem ter dimensões mínimas de 3m de comprimento” (NT-004/2002)

<sup>18</sup> “A interligação dos eletrodos deve ser feita com cabo de cobre nu seção mínima igual a 70mm<sup>2</sup> e a distância entre eles deve ser no mínimo de 3m. (NT-004/2002)

Tabela 8 - Planilha de interligação de cabos

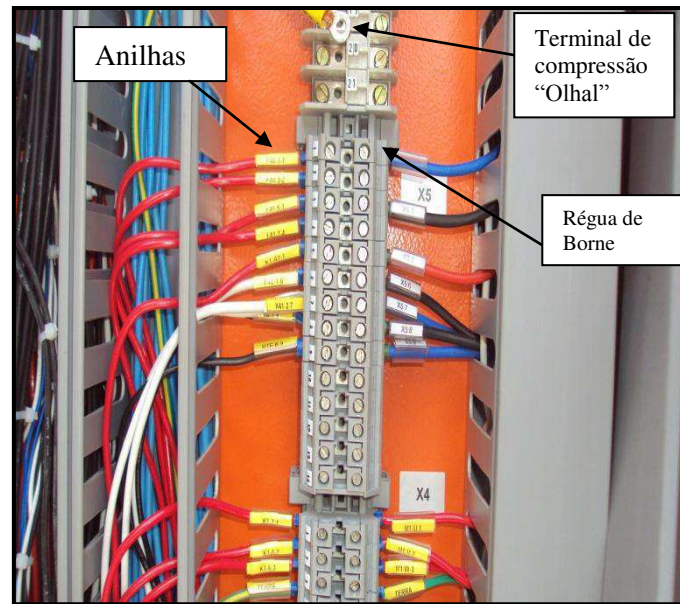
		SE AMCOR 69/13,8kV			TABELA DE INTERLIGAÇÃO DE CABOS				Documento Nº:		Folhas:	
									1HBR34520060-007		Revisão: A	
TAG	DE			CONDUTOR	PARA				CABO			
	Localização	Equip.	Borne / Terminal		Anilha	Anilha	Borne / Terminal	Equip.	Localização	Formação	Tipo	Compr. (m)
2L101	TPB	0A	1X1	0A:1X1	1	R1:1	1	R1	C12TP	6x4mm <sup>2</sup>	BL	5
		0A	1X2	0A:1X2	2	R1:2	2	R1				
		0A	1X3	0A:1X3	3	R1:3	3	R1				
		0A	2X1	0A:2X1	4	R1:10	10	R1				
		0A	2X2	0A:2X2	5	R1:11	11	R1				
		0A	2X3	0A:2X3	6	R1:12	12	R1				
			SH1	.PE								
2L102	TPB	0B	1X1	0B:1X1	1	R1:4	4	R1	C12TP	6x4mm <sup>2</sup>	BL	5
		0B	1X2	0B:1X2	2	R1:5	5	R1				
		0B	1X3	0B:1X3	3	R1:6	6	R1				
		0B	2X1	0B:2X1	4	R1:13	13	R1				
		0B	2X2	0B:2X2	5	R1:14	14	R1				
		0B	2X3	0B:2X3	6	R1:15	15	R1				
			SH1	.PE								
2L103	TPB	0C	1X1	0C:1X1	1	R1:7	7	R1	C12TP	6x4mm <sup>2</sup>	BL	5
		0C	1X2	0C:1X2	2	R1:8	8	R1				
		0C	1X3	0C:1X3	3	R1:9	9	R1				
		0C	2X1	0C:2X1	4	R1:16	16	R1				
		0C	2X2	0C:2X2	5	R1:17	17	R1				
		0C	2X3	0C:2X3	6	R1:18	18	R1				
			SH1	.PE								

### 5.5 Interligações de Painéis

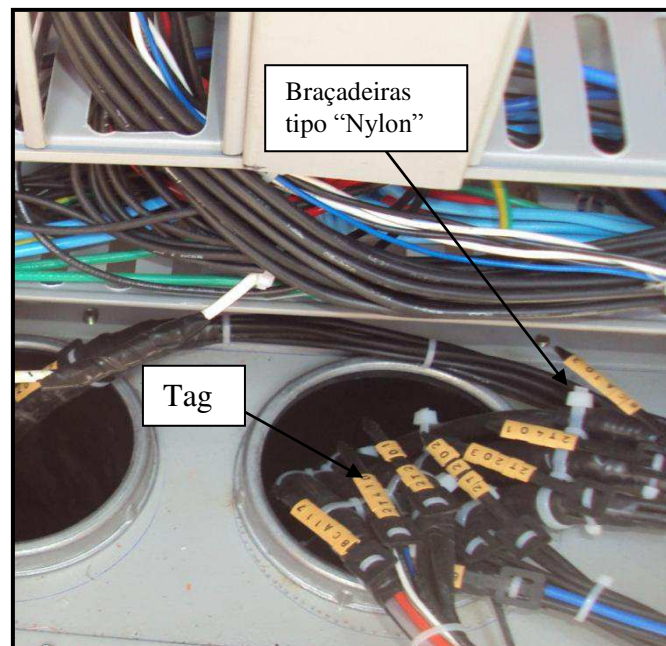
Durante o estágio foram realizadas atividades de interligação de painéis, a qual é feita após o lançamento dos cabos para os seus respectivos painéis e equipamentos. Concluída a etapa de lançamento dos cabos, o electricista começa o processo de decapagem e preparação da ponta de conexão do cabo. Em seguida, mediante o uso da planilha de interligação de cabos fornecida pela ABB (ver Tabela 8), o electricista começa a interligar os cabos aos bornes que se encontram dentro do painel. Esta planilha de interligação deve possuir as informações citadas no tópico acima.

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 (braçadeiras tipo Nylon). Os cabos interligados são postos com sua identificação, tag, e anilhas, de modo que se possa observar a origem e o destino do cabo (ver Figura 17).





(a)



(b)

Figura 17 – (a) Anilhas, régua de bornes e terminal de compressão "olhal" (b) Tags e Braçadeiras tipo "Nylon"

## 5.6 Terminações contráteis

Durante o estágio foram implementadas atividades referentes à instalação de muflas elétricas, 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 o 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 reduz o risco de ruptura do dielétrico, principalmente em conexões subterrâneas.

Na subestação da AMCOR a BM Engenharia ficou responsável por instalar muflas tipo interna/externa (ver Figura 19) nas terminações dos cabos de média tensão (MT).

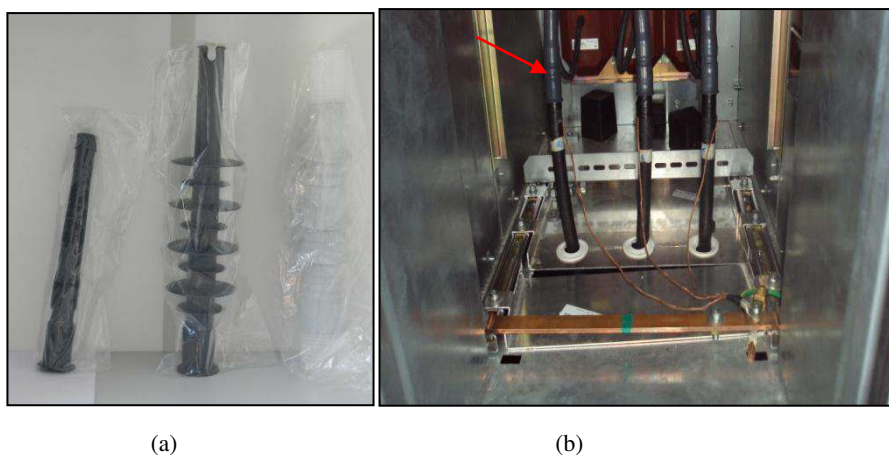


Figura 18 - (a) Muflas tipo interna/externa (b) Mufla interna em cubículo de média tensão

### 5.7 Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas (SPDA)

As descargas atmosféricas causam sérias perturbações nas redes aéreas de transmissão e distribuição de energia elétrica, além de provocarem danos materiais nas construções atingidas por elas, sem contar os riscos de vida a que as pessoas e animais ficam submetidos.

Quando as descargas elétricas entram em contato direto com quaisquer tipos de construção, tais como edificações, tanques metálicos de armazenamento de líquidos, partes estruturais ou não de subestações, são registrados grandes danos materiais que poderiam ser evitados caso essas construções estivessem protegidas adequadamente por 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 AMCOR, a proteção contra descargas atmosféricas é feita por meio de seis hastes captoras instaladas nos pórticos de entrada e em postes localizados ao lado da Casa de Força (Figura19).

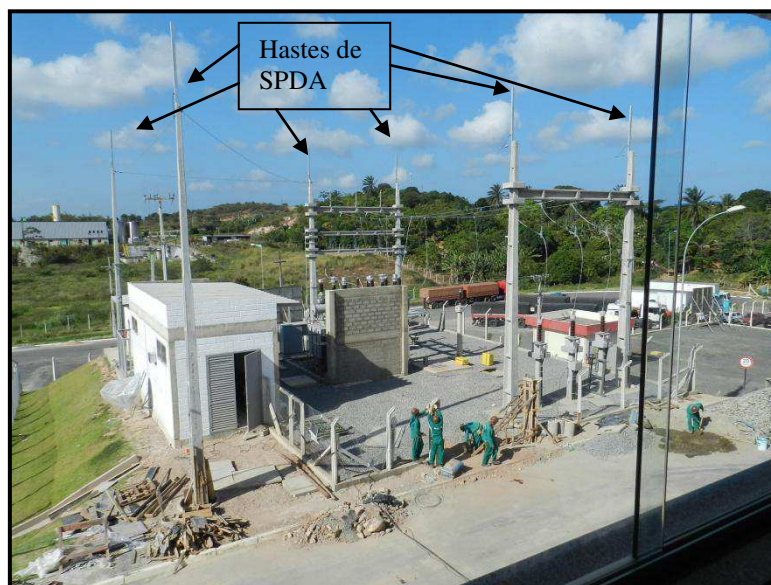


Figura 19 - Hastes de SPDA

A instalação dos captadores foi feita por um eletricitista montador 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. Após a fixação da estrutura do SPDA, os cabos guias foram lançados (cabos de alumínio nu com alma de aço, seção 336,4 MCM), 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 mm<sup>2</sup>, passando de forma linear pelos orifícios dos anéis e dos postes.

## 5.8 Iluminação

Durante o estágio foram realizadas atividades referentes ao acompanhamento e suporte aos eletricitistas da BM Engenharia na montagem da iluminação. Inicialmente, colocou-se a iluminação interna na Casa de Força, pois nesse local seria utilizado para atividades noturnas de comissionamento nos painéis por parte da ABB. A iluminação da

Casa de Força foi composta por 12 luminárias tipo calha refletora, formando um total de vinte e quatro lâmpadas fluorescente.

Para o pátio da subestação a iluminação foi composta por seis refletores a vapor de sódio com soquete E-40, composto de três refletores de 250W e três de 70W. Ficaram na parte de iluminação de emergência seis lâmpadas incandescentes de 60W, de alimentação em corrente contínua provindo das baterias da Casa de Força.

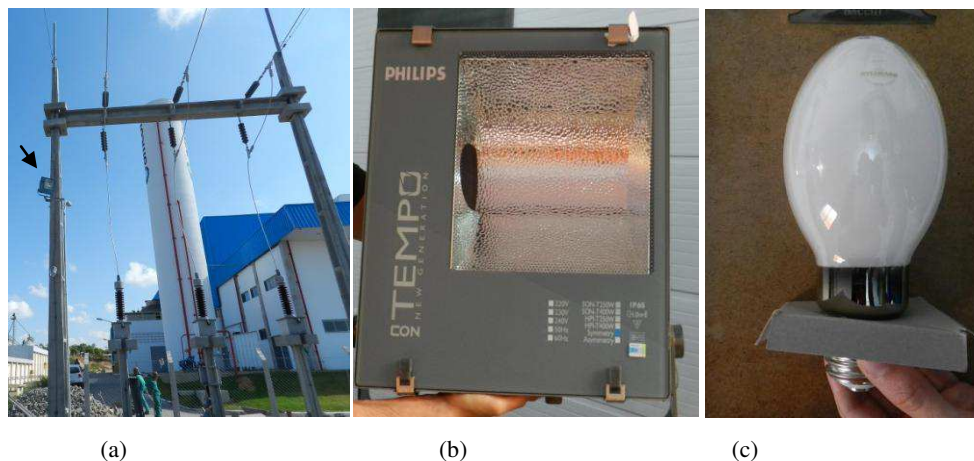


Figura 20 - (a) Refletor de 250W no pátio da subestação (b) Modelo da Luminária do refletor de 250W (c) Lâmpada de 250W a vapor de sódio com soquete E-40.

## 5.9 Relatórios

Durante o estágio foram realizadas atividades de elaboração de relatório, cujo objetivo foi familiarizar o estagiário com os serviços realizados na obra. Foram feitas diariamente Relatórios de Diário de Obra (RDO's) nos quais eram descritas atividades realizadas no dia na Subestação e na Casa de Força, informando se as atividades estão em andamento e/ou se foram concluídas, quantidade de funcionários presentes no dia, assim como os horários de entrada e saída dos mesmos. Nestes relatórios são colocados como, observação falta de material e paralisação das frentes de serviços. Uma cópia desses relatórios é entregue à empresa contratante diariamente.

Esse documento é importante para o acompanhamento diário dos serviços executados em campo e em caso de não cumprimento da obra no tempo determinado em contrato, os mesmos servirão para justificar os atrasos e em caso de questões jurídicas estes relatórios serão os documentos de referência para a análise processual. Ver RDO típico na Figura 21.


		<b>REGISTRO DIÁRIO DE OBRA</b>				DATA: 07/09/2012							
						FOLHA: 01/01							
CLIENTE: SE Amcor – ABB			CIDADE: Cabo de Santo Agostinho			UF: PE							
RESPONSÁVEL: Roneyval Ribeiro			CARGO: Site Manager										
DRT	NOME DO FUNCIONÁRIO	FUNÇÃO	MANHÃ		TARDE		NOITE		TOTAL DE HORAS				
			ENTRADA	SÁD	ENTRADA	SÁD	ENTRADA	SÁD	MANHÃ	TARDE	NOITE		
	Leandro Lopes de A. Freire	Estagiário	7:30	12:30	13:30	17:30					9:00		
	Devaldo Sergio Mercês H. de Araujo	Encarregado de Elétrica	7:30	12:30	13:30	17:30					9:00		
	Ilo Augusto de Oliveira	Tec. Seg. do Trabalho	7:30	12:30	13:30	17:30					9:00		
	Claudio J. do Nascimento	Eletricista											
	José Cosmo da Silva	Eletricista	7:30	12:30	13:30	17:30					9:00		
	Rafael Coutinho da C.	Eletricista	7:30	12:30	13:30	17:30					9:00		
	Francisco Romário do S. Souza	Eletricista montador	7:30	12:30	13:30	17:30					9:00		
	Gonzaga dos Santos	Eletricista	7:30	12:30	13:30	17:30					9:00		
	Ibson Ferreira	Aux. Elet.	7:30	12:30	13:30	17:30					9:00		
	Edésio Rufino	Aux. Elet.	7:30	12:30	13:30	17:30					9:00		
	Emerson Williams	Aux. Elet.	7:30	12:30	16:00	17:30					9:00		
<b>RELATÓRIO DOS SERVIÇOS</b>													
ITEM	DESCRIÇÃO						OBSERVAÇÕES/FISCALIZAÇÃO						
1	Continuação da 2ª parte da malha de aterramento;												
2	Instalado os "pingados" na chave seccionadora horizontal;												
3	Término do encaminhamento dos eletrodutos das caixas de interligação dos TC's e TP's de medição à canaleta CP2;												
4	Término do encaminhamento do eletroduto do TP proteção à canaleta de comando/proteção;												
5	Constatado pela BM Engenharia a necessidade de adquirir os seguintes materiais para dar continuidade no encaminhamento dos eletrodutos dos equipamentos de medição à casa de força: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 10 pçs : Luvas em Ferro galvanizado a Fogo 2"</li> <li>• 4 pçs : Condules tipo "LB" de 2" Rosca</li> <li>• 3pçs : Eletroduto em ferro galvanizado a fogo de 2"</li> </ul>												
6	Condições de trabalho: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Manhã: Bom (operável)</li> <li>• Tarde: Bom (operável)</li> </ul>												
7													
8													
9													
10													
11													
VISTO DO RESPONSÁVEL TÉCNICO:						VISTO DO CLIENTE: RONEYVAL RIBEIRO (SITE MANAGER ABB):							
<p style="color: red;"><b>Parecer da ABB:</b> Os itens acima estão coerentes conforme entendimento ABB.</p>													
BM 001_Rev_00 15/11/2007													

Figura 21 - Relatório de diário de obra

## 6. Conclusão

A realização de estágio integrado na BM Engenharia foi uma etapa de fundamental importância para a formação profissional. O convívio com equipes multidisciplinares de vasto conhecimento técnico, serviram para o aprendizado prático que somado a um pouco base teórica formada permitiu visualizar a aplicação e a função de cada equipamento na montagem de uma subestação.

Ao término do estágio, pude perceber que supervisionar, elaborar e coordenar serviços de engenharia com cumprimento das metas e cronogramas são estritamente fundamentais para um engenheiro de campo. A expectativa é que o aprendizado obtido no estágio possa servir de subsídio para ingressar nesse ramo de trabalho.

Uma subestação de 69 kV abrange vastos conhecimentos do ramo da engenharia elétrica, desde a parte eletromecânica dos equipamentos até a parte lógica dos relés digitais. Para um entendimento satisfatório da sintaxe uma SE, as disciplinas de sistemas elétricos, proteção, equipamentos elétricos, técnicas de medição e instalações elétricas são fundamentais para a compreensão do seu contexto. Atividades práticas desenvolvidas no curso, especialmente no laboratório de instalações elétricas, embora diferentes, ajudaram na compreensão em testes de comissionamento. Entretanto seria interessante que durante o curso de engenharia elétrica fosse analisado um exemplo de uma SE de alta tensão, pois assim sendo, seria possível abordar várias disciplinas em um só ponto.

## 7. Bibliografia

**Carvalho, Antonio Carlos Cavalcanti de.** Disjuntores e Chaves: Aplicação em Sistemas de Potência [Livro]. - Niterói, RJ : EDUFF, Editora da Universidade Federal Fluminense, 1995.

**Creder, Hélio.** Instalações Elétricas - 15.ed [Livro]. - Rio de Janeiro : LTC, 2007.

**Mamede Filho, João.** Instalações Elétricas Industriais. 8.ed [Livro]. - Rio de Janeiro : LTC, 2010.

**Mamede Filho, João.** Manual de Equipamentos Elétricos - 2.ed [Livro]. - Rio de Janeiro : LTC, 1994. - Vol. 2.

**Medeiros Filho, Solon.** Medição de Energia Elétrica [Livro]. - Recife : Editora Universitária, Universidade Federal de Pernambuco, 1980.

## Anexo

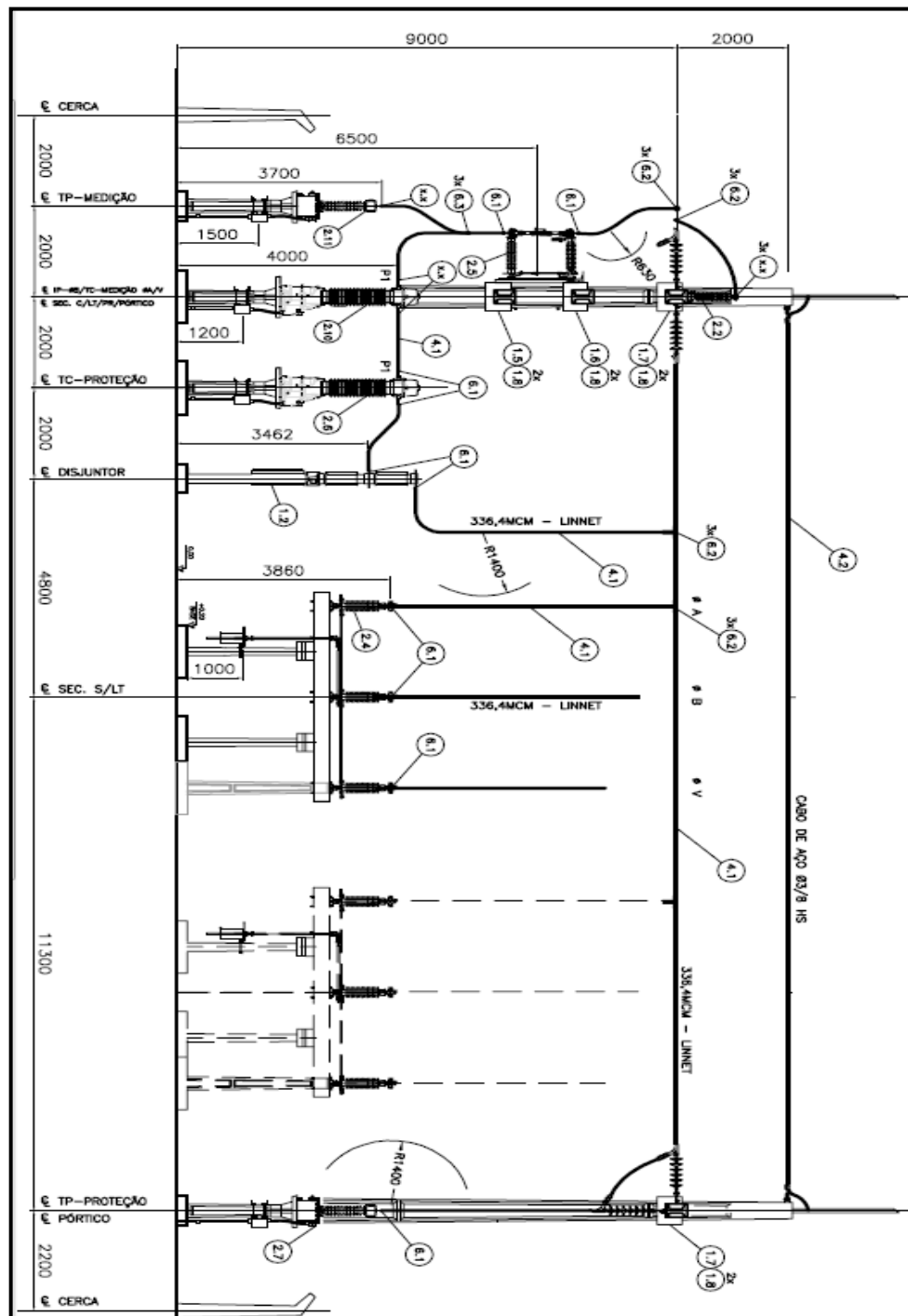


Figura 22 - Arranjo geral da Subestação