



Universidade Federal de Campina Grande

Centro de Engenharia Elétrica e Informática

Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

RAFAEL ARARUNA MARTINS

RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO
ENERGY ELETRICIDADE LTDA

Campina Grande, Paraíba
Outubro de 2011

RAFAEL ARARUNA MARTINS

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.*

Área de Concentração: Processamento de Energia Eólica

Orientador:

Prof. Edgar Roosevelt Braga Filho, M. Sc.

Campina Grande, Paraíba

Outubro de 2011

RAFAEL ARARUNA MARTINS

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.*

Área de Concentração: Processamento de Energia

Aprovado em / /

Professor Leimar de Oliveira, M. Sc
Universidade Federal de Campina Grande
Avaliador, UFCG

Professor Edgar Roosevelt Braga Filho, M. Sc.
Universidade Federal de Campina Grande
Orientador, UFCG

À minha avó (in memoriam), por torcer e acreditar nos meus sonhos. Aos meus pais, pelos ensinamentos que moldaram minha personalidade com a perseverança e a disciplina necessárias para alcançar meus objetivos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, meu principal companheiro nessa caminhada, por me conceder a oportunidade e as condições necessárias para cursar uma graduação.

Agradeço aos meus pais, Alderi e Francisca, pelo estímulo e compreensão que me disponibilizaram. Pelo apoio afetivo, material e por permanecerem ao meu lado nos momentos difíceis. Por serem prova viva de que tudo que é feito com esforço e dedicação rende bons frutos e que não há distância que separe a união de uma família.

Agradeço aos meus colegas, amigos e familiares, pelo incentivo e pelos momentos de alegria e descontração que me proporcionaram. Também à minha namorada, Gerleide, pela colaboração na realização deste relatório.

Agradeço em especial aos senhores: Leimar de Oliveira, por me abrir uma janela quando se fecharam várias portas; Luis Alberto e Alfredo Carvalho, pela excelente chance que deram; Reginaldo Lemos e à sua equipe, pela boa vontade em contribuir com o meu aprendizado e Paulo Marcelo, por sua compreensão e por me disponibilizar o tempo necessário para a conclusão deste trabalho.

Por fim, agradeço a todas as pessoas com as quais tive a oportunidade e o privilégio de conviver durante a realização deste estágio. Obrigado por compartilhar comigo suas experiências, seus conhecimentos e por contribuírem, quer tivessem consciência disso ou não, para que eu pudesse crescer profissional e pessoalmente.

“... Mas pra quem tem pensamento forte o impossível é só questão de opinião.”
Chorão / Thiago Castanho.

RESUMO

O presente trabalho relata a experiência de estágio integrado do aluno Rafael Araruna Martins, realizado na empresa Energy Eletricidade localizada em Campina Grande, Paraíba, entre o período de abril a setembro de 2011. Inicialmente, são feitas considerações sobre a energia eólica e em seguida mostram-se algumas características relativas à turbina ECO 86 fabricada pela Alston. As atividades desenvolvidas durante o estágio e aqui descritas foram realizadas na cidade de Brotas de Macaúbas, situada no interior da Bahia. Elas são relativas à construção de uma subestação em 230 kV e de uma rede de distribuição em média tensão (34,5 kV) que interligará os aerogeradores à SE e atenderão ao primeiro complexo de geração eólica daquele estado.

Palavras-chave: Estágio Integrado; Energia Eólica; Parque Eólico; Turbina ECO 86; Rede de Média Tensão; Subestação.

ABSTRACT

This paper presents an integrated internship experience the student Rafael Araruna Martins, held in Electrical Energy company located in Campina Grande, Paraíba, between the period April to September 2011. Initially, we discuss the wind and then show some characteristics concerning the ECO 86 turbines manufactured by Alston. The activities conducted during the stage and described here were performed in the city Brotas de Macaúbas, located in Bahia. They are for the construction of a 230 kV substation and distribution network in a medium voltage (34.5 kV) which will connect the turbines to the SE and attend the first complex of wind generation in the state.

Keywords: Integrated Stage; Wind Energy; Wind Farm; Turbine ECO 86; Medium Voltage Grid, Substation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Sede Administrativa da Energy Eletricidade LTDA.....	17
Figura 2: Complexo Eólico onde será Instalada a SE – Brotas de Macaúbas – BA	18
Figura 3: Potência Eólica Total Instalada no Mundo desde 2001	20
Figura 4: Potencial Eólico no Nordeste	21
Figura 5: Comparação da Geração de Energia Eólica no Nordeste entre 2008 e 2010	22
Figura 6: Principais Forças sobre as ás de uma Turbina	23
Figura 7: Característica $C_p(\lambda,\beta)$	24
Figura 8: Trajetória de Máxima Potência	24
Figura 9: Diagrama Elétrico de uma Máquina de Indução Trifásica com Rotor Bobinado ...	25
Figura 10: Esquema de um Sistema de Conversão Tipo C	26
Figura 11: Partes Componentes de uma Turbina ECO 86	26
Figura 12: Variação da Potência de Saída com a Velocidade do Vento em Turbina com controle de passo	29
Figura 13: Montagem de Pórticos	33
Figura 14: Condutores Utilizados	34
Figura 15: Prensagem de Cabos	34
Figura 16: Cadeias de Ancoragem	35
Figura 17: Maha de Terra	37
Figura 18: Blindagem da Subestação	38
Figura 19: Cabos de OPGW	39
Figura 20: Esquema Funcional de um Transformador	40
Figura 21: Montagem dos Transformadores de Potência	41
Figura 22: Montagem do TP	42
Figura 23: Montagem do TC	43
Figura 24: Montagem dos Isoladores de Apoio	44
Figura 25: Disjuntor	45
Figura 26: Esquema de Montagem dos Para-Raios	46
Figura 27: Esquema de Montagem das Chaves Seccionadoras sem Lâmina de Terra	47
Figura 28: Esquema de Montagem das Chaves Seccionadoras com Lâmina de Terra	48
Figura 29: Chaves Seccionadoras Semi-Pantográficas com Abertura Vertical	48
Figura 30: Tutrbina Eólica Modelo ECO 86	50

Figura 31: Conductor em Alumínio Isolado para Rede de Média Tensão	51
Figura 32: Características da Rede de Distribuição	52
Figura 33: Abertura de Valas	52
Figura 34: Lançamento de Cabos	53
Figura 35: Mufla Termocontrátil	55
Figura 36: Execução de Mufla Termocontrátil	56
Figura 37: Conexões dos Terminais para Comissionamento de Cabos de MT	57
Figura 38: Ensaio de Resistência de Isolamento	58
Figura 39: Ensaio de Tensão Aplicada	59

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS, UNIDADES E TERMOS EM INGLÊS

- ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- AT – Alta Tensão
- BT – Baixa Tensão
- By-Pass – Tradução livre: Desvio ou contorno
- CAA – Cabo em Alumínio com Alma de Aço
- Cepel – Centro de Pesquisas de Energia Elétrica
- ECO – Ecotènia (linha de turbinas eólicas da Alstom Wind antiga Alstom Ecotènia)
- EHS – Extra High Strength
- EPR – Etileno Propileno
- Graute – Livre tradução: Argamassa fluida para preenchimento de vazios
- GROSBEAK – Codinome para o condutor CAA - 636 MCM
- HI-POT – High Potential
- I_1 – Corrente no enrolamento primário
- I_2 – Corrente no enrolamento secundário
- IP – Isolador de Pedestal
- LT – Linha de Transmissão
- LTDA – Limitada
- Munck – Tradução Livre: Equipamento com sistema hidráulico para levantar cargas
- MT – Média Tensão
- N_1 – Número de espiras no enrolamento primário
- N_2 – Número de espiras no enrolamento secundário
- NBR – Norma Brasileira Regulamentar
- ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico
- OPGW – Optical Ground Wire
- Pitch – Tradução livre: Passo
- PROINFRA - Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica

Plug – Tradução Livre: Conector ou tomada
PVC – Cloreto de Polivinila
RAIL – Codinome para o condutor CAA - 954 MCM
RDO – Relatório Diário de Obra
SIN – Sistema Interligado Nacional
SE – Subestação
SF6 – Hexafluoreto de enxofre
TC – Transformador de corrente
TP – Transformador de potencial
TPC – Transformador de potencial capacitivo
V₁ – Tensão no enrolamento primário
V₂ – Tensão no enrolamento secundário
WWEA – World Wind Energy Association
km – Quilômetro (10³ m)
m – Metro
m² – Metros quadrado
mm – Milímetro
mm² – Milímetros quadrado
m/s – Metro por segundo
km/h – Quilômetro por hora
rpm – Rotações por minuto
MCM – 1000 Circular Mils (0,0254mm)
” – Polegada
s – Segundo
t – Tonelada (10⁶ g)
V – Volt
kV – Quilovolt (10³ V)
MV – Megavolt (10⁶ V)
A – Ampère
VA – Volt-ampère
kVA – Quilovolt-ampère (10³ VA)
MVA – Megavolt-ampère (10⁶ VA)
W – Watt
MW – Megawatt (10⁶ W)

GW – Gigawatt (10^9 W)

M Ω – Megaohm (10^6 Ω)

$^{\circ}\text{C}$ – Graus Celsius

% – Por cento

US\$ - Dólar americano

Δ – Delta

Y – Ípsilon

P_{mec} – Potência mecânica disponível

ρ – Massa específica do ar

A – Área da circunferência que é varrida pelas pás da turbina

V_v – Velocidade do vento

$C_p(\lambda, \beta)$ – Coeficiente de potência do aerogerador

λ – Razão entre a velocidade tangencial da ponta da pá e a velocidade do vento incidente

β – Família de curvas que varia de acordo com ângulo de passo das pás

R – Raio do rotor

ω – Velocidade angular do rotor

SUMÁRIO

Resumo	vii
Abstract	viii
Lista de Figuras	ix
Lista de Abreviaturas, Siglas, Unidades e Termos em Inglês	xi
Capítulo 1 – Introdução	16
1.1 A Empresa	16
1.2 Local do Estágio	17
1.3 Objetivos do Estágio	18
Capítulo 2 – Referencial Teórico	19
2.1 Energia Eólica no Mundo	19
2.2 Energia Eólica no Brasil	20
2.3 Aproveitamento da Energia Cinética dos Ventos	22
2.4 Sistema de Conversão de Energia da Turbina ECO 86	23
2.4.1 Turbina Eólica	23
2.4.2 Gerador Elétrico	25
2.4.3 Sistema de Controle para Processamento de Potência	25
2.5 Principais Componentes da Turbina ECO 86	26
2.6 Qualidade da Energia	29
2.7 Meio Ambiente	30
Capítulo 3 – Atividades Acompanhadas	31
3.1 A Subestação	31
3.2 Pórticos e Estruturas em Concreto	31
3.2.1 Execução	32
3.3 Barramento	33
3.3.1 Tipo de Arranjo	33
3.3.2 Condutores Utilizados	34
3.3.3 Execução	34

3.4	Aterramento e Blindagem	35
3.4.1	Malha de Terra	36
3.4.2	Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas	37
3.4.3	Cabo de OPGW	38
3.5	Equipamentos Instalados na Subestação.....	39
3.5.1	Transformadores de Potência	39
3.5.2	Transformadores de Potencial	41
3.5.3	Transformadores de Corrente	42
3.5.4	Isoladores de Pedestal	44
3.6	Equipamentos a Instalar na Subestação	45
3.6.1	Disjuntores	45
3.6.2	Para-Raios	46
3.6.3	Chaves Seccionadoras	46
3.7	Relatório Diário de Obra.....	49
3.8	Rede de Média Tensão.....	49
3.8.1	O complexo Eólico	49
3.8.2	Características da Rede de Média Tensão	51
3.8.3	Lançamento de Cabos	52
3.8.4	Controle do Lançamento de Cabos	54
3.8.5	Muflas	54
3.8.6	Ensaio Realizados	56
	Considerações Finais	60
	Bibliografia.....	61
	Anexos.....	62

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

A energia eólica é a fonte que vem apresentando as maiores taxas de expansão nos últimos anos, gerando além de energia para produção e desenvolvimento, externalidades importantes como a criação de oportunidades em todo o seu ciclo de fabricação, instalação, operação e manutenção.

Em parte, esta experiência de estágio deve-se graças a isto. Durante esse período, foi dada ao estudante a oportunidade de acompanhar atividades referentes à montagem de uma subestação elevadora de tensão que será instalada em uma unidade de energia eólica. Paralelamente a estas atividades, foi lhe dada a chance de participar da implantação da rede de média tensão que interliga eletricamente os aerogeradores à subestação.

Vale lembrar que o estágio complementa a grade curricular à medida que aproxima o acadêmico da realidade envolvida no ambiente de trabalho de uma empresa. A possibilidade de ele vir a aplicar na prática a teoria exposta em sala de aula acaba motivando-o a trabalhar em equipe. Dessa maneira, acelera-se sua integração ao local e junto aos colaboradores; facilita o entendimento de projetos como um todo e o familiariza com rotinas burocráticas.

Assim, com a finalidade de contribuir para a descrição das atividades realizadas no estágio, o referido trabalho foi estruturado de modo que, inicialmente, são feitas considerações sobre a empresa e o local do estágio. Em seguida, são descritas as atividades realizadas durante o estágio e por último são feitas as considerações finais.

A tendência futura é a passagem de um mundo movido por poucas fontes energéticas para um cenário diversificado, onde a energia eólica é uma das alternativas mais viáveis, já que concilia desenvolvimento sustentável com eficiência energética atendendo às peculiaridades de cada região.

1.1 A EMPRESA

A Energy Eletricidade LTDA está localizada na cidade de Campina Grande. A empresa conta com uma sede administrativa, situada à Rua João Wallig, no bairro do Itararé, e um escritório de obras situado no distrito industrial.

Presente no mercado paraibano desde 1995, a Energy conta com cerca de 260 colaboradores e concentra suas atividades em instalações elétricas de baixa, média e alta tensão executando também as obras civis referentes às mesmas.

Com vasta experiência no setor, a empresa conta com um portfólio diversificado onde se destacam os serviços de:

- Montagem de instalações elétricas industriais;
- Projeto, execução e manutenção de redes de iluminação pública;
- Execução de redes de distribuição e eletrificação rural;
- Montagem e manutenção de linhas de transmissão;
- Construção e montagem de subestações abaixadoras e elevadoras.

Mais recentemente, a Energy tem conseguido expandir suas fronteiras passando a atuar em diversos estados. É notável o crescente aumento na execução de serviços relacionados a fontes alternativas de energia, em especial a eólica. A exemplo disso, destacam-se a construção de subestações e rede de média tensão em parques eólicos nas cidades de Mataraca-PB, Guamaré-RN, Brotas de Macaúbas-BA e, futuramente, Acaraú-CE.



Figura 1 – Sede administrativa da Energy Eletricidade LTDA

Dentre alguns de seus clientes importantes estão: Cagepa, Energisa, Celpe, Coteminas, Petrobras, Chesf, Infraero, Engevix, Schneider, Areva, Impsa, entre outros mais.

1.2 LOCAL DO ESTÁGIO

O estágio foi realizado em uma das três obras da Energy Eletricidade que estão em andamento no presente momento. A obra em questão está localizada no município de Brotas de Macaúbas – BA , situado a 590 km de Salvador na Região da Chapada Diamantina. Trata-se da construção de uma subestação elevadora de tensão 34,5/ 230 kV que será instalada em um parque eólico, sendo a primeira unidade deste tipo de geração de energia no estado.



Figura 2 – Complexo Eólico onde será instalada a SE – Brotas de Macaúbas – BA

O empreendimento pertence à DESNEVIX e prevê um investimento da ordem de R\$ 400 milhões que irá proporcionar a implantação de um complexo eólico composto por 57 aerogeradores de 1,67 MW cada, divididos em três parques (Seabra, Novo Horizonte e Macaúbas) perfazendo uma capacidade instalada total para geração de 90 MW de energia elétrica a partir da força dos ventos.

1.3 OBJETIVOS DO ESTÁGIO

Os principais objetivos do estágio foi supervisionar as atividades da montagem eletromecânica da SE 34,5/ 230 kV – Brotas de Macaúbas e acompanhar a execução da rede de média tensão que interliga o parque eólico à subestação de modo a corroborar para que estas instalações estivessem de acordo com os respectivos projetos executivos e atendessem aos padrões de qualidade da empresa contratante.

Também teve como meta permitir ao aluno vivência de situações típicas da profissão de engenheiro nas quais pudesse se envolver e desenvolver habilidades relativas a trabalho em equipe, organização, atendimento a cronogramas e inserção de um determinado projeto no contexto mais amplo dos objetivos da empresa.

Dessa forma, permitiu-se ao futuro engenheiro experimentar situações e problemas reais no âmbito profissional, de modo que pudesse se tornar ciente de outros aspectos relativos ao seu desenvolvimento pessoal que devem ser trabalhados e que não estiveram envolvidos até então durante suas atividades normais como aluno de graduação.

CAPÍTULO 2 – REFERENCIAL TEÓRICO

Essa parte do trabalho tem como objetivo tratar de alguns assuntos relativos à energia eólica. Aqui, apresentam-se dados referentes ao uso desse tipo de energia no Brasil e no mundo dando ênfase à região nordeste, já que o complexo eólico de Brotas de Macaúbas será instalado nessa região. Também são feitas considerações relativas ao aproveitamento da energia cinética dos ventos e sobre as características dos aerogeradores ECO 86 fabricados pela Aslton que serão usados no referido complexo.

2.1 ENERGIA EÓLICA NO MUNDO

Segundo a *World Wind Energy Association* (WWEA), os dados apontam para o crescimento mundial da indústria eólica nas próximas décadas. O crescente aumento na produção desse tipo de energia, o desenvolvimento de aerogeradores mais potentes e a busca de novos mercados devem proporcionar um crescimento sustentável.

De acordo com dados divulgados pela WWEA, o mercado mundial de turbinas eólicas continua aquecido e mostrou um forte crescimento na primeira metade do ano de 2010, sendo instalados cerca de 16 GW de potência em todo o mundo. Outros dados divulgados pela referida associação em 2010 mostram que:

- A tendência da capacidade de geração eólica é dobrar a cada três anos;
- Em 2009, o setor eólico cresceu 31,7%, o maior desde 2001 em termos percentuais, movimentando a economia em US\$ 70 bilhões;
- O mercado eólico empregou 550.000 pessoas ao redor do mundo e a perspectiva é oferecer cerca de 1.000.000 de postos de trabalho até 2012;
- Em 2009, o Brasil e o México foram os desbravadores desse setor na América Latina, apresentando-se como novos mercados com potencial muito promissor.

Conforme conclusão da comunidade científica, a alternativa de utilização da energia eólica é cada vez maior nos panoramas energéticos e no cenário mundial. Em parte, isso se deve às crises energéticas e aos efeitos da utilização das fontes de energia não renováveis diretamente sobre o clima. A seguir, mostra-se na Figura 3 a evolução da capacidade eólica total (em MW) instalada no mundo desde 2001.

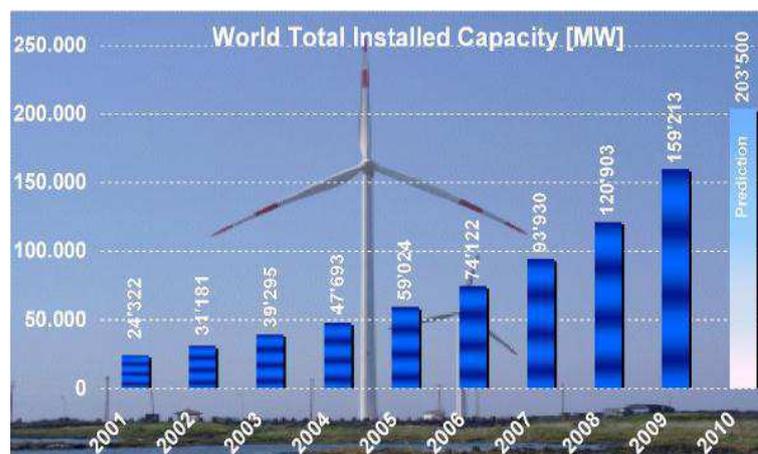


Figura 3 – Potência Eólica Total Instalada no Mundo desde 2001

Fonte: WWEA, 2011.

Analisando a Figura 3, percebe-se que a geração de eletricidade através de fonte eólica apresenta um importante crescimento mundial. Se a tendência de crescimento se confirmar, os planos de instalações de potência eólica são promissores para o futuro. A WWEA estima que a energia eólica cresça de 160 GW em 2009 para 1900 GW em 2020, representando um aumento de 12% ao ano em todo planeta, gerando aproximadamente 1,7 milhões de empregos e reduzindo a emissão de dióxido de carbono em mais de 10 bilhões de toneladas.

2.2 ENERGIA EÓLICA NO BRASIL

A escassez de dados e as discordâncias quanto aos métodos de análise ainda levam especialistas e instituições a divergirem sobre o potencial eólico brasileiro. Contudo, após longos anos de estudos, o mapa do potencial eólico brasileiro foi revelado. Segundo levantamento feito em 2005 pelo Centro de Pesquisa em Energia Elétrica (Cepel), ele aponta uma estimativa de geração da ordem de 143,5 GW.

De acordo com dados da ANEEL de janeiro de 2011, o potencial instalado no Brasil é de 926,89 MW. Isso corresponde a apenas 0,82% dos 113,37 GW gerados no país. No entanto, espera-se o crescimento dessa capacidade com os incentivos que o governo federal tem dado ao PROINFA. Este programa prevê uma linha de crédito para financiar até 70% do investimento, excluindo bens e serviços importados e a aquisição de terrenos.

Em particular, o mapa eólico do nordeste (Figura 4) mostra que esta região apresenta um excelente potencial eólico, constituindo cerca de 75 GW de todo o potencial disponível no país, sendo. Esse potencial está localizado tanto na faixa litorânea quanto no interior da região, o que possibilita distribuir melhor os parques eólicos.

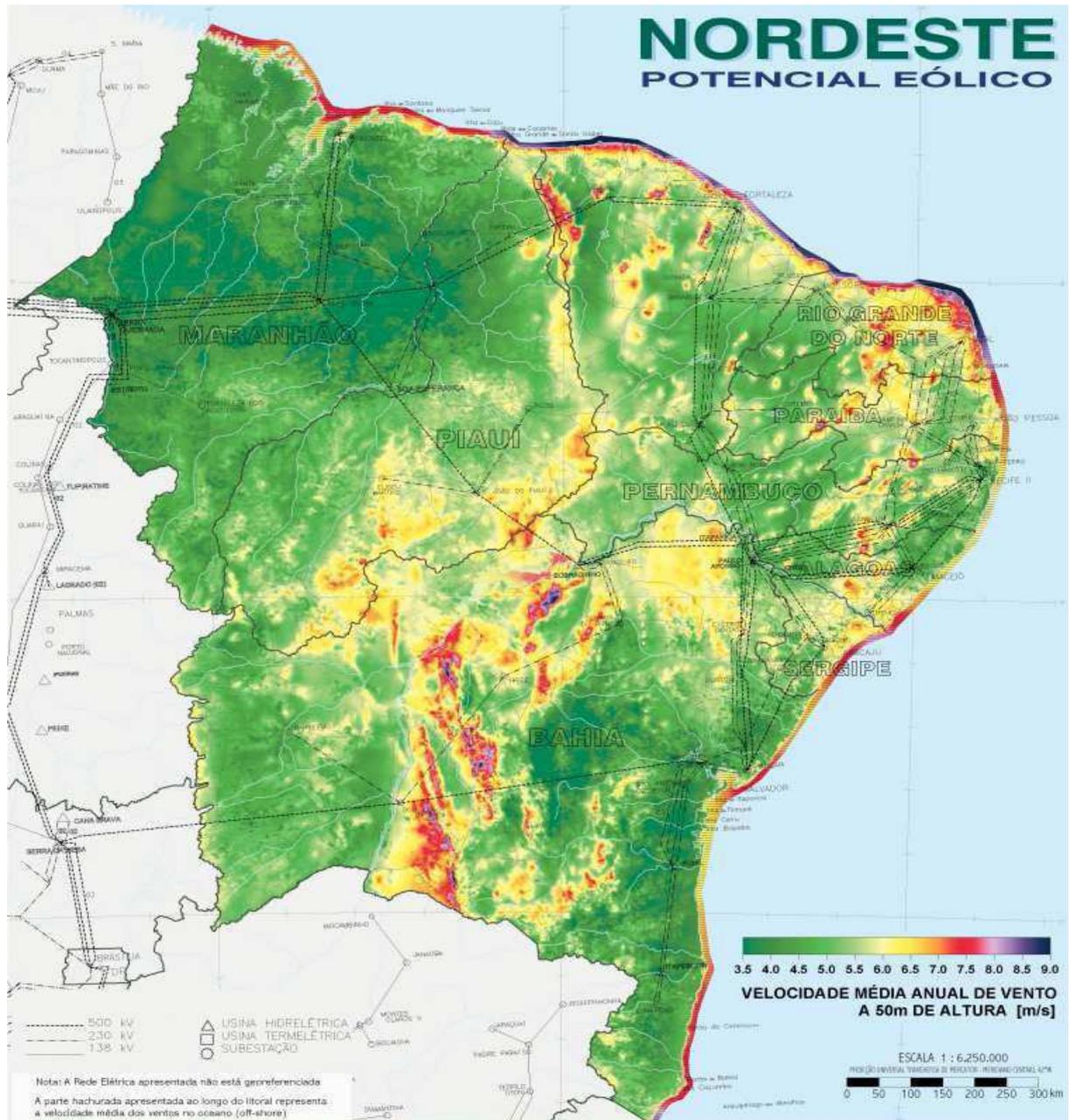


Figura 4 – Potencial Eólico no Nordeste. Fonte: CRESESB.

Além disso, o Nordeste também apresenta um bom complemento eólico-hídrico, pois quando a vazão do Rio São Francisco é menor os ventos são mais abundantes. Essa característica peculiar permite que a região venha a suprir outras regiões quando há diminuição no regime de chuvas.

Assim, verifica-se que o Nordeste apresenta amplas condições de aproveitamento da energia eólica, como fonte viável e abundante de modo a complementar a energia hidroelétrica. O excedente da produção da energia eólica pode ser armazenado nos gigantescos reservatórios das usinas substituindo eventuais escassezes hídricas ou permitindo o controle da vazão, necessária à preservação das atividades agrícolas.

Segundo dados divulgados pelo ONS, a região Nordeste vem apresentando um aumento significativo na geração de energia eólica nos últimos anos. Na Figura 5, mostram-se gráficos demonstrativos e comparativos desse crescimento eólico desde 2008.

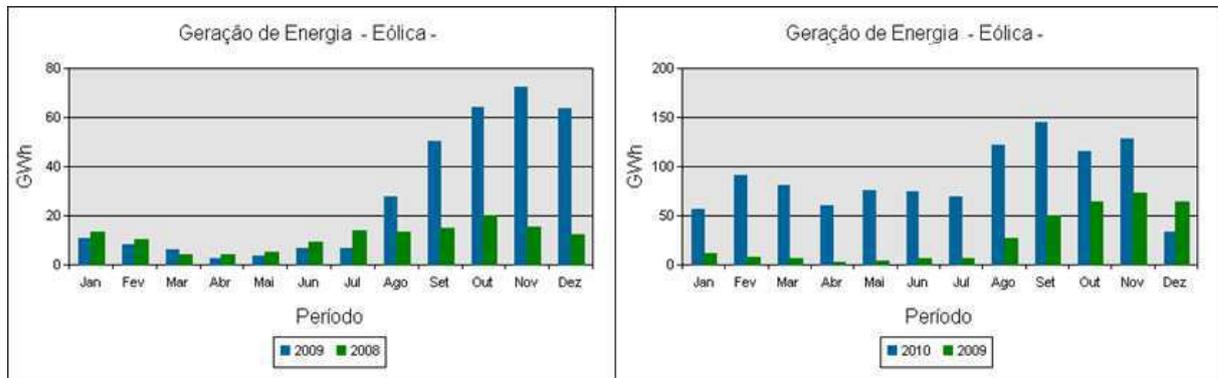


Figura 5 – Comparativo da Geração de Energia Eólica no Nordeste entre 2008 e 2010.
Fonte ONS, 2011.

2.3 APROVEITAMENTO DA ENERGIA CINÉTICA DOS VENTOS

A energia eólica é resultado da radiação solar que aquece a superfície da terra de maneira não uniforme, devido à orientação dos raios solares e aos movimentos de rotação e translação da terra. Quando o sol aquece uma determinada área de terra, o ar ao redor dessa massa absorve parte do calor. Esse ar mais quente começa a se elevar rapidamente e o ar mais frio flui para preencher o espaço vazio deixado, formando assim os ventos.

Para as regiões próximas à linha do equador, como é o caso do Nordeste brasileiro, merece destaque os ventos alísios que sopram dos trópicos para o Equador e são constituídos por movimentos de massas de ar em direção às menores pressões da aquecida faixa equatorial.

Boa parte da energia gerada pelos ventos pode ser captada através de aerogeradores, cujo princípio de funcionamento consiste em duas fases de conversão. Na primeira, as pás da turbina acionam o rotor retirando energia cinética do vento e convertendo-a em conjugado mecânico. Na segunda, o gerador converte o conjugado mecânico em eletricidade.

O processo de conversão da energia é possível graças às forças de empuxo e o arrasto que surgem durante a captação dos ventos pelas pás do rotor. Ao se deslocar sobre uma face arredondada e a favor da pá, o ar se move mais rápido criando um bolsão de baixa pressão que puxa a pá na direção a favor do vento (empuxo). Já na direção contrária à pá, o ar se move mais devagar e cria uma área de maior pressão que empurra a pá diminuindo sua velocidade (arrasto). Por essa razão, as pás da turbina são torcidas de modo que possam extrair a maior vantagem da relação entre as forças de empuxo e arrasto.

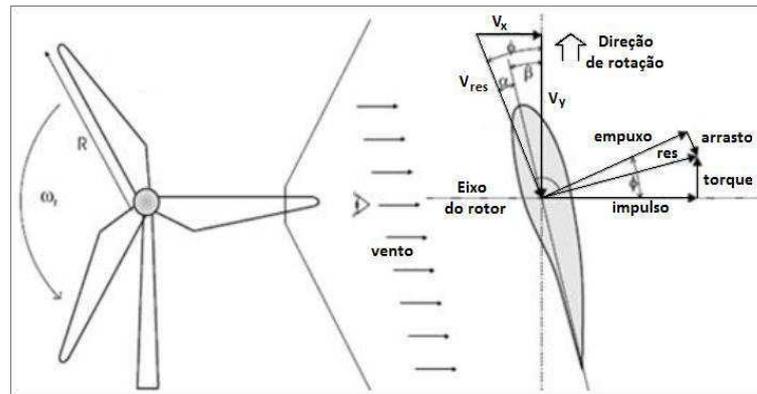


Figura 6 – Principais Forças sobre as Pás de uma Turbina.

2.4 SISTEMA DE CONVERSÃO DE ENERGIA DA TURBINA ECO 86

No complexo eólico de Brotas de Macaúbas, o sistema de conversão eólio-elétrica é feito por aerogeradores cujo modelo é o **ECO 86** da Alston. Basicamente, constituem-se de turbina eólica, gerador elétrico e sistemas de controles para processamento da energia.

2.4.1 TURBINA EÓLICA

A principal função da turbina eólica é converter a energia cinética dos ventos em energia mecânica rotacional que posteriormente é transformada em eletricidade por meio de um gerador elétrico acoplado a ela. Cálculos matemáticos demonstram que a potência mecânica disponível (P_{mec}) em uma turbina eólica é dada pela Equação (1).

$$P_{mec} = \frac{1}{2} \rho A V_v^3 C_p(\lambda, \beta) \quad (1)$$

$$\text{Com } \lambda = \left(\frac{R \omega}{V_v} \right) \quad (2)$$

Onde: ρ – Massa específica do ar (em Kg/ m³);

A – Área da circunferência que é varrida pelas pás da turbina (em m²);

V_v – Velocidade do vento (em m/s);

$C_p(\lambda, \beta)$ – Coeficiente de potência do aerogerador;

λ – Razão entre a velocidade tangencial da ponta da pá e a velocidade do vento incidente (adimensional);

β – Família de curvas que varia de acordo com ângulo de passo das pás;

R – Raio do rotor (em m);

ω – Velocidade angular do rotor (em m/s).

Na Equação (1), o coeficiente de potência $C_p(\lambda, \beta)$ depende das características do aerogerador, sendo função da razão de velocidades λ e do ângulo de passo β das pás (*pitch*) do rotor. Na Figura 7 apresenta-se a característica $C_p(\lambda, \beta)$ traçada para vários valores de β .

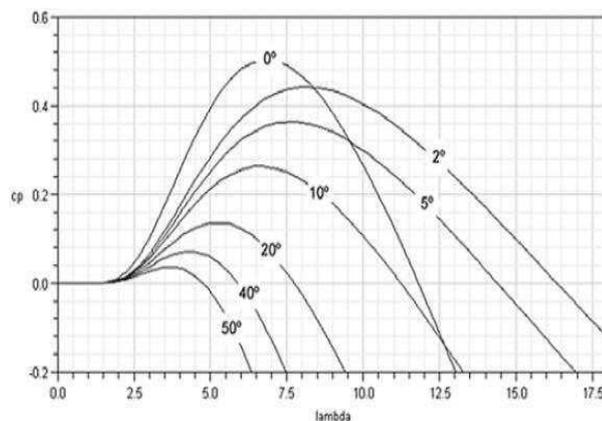


Figura 7 – Característica $C_p(\lambda, \beta)$ (Montezano, 2008)

Como a potência eólica varia com o cubo da velocidade do vento, percebe-se que pequenas varrições de velocidade acarretam uma grande variação de potência na turbina. No entanto, apenas parte da energia disponível é convertida em energia mecânica rotativa. Sabe-se que no máximo 59,3% da energia cinética do vento que atravessa a área varrida pelas pás da turbina pode ser aproveitada como energia mecânica. Na prática, esse limite nunca é atingido e normalmente, girando em torno de 48% devido às perdas por turbulência e arrasto.

O sistema de conversão eólico da turbina **ECO 86** opera com velocidade variável e utiliza conversores eletrônicos controlados por algoritmos que calculam a velocidade ótima do gerador, permitindo assim extrair a máxima potência da turbina em uma faixa maior de velocidades do vento. Analisando a Figura 8, percebe-se que sistemas de velocidade variável conseguem maiores ganhos de energia quando comparados com o sistema de velocidade fixa.

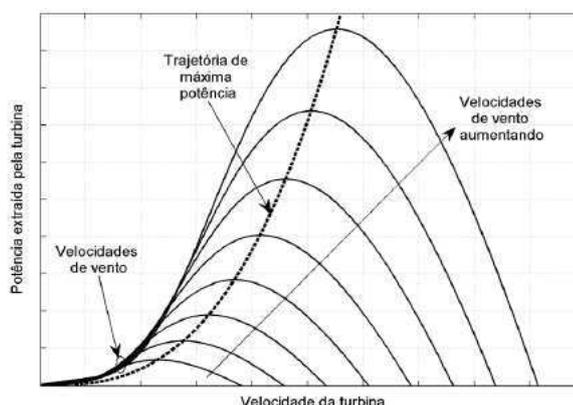


Figura 8 – Trajetória de Máxima Potência.

2.4.2 GERADOR ELÉTRICO

O modelo de turbina eólica **ECO 86** utiliza um gerador elétrico cuja tensão é de 690 V e a classe de isolamento é IP 54. Na verdade, ele é uma máquina trifásica assíncrona com rotor bobinado, em corrente alternada com enrolamentos trifásicos que possuem anéis deslizantes e escovas para alimentar as bobinas do rotor. Essas máquinas também são conhecidas como geradores de indução duplamente alimentados quando usadas em sistemas eólicos de geração.

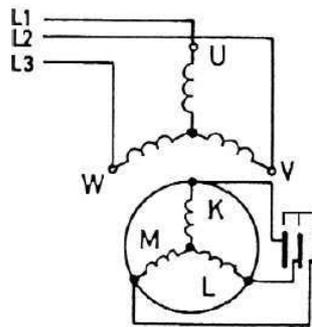


Figura 9 – Diagrama Elétrico de uma Máquina de Indução Trifásica com Rotor Bobinado.

Normalmente, os enrolamentos do estator (U, V, W) são conectados à rede fazendo com que circule correntes nas bobinas e conseqüentemente surja um campo magnético girante no entreferro da máquina. Esse campo gira na velocidade síncrona e induz correntes no rotor (L, M, K) com frequências iguais as do estator multiplicada pelo escorregamento (relação entre a velocidade do rotor e a velocidade síncrona).

2.4.3 SISTEMAS DE CONTROLE PARA PROCESSAMENTO DE ENERGIA

O modelo **ECO 86** utiliza um conversor eletrônico processando parcialmente a energia (Tipo C). Nesse sistema, a turbina eólica opera com velocidade variável associada a um gerador de indução de rotor bobinado e um conversor em configuração de realimentação. Conforme é indicado na Figura 10, o estator é diretamente conectado a rede elétrica, enquanto que o rotor é conectado à rede por um conversor estático. O conversor do lado da máquina controla a frequência das tensões no rotor e conseqüentemente, sua velocidade.

A utilização dos conversores de potência possibilita às turbinas operar com velocidade variável, maximizando a energia extraída do gerador. Além de corrigir o fator de potência e garantir proteção eletrônica para a turbina evitando danos em condições extremas de vento.

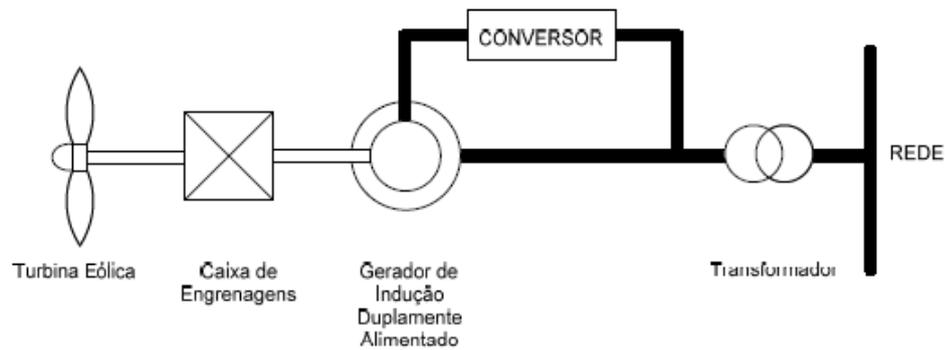


Figura 10 – Esquema de um sistema de conversão tipo C.

Esta configuração permite variar em até 30% da velocidade síncrona. A potência processada pelo conversor varia de 25 a 30% da capacidade do gerador tornando esse tipo de sistema atrativo e popular economicamente. Como desvantagens, necessitam usar sistemas de controle complexos e a maior manutenção devido ao conjunto de engrenagens.

2.5 PRINCIPAIS COMPONENTES DA TURBINA ECO 86

O modelo **ECO 86** é projetado para reduzir os custos de material da torre e facilitar o transporte em terrenos complexos. Elas apresentam potência nominal de 1,67 MW sendo indicadas para condições médias de ventos encontradas normalmente colinas e áreas do interior. Este modelo diferencia-se pela presença de uma caixa multiplicadora, sendo os principais componentes da turbina ilustrados na Figura 11.

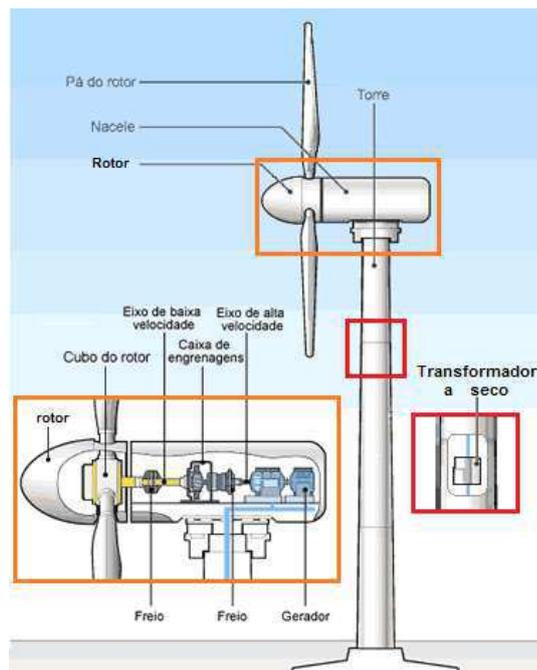


Figura 11 – Partes Componentes de uma Turbina ECO 86

A. PÁS DO ROTOR

As pás são responsáveis pela interação com o vento, convertendo parte de sua energia cinética em trabalho mecânico rotacional no eixo da turbina. Esse modelo utiliza três lâminas cada uma com cerca de 40 m de comprimento cujo perfil aerodinâmico é especialmente projetado para maximizar a relação entre as forças de empuxo e arrasto. São fabricadas em fibras de vidro reforçadas com epóxi e dispõem de rolamentos em sua base para que possa girar mudando o ângulo de ataque.

B. ROTOR

É responsável por dar sustentação às pás da turbina. Ele é construído em liga de aço de alta resistência, tem um diâmetro de 85,5 m e varre uma área de 5741 m². Sua velocidade angular é da ordem de 10 a 17,21 rpm.

C. EIXO

A turbina eólica **ECO 86** apresenta eixo horizontal montado paralelo ao solo. Nesse tipo de turbina, o eixo está conectado ao cubo do rotor. Assim, ele transfere sua energia mecânica rotacional para o eixo, que está conectado a um gerador elétrico na outra ponta.

D. FREIOS

Os freios têm a função de deter a rotação do eixo do rotor em caso de sobrecarga de energia, falha ou manutenção no sistema. Eles podem ser acionados de maneira manual ou pelos sistemas de controle da nacelle.

E. CAIXA MULTIPLICADORA

Tem a finalidade de transmitir a energia mecânica entregue pelo eixo do cubo do rotor até o gerador. Como a velocidade do rotor é baixa e a velocidade de trabalho dos geradores é maior, faz-se necessário um sistema de engrenagens para multiplicar a velocidade entre os eixos do rotor e do gerador. Ela apresenta sistema de ventilação/ lubrificação forçados e é composta por eixos, mancais, engrenagens de transmissão e acoplamentos.

F. NACELE

Abriga as principais partes componentes do sistema de geração de energia tais como gerador elétrico, caixa multiplicadora, eixo, freios e sistemas de controle. Devido ao eixo horizontal, a nacele precisa alinhar constantemente sua posição na direção do vento. Para isso, ela é equipada com mecanismo de ajuste dotado de motores elétricos e caixas de engrenagens que a movem para ambos os lados em pequenos incrementos, podendo girá-la em até 360°.

G. TORRE

A torre é construída de quatro tramos em metal tubular. Ela é responsável por sustentar e posicionar o rotor em sua posição correta e também suportar o grande peso das partes componentes do sistema de geração de energia que ficam na nacele.

A torre é usada para elevar os componentes da turbina até a altura de 80 m de modo a melhorar a captação do vento e manter as pás longe do solo. Elas apresentam um diâmetro de 4 m na base inferior e ocupam muito pouco espaço no solo.

H. TRANSFORMADOR

No interior da torre, existe um transformador a seco que eleva a tensão de 690 V para 34,5 kV, adequando o nível de tensão do gerador elétrico da turbina ao nível de tensão da rede elétrica ao qual está conectado.

I. SISTEMA DE CONTROLE AERODINÂMICO DE POTÊNCIA

Os sistemas de controle de potência da turbina eólica **ECO 86** são projetados de maneira a atingir e manter a potência nominal o máximo de tempo possível. Também são previstos dispositivos de limitação das forças aerodinâmicas geradas nas pás de modo a evitar esforços excessivos nos componentes mecânicos para ventos de velocidade elevada.

Para controlar a potência gerada no rotor é usado o sistema de **Controle de Passo (Pitch)**. Este é um sistema ativo que reage em obediência à informação do controlador eletrônico do sistema que monitora a geração de potência. Com velocidades do vento acima da nominal, a geração de potência será excessiva a ponto de o controlador ordenar que as pás alterem seu ângulo de passo, ficando desalinhadas com o vento. Isto diminui as forças aerodinâmicas atuantes e conseqüentemente a rotação das pás e a potência gerada.

Esse tipo de turbina é projetada para entrar em funcionamento com ventos acima de 3 m/s (≈ 11 km/h). Caso a velocidade do vento seja igual ou ligeiramente superior a 25 m/s (90 km/h) ela é mantida funcionando por até 10 minutos, sendo retirada de operação após exceder esse tempo. Já em condições extremas, com velocidades da ordem de 34 m/s (≈ 120 km/h), a turbina é retirada imediatamente de funcionamento após 3 segundos.

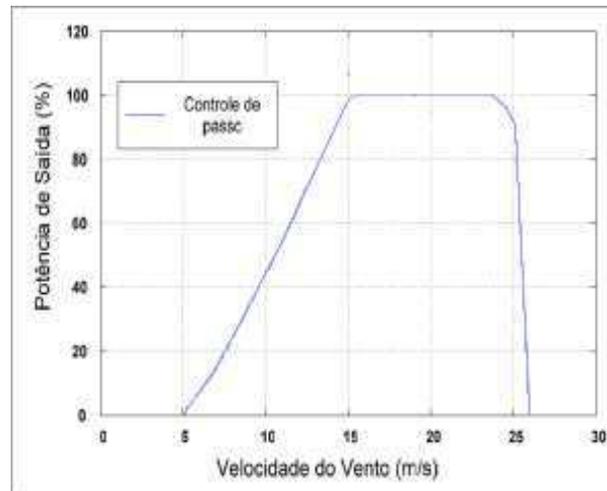


Figura 12 – Variação da Potência de Saída com a Velocidade do Vento em Turbina com Controle de Passo.

2.6 QUALIDADE DA ENERGIA

No contexto da geração eólica, a qualidade de energia determina o desempenho elétrico do sistema de geração de eletricidade do aerogerador onde quaisquer perturbações sobre a rede elétrica devem ser mantidas dentro de limites estabelecidos tecnicamente. Dentre os principais distúrbios causados pelos aerogeradores na rede elétrica destacam-se:

- Elevação ou queda de tensão decorrente de flutuações do valor médio da potência entregue em virtude de variações na velocidade do vento;
- Flutuações de tensão causadas por operações de manobra e erros de passo de pá e mudança de direção do rotor;
- Distorções harmônicas decorrentes da operação de dispositivos conversores de frequência e controladores tiristorizados;
- Consumo de potência reativa por conta dos componentes indutivos do sistema.

2.7 MEIO AMBIENTE

As fazendas eólicas também apresentam impactos ambientais. Elas podem vir a ameaçar pássaros, no caso de instalação realizada em rotas de migração. Alteram paisagens com suas torres e hélices, criando assim uma poluição visual. Emitem ruídos (de baixa frequência), que podem causar algum incômodo. Existe ainda a possibilidade de causar interferência na transmissão de sinais de televisão.

Apesar desses impactos, a energia eólica é uma fonte limpa já que não advém da queima de fósseis e nem emite poluentes. Entre diversos fatores positivos, os parques eólicos apresentam a vantagem de não exigir a desapropriação de grandes áreas, com deslocamentos populacionais, além de preservar os espaços utilizados pela agricultura local.

Se não é a solução definitiva para as ameaças de mudanças climáticas, a energia eólica é um fator bastante atenuante. A utilização dessa fonte de energia constitui uma alternativa importante na tentativa de minimizar as consequências do efeito estufa, causado pela queima de combustíveis de origem fóssil produzindo dióxido de carbono.

CAPÍTULO 3 – ATIVIDADES ACOMPANHADAS

3.1 A SUBESTAÇÃO

A instalação corresponde a uma subestação elevadora de tensão 34,5/ 230 kV a céu aberto que será construída junto ao complexo eólico. Ela irá seccionar uma linha de transmissão de 230 kV cerca de 20 km depois do barramento, interligando a subestação elevadora ao seccionamento da LT Bom Jesus da Lapa – Irecê de propriedade da Chesf. O desmembramento formará um anel ligando a SE do complexo eólico ao Sistema Interligado Nacional (SIN) por meio de duas novas linhas de transmissão de 230 kV em circuitos verticais, duplos e independentes: SE Brotas – Irecê e SE Brotas – Bom Jesus da Lapa.

A subestação está dividida em dois setores. O lado de média tensão (34,5 kV) e os transformadores de potência pertencem ao setor Desenvix. O lado de alta tensão (230 kV), exceto os transformadores, pertence ao setor Chesf. Cada setor conta com uma casa de comando que será aparelhada com os equipamentos necessários para o seu perfeito funcionamento. Após a sua construção, a instalação será doada à Chesf que ficará responsável pela sua operação e manutenção.

O arranjo eletromecânico do pátio da subestação é mostrado nas pranchas 1/5 e 2/5 conforme documentos em anexo.

3.2 PÓRTICOS E ESTRUTURAS EM CONCRETO

A concepção estrutural, também chamada de lançamento da estrutura, é uma etapa importante no projeto de uma subestação. Ela consiste em escolher os elementos a serem utilizados e definir suas posições, formando um sistema estrutural eficiente, capaz de absorver os esforços oriundos das ações atuantes e transmiti-los às fundações.

A solução estrutural adotada deve atender requisitos importantes tais como capacidade resistente, desempenho em serviço e durabilidade. Dessa forma, o dimensionamento das estruturas em concreto deverá ser feito de modo a resistirem aos esforços resultantes das forças de tração, do peso e do vento que sobre elas atuam.

A SE – Brotas conta com pórticos instalados ao longo de nove eixos dispostos com a seguinte configuração e finalidade:

- Eixo 1: pórtico de ancoragem da LT de 230 kV e dos cabos de OPGW;
- Eixo 2: pórtico de suporte para isoladores das chaves semi-pantográficas;
- Eixo 3,4,5: pórticos dos barramentos principal e de transferência;
- Eixo 6 e 7: pórticos de suporte para isoladores das chaves semi-pantográficas;
- Eixo 8: estrutura do barramento reserva;
- Eixo 9: pórtico do barramento de entrada da subestação.

O arranjo de montagem dos pórticos da subestação é mostrado na prancha 3/5 conforme documento em anexo. De acordo com o desenho, nota-se que cada pórtico é formado por um conjunto de três postes (secção retangular), duas vigas (secção retangular ou “H”), dois anéis terminais e um anel duplo. Exceto o eixo 9 que possui apenas uma viga e dois anéis terminais. Todas as estruturas são calculadas para suportarem esforços de tração perpendiculares ao pórtico advindos da ancoragem dos condutores e dos cabos guarda.

Já as estruturas em concreto armado que servem de suporte para os equipamentos da subestação possuem um capitel apoiado sobre uma coluna única, em posição central. O tipo do capitel e o comprimento da estrutura variam de acordo com a finalidade a que se prestam. Excetua-se o caso do disjuntor, sob o qual há uma estrutura metálica dotada de quatro colunas de apoio, devido aos esforços e vibrações provocados pelo seu funcionamento.

3.2.1 EXECUÇÃO:

O processo de montagem dos pórticos inicia-se com a distribuição das estruturas próximo ao local onde devem ser usadas. Primeiramente, implantam-se os postes. Com o auxílio de um guindaste, ergue-se a estrutura pelo topo utilizando cabos de aço. O poste é então içado, colocado no interior de uma base em concreto armado, alinhado e nivelado. Em seguida, fixa-se o poste à sua base usando camadas de areia adensada e por fim uma camada de concreto magro.

Na etapa seguinte, são fixados os anéis (terminais e duplo) aos postes. Depois de marcadas as alturas correspondentes, instalam-se gabaritos de madeira que sustentarão temporariamente os anéis, cuja fixação é feita com o uso de um concreto especial (*graute*). Depois de concluído o processo de cura do concreto, as vigas são implantadas fixando-as sobre os anéis por meio de parafusos, porcas e anilhas galvanizadas a quente retirando-se o gabarito de madeira.



Figura 13 – Montagem de Pórticos: (a) implantação de postes (b) fixação de anéis (c) assentamento de vigas

A montagem das estruturas para suporte dos equipamentos ocorre de forma análoga, porém mais simples. Depois de fixar a estrutura à sua respectiva base, marca-se a altura correspondente e instala-se um gabarito que sustentará temporariamente o capitel. Fixa-se o capitel ao poste usando *graute* e depois de passar o tempo de cura retira-se o gabarito.

3.3 BARRAMENTO

O barramento consiste num conjunto de condutores elétricos que interligam toda a subestação. Basicamente, o dimensionamento destes condutores depende dos níveis de tensão e corrente a que estão submetidos, devendo-se levar em conta o fator das perdas.

O arranjo físico do barramento é determinado pela maneira como deverão ser conectados os geradores, os equipamentos, as linhas e as cargas dentro da subestação. A complexidade deste arranjo é definida levando-se em conta a flexibilidade de manobra, a continuidade do fornecimento, a confiabilidade operacional, a facilidade de manutenção e o custo de implementação.

3.3.1 TIPO DE ARRANJO

O tipo de arranjo utilizado no barramento da SE – Brotas é e do tipo principal e de transferência na tensão de 230 kV, conforme é mostrado no diagrama unifilar simplificado indicado na prancha 4/5 em anexo.

3.3.2 CONDUTORES UTILIZADOS

Os condutores utilizados foram de alumínio com alma de aço (CAA) encordoado concentricamente com coroas de fios de alumínio 1350-H19 sobre a alma de aço também encordoada. Na construção dos barramentos usaram-se dois tipos de cabos:

- CAA: 636 MCM – GROSBEAK;
- CAA: 954 MCM – RAIL substituindo o CA: 954 MCM – MAGNÓLIA.

Os cabos são projetados segundo os valores de corrente, tensão e esforço mecânico a que serão submetidos. No entanto, pode-se melhorar a relação entre capacidade de corrente e resistência mecânica variando a proporção entre os fios de alumínio e aço.



Figura 14 – Condutores Utilizados: (a) 636 MCM – grosbeak (b) 954 MCM – rail (c) comparativo entre ambos

3.3.3 EXECUÇÃO

Os cabos são cortados conforme o vão onde serão usados e postos sob tração por 72 horas. Depois, uma das extremidades é prensada junto ao conector por meio de uma matriz compressora. Conecta-se essa extremidade aos isoladores formando a cadeia de ancoragem a compressão. Então o conjunto é suspenso e ancorado na estrutura em concreto do barramento.

A segunda extremidade é suspensa e fixada à estrutura oposta por meio de roldana, catraca e um dinamômetro que indica a intensidade da força aplicada. O cabo é tensionado até o ponto em que não exceda o esforço e a flecha máximos. Estes valores são indicados em projeto e são definidos em função do vão e da temperatura ambiente.



Figura 15 – Prensagem de Cabos: (a) prensa hidráulica (b) processo de prensagem (c) terminal prensado

A seguir, faz-se uma marcação no cabo descontando-se o tamanho dos isoladores. Ele é baixado, cortado no tamanho ideal, prensado e conectado aos isoladores completando a outra extremidade da cadeia de ancoragem a compressão. Daí, o conjunto é suspenso e ancorado definitivamente na estrutura oposta do barramento.

Após concluída esta etapa, é feito o *by-pass* interligando os vãos adjacentes do barramento de acordo com o projeto. Depois de mantidos sob tensão por 72 horas, os cabos são cortados com tamanho um pouco maior que o vão necessário para conectar os dois barramentos de modo a garantir o raio mínimo de curvatura do condutor.

Uma das extremidades do cabo é prensada ao grampo de ancoragem a compressão e o conjunto é conectado a um dos pontos de derivação do barramento. Passa-se o cabo pela cadeia de ancoragem a suspensão, que está pendurada na viga, e é feita a marcação do cabo. Em seguida ele é retirado, cortado e devidamente prensado. Por fim, ele é instado na cadeia de suspensão e conectado à cadeia de ancoragem “fechando o pulo”.

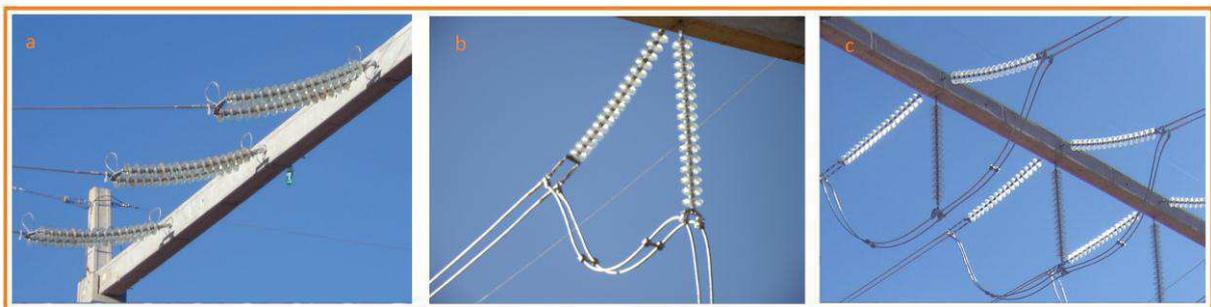


Figura 16 – Cadeias de Ancoragem dos Barramentos: (a) dupla (b) simples em derivação (c) simples passante

3.4 ATERRAMENTO E BLINDAGEM

Um sistema de aterramento bem dimensionado permite que a instalação elétrica funcione com desempenho satisfatório sendo suficientemente segura contra risco de acidentes fatais. O aterramento é feito acoplando-se permanentemente as partes metálicas com o propósito de formar um caminho condutor de eletricidade garantindo continuidade elétrica e permitindo a condução segura de corrente.

Em linhas gerais, todo sistema de aterramento deve atender às seguintes finalidades:

- Proteger os indivíduos contra tensões perigosas (toque e passo) devido a defeitos nas linhas de transmissão ou na isolação dos equipamentos;
- Proteger os equipamentos escoando cargas estáticas geradas nas suas carcaças;
- Proteger as instalações contra descargas atmosféricas, sobretensões de manobra e curtos-circuitos permitindo o rápido escoamento da corrente para a terra.

A blindagem consiste na instalação de condutores metálicos envolvendo a subestação. Dessa forma, delimita-se um volume cujo interior está protegido eletricamente contra as descargas atmosféricas impedindo que estas incidam diretamente sobre os condutores. Este sistema recebe o nome de SPDA e funciona de forma semelhante a uma gaiola de Faraday envolvendo as principais partes da subestação como edificações, equipamentos, barramentos e estruturas.

O dimensionamento da blindagem leva em consideração dois fatores importantes:

- A sua suportabilidade térmica durante a ocorrência de faltas à terra onde há rompimento do dielétrico da cadeia de isoladores, das chaves, etc;
- O tempo de atuação da proteção, que deve ser menor ou igual a um valor especificado de tal modo que, no caso de curto, a corrente e conseqüentemente a temperatura do cabo-guarda não ultrapassem o limites permitidos.

3.4.1 MALHA DE TERRA

Para execução d malha de terra da SE – Brotas utilizaram-se cabos de cobre nu com seção nominal de 95 mm² formando um reticulado de 4,0 m com profundidade média de 0,5 m. Em áreas onde há circulação de veículos este valor é de 1,0 m. O reticulado abrange todo o perímetro da subestação estendendo-se até os limites do muro sobre o qual há uma concertina metálica. Ela é aterrada em pontos de derivação da malha a cada 15 m em cabo de cobre nu de 50 mm². Para melhor entendimento, na prancha 5/5 é mostrada o arranjo da malha conforme documento em anexo.

O aterramento das estruturas em concreto que servem de base para os equipamentos foi executado em cabo de cobre nu de seção nominal 120 mm² de forma que houvessem dois condutores interligados à malha. No aterramento das estruturas que formam os pórticos da subestação também foi usado o mesmo cabo mencionado anteriormente. Porém, foi instalado apenas um condutor de modo a criar um ponto de derivação conectado a dois pontos da malha. No interior das canaletas do pátio não foram lançados cabos de aterramento, pois não há peças metálicas nessa estrutura já que o leito para de passagem dos cabos foi executado com tubos de PVC rígido.

A malha é complementada por hastes de terra em cobre com 3,0 m de comprimento. Elas foram distribuídas por todo o reticulado de modo a garantir que as tensões de toque e passo estejam dentro de limites permitidos para segurança das pessoas e dos equipamentos.

Os cabos de cobre são conectados entre si e às hastes de aterramento através de solda exotérmica. Para tanto, utiliza-se um molde de grafite e um cartucho para solda, que são escolhidos de acordo com o tipo de conexão a ser realizada. O cartucho para solda contém uma mistura balanceada de óxido de cobre e alumínio (reagentes), um pó de ignição (inicia o processo) e um disco metálico que retém ambos na parte superior do molde.

O processo de solda inicia-se com a limpeza dos condutores (cabos e hastes). Em seguida, eles são colocados na posição de junção e se coloca o molde sobre eles prensando-os com um alicate. O disco metálico é colocado no interior do molde sendo preenchido com o composto exotérmico.

Por último, coloca-se o pó de ignição. O molde é fechado e com um acendedor dá-se início ao processo que desencadeia uma reação exotérmica atingindo temperaturas superiores a 2000 °C. A esta temperatura, o óxido de cobre do composto exotérmico reage com o alumínio liberando cobre puro que se liquefaz, fundi o disco metálico e cai na parte inferior do molde fazendo a conexão permanente entre os condutores.

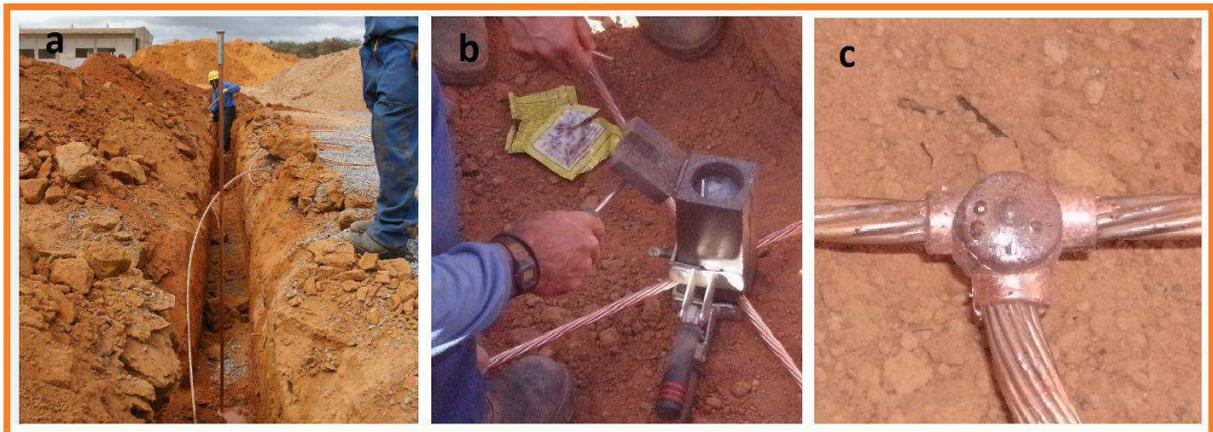


Figura 17 – Malha de Terra: (a) lançamento de cabos e hastes (b) molde para solda (c) solda exotérmica

3.4.2 SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

Para montar a blindagem da subestação foram utilizados cabos para-raios em aço galvanizado EHS de bitola 3/8” a 7 fios. As ferragens de suporte (parafuso de rosca total, olhais e manilhas) são peças galvanizadas a quente e instaladas junto com os cabos.

O processo de execução é bem semelhante à montagem do barramento. Os cabos são cortados de acordo com o vão onde seriam instalados. Depois, prende-se uma de suas extremidades junto ao grampo de tensão por meio de parafusos. O conjunto é preso ao topo de

uma das extremidades do pórtico, suspenso e tensionado. Depois de fazer a marcação do cabo, ele é cortado e fixado à extremidade oposta pelo grampo de tensão.

Depois que os cabos são presos às respectivas estruturas, interligam-se os vãos por meio de um *by-pass*. Após o cabo ser cortado com o tamanho adequado ele é fixado por meio de conectores paralelos ao cabo guarda. Também é feita uma derivação da blindagem à malha de terra conectando-se o cabo guarda ao condutor de aterramento instalado na estrutura.



Figura 18 – Blindagem da Subestação: (a) cabo guarda e suas respectivas derivações
(b) aterramento de pórtico (c) aterramento para equipamento

3.4.3 CABOS DE OPGW

Normalmente, os cabos do tipo OPGW são os que fazem a blindagem das linhas de transmissão. Estes cabos, além de funcionar como cabo guarda eles possuem em seu interior um núcleo de fibra óptica que permite a transmissão de dados e sinais utilizados pelos sistemas de comando, controle e telecomunicações.

A tecnologia digital do tipo OPGW é usada em larga escala pela Chesf em suas redes de telecomunicações. Estas redes possuem grande capacidade de transmissão de dados e a maior parte delas possui configuração em anel garantindo maior confiabilidade, eficiência e agilidade na transmissão dos sinais.

Na SE – Brotas também foi usado este tipo de cabo. Eles chegam por meio da linha de transmissão e são devidamente ancorados no pórtico de saída da subestação. Em seguida, eles são direcionados para duas caixas de passagem localizadas nas bases dos pórticos. Essas caixas são construídas de acordo com os padrões da Chef. A partir delas, os cabos seguem para as casas de comando onde haverá a devida interligação com a rede de fibra óptica que foi lançada no complexo eólico interligando os aerogeradores.

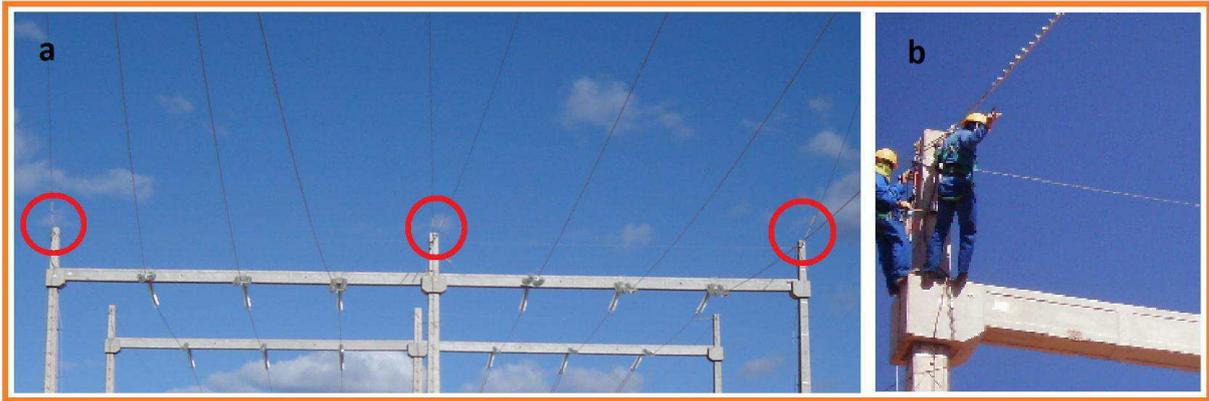


Figura 19 – Cabos de OPGW: (a) ancoragem da LT ao pórtico da SE (b) amortecedor de vibrações

O lançamento do cabo de OPGW ficou a cargo da Chesf. No entanto, a sua execução é bem semelhante ao processo de lançamento dos cabos para-raios. Vale ressaltar apenas o fato de que na ancoragem da linha com o pórtico são utilizados enrolamentos amortecedores com o intuito de reduzir o efeito de vibrações mecânicas sobre os cabos.

3.5 EQUIPAMENTOS INSTALADOS NA SUBESTAÇÃO

Uma subestação é formada por um conjunto de máquinas, equipamentos e circuitos que têm a finalidade de adequar os parâmetros de tensão e corrente das linhas e sistemas aos quais está ligada, a níveis econômica e tecnicamente viáveis bem como a de permitir a distribuição de energia nas mesmas. Neste item serão descritos os principais equipamentos projetados para a SE – Brotas que foram instalados até a data em que este relatório foi escrito.

3.5.1 TRANSFORMADOR DE POTÊNCIA

Num sistema elétrico em corrente alternada cada parte opera em níveis de tensão que lhe sejam mais convenientes. Assim, tem-se que a geração, a transmissão, a distribuição e o consumo acontecem em tensões distintas. Esta flexibilidade só é possível graças ao uso de transformadores.

O transformador é um equipamento de operação estática que transfere energia de um circuito (primário) para outro (secundário e/ou terciário) por meio de indução eletromagnética. O seu princípio de funcionamento baseia-se num circuito magnético, formado de chapas de aço-silício, onde são enroladas bobinas com N_1 e N_2 espiras, respectivamente.

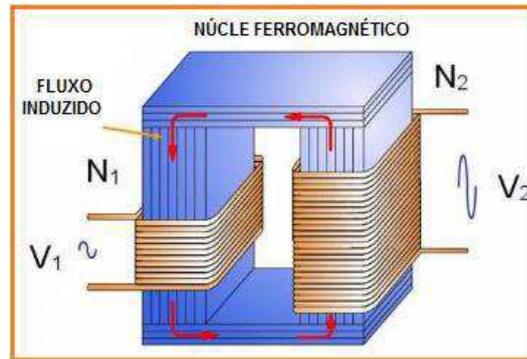


Figura 20 – Esquema Funcional de um Transformador

Desprezando as resistências e considerando que o fluxo alternado circule apenas no circuito magnético, tem-se que a tensão por espira será dada pela relação: $V_1/V_2 = N_1/N_2$. Se a relutância magnética e as perdas do núcleo forem desprezadas, os ampères-espiras dos dois enrolamentos serão dados pela relação: $I_1/I_2 = N_2/N_1$.

Essas suposições são bem próximas das encontradas na prática e as relações mostradas demonstram como se transformam tensões e correntes de modo a interligar diferentes partes de um sistema elétrico.

Na SE – Brotas foram instalados quatro transformadores dispostos em banco monofásico, sendo um para cada fase e outro de reserva. Todos os transformadores são idênticos, com dois enrolamentos, do tipo elevador de tensão 34,5 – 230/ $\sqrt{3}$ kV, 33 MVA, conectados em Δ no lado de BT e em Y aterrado no lado de AT fabricados pela WEG.

A. MONTAGEM

Inicialmente, os tanques dos transformadores foram instalados sobre trilhos assentados em bases de concreto armado construídas no interior de uma bacia de contenção de óleo. Para posicioná-los adequadamente, utilizou-se um guindaste com capacidade para erguer até 90 t.

Depois, o tanque foi içado até a posição de destino utilizando cabos de aço presos aos pontos de pega, permanecendo a certa altura para que fosse possível fixar parte dos parafusos das rodas. A seguir, o guindaste posicionou o tanque no local ideal mantendo-o levemente suspenso e as rodas foram fixadas por completo.

A montagem dos componentes e acessórios dos transformadores só foi feita alguns meses depois obedecendo a seguinte sequência: radiadores, tanque de expansão, relés de fluxo e de gás, secador de ar e ventiladores. Em seguida, fez-se o preenchimento por completo do tanque com óleo, fazendo-o circular para retirar umidade. Por fim, foram instaladas as buchas de AT e os seus respectivos conectores.

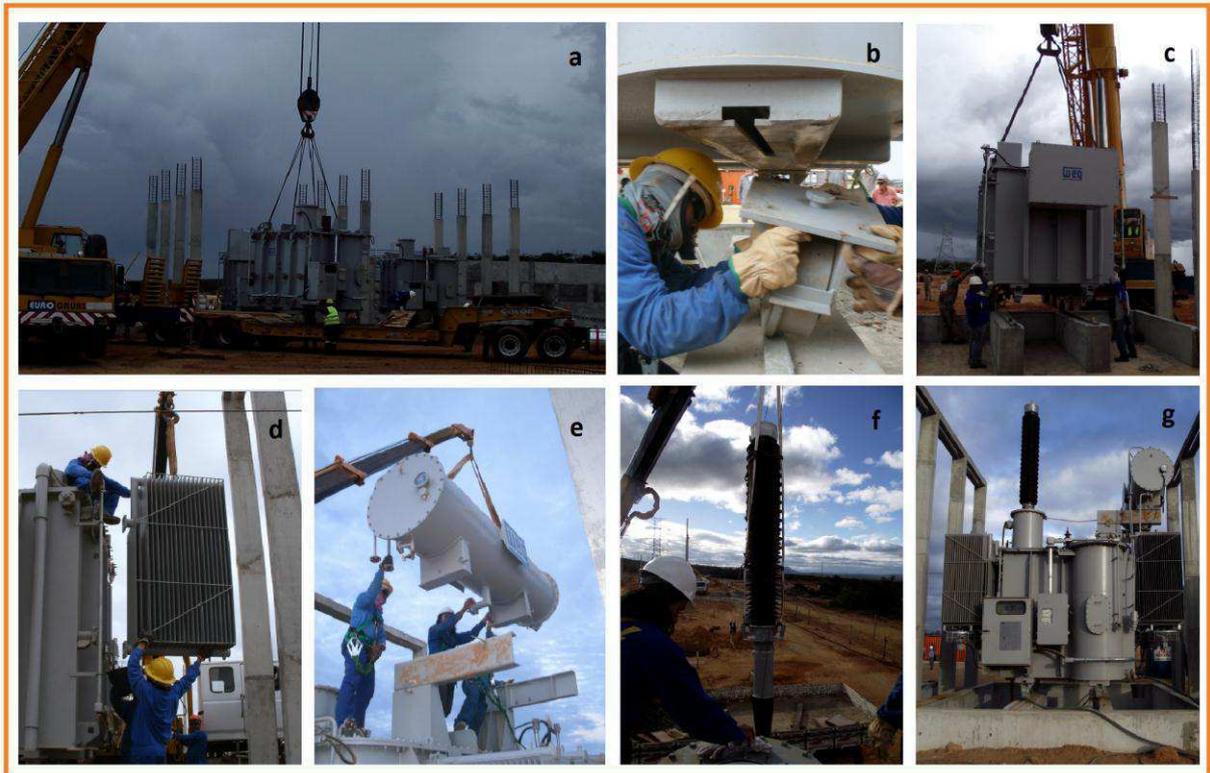


Figura 21 – Montagem do Transformador de Força: (a) descarga (b) fixação de rodas (c) instalações sobre a base (d) radiadores (e) tanque de expansão (f) bucha de AT (g) montagem acabada

3.5.2 TRANSFORMADOR DE POTENCIAL

Em instalações elétricas de alta tensão, normalmente as leituras são realizadas através de equipamentos chamados de Transformadores para Instrumentos. No caso da tensão, são os Transformadores de Potencial ou simplesmente TP que fazem essa leitura.

O TP tem a finalidade de reproduzir no circuito de BT os efeitos transitórios e de regime permanente que ocorrem no circuito de AT da maneira mais exata possível. Além disso, é responsável por fazer o isolamento elétrico entre os circuitos primário (AT) e secundário (BT), garantindo níveis de tensão seguros para instalação dos aparelhos de proteção e controle.

Existem vários tipos de transformadores de potencial, dentre os quais se destacam os indutivos, capacitivos, divisores resistivos, divisores capacitivos e divisores mistos (capacitivo/ resistivo). Para tensões compreendidas até 69 kV os transformadores indutivos são dominantes. Para tensões entre 69 e 138 kV não existe preferência na utilização. No entanto, em tensões superiores a 138 kV os transformadores capacitivos predominam.

A SE – Botas conta com 12 TP, sendo instalados 11 no pátio e 1 permanece como equipamento sobressalente na oficina. Todos eles são fabricados pela AREVA, idênticos, do tipo capacitivo e podem ser usados tanto para proteção como para medição e faturamento.

A. MONTAGEM

O TPC vem separado em três partes: módulo inferior, módulo superior e anel de equalização. Com o auxílio de um caminhão *munck* é feita a junção dos módulos superior e inferior. A seguir, instalam-se o anel de equalização e o conector tipo chapa-cabo junto ao módulo superior.

Depois de o conjunto ser montado ele é içado até a posição onde deverá ser instalado e a base do equipamento é fixada ao capitel por meio de parafusos em aço galvanizado a quente. Feito isso, segue-se então à etapa de nivelamento do equipamento para que este possa permanecer na posição vertical.

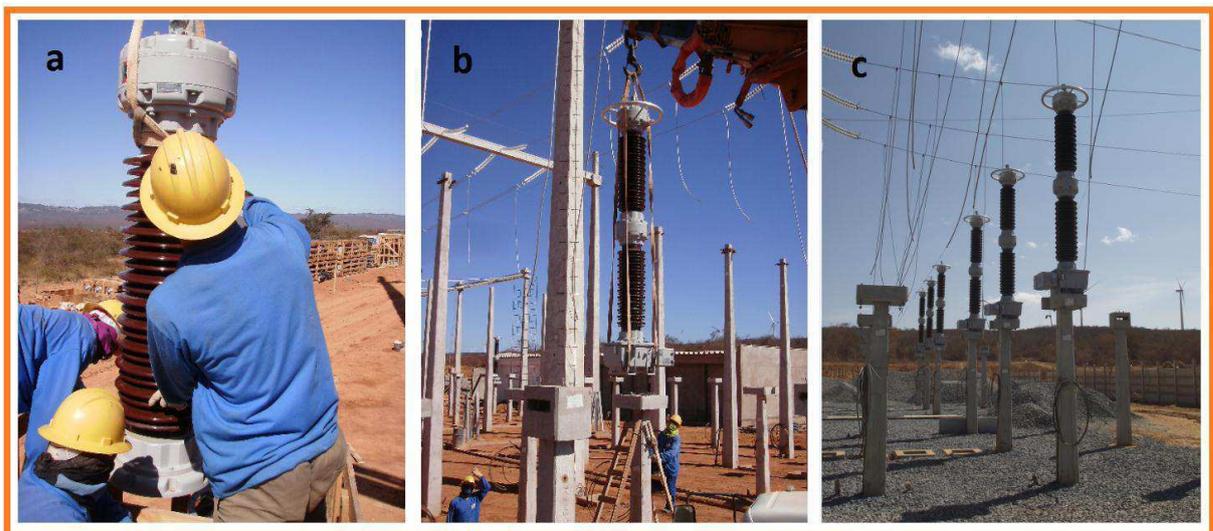


Figura 22 – Montagem do TPC: (a) montagem dos módulos (b) fixação (c) montagem acabada

3.5.3 TRANSFORMADOR DE CORRENTE

Os transformadores de corrente são equipamentos que permitem aos instrumentos de medição e proteção funcionarem adequadamente sem que seja necessário possuírem correntes nominais de acordo com a corrente de carga do circuito ao qual estão ligados. Eles também são chamados de transformadores para instrumentos e suprem os relés e medidores com quantidades proporcionais aos sistemas de potência.

O TC utiliza o fenômeno da conversão eletromagnética para transformar correntes elevadas que circulam no seu circuito primário em pequenas correntes secundárias. De maneira simplificada, ele possui um circuito primário (com poucas espiras) e um circuito secundário no qual a corrente nominal geralmente é igual a 5A. Assim, os instrumentos que serão ligados ao secundário destes equipamentos são dimensionados em tamanhos reduzidos.

Os transformadores de corrente classificam-se em dois tipos: TC para serviço de medição e TC para serviço de proteção. Estes tipos de transformadores, segundo a ABNT, se subdividem em duas classes: classe A, que apresenta alta impedância interna, e classe B, com baixa impedância interna.

A SE – Botas conta com 13 TC, sendo instalados 12 no pátio e 1 permanece como equipamento sobressalente na oficina. Todos eles são fabricados pela AREVA, idênticos, do tipo barra e podem ser usados tanto para proteção como para medição e faturamento.

A. MONTAGEM

O TC vem montado em peça única assentada horizontalmente sobre um estrado de madeira. Inicialmente, instalam-se os conectores terminais do tipo chapa-cabo na parte superior do TC com ele ainda na posição horizontal. A seguir, ele é içado pela parte superior de modo a alcançar a posição vertical, tomando-se o cuidado de evitar impactos na caixa de comando em sua base.

Depois que o TC alcança a posição vertical ele é içado pela sua base até o devido local para que seja fixado ao capitel em concreto da estrutura por meio de parafusos galvanizados a quente. Por fim, é feito o nivelamento do equipamento para que este fique na posição vertical e alinhado com os demais.

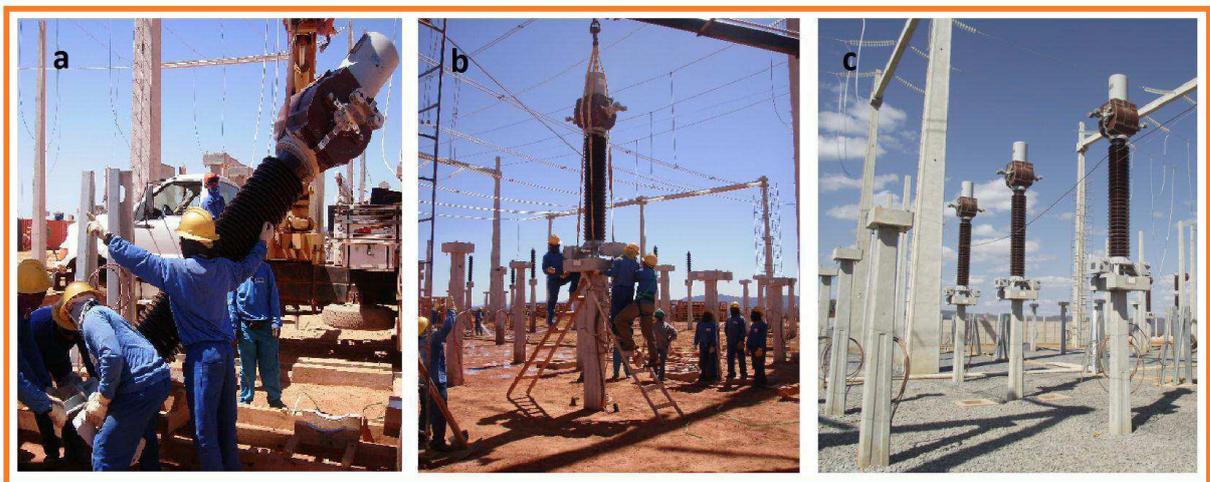


Figura 23 – Montagem do TC: (a) içamento (b) fixação (c) montagem acabada

3.5.4 ISOLADORES DE APOIO

Os isoladores são elementos com propriedades mecânicas capazes de suportar os esforços produzidos pelos condutores. Eletricamente, eles têm a função de isolar condutores submetidos a diferenças de potencial em relação à terra ou a outro condutor de fase.

Com relação às propriedades elétricas e mecânicas os isoladores podem ser classificados como sendo do tipo: roldana, de pino, de disco, de apoio e polimérico. Geralmente, em subestações de potência os isoladores de apoio são muito utilizados como suporte dos barramentos e na isolação de chaves seccionadoras dando suporte às lâminas. Basicamente, esse tipo de isolador consiste em uma coluna de peças montadas e unidas através de cimentação, com altura compatível com o nível de tensão desejado.

A SE – Brotas conta com 18 isoladores de apoio do tipo multicorpo em porcelana vitrificada fabricados pela SANTANA. Eles são utilizados como estrutura de suporte para o barramento condutor que interliga quatro conjuntos de chaves seccionadoras de modo a garantir que os cabos permaneçam a uma altura segura com relação à terra.

A. MONTAGEM

O IP vem acondicionado em caixas de madeira na posição horizontal. O processo de montagem inicia-se com a retirada do invólucro de madeira, passando à limpeza da parte de porcelana e depois instalando o conector terminal do tipo passante no topo do isolador.

Com o auxílio de um caminhão *munck*, o equipamento é içado pela parte superior até ficar na posição vertical e é conduzido até o local onde será instalado. Em seguida, sua base é fixada ao respectivo capitel em concreto por meio de parafusos galvanizados a quente. Feito isso, procede-se o alinhamento e nivelamento para que o isolador permaneça na posição ideal.

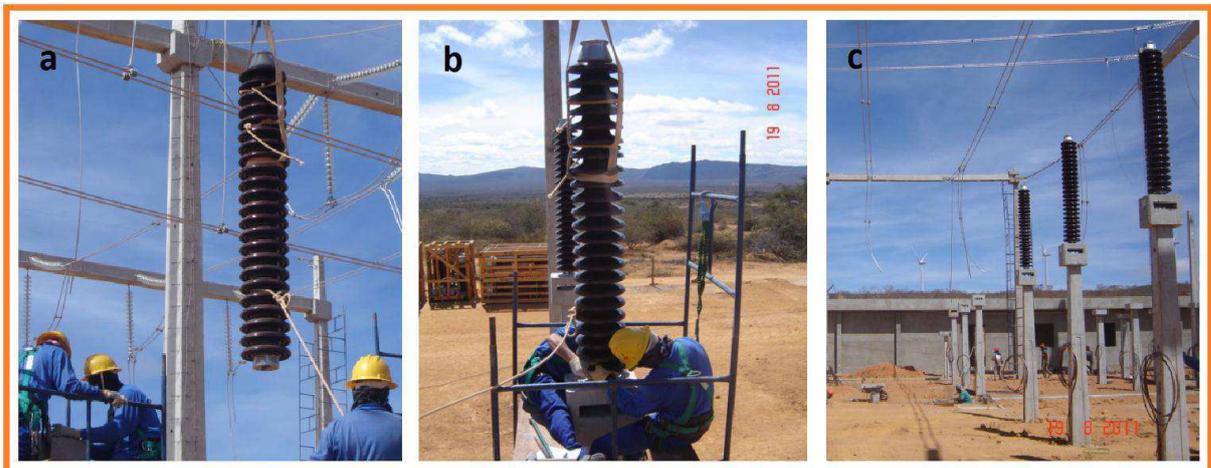


Figura 24 – Montagem do Isoladores de Apoio: (a) içamento (b) fixação (c) montagem acabada

3.6 EQUIPAMENTOS A SEREM INSTALADOS NA SUBESTAÇÃO

Até a data de elaboração deste relatório ainda haviam equipamentos a instalar no pátio da subestação. Embora não tenham chegado à obra, vale a pena fazer referência a eles dada a importância que apresentam para o perfeito funcionamento da instalação como um todo.

3.6.1 DISJUNTORES

Basicamente, o disjuntor é uma espécie de chave automática capazes de interromper ou estabelecer correntes de operação normal ou de falta em um circuito. Sua principal função é interromper correntes de curto-circuito o mais rápido possível. Dessa forma, costuma-se associá-los aos relés de proteção que, alimentados por sensores capazes de ler as correntes de fase, enviam sinais ao mecanismo de acionamento do disjuntor abrindo seus contatos.

Quanto ao sistema de interrupção do arco elétrico, os disjuntores são classificados em relação ao meio extintor utilizado no interior das câmaras de extinção, podendo ser a óleo, a vácuo, ar comprimido ou SF₆.

Na SE – Brotas serão instalados disjuntores iguais aos mostrados na Figura 24. Serão usados quatro disjuntores: um para proteção dos transformadores, um para fazer transferência de barramento e dois para proteção dos circuitos de saídas para as linhas de transmissão.

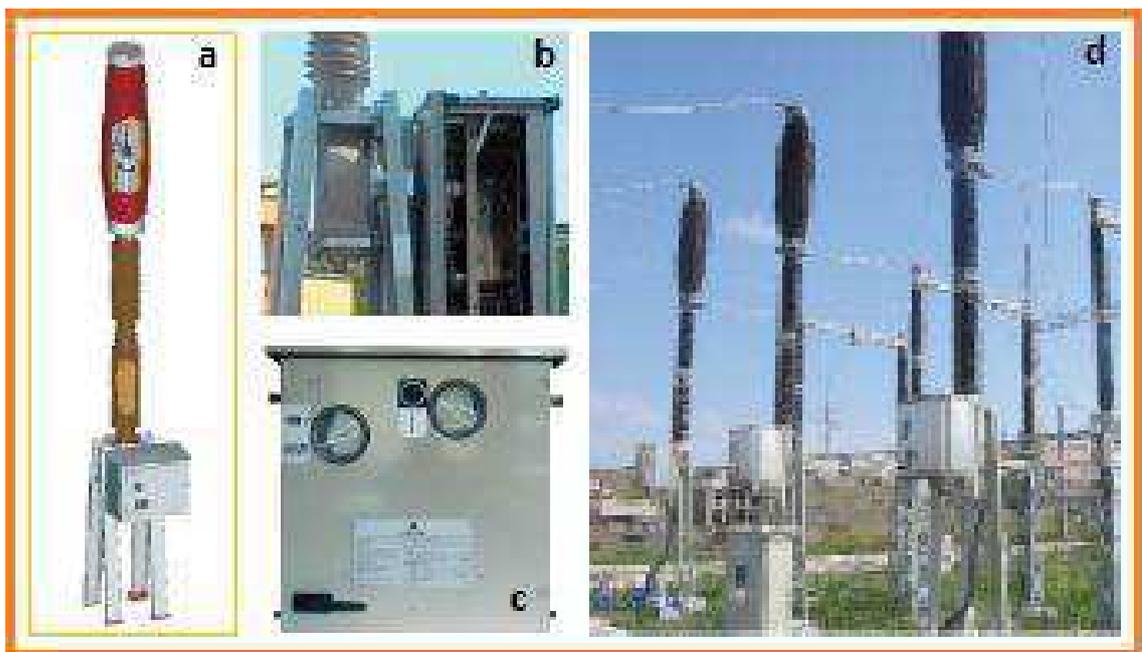


Figura 25 – Disjuntor: (a) um dos pólos (b) mecanismo de acionamento dos contatos do disjuntor (c) quadro de comado (d) unidade tripolar com módulo sincronizador

3.6.2 PARA-RAIOS

O para-raios é o equipamento responsável por minimizar os efeitos das sobretensões, quer seja em virtude de descarga atmosférica ou por conta dos surtos de manobra, a valores suportáveis pelos equipamentos que protege. Geralmente, eles estão instalados próximo das entradas e das saídas de linhas, podendo também ser utilizados para proteção de outros equipamentos.

Na SE – Brotas serão utilizados dez para-raios sendo seis instalados nas saídas das linhas e quatro colocados próximos aos transformadores (3 fases e 1 reserva) segundo o esquema de montagem indicado na Figura 25.

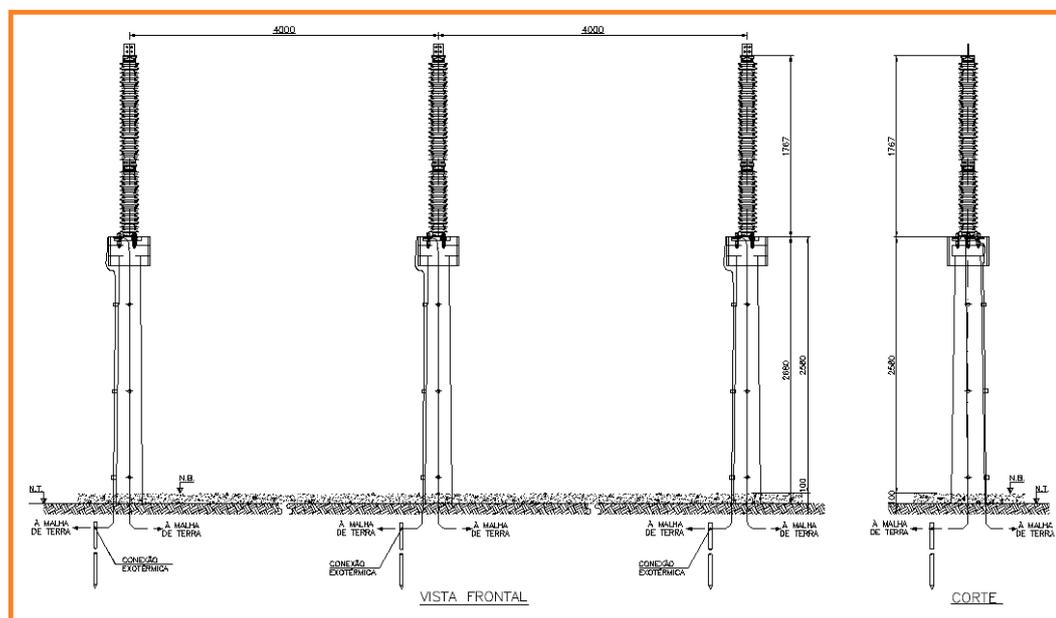


Figura 26 – Esquema de Montagem dos Para-Raios

3.6.3 CHAVES SECCIONADORAS

A chave seccionadora é um dispositivo de manobra capaz de garantir as distâncias de isolamento requeridas pelo nível de tensão do circuito quando estão na posição aberta e garantir a condução da corrente de carga quando está na posição fechada. Em subestações, é muito comum o seu uso próximo aos disjuntores de modo que permita o isolamento do circuito para que seja possível realizar a sua manutenção.

Geralmente, as chaves não são projetadas para abertura em carga sendo que sua operação é vinculada ao uso de disjuntores. Quanto ao tipo de abertura da lâmina, as chaves seccionadoras apresentam as seguintes configurações, dotadas ou não de lâmina de terra:

- Abertura vertical;
- Abertura lateral;
- Abertura central;
- Dupla abertura central;
- Pantográficas;
- Semi-Pantográficas.

Na SE – Brotas serão instalados seis conjuntos tripolares de chaves seccionadoras sem lâmina de terra com abertura vertical, 245 kV, 2000 A, 40 kA, dotada de mecanismo de acionamento motorizado, sem restritor de arco montadas conforme indicado na Figura 27.

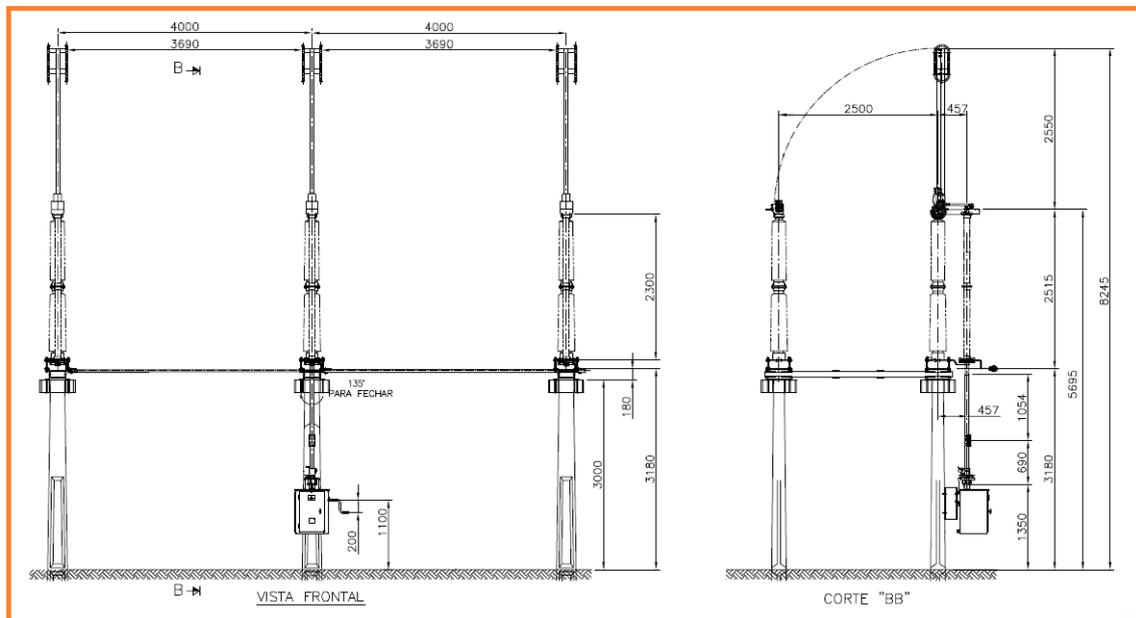


Figura 27 – Esquema de Montagem das Chaves Seccionadoras sem Lâmina de Terra

As chaves de aterramento ou lâminas de terra são utilizadas como elementos auxiliares na proteção das pessoas e equipamentos numa subestação. Geralmente, elas são conectadas entre as LT's e a terra, permanecendo na posição aberta. Porém, quando a linha é retirada de serviço por conta de manutenção, essas chaves são fechadas para que seja descarregada a tensão armazenada na capacitância formada pela linha de transmissão e a terra.

Na SE – Brotas serão usados dois conjuntos tripolares de chaves seccionadoras com lâmina de terra, de abertura vertical, especificadas para 245 kV, 2000 A, 40 kA, com mecanismo de acionamento motorizado e dispositivo para manobra de pequenas correntes induzidas para a lâmina de terra sem restritor de arco e deverão ser montadas conforme o esquema indicado na Figura 28.

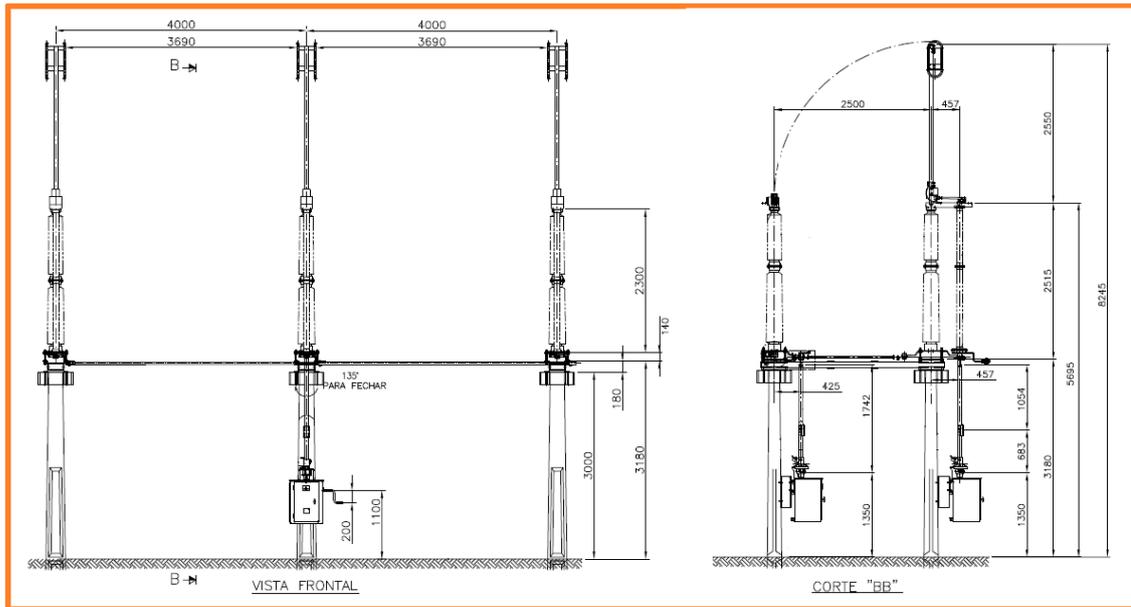


Figura 28 – Esquema de Montagem das Chaves Seccionadoras com Lâmina de Terra

C. SECCIONADORAS SEMI-PANTOGRÁFICAS

Estas chaves são usadas para *by-pass* em circuitos ou seleção de barras, pois ocupam espaço reduzido. Na SE – Brotas serão usados seis conjuntos de chaves semi-pantográficas de movimento vertical cada um deles composto por três unidades idênticas aos da Figura 29.

O contato fixo é suspenso e conectado aos condutores do barramento através de cabos flexíveis. O braço móvel é composto de dois braços articulados (superior e inferior) feitos em tubos de alumínio resistentes e de alta condutibilidade. No interior do braço inferior localiza-se a unidade de balanceamento e as junções dos braços móveis são feitas com pivôs que giram em mancais. Já as bases de suporte são em aço galvanizado a quente e de alta resistência.



Figura 29 – Chave Seccionadora Semi-Pantográfica com Abertura Vertical

3.7 RELATÓRIO DIÁRIO DE OBRA

Basicamente, o RDO é um documento onde são registrados todas as atividades realizadas ao longo do dia e os principais fatos acontecidos durante a execução dos serviços. Normalmente, ele é preenchido em duas vias: uma fica com a empresa contratada (empreiteira) e a outra vai para a contratante (cliente). Eventualmente, outras cópias podem ser tiradas e entregues a quem possa interessar.

Geralmente, cada empresa desenvolve o seu modelo de RDO incluindo nele as informações que lhe convém. No entanto, a maioria deles segue a mesma estrutura, consistindo de planilhas cujo manuseio é simples e que permitem organizar as informações de maneira concisa.

Na SE – Brotas, uma das atividades que ficou sob a responsabilidade do estagiário foi o preenchimento do RDO. A título de exemplo, é apresentado um destes relatórios conforme documento em anexo. Este documento era preparado diariamente e, em linhas gerais, continha as seguintes informações:

- Número e ano de geração do formulário;
- Nome da obra e da empresa subcontratada;
- Data, dia e condições do tempo;
- Descrição detalhada das atividades realizadas;
- Dificuldades encontradas durante a execução dos serviços;
- Quantidade de pessoas e os equipamentos utilizados;
- Observações, nomes, carimbos e vistos dos responsáveis por cada empresa envolvida: contratada, contratante e cliente final.

3.8 REDE DE MÉDIA TENSÃO

3.8.1 O COMPLEXO EÓLICO

O complexo eólico instalado na cidade de Brotas de Macaúbas – BA é composto por 57 aerogeradores, totalizando uma capacidade de geração de 90 MW de energia elétrica e está dividido em três parques eólicos da seguinte forma:

- Parque Seabra: 18 aerogeradores;
- Parque Novo Horizonte: 18 aerogeradores;
- Parque Macaúbas: 21 aerogeradores.

Os aerogeradores que instalados no parque são do modelo ECO 86 de fabricação da Alston. Cada um deles conta com 1,67 MW de potência. Basicamente, eles são constituídos por um rotor, uma caixa multiplicadora de rotação e um gerador elétrico que estão montados no alto de uma torre de acesso.

O rotor tem cerca de 85,5 m de diâmetro onde são instaladas três lâminas. A caixa multiplicadora de voltas converte uma única revolução do rotor em 149 revoluções na saída de uma caixa de engrenagens. Por sua vez, ela aciona um gerador de indução produzindo assim, energia elétrica na tensão de 690 V.

Já as torres são construídas em aço carbono com 80m de altura e 4m de diâmetro (na base). Elas são montadas sobre um bloco maciço de concreto armado onde é fica engastado o primeiro tramo (T0). No interior do terceiro tramo (T2) existe um transformador a seco que eleva a tensão para 34,5 kV que está conectado a um painel de média tensão localizado no interior do segundo tramo (T1).

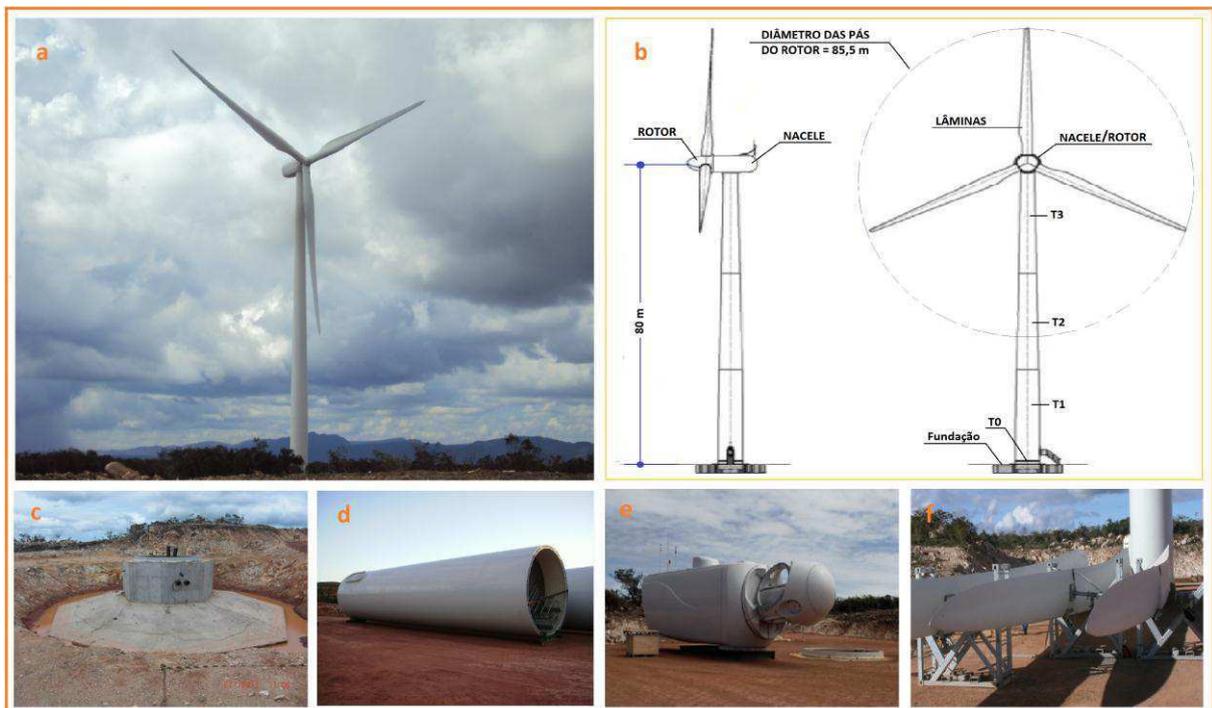


Figura 30 – Turbina Eólica Modelo ECO 86: (a) aerogerador montado (b) esquema típico de montagem (c) base do aerogerador (d) tramos da torre (e) nacele (f) pás do rotor

3.8.2 CARACTERÍSTICAS DA REDE

A rede de média tensão é trifásica, em 34,5 kV, do tipo radial e enterrada diretamente sob o solo. Na medida do possível, ela segue o caminho de acesso às torres garantindo facilidade de manutenção e minimizando os impactos ambientais. A configuração é tal que cada parque eólico foi dividido em dois circuitos, totalizando seis alimentadores onde cada um deles atende em média nove aerogeradores.

No interior de cada aerogerador existe um transformador a seco que eleva a tensão de 690 V para 34,5 kV. Ele está ligado a um painel de média tensão, localizado na parte interna da base da torre, dotado de dispositivos de proteção e manobra como disjuntor e chave seccionadora. Por sua vez, este painel está conectado à rede de média tensão que leva a energia gerada até a subestação.

Os condutores que foram utilizados na rede são de 50, 95, 240 e 300 mm² fabricados pela Wirex com classe de isolamento até 35 kV, cujos aspectos construtivos são mostrados na figura 21 conforme se segue.

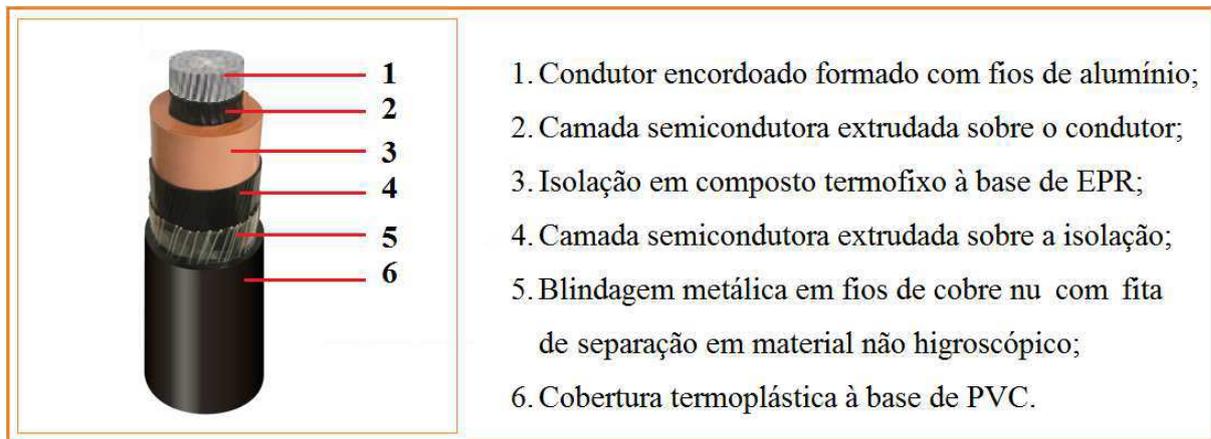


Figura 31 – Condutor em Alumínio Isolado para Rede de Média Tensão

Ao lado das estradas de acesso e ao longo de todo o complexo foram escavadas valas com até 1,2 m de profundidade variando de 0,8 a 1,5 m de largura. Em seu interior, são acomodados os cabos elétricos (em trifólio), uma fita de sinalização e o duto de passagem da fibra ótica para monitorar e controlar os aerogeradores. Estas valas são cobertas parcialmente por uma camada de areia fina e a maior parte por material é da própria escavação (solo natural). Por fim, será feita a sinalização do percurso da rede usando balizadores em concreto.

Nos locais onde é previsto a passagem de veículo sobre os cabos de média tensão, os mesmos devem ser instalados dentro de duto flexíveis envelopados por uma camada de concreto magro de modo a garantir a sua integridade.



Figura 32 – Características da Rede de Distribuição: (a) valas ao longo do acesso às torres (b) e (c) envelopamento em concreto (d) envelopamento e rota alternativa para escavação de vala

3.8.3 LANÇAMENTO DE CABOS

O processo de execução da rede é dividido em quatro etapas. A primeira delas é a escavação das valas. Inicialmente, verifica-se a viabilidade de escavá-las junto ao acesso às torres conforme o projeto. Em caso positivo, faz-se um levantamento do tipo de material a ser escavado (areia, solo firme ou rocha) e do tipo terreno (plano ou íngreme) a fim de deslocar pessoas, ferramentas e equipamentos adequados para o local. Em caso negativo, é analisada a possibilidade de rotas alternativas conforme é mostrado na Figura 31: (d).

As valas foram feitas por escavadeiras. Ora montadas sobre esteiras, em caso de rochas frágeis, terreno firme ou acessos difíceis. Ora montadas sobre rodas, em caso de solo arenoso ou de fácil acesso. Nos casos de rochas firmes, o processo de desmonte era feito com o auxílio de martelo pneumático e massa expansiva, já que no canteiro de obras não se podia usar explosivos. Depois a rocha fissurada era retirada com a ajuda das escavadeiras.



Figura 33 – Abertura de Valas: (a) escavadeira sobre rodas (b) escavadeira sobre esteiras (c) martelo pneumático

A segunda etapa é o lançamento dos cabos. Para tanto, faz-se antes uma regularização do fundo da vala aplicando uma camada de areia fina que servirá de leito para acomodar os cabos de modo a evitar danos aos mesmos. A seguir, é feita a distribuição manual dos cabos ao longo das valas usando um caminhão *munck* e a equipe de apoio.

Depois, os cabos são espaçados, ajeitados e amarrados no interior das valas em forma de trifólio. Isso é feito com o objetivo de manter o equilíbrio das induções mútuas entre as fases, devido à circulação de elevadas correntes pelo cabo, e também diminuir a queda de tensão ao longo do alimentador, devido às grandes distâncias envolvidas.

Os cabos são lançados de modo que o trecho que interliga os aerogeradores não tenha emendas. Elas só são permitidas ao longo do circuito alimentador e nesses pontos são instaladas caixas de passagem de 1,5 m de diâmetro para permitir realizar a emenda e fazer possíveis manutenções.

A terceira etapa é o lançamento dos dutos de 50 mm² para passagem da fibra ótica. Eles são colocados próximos aos cabos de força e unidos a cada 50 m por meio de luvas de conexão. São instaladas caixas de passagem a cada 200 m para facilitar o lançamento da fibra ótica no interior dos dutos que é feito de forma manual.

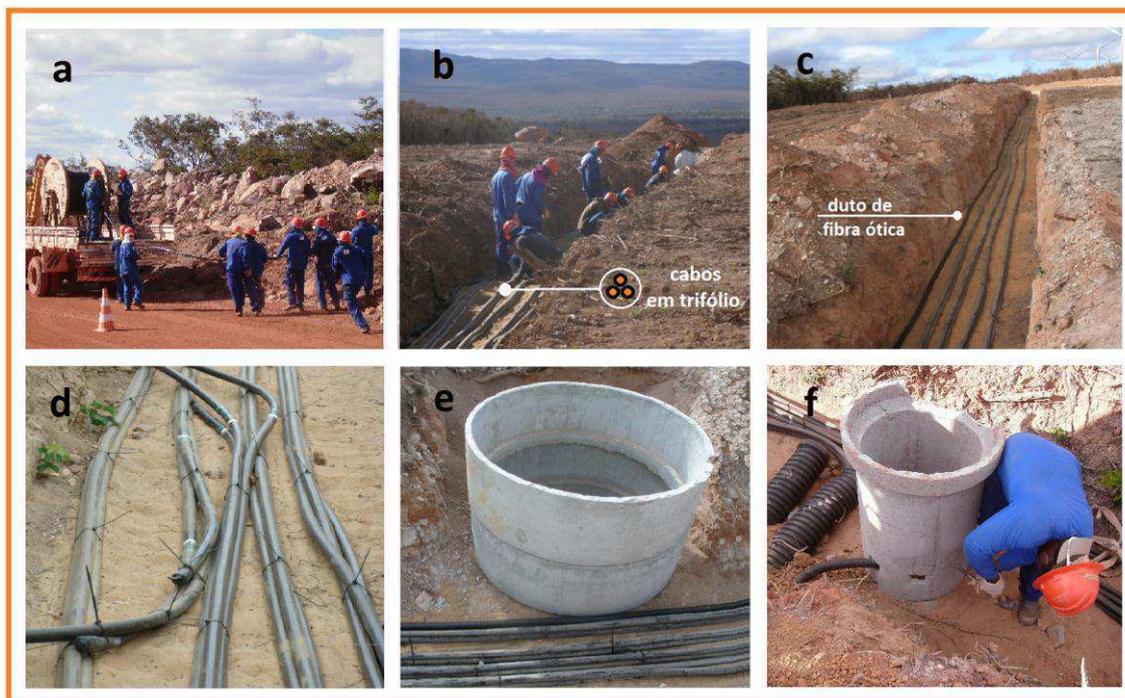


Figura 34 – Lançamento de Cabos: (a) lance manual (b) trifólio (c) duto de fibra e cabos de força (d) local de emenda (e) caixa de passagem para emenda (f) caixa de passagem para fibra ótica

A quarta etapa é o fechamento das valas. Depois de lançar os cabos e a fibra ótica distribui-se outra camada de areia fina. O restante da vala é preenchido com solo da própria escavação, desde que não tenha pedras, colocando-se no meio uma fita em preto e amarelo

para sinalizar a proximidade dos condutores. Por fim, é feita a sinalização do trajeto da rede de MT usando balizadores em concreto de 1,0 m de altura. Até a data em que este relatório foi escrito, as emendas nos cabos alimentadores e esta quarta etapa não haviam sido iniciadas.

3.8.4 CONTROLE DO LANÇAMENTO DE CABOS

Esta é uma atividade relativamente simples, porém de muita importância. Os cabos vêm acondicionados em bobinas de madeira, cujas dimensões seguem padrões da ABNT que estabelece os limites máximos de massa que elas podem armazenar. Assim, dependendo da seção nominal, pode haver quantidades diferentes de cabo nas bobinas. Portanto, um plano de corte e controle dos cabos mostra-se imprescindível devido ao elevado custo dos cabos isolados de média tensão.

Na SE – Brotas o plano de corte dos cabos era feito de modo que o trecho que liga os aerogeradores não tivesse emendas e a quantidade de cabo perdida fosse a menor possível. Como exemplo, é mostrada uma dessas planilhas para controle de lançamento de cabos conforme documento em anexo. Basicamente, elas contêm as seguintes informações:

- Código da bobina e data de chegada ao canteiro de obras;
- Bitola do cabo e o comprimento armazenado em cada bobina;
- Parque eólico onde a bobina será aplicada;
- O comprimento do cabo e o trecho correspondente onde será aplicado;
- Quantidade restante e o trecho onde poderá ser reutilizado.

3.8.5 MUFLAS TERMOCONTRÁTEIS

Há uma grande variedade de muflas, também chamadas de terminal primário ou de terminação. Em particular, a mufla termocontrátil é um elemento isolante ideal para instalação em cubículos metálicos ou em equipamentos onde o nível de tensão é muito elevado. Sua finalidade é permitir a transição do circuito de um ambiente para outro. O condutor metálico fica instalado na parte interior do corpo isolante e envolvido com materiais especiais cuja finalidade é assegurar a distribuição uniforme das linhas de campo elétrico. Assim, evita-se a ionização do ar na região do flange onde é fixada a estrutura de sustentação.

Na Se – Brotas as muflas foram usadas para fazer a transição entre os painéis metálicos de média tensão e os condutores dos circuitos alimentadores. Elas são do tipo termocontráteis a frio, com sistema de conexões separáveis fabricados pela Tyco-Raychem e especificadas para 630 A até 36 kV.

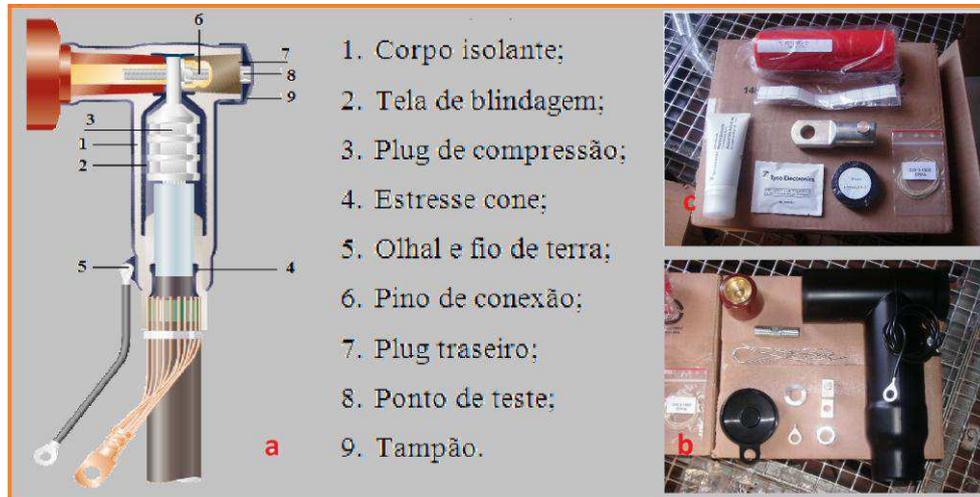


Figura 35 – Mufla Termocontrátil a Frio: (a) esquema de montagem (b) e (c) conectores e partes separáveis

O sistema de contração a frio mantém a terminação pré-tensionada até o momento da instalação. Durante a aplicação, ela é contraída sob pressão no cabo e permanece fixa durante toda a sua vida útil. Já os conectores separáveis permitem que a mufla seja executada de forma simples e rápida.

A. MONTAGEM

O processo de execução da mufla inicia-se com a limpeza dos cabos. Em seguida, retiram-se a cobertura em PVC e fita não higroscópica. Daí é feita uma trança com os fios de cobre prensando-a junto ao conector olhal para fazer o aterramento do cabo. Depois, retira-se a primeira camada semi-condutora deixando exposta a isolação em EPR. Retira-se também uma parte dessa isolação deixando o condutor exposto e na outra parte é feita uma minuciosa limpeza. Isso deve ser feito para evitar que impurezas permaneçam sobre a isolação diminuindo a capacidade dielétrica da mufla.

A seguir, lubrifica-se com uma graxa especial de montagem o estresse cone e o introduz sobre a parte exposta da isolação do cabo que por sua vez é unido ao *plug* de compressão. O conjunto é lubrificado e inserindo no interior do corpo isolante da terminação. Por fim, esta deve ser acoplada à bucha do painel metálico e presa a este pelo pino de conexão, fixando sobre eles o *plug* traseiro e o tampão concluindo a execução da mufla.



Figura 36 – Execução de Mufla Termocontrátil: (a) corte do cabo (b) aterramento da blindagem (c) limpeza da parte isolante (d) estresse cone e terminal de compressão (e) encaixe do corpo isolante (f) mufla acabada

3.8.6 ENSAIOS EM CABOS E MUFLAS

A isolamento elétrica é uma das mais importantes partes dos componentes de alta tensão e sua qualidade determina a confiabilidade dos diversos equipamentos elétricos utilizados na geração, transmissão e distribuição de energia elétrica.

Normalmente, os fabricantes fazem testes usando o método de descargas parciais nos cabos e terminações com classes até 35 kV. Esse procedimento tem como finalidade verificar se há falhas entre a superfície semicondutora e a camada dielétrica do cabo evitando problemas de perfuração do isolamento quando este for energizado.

No entanto, os cabos podem sofrer danos durante o processo de transporte, armazenamento ou lançamento. Isso decorre de estresse por esforços mecânicos provenientes de tração, curvaturas reduzidas, impacto ou atrito. Dessa forma, depois que os cabos são lançados e antes de serem energizados, é prudente realizar testes a fim de verificar a sua integridade.

Na SE – Brotas foram realizados dois tipos de ensaio aplicados aos condutores e às muflas. Primeiramente, é feito o ensaio de resistência de isolamento seguido pelo ensaio de tensão aplicada. Como este último é um ensaio destrutivo, repete-se o teste de resistência de isolamento para verificar se houve rompimento da camada dielétrica do cabo.

A. RESISTÊNCIA DE ISOLAMENTO

Este ensaio é realizado utilizando um aparelho conhecido como megôhmetro. O teste consiste em aplicar, entre o condutor e a isolação, uma alta tensão em corrente contínua causando um pequeno fluxo de corrente. Geralmente aplica-se 5 kV e o nível de corrente depende da tensão que foi aplicada, da capacitância do sistema, da resistência total e da temperatura do material.

Antes de iniciar os testes, deve-se tomar cuidado para isolar e sinalizar adequadamente a área em questão de modo a evitar a presença de pessoal não autorizado. O ensaio em circuito instalado é feito no comprimento total do lance e na temperatura ambiente. Para tanto, instala-se o instrumento numa das extremidades do condutor e a outra deve ficar em aberto. A fim de realizar a medição corretamente, deve-se conectar o terminal de tensão do equipamento ao condutor e o terminal de terra à blindagem durante um intervalo de 5 minutos e registrar a leitura a cada minuto.

De acordo com as normas técnicas pertinentes, a forma mais indicada para conectar corretamente os terminais de linha e terra do instrumento durante a realização do teste é indicada na Figura 36.

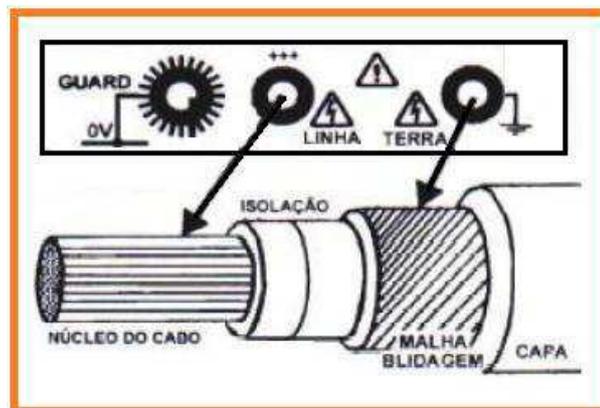


Figura 37 – Conexões dos Terminais para Comissionamento em Cabos de MT

A resistência medida é a soma da resistência interna do condutor somada com a resistência de isolação. Esse valor registrado pelo aparelho é obtido em função das correntes de fuga e deve ser maior que o valor da resistência de referência estabelecida pelo fabricante.

Segundo a NBR 7286, os cabos fabricados com isolação em EPR devem possuir isolação maior que 3,7 M Ω /km. No entanto, utiliza-se muito em campo a regra prática estabelecendo que a relação entre a primeira e última leitura deve ser maior ou igual que um. Em caso contrário, o cabo pode apresentar algum defeito ou anomalia.

Ao final do ensaio, os condutores devem ser adequadamente aterrados com o intuito de evitar possíveis acidentes que venham a ser provocados pela tensão residual que permanece nos cabos.

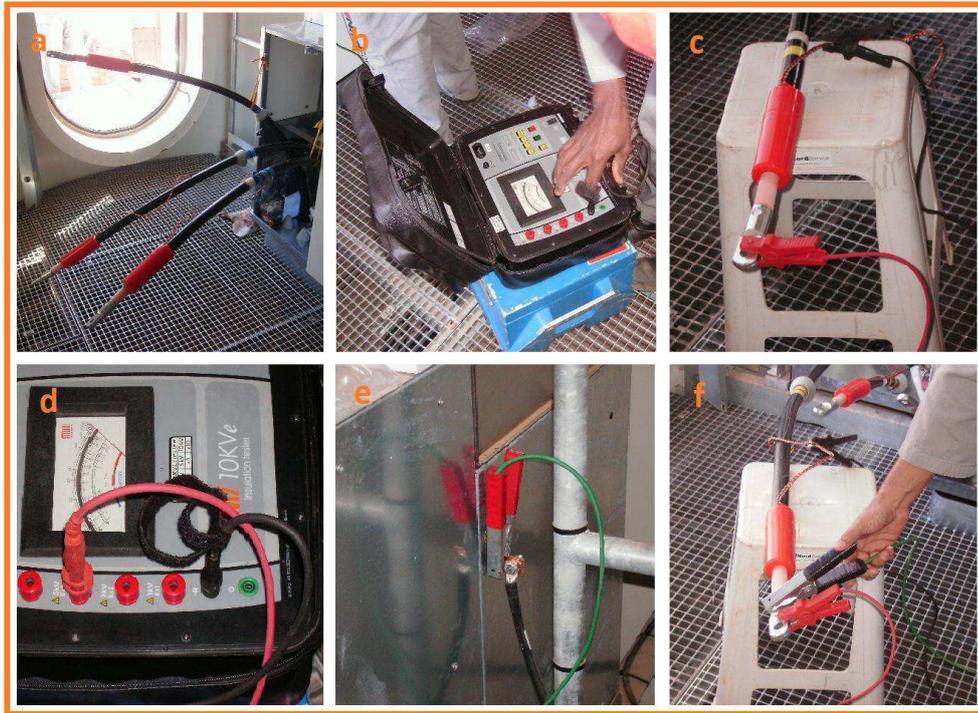


Figura 38 – Ensaio de Resistência de Isolamento: (a) preparação dos cabos (b) megôhmetro (c) conexões ao condutor (d) conexões ao instrumento (e) terra de proteção do operador (f) aterramento

B. TENSÃO APLICADA

O teste de resistência de isolamento não é suficiente para assegurar se há falhas na isolamento do cabo. Para complementar o teste, realiza-se o ensaio de tensão aplicada utilizando um equipamento chamado de HI-POT. Para realização deste ensaio, também é necessário isolar e sinalizar a área. Os terminais do instrumento devem ser conectados conforme é indicado na Figura 36.

O ensaio consiste em aplicar uma tensão em corrente contínua, aumentando-a gradativamente cerca de 1 kV/s até atingir a tensão máxima de 70% do valor nominal suportado pelo condutor. Espera-se o tempo de um minuto e ao final registra-se a leitura da corrente de fuga indicada pelo aparelho. Por fim, a tensão deve ser reduzida a zero de forma gradual e os condutores devem ser aterrados, dissipando assim a tensão residual decorrente da realização do ensaio.



Figura 39 – Ensaio de Tensão Aplicada: (a) gerador para alimentar instrumento (b) HI-POT (c) ensaio

Vale ressaltar que este ensaio é do tipo destrutivo, pois ele compromete a camada semicondutora e a isolamento do cabo. Assim, caso seja necessário repetir o teste, este deve considerar a aplicação de uma tensão 20% menor que a anteriormente aplicada sob o risco de perfuração do dielétrico. Normalmente, realiza-se novamente o ensaio de resistência de isolamento para verificar a integridade da isolamento dos cabos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estágio é um processo de aprendizagem indispensável à formação do estudante que deseja estar bem preparado para enfrentar os desafios do mercado de trabalho. Além de oferecer a oportunidade de conciliar teoria e prática, ele possibilita vivenciar o dia-a-dia da profissão que se pretende exercer.

Durante esse período, o estudante tem uma excelente oportunidade para assimilar e desenvolver novas habilidades. Também é um momento propício para refinar características pessoais que irão moldar a sua personalidade à medida que proporciona o convívio com profissionais mais experientes e de áreas distintas.

À medida que o estudante tem contato com as tarefas que o estágio lhe proporciona, começa então a sedimentar boa parte dos conhecimentos adquiridos durante a sua vida acadêmica. Essa peculiaridade permite que o futuro profissional adquira maturidade e senso crítico para avaliar e tomar decisões acertivas.

Portanto, além de proporcionar um aprendizado técnico e prático, o estágio possibilita o contato com situações rotineiras e também inesperadas de trabalho. Desta forma, permite-se um contato maior com a vida profissional, bem como o acompanhamento da rotina de execução e elaboração de muitas atividades.

Enfim, foi de grande valia poder acompanhar, observar e participar das obras de construção do Parque Eólico da cidade de Brotas de Macaúbas na Bahia e também vivenciar a aplicação prática de muitos conceitos envolvidos em sala de aula, o que é de grande importância para um futuro engenheiro ainda sem experiência.

BIBLIOGRAFIA

CREDER, Helio. **Instalações Elétricas**; 14ª Ed.. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

Equipamentos Elétricos – Especificação e Aplicação em Subestações de Corrente Alternada, Furnas/UFF, 1995.

ELETRICIDADE. Disponível em < [www.fisica.net /eletricidade](http://www.fisica.net/eletricidade)>. Acesso em: 15 jul. 2011.

MAMEDE FILHO, João. **Manual de Equipamentos elétricos**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Livro Técnico e Científico, v.1, 1994.

MAMEDE FILHO, João. **Instalações Elétricas Industriais**. 8ª ed. Rio de Janeiro: Livro Técnico e Científico, 2010.

MONTICELLI, Alcir José. **Introdução a Sistemas de Energia Elétrica**. São Paulo: Imprensa Oficial do estado de São Paulo, 2000.

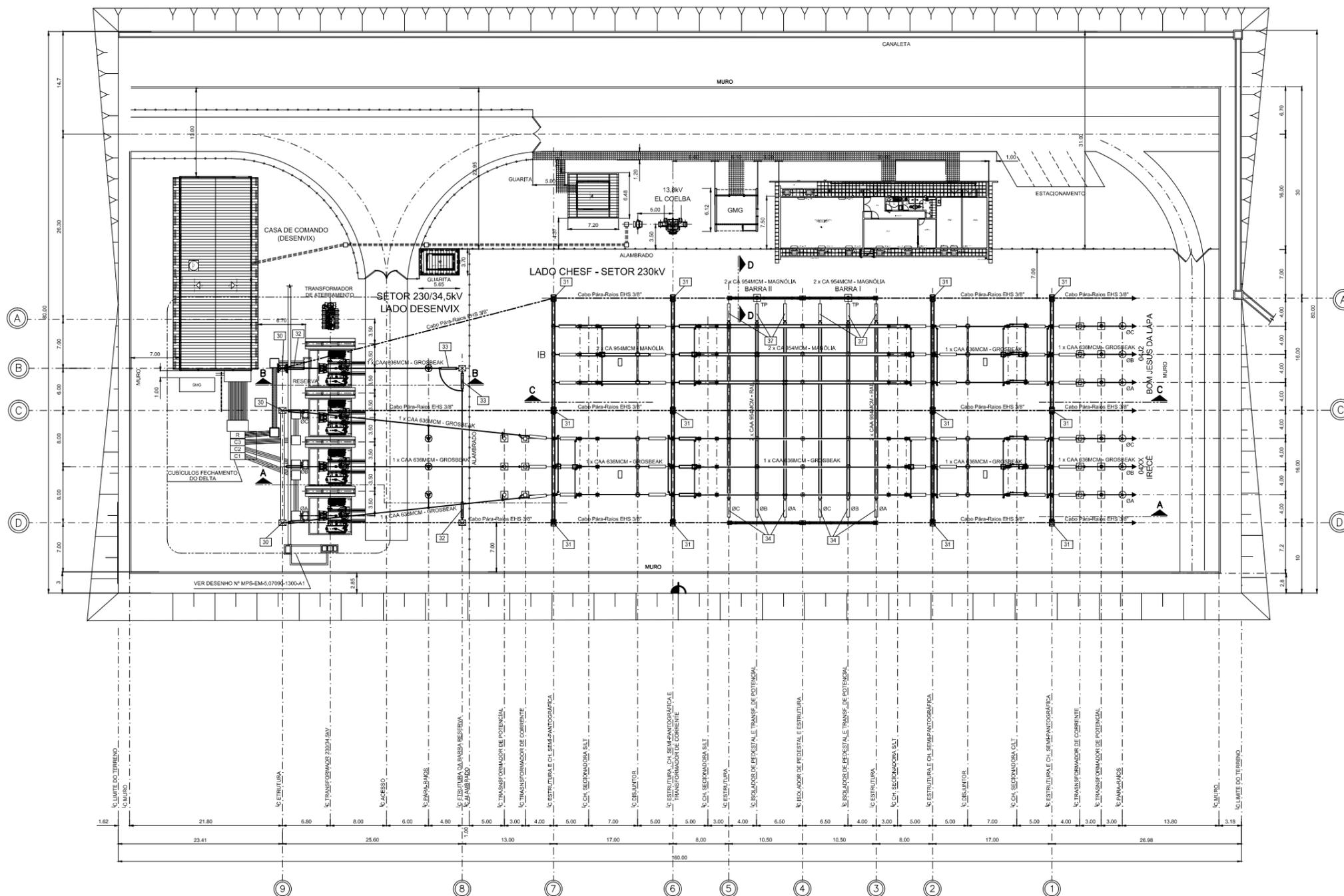
NISKIER, Julio & MACINTYRE, Archibald Joseph. **Instalações Elétricas**. 5ª Edição. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

PINO, Ramón José de Freitas. **Energia Eólica e o Estudo de Caso da Usina de Mataraca**. Trabalho de Conclusão de Curso. Campina Grande: 2011.

TEIXEIRA JUNIOR, Mario Daniel da Rocha. FICAP – Cabos de Energia, 1ª ed.

ANEXOS

1 NÚMERO		RDO - RELATÓRIO DIÁRIO DE OBRA				
180/10						
2 OBRA		3 SUBCONTRATADA		4 DATA		
SUBESTAÇÃO ELEVATÓRIA 34,5/230 kV – PARQUE EÓLICO BROTAS DE MACAÚBAS		ENERGY ELETRICIDADE LTDA.		04/07/2011		
				5 DIA DA SEMANA		
				Segunda-feira		
6 ATIVIDADES REALIZADAS		7 ACOMPANHAMENTO PLUVIOMÉTRICO		MANHÃ	TARDE	NOITE
Acabamentos nas casas de comando: DESENVIX e CHESF. Parede corta-fogo. Escavação de canaletas do pátio da SE. Corte, dobra, armação de formas e ferragens. Malha de terra. Implantação de postes e de estruturas em concreto.		TEMPO BOM/PRODUTIVO		X	X	
		CHUVA FRACA / PARCIALMENTE PREJUDICADO				
		CHUVA FORTE / IMPRATICÁVEL				
8 DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES				INÍCIO	TÉRMINO	
Instalação elétrica, emassamento de paredes e piso cerâmico na casa de comando DESENVIX.				07:00 h	17:00 h	
Fechamento de paredes corta-fogo com preenchimento de vermiculita.				07:00 h	17:00 h	
Escavações de canaletas para passagem de cabos no pátio da SE.				07:00 h	17:00 h	
Emboço em paredes e concretagem de vigas na casa de comando CHESF.				07:00 h	17:00 h	
Execução e lançamento de formas e ferragens (fundações) na casa do grupo moto gerador.				07:00 h	17:00 h	
Execução da malha de terra, implantação de postes e fixação de capitéis no pátio da SE.				07:00 h	18:00 h	
9 DIFICULDADES ENCONTRADAS						
Suspensas a concretagem da fundação do grupo gerador e da escavação da canaleta que liga a casa de comando DESENVIX aos TRAFOS principais por solicitação da SCHNEIDER.						
10 EQUIPAMENTOS/RECURSOS UTILIZADOS						
Envolvidas nas atividades temos 101 pessoas.						
Retro escavadeira, caminhão caçamba, caminhão munk, compactadores, serra de bancada, serra circular, policorte, ferramentas e demais equipamentos manuais.						
11 OBSERVAÇÕES DA SCHNEIDER				12 OBSERVAÇÕES DO CLIENTE FINAL		
13 RESPONSÁVEL SCHNEIDER				14 RESPONSÁVEL CLIENTE FINAL		



1 PLANTA BAIXA
SEM ESCALA

LEGENDA

DESENHOS DE REFERÊNCIA

- 1188/02-50-DE-1005 Arranjo Eletromecânico - Pátio - Cortes AA e BB
- 1188/02-50-DE-1010 Arranjo Eletromecânico - Pátio - Cortes CC e DD
- 1188/02-5H-DE-2010 Detalhe de Instalação do Para-Raio de Linha
- 1188/02-5H-DE-2015 Detalhe de Instalação da Chave Seccionadora - S/ LT
- 1188/02-5H-DE-2020 Detalhe de Instalação da Chave Seccionadora - C/ LT
- 1188/02-5H-DE-2025 Detalhe de Instalação da Chave Seccionadora - SP S/ LT
- 1188/02-5H-DE-2060 Instalação do Transformador de Potência Capacitivo
- 1188/02-5H-DE-2065 Detalhe de Instalação do Transformador de Potência Capacitivo de Barra
- 1188/02-5H-DE-2030 Detalhe de Instalação do Transformador de Potência Capacitivo de linha
- 1188/02-5H-DE-2035 Detalhe de Instalação do Transformador de Corrente
- 1188/02-5H-DE-2040 Detalhe de Instalação do Disjuntor
- 1188/02-5H-DE-2045 Instalação do Isolador de Pedestal
- 1188/02-5H-DE-2050 Instalação de Ferragens das Cadeias dos Cabos Pára-Raios
- 1188/02-5H-DE-2055 Instalação de Ferragens das Cadeias dos Isoladores
- 1188/02-5H-DE-2070 Instalação da Fixação das Cadeias Cabos Pára-Raios - Detalhe

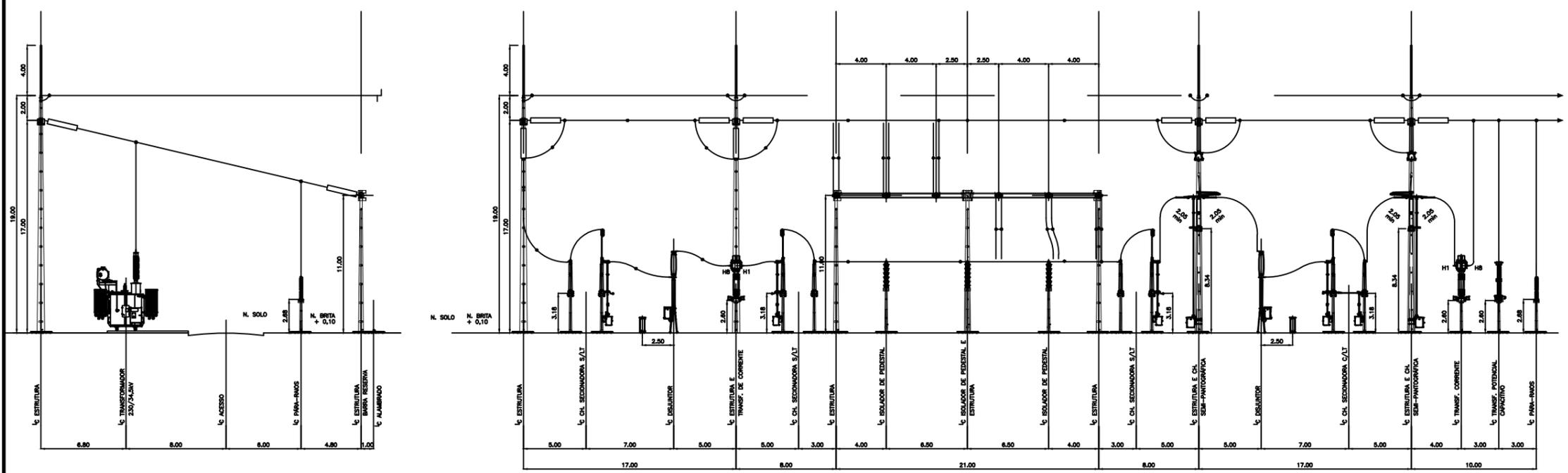
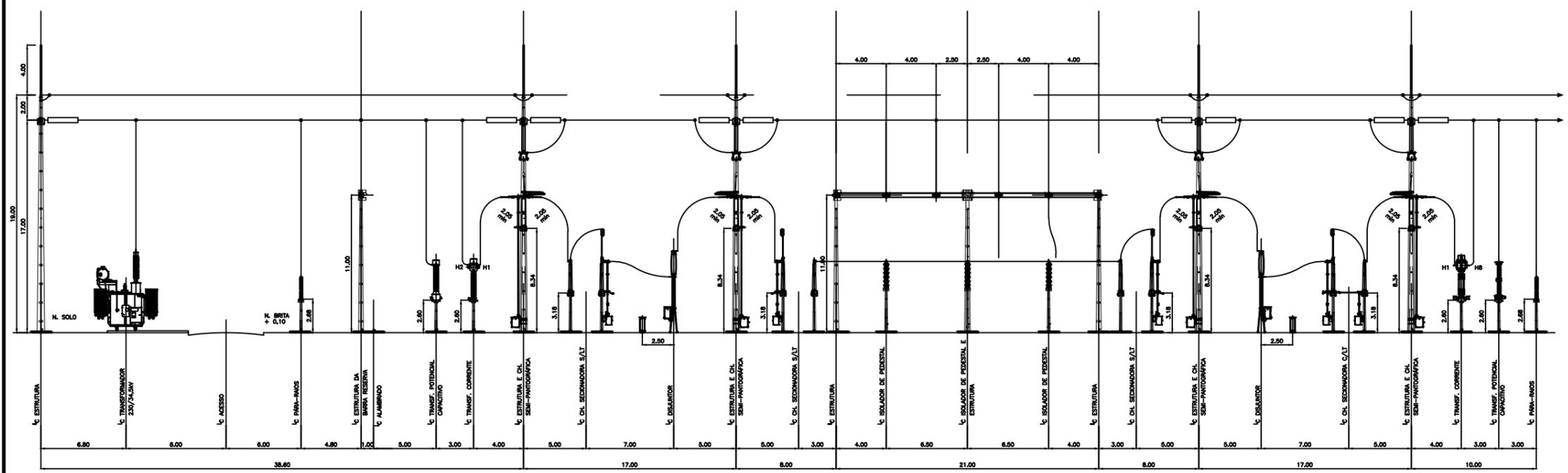
NOTAS

1 - DIMENSÕES EM METRO.

OB	01/03/11		Racioli	HAndrade		FFisano
OA	07/01/11		Racioli	HAndrade		FFisano
REV.	DATA	NATUREZA DA REVISÃO	ELAB.	VERIF.	VISTO	APROV.

FORNECEDOR:	ALSTOM	AREVA	MULTI EMPREENDIMENTOS	NOME FORNECEDOR:	MULTI EMPREENDIMENTOS
CLIENTE:	SEABRA			EMPRESA:	ENGEVIX
				NUMERO FORNECEDOR:	MPS-EM-5.07090-1302-A1
				REV:	OB

EMPREENDIMENTO						COMPLEXO EÓLICO DESENVIX BAHIA
AREA:						SUBESTAÇÃO BROTAS DE MACAÚBAS
TITULO:						SETOR DESENVIX E SETOR CHESF ARRANJO ELETROMECÂNICO - PÁTIO PLANTA BAIXA
ELAB:	VERIF.:	APROV.:	R. TEC.:	CREA N°:		
Rodrigo Racioli	Humberto Andrade	Fabio Pisano	Alexandre Espinosa	26.021-90713		
CÓDIGO DOS DESCRITORES		DATA:	ESCALA:	FOLHA:		
		01/03/2011	S/ ESC.	1-1		
N° CLIENTE:		N° DOCUMENTO:	REVISÃO:			
		1188/02-50-DE-1000	1/5			



LEGENDA

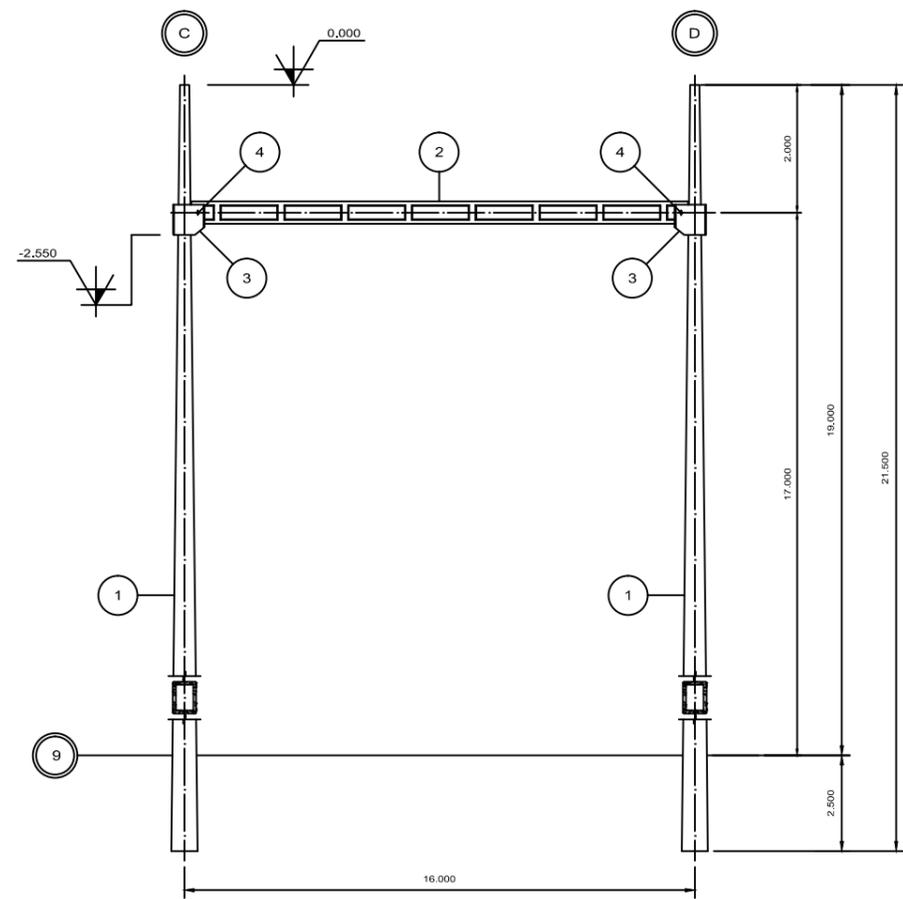
DESENHOS DE REFERÊNCIA

- 1 - PLANTA 1188/02-5H-DE-2010
- 2 - PLANTA 1188/02-5H-DE-2015
- 3 - PLANTA 1188/02-5H-DE-2020
- 4 - PLANTA 1188/02-5H-DE-2025
- 5 - INSTALAÇÃO DO TRANSFORMADOR DE POTÊNCIA CAPACITIVO DO TRAFÓ
- 6 - INSTALAÇÃO DO TRANSFORMADOR DE POTÊNCIA CAPACITIVO DE BARRA
- 7 - PLANTA 1188/02-5H-DE-2030
- 8 - PLANTA 1188/02-5H-DE-2035
- 9 - PLANTA 1188/02-5H-DE-2040
- 10 - PLANTA 1188/02-5H-DE-2045
- 11 - PLANTA 1188/02-5H-DE-2050
- 12 - PLANTA 1188/02-5H-DE-2055
- 13 - PLANTA DETALHES DE INSTALAÇÃO DA FIXAÇÃO DAS CADEIAS DOS CABOS PÁRA-RAIOS

NOTAS

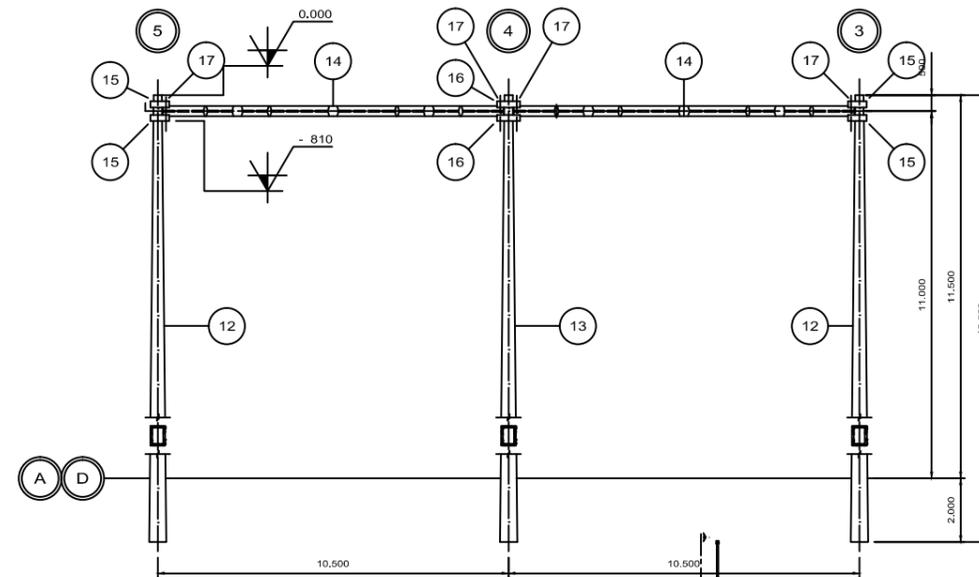
- 1 - DIMENSÕES EM METRO.
- 2 - LIGAÇÃO A SER EFETUADA QUANDO DA SUBSTITUIÇÃO DA UNIDADE RESERVA PELA UNIDADE DEFEITUOSA.

OB	03/02/2011	REVISÃO 01	RAcioli	HAndrade	FPisano
0A	07/01/11	EMIÇÃO INICIAL	RAcioli	HAndrade	FPisano
REV.	DATA	NATUREZA DA REVISÃO	ELAB.	VERIF.	VISTO APROV.
Fornecedor:		Nome Fornecedor:		CREA Nº	
ALSTOM AREVA MULTI EMPREENDIMENTOS		MULTI EMPREENDIMENTOS		26.021-90713	
Número Fornecedor:		Número Fornecedor:		FOLHA:	
MPS-EM-5.07090-1303-A1		MPS-EM-5.07090-1303-A1		1-1	
Empresa:		Empresa:		PRANCHA:	
SCABRA		ENGEVIX		2/5	
EMPREENDIMENTO: COMPLEXO EÓLICO DESENV BAHIA					
ÁREA: SUBESTAÇÃO BROTAS DE MACAÚBAS					
TÍTULO: SETOR DESENV E SETOR CHESF ARRANJO ELETROMECÂNICO - PÁTIO CORTES AA E BB					
ELAB.:	VERIF.:	APROV.:	R. TÊC.:	CREA Nº	
Rodrigo Acioli	Humberto Andrade	Fabio Pisano	Alexandre Espinosa	26.021-90713	
CÓDIGO DOS DESCRITORES		DATA:	ESCALA:	FOLHA:	
		03/02/11	S/ ESC.	1-1	
Nº CLIENTE:		Nº DOCUMENTO:		PRANCHA:	
		1188/02-50-DE-1005		2/5	



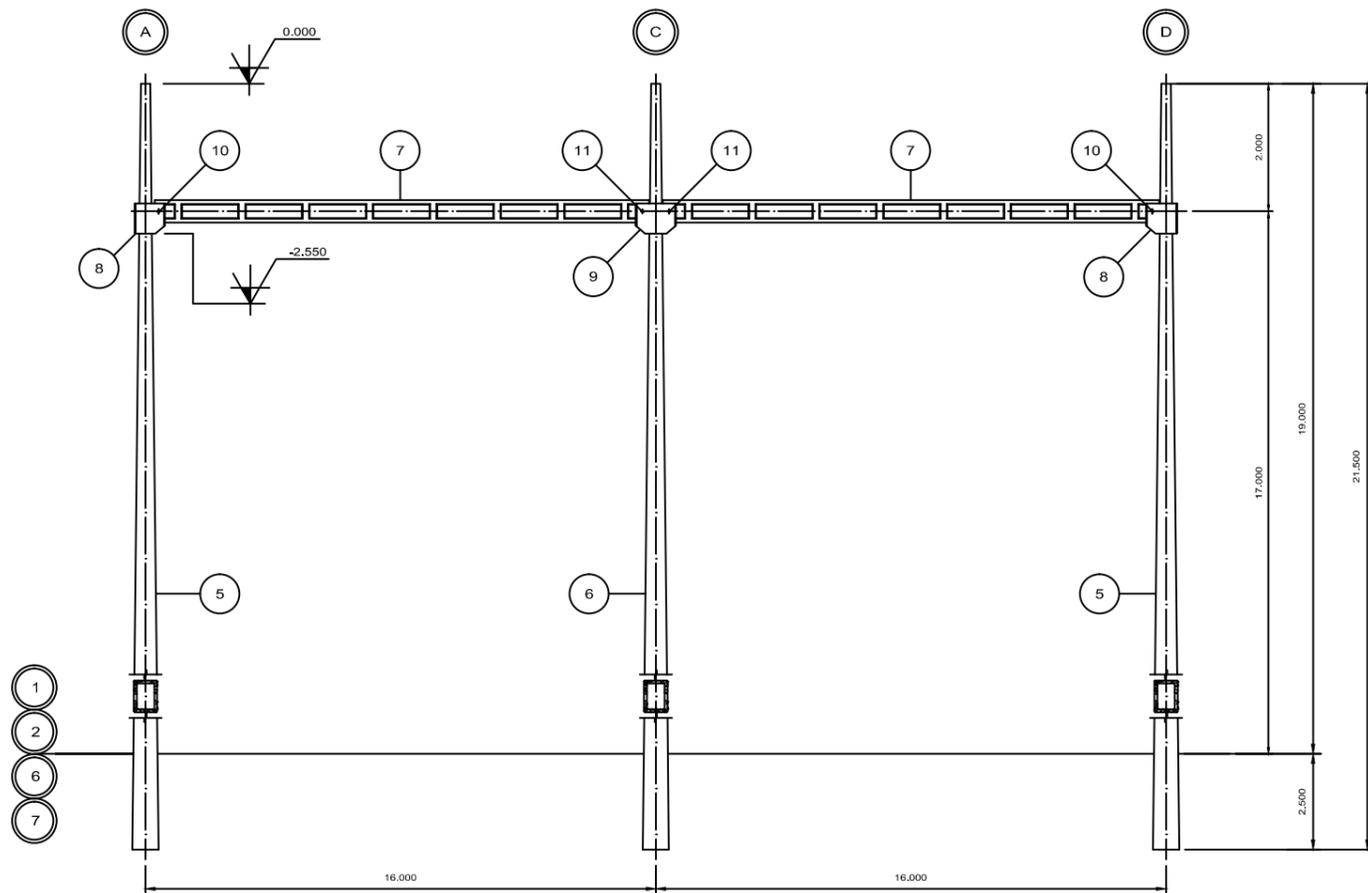
VISTA A-A

D E S C R I Ç Ã O	
1	COLUNA A - 6/ 4.300/ 21,50 m
2	VIGA 0, 40 X 0, 50 X 15,62 m "V"
3	ANEL TERMINAL P/A - 8, 5 "T"
4	PARAF. SEXT. # 3/4"W x 8 0 0mm,



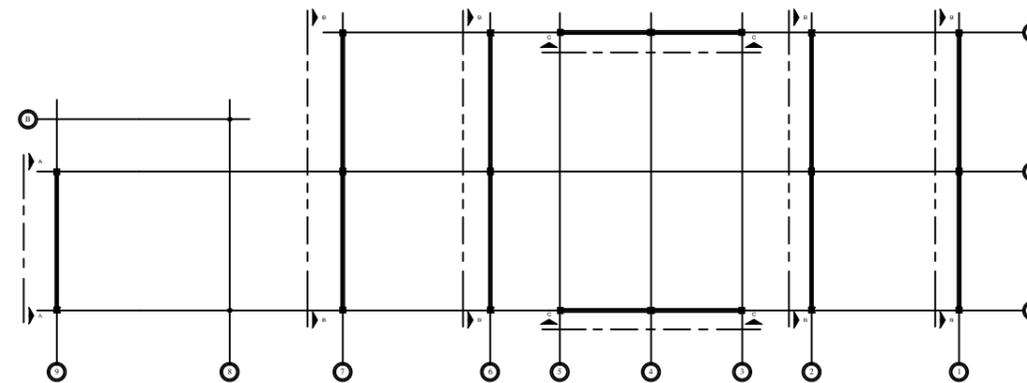
VISTA C-C

D E S C R I Ç Ã O	
12	COLUNA A - 2/ 1.800/ 13,50 m
13	COLUNA A - 3/ 3.500/ 13,50 m
17	VIGA 0, 32 X 0, 43 X 10,23 m "H"
15	ANEL TERMINAL P/A - 3 "T"
16	ANEL DUPLO P/A - 4 "T"
17	PARAF. SEXT. # 3/4"W x 7 0 0mm,

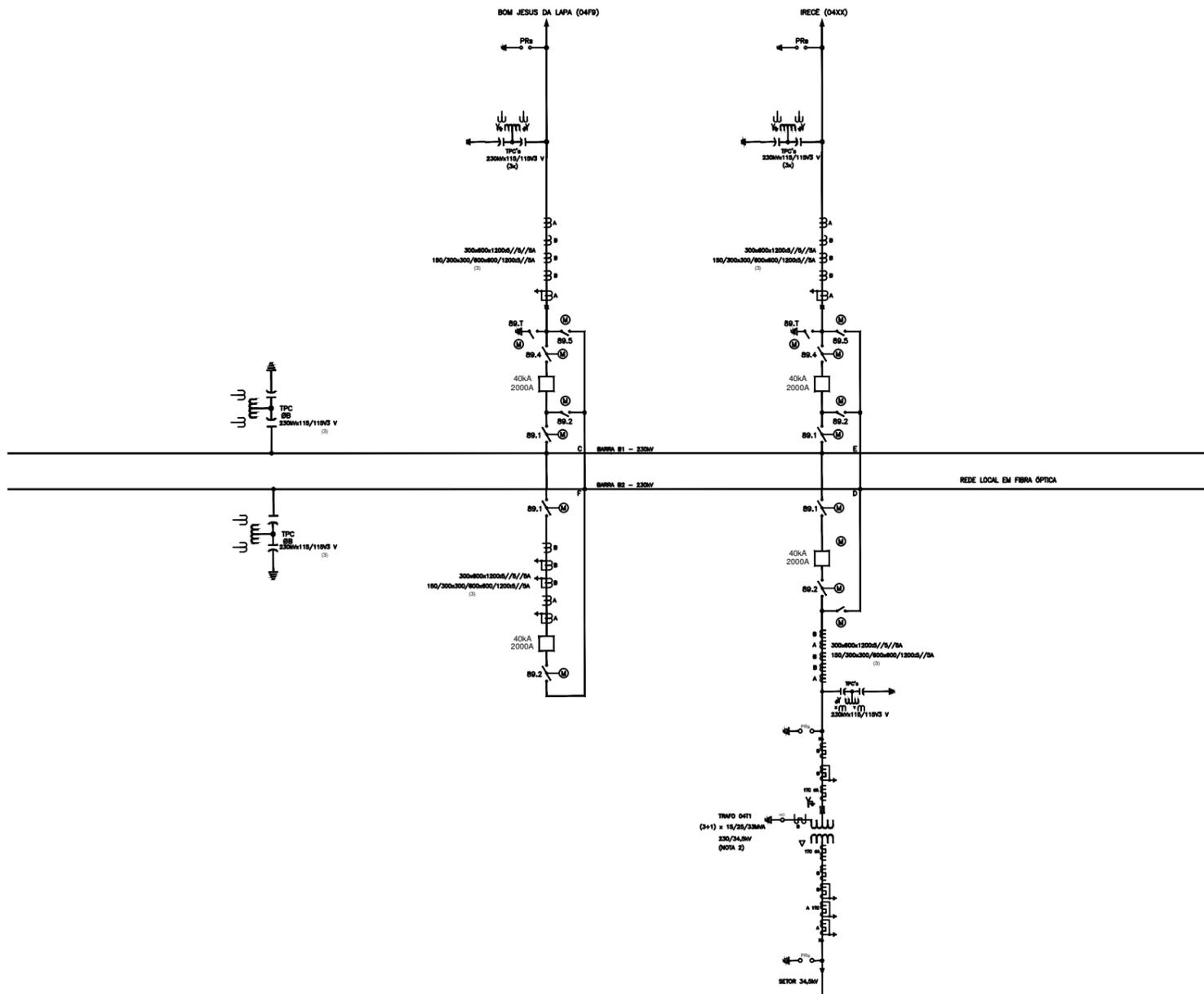


VISTA B-B

D E S C R I Ç Ã O	
5	COLUNA A - 6/ 4.300/ 21,50 m
6	COLUNA A - 10/ 7.600/ 21,50 m
7	VIGA 0, 40 X 0, 50 X 15,58 m "V"
8	ANEL TERMINAL P/A - 8, 5 "T"
9	ANEL DUPLO P/A - 12,5 "T"
10	PARAF. SEXT. # 3/4"W x 8 0 0mm,
11	PARAF. SEXT. # 3/4"W x 9 0 0mm,



REV.	DESCRIÇÃO	DES.	APROV.	DATA
conprenor CONCRETO PREMOLDADO NORDESTE LTDA.				TÍTULO: ENERGY LTDA - SE 230 KV-BROTAS DE MACAÚBAS PÓRT. SUBESTAÇÃO BROTAS - ARRANJO DE MONTAGEM
PROJ.	VERIF.	ESC.	1:200	CP 13.476
DES.	APROV.	DATA	10-02-2011	FRANCHA: 3/5



LEGENDA

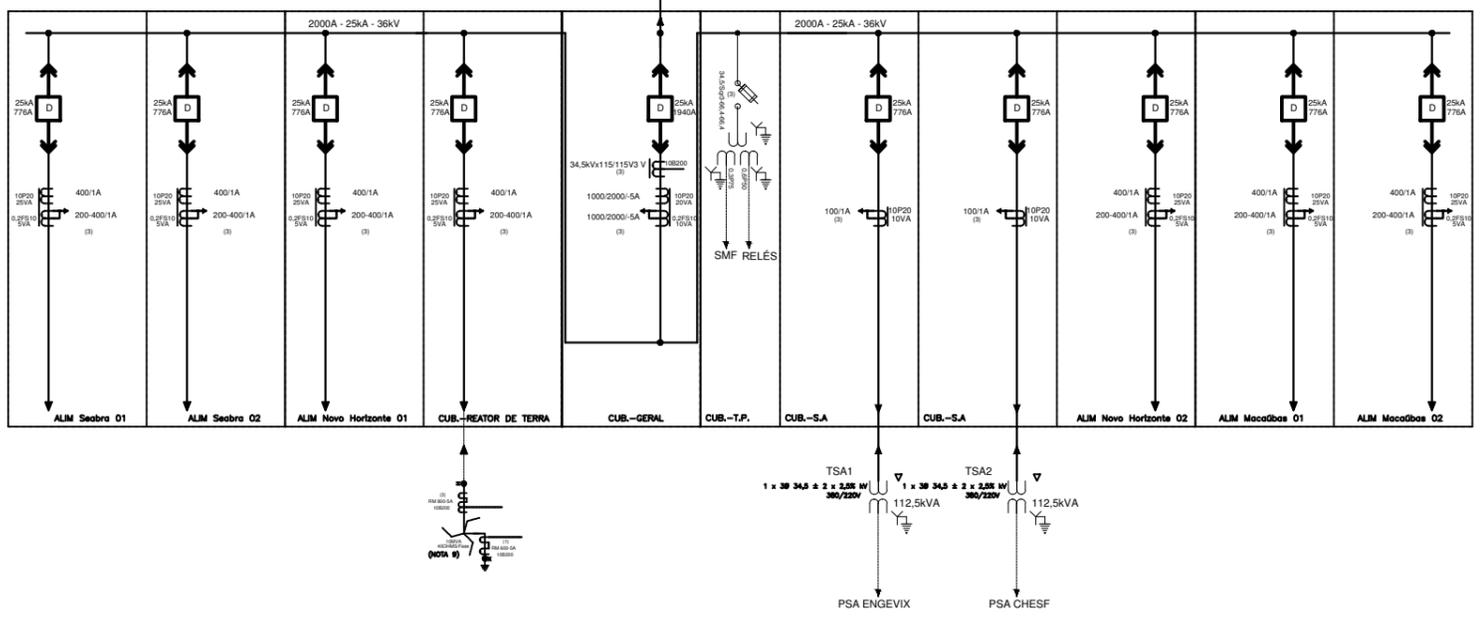
	Transformador de potencial indutivo c/ 2 enrolamentos
	Transformador de corrente de bucha
	Transformador de serviços auxiliares
	Transformador de Potência
	Chave seccionadora monopolar sem lâmina de terra
	Chave seccionadora monopolar tipo fusível
	Chave seccionadora tripolar sem lâmina de terra
	Chave seccionadora tripolar com lâmina de terra
	Religador SF6 ou a vácuo
	Disjuntor
	Pára-raios de Óxido de Zinco

LEGENDA

- 230kV
- 34,5kV
- 380V
- 110V/5A
- Controle (Trapo-Ponto)
- Equipamentos
- INSTALAÇÃO FUTURA
- Formato

INFORMAÇÕES

- RE - Registro de Falhas
- OSC - Oscilografia
- AUTOM - Automatismos
- SMF - Sistema de Medição de Faturamento
- SP - Sistema de Proteção
- SSC - Sistema de Supervisão e Controle



LEGENDA

DESENHOS DE REFERÊNCIA

MPS-EL-5.7090-1501-A1 DIAGRAMA UNIFILAR PROTEÇÃO E CONTROLE
MPS-EM-5.07090-1302-A1 ARRANJO ELETROMECCÂNICO PÁTO

NOTAS

- 1 - TODOS OS CONJUNTOS DE JTCs INDICADOS, ESTÃO EM Y.
- 2 - A MENOS DE INDICAÇÃO EM CONTRÁRIO CADA EQUIPAMENTO COMPREENDE 3 UNIDADES MONOFÁSICAS OU 1 UNIDADE TRIFÁSICA.
- 3 - AS PROTEÇÕES DIFERENCIAL E ALTERNADA DEVEM SER INSTALADAS EM PAINÉIS DISTINTOS.
- 4 - A PROTEÇÃO DIFERENCIAL DE BARRAS E FALHA DE DISJUNTOR SÃO AGRUPADAS.
- 5 - AS PROTEÇÕES PRINCIPAL E RETENÇÃO DEVEM SER INSTALADAS EM PAINÉIS DISTINTOS.
- 6 - AS SECCIONADORAS DE 230kV SÃO 2000A - 40kA A MENOS QUE INDICADO O CONTRÁRIO.
- 7 - AS REDES DE COMUNICAÇÃO DA SE 230kV E 34,5kV SÃO INDEPENDENTES E EM PROTOCOLO IEC 61850.
- 8 - O PAINEL DE INTERFACE FICARÁ NA SALA DE RELES DA CHESF E A INTERLIGAÇÃO ENTRE O EQUIPAMENTO DE AQUISIÇÃO DA REDE ENGEVIX E A C284/PROTEÇÕES DO TRAFÓ SERÁ REALIZADA POR MEIO DE CONTATOS ELÉTRICOS.
- 9 - Corrente nominal de curta duração de neutro por 10seg = 3000A.
- 10 - Todos os TCS do setor de 230kV serão iguais.
- 11 - O sistema superior do 34,5kV será posteriormente definido.

FUTURO

08	11/03/11	REVISÃO 01	Racioli	HAndrade	FPisano
0A	24/11/10	EMIÇÃO INICIAL	Racioli	HAndrade	FPisano
REV.	DATA	NATUREZA DA REVISÃO	ELAB.	VERIF.	APROV.
FORNECEDOR:		NOME FORNECEDOR: MULTI EMPREENDIMENTOS			
CLIENTE:		NUMERO FORNECEDOR: MPS-EL-5.7090-1500-A1		REV: 08	
EMPRESA:		EMPRESA: ENGEVIX			
EMPRESA: ALSTOM AREVA MULTI EMPREENDIMENTOS					
EMPRESA: SCABRA					
EMPRESAMENTO: PARQUE EÓLICO					
ÁREA: SUBESTAÇÃO ELEVADORA 34,5/230kV					
TÍTULO: SETOR DESENVIX E SETOR CHESF DIAGRAMA UNIFILAR SIMPLIFICADO					
ELAB.:	VERIF.:	APROV.:	R.TEC.:	CREA Nº:	
Rodrigo Acioli	Humberto Andrade	Fabio Pisano	FPisano	21.207-4	
CODIGO DOS DESCRITORES		DATA:	ESCALA:	FOLHA:	
		11/03/2011	S/ ESC.	1-1	
Nº CLIENTE:		Nº DOCUMENTO:		PRANCHA:	
		1188/02-50-DU-1001		4/5	



LEGENDA

- CABO DE COBRE NU, SEÇÃO NOMINAL 120mm², RABICHO.
- CABO DE COBRE NU, SEÇÃO NOMINAL 95mm², MALHA DE TERRA.
- CABO DE COBRE NU, SEÇÃO NOMINAL 50mm², LANÇADO NO INTERIOR DA CANALETA, (NOTA 3).
- CONEXÕES EXOTÉRMICAS, TIPOS "T" e "X".
- HASTE DE ATERRAMENTO EM AÇO-COBRADO, Ø3/4"x 3,00m.

DESENHOS DE REFERÊNCIA

- MPS-EM-5.07090-1311-A1 - MALHA DE ATERRAMENTO - CORTE E DETALHES
- MPS-EM-5.07090-1312-A0 - MALHA DE ATERRAMENTO - CORTE E DETALHES 2

NOTAS

- 1 - DIMENSÕES EM METRO.
- 2 - O CABO DA MALHA DE TERRA SERÁ ENTERRADO A UMA PROFUNDIDADE DE 50cm DO SOLO SEM BRITA, EXCETO SOB AS VIAS DE CIRCULAÇÕES, ONDE A PROFUNDIDADE DEVERÁ SER DE 1,00m; E NÃO DEVERÃO SER PREVISTOS CABOS EMBUTIDOS NAS FUNDAÇÕES.
- 3 - NO INTERIOR DA CANALETA DE CABOS, SERÃO LANÇADOS 2 CABOS DE COBRE NU SEÇÃO NOMINAL 50mm², CORRENDO PELAS LATERAIS DA CANALETA E FIXADOS NA PAREDE COM ABRAÇADERAS NO MÁXIMO A CADA 1,00m E INTERLIGADOS COM A MALHA DE ATERRAMENTO A CADA 20,00m APROX. CONFORME INDICAÇÃO EM PLANTA E EXECUTADO CONFORME O DET. 07. DO DESENHO DE MALHA DE ATERRAMENTO DO PÁTIO-DETALHES.
- 4 - AS HASTES DE ATERRAMENTO, SERÃO CRAVADAS A UMA DISTÂNCIA MÍNIMA DE 3,00m ENTRE SI E INSTALADO O MAIS PRÓXIMO POSSÍVEL DO EQUIPAMENTO, OBEDECENDO A UMA DISTÂNCIA MÍNIMA DE 1,00m DA BASE DE CONCRETO DO EQUIPAMENTO.
- 5 - OS EQUIPAMENTOS SERÃO ATERRADOS COM CABOS DE COBRE NU SEÇÃO NOMINAL 120mm², NA MALHA DE ATERRAM. E NOS CABOS MAIS PRÓXIMOS DO EQUIPAMENTO, E INSTALADOS CONFORME OS DESENHOS DE DETALHES DE INSTALAÇÃO DE EQUIPAMENTOS.
- 6 - NOS LOCAIS COM INCIDÊNCIA DE ROCHAS, AS HASTES SERÃO CORTADAS CASO O NÍVEL DAS ROCHAS SEJA INFERIOR A 3,00m.
- 7 - OS CANTOS DA MALHA DE ATERR. OS SEUS VÉRTICES SERÃO ARREDONDADOS COM RAIO MÍNIMO DE 2,00m.
- 8 - TODA A ÁREA MALHADA SERÁ COBERTA POR UMA CAMADA DE BRITA COM 10cm.
- 9 - AS HASTES DE ATERRAMENTOS DAS BUCHAS (X) E (H) DOS TRAFOS, SERÃO INSTALADAS NO MOMENTO DA CONCRETAGEM DA BACIA COLETOIRA DE ÓLEO.
- 10 - INTERLIGAR O SISTEMA DE ATERRAMENTO AOS PAINÉIS.
- 11 - OS EQUIPAMENTOS A SEREM ATERRADOS DEVEREM SEGUIR OS PROCEDIMENTOS ADOTADOS PELA NBR 15751:09.

0B	22/03/11	EMISSÃO INICIAL	RAcioli	HAndrade	FPisano
0A	07/01/11	EMISSÃO INICIAL	RAcioli	HAndrade	FPisano
REV.	DATA	NATUREZA DA REVISÃO	ELAB.	VERIF.	VISTO
Fornecedor:		NOME FORNECEDOR:		CREA Nº	
ALSTOM		MULTI EMPREENDIMENTOS		26.021-90713	
CLIENTE:		NÚMERO FORNECEDOR:		FOLHA:	
SCABRA		MPS-EM-5.07090-1310-A1		1-1	
EMPREENHIMENTO:		EMPRESA:		PRANCHA:	
COMPLEXO EÓLICO DESENVIX BAHIA		ENGEVIX		1188/02-5N-DE-1000	
ÁREA:		TÍTULO:		1/5	
SUBESTAÇÃO BROTAS DE MACAÚBAS		SETOR DESENVIX E SETOR CHESF			
		MALHA DE ATERRAMENTO			
		PLANTA BAIXA			
ELAB.:	VERIF.:	APROV.:	R. TÊC.:	CREA Nº	
Rodrigo Acioli	Humberto Andrade	Fabio Pisano	Alexandre Espinosa	26.021-90713	
CÓDIGO DOS DESCRITORES		DATA:	ESCALA:	FOLHA:	
		22/02/11	1:75	1-1	
Nº CLIENTE:		Nº DOCUMENTO:		PRANCHA:	
		1188/02-5N-DE-1000		5/5	