

**Universidade Federal de Campina Grande – UFCG**  
**Centro de Engenharia Elétrica e Informática**  
**Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica**

**Relatório das Atividades Realizadas**  
**no Estágio Integrado do Curso de Engenharia Elétrica da**  
**UFCG**

**Petrobrás**

**Projetos Elétricos**

**Cleitson Barreto Santiago**

**Mossoró-RN, janeiro de 2009**

---

**Cleitson Barreto Santiago**

**Relatório das Atividades Realizadas  
no Estágio integrado do Curso de Engenharia elétrica da  
UFCG**

Estágio integrado do Curso de Engenharia elétrica da UFCG realizado no período de 14/04/2008 a 31/01/2009, na cidade de Mossoró, na Gerência de Desenvolvimento da Produção da Empresa Petrobras S/A.

**Objetivo:**

Relatar atividades desenvolvidas no Estágio integrado, realizadas na Empresa Petrobras para garantir conceito básico de conclusão do Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande.

**Termos de Aprovação:**

Data da Aprovação: 021 FEVEREIRO 1 2009

  
Engenheiro Francisco Aldo Mendes de Lima

  
Prof. Dr. Francisco das Chagas.

Mossoró-RN, janeiro de 2009



Biblioteca Setorial do CDSA. Março de 2021.

Sumé - PB

---

## Dedicatória

Dedico este trabalho de conclusão de Curso a minha família pelo incentivo . Dedico também a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a finalização do Curso de Engenharia elétrica realizado na UFCG.



---

## Agradecimentos

A Deus e aos meus pais Neumar e Clénice. Aos meus colegas e professores do departamento responsáveis pela minha formação. Aos meus orientadores de estágio Francisco Aldo Mendes e Professor Dr. Francisco das Chagas. Aos Engenheiros da Petrobrás Roberto Alves, Wilaci Eutrópio, Sérgio Maia, e aos demais colegas Engenheiros Eletricistas Cláudio Roberto e Vladimir, pelo apoio e incentivos que me dispensaram.

---

## Resumo

O presente relatório visa a relatar as atividades realizadas pelo estagiário Cleitson Barreto Santiago, aluno do Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, na empresa Petróleo Brasileiro S.A. - PETROBRAS, durante o período de 14 de Abril de 2008 a 31 de Janeiro de 2009.

A disciplina de estágio Integrado visa aumentar a integração entre empresa - aluno - universidade, assim como preparar o aluno para enfrentar o mercado de trabalho. Diante destas empresas o aluno pode expor seus conhecimentos adquiridos durante a sua vida acadêmica, adquirir conhecimentos não só no trabalho como também de vida e participar da rotina da empresa e de seus empregados.

Este relatório será distribuído de forma que possibilite uma melhor compreensão do assunto.

O estágio foi supervisionado pelo Engenheiro de Eletricista Junior, Francisco Aldo Mendes, e pelo professor Doutor do Departamento de Engenharia Elétrica, Francisco das Chagas.

Neste relatório serão descritos os conhecimentos adquiridos durante o estágio, assim como, todos os recursos utilizados para este fim.

---

## Índice

1. Introdução.....	12
1.1. A Petrobras .....	12
1.2. A Petrobras na Bacia Potiguar .....	14
1.3. O Petróleo .....	16
2. Atividades Desenvolvidas .....	19
2.1. Atualização do Plano Diretor para o suprimento de energia elétrica da UN-RNCE .....	19
2.1.1. Considerações Gerais .....	20
2.1.2. Pólo da Área Sul de Mossoró .....	20
2.1.2.1 Área de Riacho da Forquilha – RFQ .....	20
2.1.2.2 Área de Lorena/Livramento- LOR/LV.....	20
2.1.2.3 Área de Upanema/Brejinho - UPN/BR.....	21
2.1.3. Pólo de Fazenda Belém – FZB .....	22
2.1.4. Pólo de Canto do Amaro – CAM.....	22
2.1.5. Premissas .....	24
2.1.6. Metodologia .....	25
2.1.7. Análise e interpretação de dados.....	25
2.1.7.1. Pólo Área Sul de Mossoró.....	26
2.1.7.1.1. Análise de movimentação de fluido no Pólo da Área Sul de Mossoró.....	26
2.1.7.2. Pólo de Fazenda Belém – FZB .....	32
2.1.7.2.1. Análise da movimentação de fluido no Pólo de FZB.....	32
2.1.7.2.2. Análise do consumo de energia elétrica no Pólo de FZB.....	34
2.1.7.2.3. Análise do fator de correlação entre o consumo de energia e os fluidos produzidos no Pólo de FZB.....	36
2.1.7.3. Pólo de Canto do Amaro.....	38
2.1.7.3.1. Análise da movimentação de fluido no Pólo de CAM.....	38
2.1.7.3.2. Análise do Consumo de Energia elétrica no Pólo de CAM.....	40
2.1.7.3.3. Análise do fator de correlação entre o consumo de energia e os fluidos produzidos no Pólo de CAM.....	42
2.1.8. Projeções de demandas e consumos de Energia elétrica .....	44
2.1.8.1. Área de Riacho da Forquilha – RFQ .....	44

---

2.1.8.1.1. <i>Projeção da produção e movimentação de fluido na Área de RFQ</i> .....	44
2.1.8.1.2. <i>Projeção do consumo de energia elétrica na Área de RFQ</i> .....	46
2.1.8.2. <i>Área de Lorena/ Livramento – LOR/LV</i> .....	48
2.1.8.2.1. <i>Projeção da produção e movimentação de fluido na área de LOR/LV</i> .....	48
2.1.8.2.2. <i>Projeção do consumo de energia elétrica na Área de LOR/LV</i> .....	50
2.1.8.3. <i>Área de Upanema – UPN/BR</i> .....	52
2.1.8.3.1. <i>Projeção da produção e movimentação de fluido na área de UPN</i> .....	52
2.1.8.3.2. <i>Projeção do consumo de energia elétrica na Área de UPN</i> .....	54
2.1.8.4. <i>Pólo de Fazenda Belém – FZB</i> .....	56
2.1.8.4.1. <i>Projeção da produção e movimentação de fluido no Pólo de FZB</i> .....	56
2.1.8.4.2. <i>Projeção do consumo de energia elétrica no Pólo de FZB</i> .....	58
2.1.8.5. <i>Pólo de Canto do Amaro – CAM</i> .....	60
2.1.8.5.1. <i>Projeção da produção e movimentação de fluido no Pólo de CAM</i> .....	60
2.1.8.5.2. <i>Projeção do consumo de energia elétrica no Pólo de CAM</i> .....	62
2.1.9. <i>Recomendações para expansão dos sistemas elétricos</i> .....	63
2.1.9.1. <i>Pólo da Área Sul de Mossoró</i> .....	63
2.1.9.1.1. <i>Área de Riacho da Forquilha – RFQ</i> .....	63
2.1.9.1.2. <i>Área de Lorena/ Livramento - LOR/LV</i> .....	64
2.1.9.1.3. <i>Área de Upanema – UPN</i> .....	65
2.1.9.2. <i>Pólo de Fazenda Belém – FZB</i> .....	66
2.1.9.3. <i>Pólo de Canto do Amaro – CAM</i> .....	66
2.1.10. <i>Conclusões</i> .....	67
2.2. <i>Análise do comprimento dos cabos (CA 1/0 AWG)</i> .....	68
2.3. <i>Cálculo da perda de energia e da queda de tensão – Cabo 4 AWG Redapower</i> .....	70
2.4. <i>Análise de rede de distribuição secundária</i> .....	72
2.4.1. <i>Introdução</i> .....	72
2.4.2. <i>Metodologia</i> .....	73
2.4.3. <i>Dados de entrada</i> .....	74
2.4.4. <i>Dados de saída</i> .....	75
2.4.5. <i>Conclusão</i> .....	77
2.5. <i>Medição de resistividade do solo</i> .....	77

---

2.5.1. Introdução.....	77
2.5.2. Localização do Sistema de Aterramento.....	77
2.5.3. Medições no local .....	78
2.5.4. Método de Wenner.....	79
2.5.5. Medição pelo método de Wenner .....	80
2.5.6. Cuidados na Medição .....	82
2.5.7. Espaçamento as hastes .....	82
2.5.8. Direções a serem medidas .....	83
2.5.9. Análise das medidas.....	84
2.5.10. Exemplo Geral.....	85
2.6. Proteção, seletividade e coordenação de equipamentos.....	87
2.6.1. Objetivo .....	87
2.6.2. Documentos de referência.....	87
2.6.3. Considerações Gerais .....	87
2.6.4. Dados de entrada .....	89
2.6.5. Procedimento para a obtenção dos ajustes.....	90
2.6.5.1. Ajuste de fase .....	91
2.6.5.2. Ajuste de neutro .....	93
2.7. Estudo de fluxo de carga, curto circuito e harmônicos – em redes de distribuição secundárias .....	94
2.7.1. Introdução.....	94
2.7.2. Cenários do Projeto .....	96
2.7.3. Premissas e metodologia .....	98
2.7.3.1. Dapper.....	99
2.7.3.1.1. Estudo de demanda.....	99
2.7.3.1.2. Estudo de fluxo de carga.....	99
2.7.3.1.3. Estudo de curto circuito .....	100
2.7.3.2. Hi-wave ( análise de harmônicos).....	100
2.7.4. Dados de entrada .....	101
2.7.5. Dados de saída e análise de resultados.....	105
2.7.6. Conclusão.....	122
2.8. Participação em workshop .....	123

---

<i>2.9. Treinamentos promovidos pela Petrobras</i> .....	123
<i>2.9.1. Curso de Áreas Classificadas</i> .....	123
<i>2.9.2. Curso de QSMS</i> .....	124
<i>2.9.3. Curso de Primeiros Socorros</i> .....	124
<i>2.9.4. Treinamento de Religadores/Disjuntores( NU-LEC)</i> .....	126
<i>2.9.5. Curso de PTW – Simulador de Sistemas Elétricos</i> .....	127
<i>2.9.5.1. Estudo de curto circuito, Dimensionamento, demanda de carga e fluxo de potência..</i>	127
<i>2.9.5.2. Estudo de proteção de sistemas elétricos</i> .....	127
<i>2.9.5.3. Estudo de Partida de motores e estabilidade transiente</i> .....	128
<i>2.9.5.4. Estudo de Análise Harmônica</i> .....	128
<i>2.9.5.5. Estudo de malhas de terra</i> .....	128
<i>2.9.5.6. Estudo de falta a arco em painéis</i> .....	129
<i>2.10. Visitas Realizadas</i> .....	129
<i>2.11. Conclusão Geral</i> .....	131
<i>2.12. Bibliografia</i> .....	132

---

## 1. Introdução

### 1.1. A Petrobras

De acordo Thomas, a Petrobras é uma Sociedade de Economia Mista com a finalidade de atuar de forma rentável em suas atividades, não só na exploração como também na produção, no refino, na comercialização e no transporte de petróleo e seus derivados no Brasil e no exterior, fornecendo produtos e serviços de qualidade.

Para manter as atividades petrolíferas e atender às crescentes necessidades impostas pelo constante desenvolvimento do país, a Petrobras estruturou-se em serviços, departamentos, órgãos especiais, escritórios, subsidiárias, controladas e coligadas dando origem ao SISTEMA PETROBRAS.

A Petrobras, como uma grande empresa de petróleo, mantém uma consistente atividade internacional, tal como: compra e venda de petróleo, tecnologias, equipamentos, materiais e serviços, acompanhamento do desenvolvimento da economia americana e européia, operação financeira com bancos e bolsa de valores; recrutamento de pessoal especializado, frete de navios, apoio em eventos internacionais, entre outros.

A Petrobras procura sempre conduzir todas as suas atividades reduzindo ao mínimo alterações nos ecossistemas, tornando compatíveis todas as fases da indústria do petróleo com a preservação do meio ambiente, a segurança das pessoas e das instalações e a melhoria da qualidade de vida.

Com sede na cidade do Rio de Janeiro, a Petrobras possui escritórios e gerências de administração em importantes cidades brasileiras como Brasília, Salvador e São Paulo. Além de estar presente em diversas localidades nas quais existem representações das suas subsidiárias, a Petróleo Brasileiro S/A. Possui ainda escritório em: Londres, Nova Iorque e Japão.

De acordo com o novo modelo de estrutura organizacional, a Companhia passa a funcionar com quatro áreas de negócio - E&P (Exploração e Produção),

---

Abastecimento, Gás & Energia e Internacional -, duas de apoio - Financeira e Serviços - e as unidades corporativas ligadas diretamente ao presidente. Além de melhorar todo aspecto operacional e os resultados da empresa, a nova estrutura abre espaço para que os empregados desenvolvam seu potencial e se beneficiem do valor agregado ao negócio.

Além disso, o Sistema Petrobras inclui cinco subsidiárias - empresas independentes com diretorias próprias, interligadas à Sede.

São elas:

- Petrobras Gás S.A. - Gaspetro, subsidiária responsável pela comercialização do gás natural nacional e importado.
- Petrobras Química S.A. (Petroquisa), que atua na indústria petroquímica;
- Petrobras Distribuidora S.A. - BR, na distribuição de derivados de petróleo;
- Petrobras Internacional S.A. - Braspetro, que atua nas atividades de exploração e produção e na prestação de serviços técnicos e administrativos no exterior;
- Petrobras Transporte S.A. - Transpetro, criada para executar as atividades de transporte marítimo da Companhia.

Além disso, há o CENPES, o centro de pesquisas da Petrobras, que possui uma das mais avançadas tecnologias e é reconhecido no mundo inteiro pela sua grande competência. Sua principal característica é o desenvolvimento de técnicas e métodos próprios. As pesquisas realizadas pelo CENPES posicionam o Brasil entre os países de tecnologia de ponta da indústria do petróleo.



---

## 1.2. A Petrobras na Bacia Potiguar

As atividades da Petrobras no Rio Grandes do Norte e no Ceará abrangem as áreas de produção da Bacia Potiguar está vinculada ao Sistema Petrobras mediante a existência da Unidade de Negócios do Rio Grande do Norte e Ceará – UN - RNCE que tem como objetivos:

- Procurar acumulações de petróleo e gás natural;
- Conduzir trabalhos de perfurações de poços visando, principalmente, a descoberta e exploração de acumulações de óleo e gás;
- Promover o desenvolvimento, a produção e o armazenamento de petróleo e gás natural, bem como entregar à refinação, ao transporte, e eventualmente, ao consumo do petróleo e do gás produzidos, além do processamento do gás natural.

A área de atuação deste estágio foi no escritório de projetos e processo (DP-Desenvolvimento da Produção) no Ativo de Produção de Mossoró (ATP-MO) da unidade (UN-RNCE). A Figura 01 mostra a lotação do estagiário.

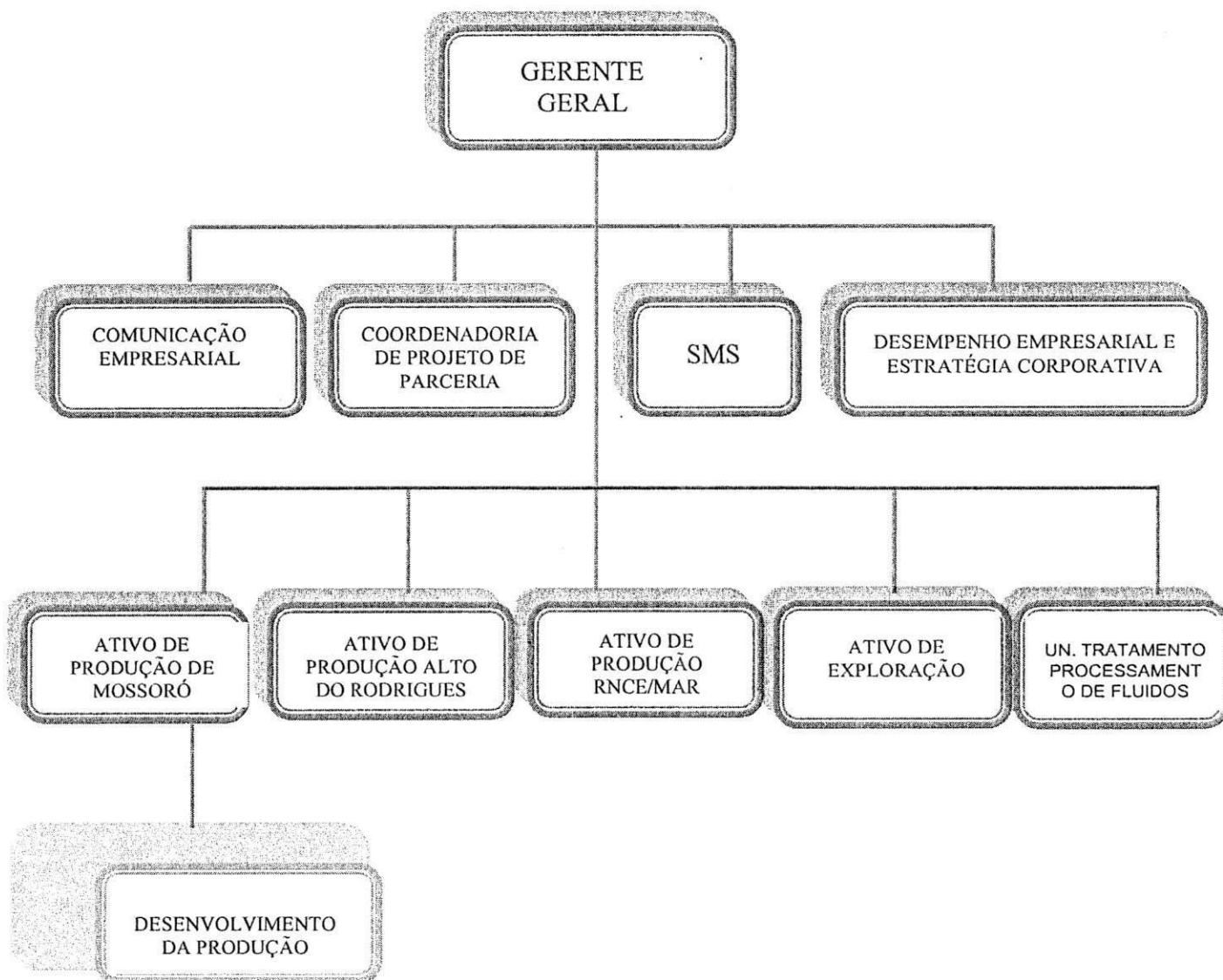


Figura 01. Organograma simplificado do órgão de lotação do estagiário.

---

O Desenvolvimento da Produção tem como objetivo:

- Gerenciar os projetos de Engenharias de Instalações, Processamento e Automação;
- Planejar e controlar as atividades da função engenharia de projetos;
- Gerenciar a documentação técnica;
- Propiciar assistência técnica aos órgãos operacionais;
- Garantir a atualização tecnológica;
- Gerar plano diretor de automação industrial, sugerindo políticas, diretrizes, comentando a identificação de novas oportunidades e analisando o impacto na organização e na força de trabalho.

### **1.3. O Petróleo**

O petróleo tem origem a partir da matéria orgânica depositada junto com os sedimentos. A matéria orgânica marinha é basicamente originada de microorganismos e algas que formam o fitoplâncton e não pode sofrer processos de oxidação. A necessidade de condições não-oxidantes pressupõe um ambiente de deposição composto de sedimentos de baixa permeabilidade, inibidor da ação da água circulante em seu interior. A interação dos fatores, matéria orgânica, sedimentos e condições termoquímicas apropriadas é fundamental para o início da cadeia de processos que leva a formação do petróleo. A matéria orgânica proveniente de vegetais superiores também pode dar origem ao petróleo, todavia sua preservação torna-se mais difícil em função do meio oxidante onde vivem.

O tipo de hidrocarboneto gerado, óleo ou gás, é determinado pela constituição da matéria orgânica original e pela intensidade do processo térmico atuante sobre ela. A matéria orgânica proveniente do fitoplâncton, quando submetida a condições térmicas adequadas, pode gerar hidrocarboneto líquido e o processo atuante sobre a

---

matéria orgânica vegetal lenhosa em condições térmicas adequadas poderá ter como consequência à geração de hidrocarboneto gasoso.

Após esse processo de geração sob condições de pressão e temperatura adequada, o petróleo é expulso da rocha onde foi gerado dando início a migração primária que eventualmente será acumulado em uma rocha que é chamada de reservatório. Esta rocha pode ter qualquer origem ou natureza, mas para se constituir em um reservatório deve apresentar espaços vazios (porosidade), e que estes vazios estejam interconectados, conferindo-lhe a característica de permeabilidade. Desse modo podem se constituir rochas-reservatórios os arenitos e todas as rochas sedimentares essencialmente dotadas de porosidade intergranular que sejam permeáveis.

Atendidas as condições de geração, migração e reservatório, para que se dê a acumulação do petróleo, deve existir alguma barreira se interponha no seu caminho. Esta barreira é produzida pela rocha selante, cuja característica é sua baixa permeabilidade e a existência de armadilhas, que podem ter diferentes origens, características e dimensões. Convencionalmente, as armadilhas são classificadas em estruturais, estratigráficas e mistas ou combinadas.

As armadilhas estruturais são respostas das rochas aos esforços e deformações provenientes do movimento das placas tectônicas, e nesse tipo enquadram-se as dobras e as falhas.

As armadilhas estratigráficas não possuem relação direta com os esforços nas bacias sedimentares e são determinadas por variações de permeabilidade gerada pelo intercalamento de rochas.

As armadilhas combinadas ou mistas compreendem aquelas situações em que a acumulação de hidrocarboneto tem controle tanto por elementos estruturais quanto estratigráficos. Exemplo deste tipo de armadilha encontra-se na Bacia Potiguar, nos campos de Mossoró e Canto do Amaro.

Após reunir todas essas características a identificação de uma área favorável à acumulação de petróleo é realizada através de métodos geológicos e geofísicos,

---

que atuando em conjunto, conseguem indicar o local mais propicio para a perfuração, (Thomas, 2001).

---

## 2. Atividades Desenvolvidas

### 2.1. Atualização do Plano Diretor para o suprimento de energia elétrica da UN-RNCE

Esse plano tem por objetivo apresentar proposições para melhoria e expansão do sistema elétrico de suprimento de energia elétrica das instalações industriais e de produção da Petrobras na UN RNCE ( Unidade de Negócio do Rio Grande do Norte e Ceará), de forma orientada, para o período até 2018. Estabelecer diretrizes específicas para a implantação da infra-estrutura de suprimento de energia elétrica necessária ao atendimento das projeções de demandas associadas aos projetos de expansão das atividades produtivas da UN RNCE e apresentar uma análise das limitações dos sistemas elétricos já implantados.

As áreas de atividade de exploração, produção e processamento foram divididas em 7 pólos básicos, sendo 5 terrestres (4 de exploração e produção e 1 de processamento e tratamento de fluidos) e 2 pólos de exploração e produção *off-shore*.

Os 5 pólos terrestres são compostos por: Área Sul de Mossoró, subdivida em 3 áreas (Riacho da Forquilha - RFQ, Lorena/ Livramento - LOR/LV e Upanema/Brejinho - UPN/BR); Fazenda Belém - FZB; Canto do Amaro - CAM; Alto do Rodrigues, subdivido em 2 áreas (Alto do Rodrigues - ARG e Salina Cristal - SCR) e 1 pólo industrial: Pólo Industrial de Guamaré. Os 2 pólos de exploração *off-shore* são os pólos do RN-Mar, subdividido em 2 áreas (pólo de Ubarana - UB e pólo de Pescada/Arabaiana - PE/ARB) e o pólo do CE-Mar.

---

### **2.1.1. Considerações Gerais**

Apresentamos a seguir a descrição dos sistemas conforme foram considerados anteriormente.

### **2.1.2. Pólo da Área Sul de Mossoró**

Os campos da Área Sul de Mossoró estão divididos em três áreas : Riacho da Forquilha - RFQ, Lorena/Livramento - LOR/LV e Upanema/Brejinho - UPN/BR.

#### **2.1.2.1 Área de Riacho da Forquilha – RFQ**

A área de Riacho da Forquilha compreende o sistema elétrico dos campos de produção de petróleo de Três Marias (TM), Fazenda Malaquias (FMQ), Baixa do Algodão (BAL), Boa Esperança (BE), Poço Xavier (PX), Leste de Poço Xavier (LPX), Varginha (VRG) e Riacho da Forquilha (RFQ). Este sistema é suprido pela subestação de Riacho da Forquilha de 69/13,8kV, 20/25MVA com dois transformadores de 10/12,5MVA ONAN/ONAF com comutador de derivações sob carga. Do barramento secundário da subestação partem três alimentadores principais, totalizando aproximadamente 119 km de rede de distribuição aérea em 13,8kV para atender as cargas destes campos.

#### **2.1.2.2 Área de Lorena/Livramento- LOR/LV**

A área de LOR/LV é atendida pelo sistema comercial de suprimento da concessionária estadual COSERN, partindo da subestação Dix-Sept Rosado, através do alimentador exclusivo 01S2 (13.8 kV, bitola de 3#336,4 MCM-CAA, extensão de 7,55 Km). Este ponto de consumo é classificado como tipo A4A – Horosazonal Azul.

---

Este alimentador atende as cargas da Petrobras nos campos de Lorena (LOR), Livramento (LV) e Cachoeirinha (CAC), com demanda atual de 780 kW. O posto de medição e proteção localiza-se no campo de LOR. A partir desse ponto segue um alimentador em 13,8kV com aproximadamente 11km até LV e 14km até CAC. 36km. de extensão para atender as cargas destes campos;

### **2.1.2.3 Área de Upanema/Brejinho - UPN/BR**

A área de UPN/BR é atendida pelo sistema comercial de suprimento da concessionária estadual COSERN, partindo da subestação Dix-Sept Rosado, através do alimentador 01S4 (13,8 kV, bitola de 3#336,4 MCM-CAA - 3#1/0 AWG-CAA, extensão de 7,55 Km). Este ponto de consumo é classificado como tipo A4A – Horosazonal Azul.

Este alimentador atende as cargas da Petrobras nos campos de produção de Upanema (UPN), Varginha (VR) e Brejinho (BR), com demanda 850 kW. Este alimentador atende também a cidade de Upanema e outras cargas rurais, com demanda aproximada de 300 kW. O alimentador parte da SE-DSR em cabo 3#336,4 MCM -CAA até o Km 0,69. Neste ponto há uma chave seccionadora para o alimentador da Cidade de UPN e uma derivação para o alimentador da PETROBRAS. O Alimentador para a PETROBRAS é em cabo 3#1/0 AWG-CAA, com extensão de 34,55 Km, a partir deste ponto. O posto de medição e proteção localiza-se no campo de BR. A partir desse ponto segue um alimentador em 13,8kV com aproximadamente 17,5 km de extensão para atender as cargas destes campos.

Devido a previsão de aumento de carga de aproximadamente 500kW já em 2008, encontra-se em andamento as tratativas junto a COSERN para construção de um novo alimentador em 13,8kV partindo de SE-SDR, de aproximadamente 34km de extensão.



---

### **2.1.3. Pólo de Fazenda Belém – FZB**

O sistema elétrico que atende as instalações do campo de produção de Fazenda Belém – FZB é composto por uma subestação primária de 69/13,8 kV - 5/6,25MVA ONAN/ONAF; energizada em 1987; cinco alimentadores de distribuição primária em 13,8 kV, totalizando aproximadamente 72 km de redes aéreas de distribuição em 13,8 KV.

A subestação é suprida através de um alimentador originado na subestação da COELCE, município de Icapuí-CE, na tensão de 69 kV em cabo de alumínio (3#1/0 AWG), tipo CAA.

### **2.1.4. Pólo de Canto do Amaro – CAM**

O sistema elétrico dos campos de produção do Pólo de Canto do Amaro, do Ativo de Produção de Mossoró da UN RNCE está situado na região salineira de Mossoró e Areia Branca, no estado do Rio Grande do Norte, sendo suprido pela Subestação de Canto do Amaro de 69/13,8kV, 20/25MVA com dois transformadores de 10/12,5MVA ONAN/ONAF não possui OLTC. Esta por sua vez é suprida pela Subestação Mossoró Dois – SE-MSD de 230/69 kV - CHESF, através do alimentador LT 02J4 1/0AWG. Segundo a COSERN este alimentador está com uma capacidade limitada em 13300kW, apesar da demanda atual estar em 14100kW.

Considerando a necessidade de aumento de carga para este pólo, está sendo construído um segundo alimentador em 69kV 336,4MCM CAA partindo da Subestação Mossoró UM – COSERN, até a subestação de Canto do Amaro com aproximadamente 20 km de extensão.

---

Com a implantação da ampliação da injeção de água de Canto do Amaro é previsto um grande incremento de demanda elétrica para este pólo, com previsão de construção de duas subestações de energia elétrica de 69/13,8 kV, uma em Alto da Pedra, nas imediações da atual estação coletora AP-A, com 2 x 10/12,5MVA e uma de 2 x 30/37,5MVA, que substituirá a atual SE de Canto do Amaro.

Estas subestações serão alimentadas pela rede elétrica em construção proveniente da subestação Mossoró I, citada anteriormente, e por uma nova rede em cabo CAA 336MCM em substituição à rede que atualmente alimenta a SE de Canto do Amaro. Esta rede alimentará a SE de Alto da Pedra e depois seguirá para Canto do Amaro, fechando uma ligação em anel com a rede Mosoró I – Canto do Amaro.

A subestação de Canto do Amaro atende aos campos de Canto do Amaro (CAM), Alto da Pedra (AP), Fazenda Canaã (FCN), Cajazeiras (CJ), Pintassilgo (PTS) e Poço Verde (PV). Do barramento secundário da subestação partem sete alimentadores principais, totalizando aproximadamente 238 km de rede aérea de distribuição em 13,8 kV para atender as cargas desses campos.

Mais ao norte de Canto do Amaro se situa o campo de produção de Benfica, que possui uma subestação 69/13,8kV de 5/6,25MVA que alimenta, além do campo de Benfica, os campos de Redonda (RE), Redonda Profunda (REP), Boa Vista (BVS) e Morrinho (MOR). Esta subestação tem sua alimentação proveniente de uma rede em 69kV de aproximadamente 10km que parte da SE-Serra Vermelha da COSERN.

Atualmente está contratada uma demanda de 2,7MW.

---

### 2.1.5. Premissas

As análises e projeções de demandas e consumo de energia foram realizadas tendo por base as seguintes premissas :

- Para o dimensionamento das projeções de demanda e consumo de energia foi tomado como base às projeções das curvas de produção de água, óleo, vapor e gás constantes da carteira de projeto da UN RNCE;

- Foi considerada a mesma filosofia dos sistemas de produção e movimentação de fluidos existentes atualmente, ou seja todo fluido produzido no estado do Rio Grande do Norte é transferido para o Pólo de Guamaré e lá são tratados e processados;

- Foi considerado um Período até 2018;

- As projeções futuras de demanda tiveram por base a realização histórica da demanda de energia em relação à quantidade de fluidos movimentados, em tonelada, e as demandas projetadas para o projetos significativos mencionados;

- Foi considerada a unidade de medida dos fluidos movimentados como sendo a tonelada (unidade de massa), para uniformizar a unidade de medida;

- Os fatores de conversão para unidade considerada ( tonelada ) foram os que seguem:

- Água = 1t/m

- Gás = 0,0008 t/m<sup>3</sup>

- LGN = 0,78 t/m<sup>3</sup>

- Óleo = 0,88 t/m<sup>3</sup>

- Vapor = 1 t/t

- O fator de carga para o cálculo da demanda foi considerado como sendo igual a **0.89**, que corresponde ao valor médio da UN RNCE dos campos mais importantes;

---

- Para o ano em curso (2008) foram consideradas as demandas; consumos de energia e movimentação de fluidos realizados até o mês de jul/08 e projetado a realização para todo o ano;

### **2.1.6. Metodologia**

A metodologia utilizada para estabelecer as projeções de demandas e consumo futuro teve como base às demandas e consumos registrados e os volumes de fluidos (água, óleo e gás) movimentados através do estabelecimento de um fator de correlação. Foram analisados os últimos 3 anos, sendo que o ano de 2008 foi projetado conforme premissa estabelecida para cálculo do fator citado.

O fator de correlação utilizado para efetuar as projeções foi o calculado para o ano em curso (tendo por base jan. a jul./2008 e a projeção para todo o ano de 2008).

A demanda projetada foi calculada tendo por base os consumos estimados e um fator de carga de 0,89 e o total de horas de um ano (8.760 horas), portanto divide-se o consumo estimado pelo total de horas do ano e em seguida pelo fator de carga.

### **2.1.7. Análise e interpretação de dados**

Nesta seção são efetuadas as análises gerais dos Pólos onde é mais intensivamente consumido o insumo de energia elétrica.

## 2.1.7.1. Pólo Área Sul de Mossoró

### 2.1.7.1.1. Análise de movimentação de fluido no Pólo da Área Sul de Mossoró

TABELA 01. Segmentação quanto ao total de fluido movimentado na Área Sul de Mossoró

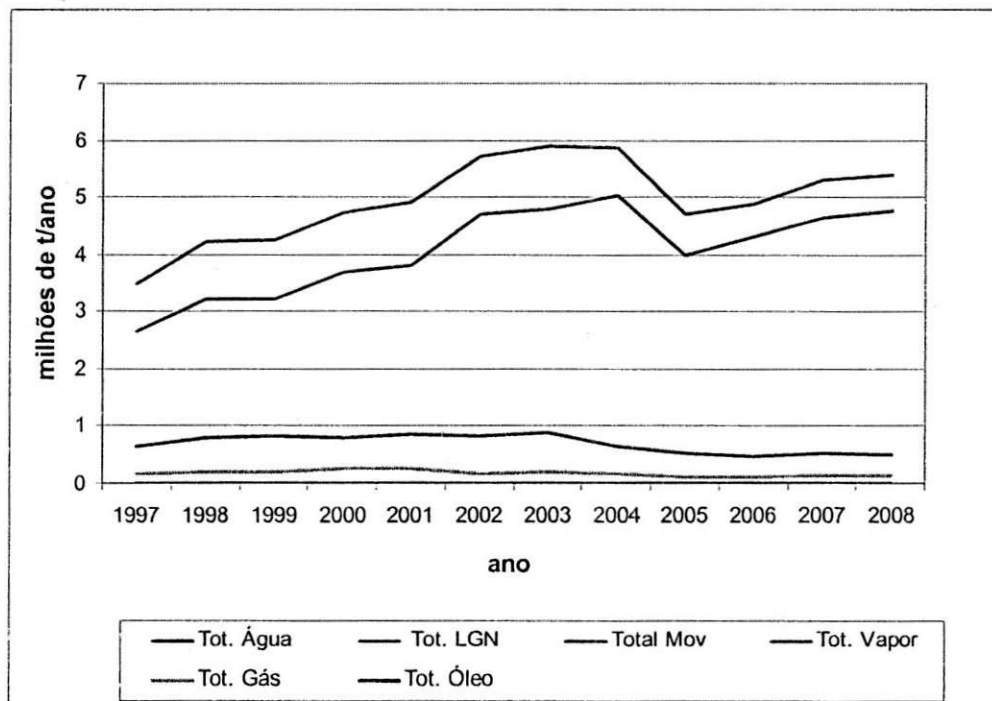
<i>Dados históricos da movimentação de fluido movimentado na Área Sul</i>							
Ano	Tot. Água (Mt/ano)	Tot. Gás (Mt/ano)	Tot. LGN (Mt/ano)	Tot. Óleo (Mt/ano)	Tot. Vapor (Mt/ano)	Total Mov (Mt/ano)	% (Tot Água/Tota l Mov)
1997	2,64	0,17	0,00	0,67	0,00	3,48	75,9%
1998	3,23	0,20	0,00	0,80	0,00	4,23	76,4%
1999	3,21	0,22	0,00	0,84	0,00	4,27	75,2%
2000	3,68	0,26	0,00	0,80	0,00	4,74	77,6%
2001	3,81	0,26	0,00	0,85	0,00	4,92	77,4%
2002	4,70	0,19	0,00	0,83	0,00	5,72	82,1%
2003	4,81	0,20	0,00	0,88	0,00	5,89	81,7%
2004	5,02	0,18	0,00	0,66	0,00	5,86	85,7%
2005	3,99	0,13	0,00	0,55	0,00	4,70	85,4%
2006	4,33	0,12	0,00	0,48	0,00	4,90	87,8%
2007	4,66	0,14	0,00	0,53	0,00	5,30	87,3%
2008	4,78	0,16	0,00	0,50	0,00	5,40	87,9%

Considerando que a composição dos fluidos produzidos no Pólo de RFQ é similar entre as três Áreas, foi tomado como base à produção total para projeção nas demais áreas do Pólo.

Nos resultados da tabela 01. Segmentação quanto ao total de fluidos movimentados – Constata-se que água produzida vem apresentando uma tendência crescente na participação dos fluidos movimentados, representando 75,9 % em 1997

e chegando a 87,9% em 2008, é interessante observar uma redução no valor de água produzida no ano de 2005 (3,99Mt), mesmo assim seu percentual em relação ao total de fluidos se manteve, devido ao declínio de óleo e gás. Notamos também que a partir de 2004 tivemos uma redução na movimentação de óleo atingindo um patamar inferior ao ano de 1997. A apresentação gráfica da tabela está no gráfico 1.

Gráfico 01



---

### 2.1.7.1.2. Análise do consumo de energia elétrica no Pólo da Área Sul de Mossoró

TABELA 02. Segmentação quanto ao total de energia elétrica em GWh/ano

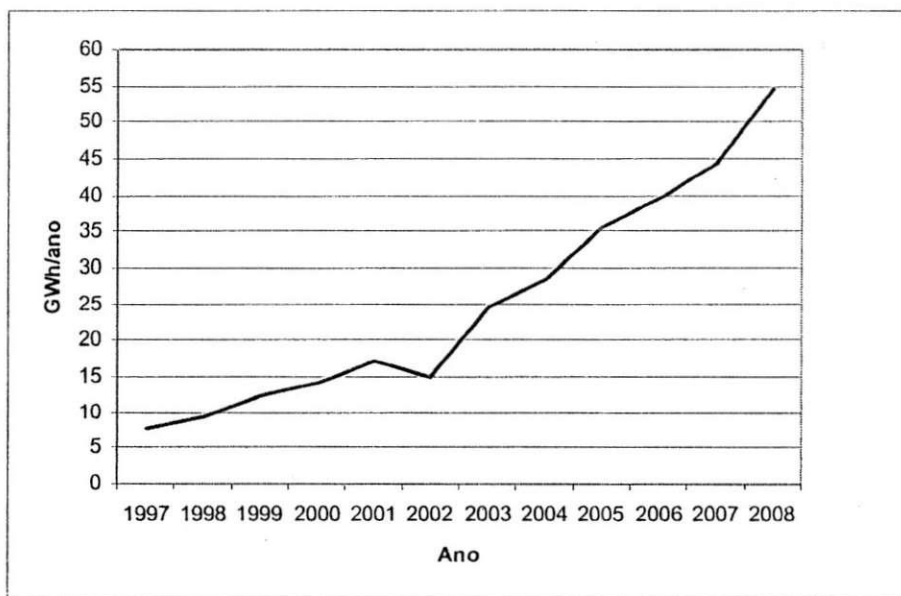
<i>Dados históricos do consumo de energia elétrica no Pólo da Área Sul de Mossoró</i>	
Ano	Energia GWh/ano
1997	7,79
1998	9,45
1999	12,44
2000	14,14
2001	17,05
2002	15,12
2003	24,64
2004	28,37
2005	35,69
2006	39,68
2007	44,39
2008	54,62

Fonte: SAEE fornecido pela EMI.

Nos resultados da tabela 02. Segmentação quanto ao consumo de energia elétrica no Pólo da Área Sul – Constata-se que o consumo tem apresentado uma tendência de crescimento desde 1997, apresentando um pequeno declínio no ano de 2002, aumentando consideravelmente a partir de 2003. O que colaborou com este crescimento foi a entrada em operação da SE-RFQ em fevereiro de 2004, permitindo a entrada de novas cargas. A apresentação gráfica da tabela está no gráfico 02.

---

Gráfico – 02. Segmentação quanto ao consumo de energia elétrica no Pólo da Área Sul de Mossoró





---

### 2.1.7.1.3. Análise do fator de correlação entre o consumo de energia elétrica e os fluidos produzidos no Pólo da Área Sul de Mossoró

TABELA 03. Fator de correlação entre a energia consumida e os fluidos prod. no Pólo da Área Sul de Mossoró

**Dados históricos do fator de correlação da energia com os fluidos produzidos**

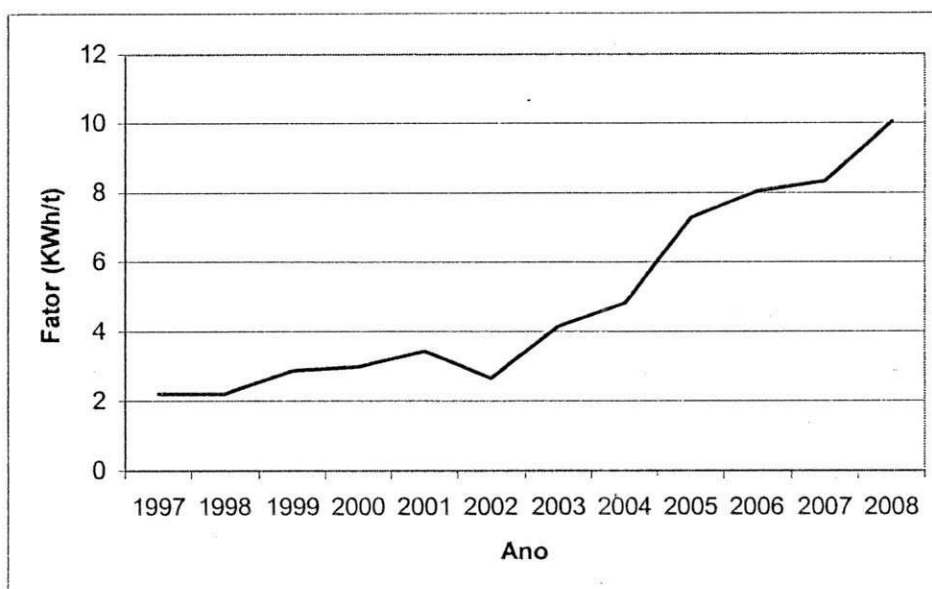
Ano	kWh/t
1997	2,24
1998	2,24
1999	2,91
2000	2,98
2001	3,47
2002	2,64
2003	4,19
2004	4,84
2005	7,29
2006	8,04
2007	8,32
2008	10,04

Nos resultados da tabela 03. Fator de correlação entre a energia consumida e os fluidos produzidos – Embora não tenha havido aumento no total de fluido movimentado, constata-se que o fator de correlação aumentou bastante de 2,64 em 2002, para 10,04 em 2008. Isto se deve ao aumento no consumo de energia elétrica devido à substituição de alguns motores acionadores não elétricos por motores elétricos após a entrada em operação da SE-RFQ. O aumento significativo no ano de 2008 foi devido a entrada de dois BCS's em RFQ, instalações de motores elétricos

---

na ETE-TM, entrada do alimentador Jaçanã-Oiticica e o aumento de potência nas bombas localizadas em BAL. Este fator foi considerado levando em conta apenas a água e o óleo produzido, já que o gás, basicamente não utiliza energia elétrica em sua movimentação. A apresentação gráfica da tabela está no Gráfico 03.

Gráfico – 03. Fator de correlação entre a energia consumida e os fluidos prod no Pólo da Área Sul de Mossoró



## 2.1.7.2. Pólo de Fazenda Belém – FZB

### 2.1.7.2.1. Análise da movimentação de fluido no Pólo de FZB

TABELA 7. Segmentação quanto ao total de fluidos movimentados no Pólo de FZB

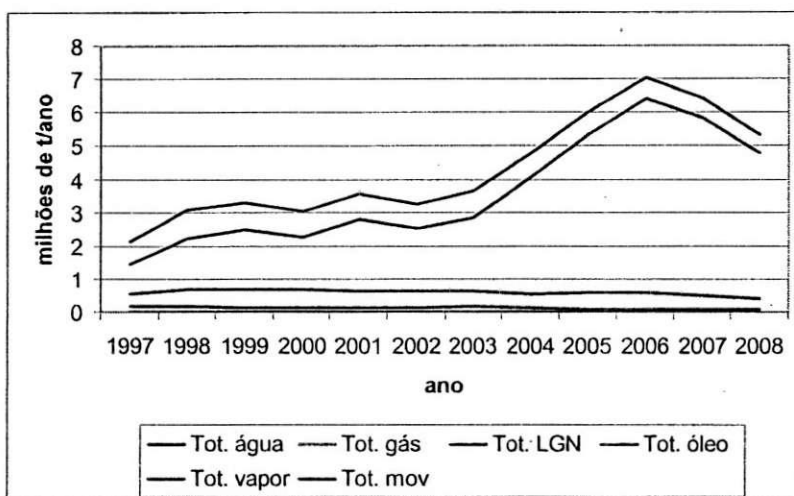
<i>Dados históricos da movimentação de fluido movimentado em FZB</i>							
Ano	Tot. Água (Mt/ano)	Tot. Gás (Mt/ano)	Tot. LGN (Mt/ano)	Tot. Óleo (Mt/ano)	Tot. Vapor (Mt/ano)	Total Mov (Mt/ano)	% (Tot Água/Tota l Mov)
1997	1,43	0,00	0,00	0,16	0,52	2,11	67,8%
1998	2,23	0,00	0,00	0,16	0,69	3,09	72,2%
1999	2,49	0,00	0,00	0,15	0,67	3,31	75,1%
2000	2,26	0,00	0,00	0,12	0,67	3,05	74,1%
2001	2,78	0,00	0,00	0,12	0,65	3,56	78,2%
2002	2,52	0,00	0,00	0,12	0,63	3,26	77,2%
2003	2,86	0,00	0,00	0,16	0,62	3,64	78,6%
2004	4,09	0,00	0,00	0,13	0,55	4,77	85,8%
2005	4,26	0,00	0,00	0,09	0,58	4,93	86,4%
2005	5,33	0,00	0,00	0,08	0,60	5,99	88,9%
2006	6,43	0,00	0,00	0,08	0,60	7,06	91,0%
2007	5,81	0,00	0,00	0,09	0,50	6,40	90,8%
2008	4,81	0,00	0,00	0,08	0,40	5,33	90,2%

Nos resultados da tabela 04. Segmentação quanto ao total de fluidos movimentados – Constatase que o grande impacto na movimentação de fluidos é decorrente de água produzida, representando 75,1 % em 1999 e ampliando esta

---

participação para 91,0% em 2006. Observamos uma redução no ano de 2008. A apresentação gráfica da tabela está no gráfico 04.

Gráfico – 04. Segmentação quanto ao total de fluidos movimentados no Pólo de FZB



Fonte: SIP fornecido pelo MCCP

---

### 2.1.7.2.2. Análise do consumo de energia elétrica no Pólo de FZB

TABELA 05. Segmentação quanto ao total de energia elétrica em GWh/ano

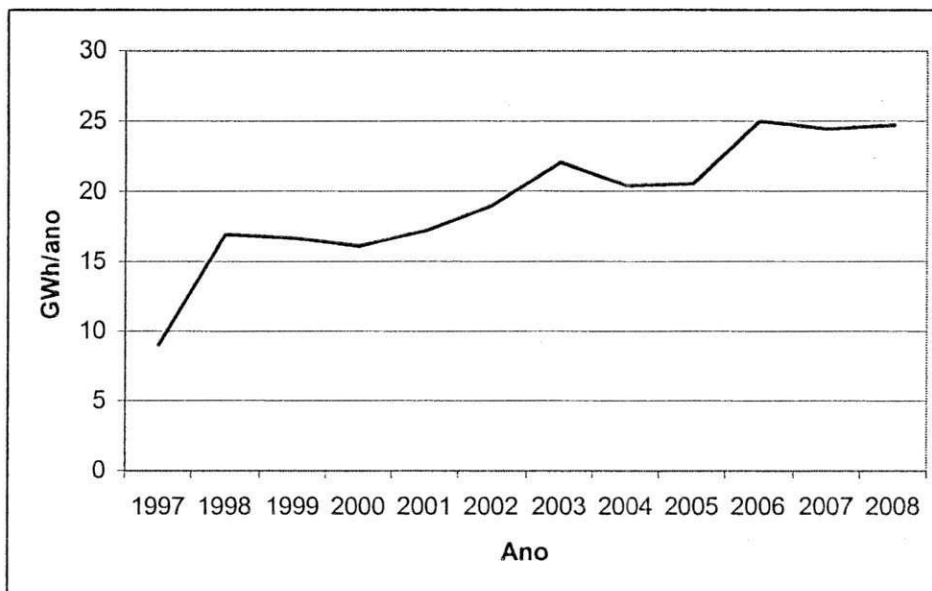
***Dados históricos do consumo de energia elétrica no Pólo de FZB em GWh/ano***

Ano	Energia GWh/ano
1997	8,96
1998	16,95
1999	16,64
2000	16,15
2001	17,16
2002	19,05
2003	22,14
2004	20,40
2005	20,60
2006	24,98
2007	24,40
2008	24,79

Nos resultados da tabela 05. Segmentação quanto ao consumo de energia elétrica no Pólo de FZB – Constata-se que o consumo de energia apresenta uma tendência de crescimento, sendo esta tendência acentuada no ano de 2003 com ligeira redução em 2004 e 2005, retomando esse crescimento a partir 2006 . A apresentação gráfica da tabela está no Gráfico 05.

---

Gráfico – 05. Segmentação quanto ao consumo de energia elétrica em GWh/ano no Pólo de FZB



---

### 2.1.7.2.3. Análise do fator de correlação entre o consumo de energia e os fluidos produzidos no Pólo de FZB

TABELA 06. Fator de correlação entre a energia consumida e os fluidos produzidos no Pólo de FZB

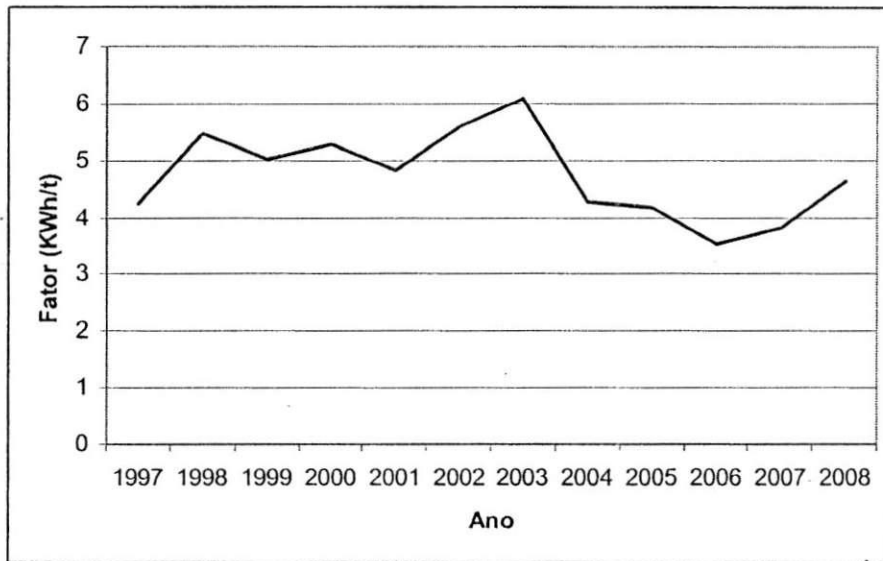
<i>Dados históricos do fator de correlação da energia com os fluidos produzidos</i>	
Ano	kWh/t
1997	4,24
1998	5,49
1999	5,03
2000	5,29
2001	4,82
2002	5,61
2003	6,08
2004	4,27
2005	4,18
2006	3,54
2007	3,81
2008	4,65

Fonte: SIP MCCP/SAEE EMI.

Nos resultados da tabela 06. Fator de correlação entre a energia consumida e os fluidos produzidos – Constata-se que o fator de correlação estava oscilando em torno de 5,0, no período entre os anos 1999 e 2002. A partir daí tivemos um crescimento, sendo atingido o seu máximo em 2003 indicando uma degradação na eficiência energética dos processos. Em seguida tivemos uma recuperação da eficiência energética a partir de 2004 atingindo os patamares de 1997. A apresentação gráfica da tabela está no gráfico 06.

---

Gráfico – 06. Fator de correlação entre a energia consumida e os fluidos produzidos no Pólo de FZB





### 2.1.7.3. Pólo de Canto do Amaro

#### 2.1.7.3.1. Análise da movimentação de fluido no Pólo de CAM

TABELA 07. Segmentação quanto ao total de fluidos movimentados no Pólo de CAM

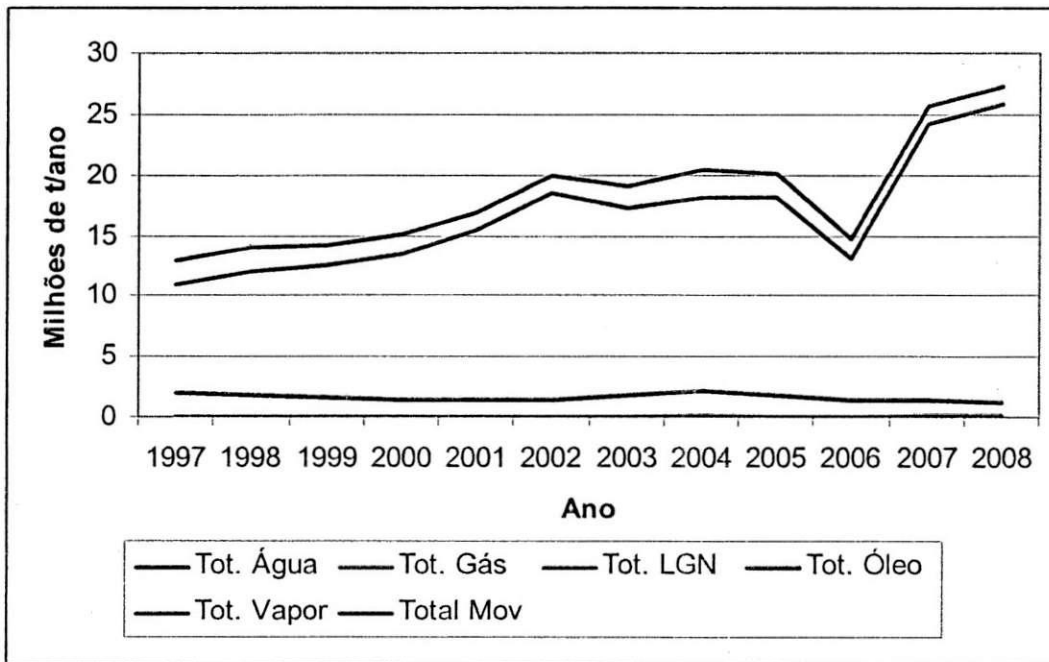
<i>Dados históricos da movimentação de fluido movimentado no Pólo de CAM</i>							
Ano	Tot. Água (Mt/ano)	Tot. Gás (Mt/ano)	Tot. LGN (Mt/ano)	Tot. Óleo (Mt/ano)	Tot. Vapor (Mt/ano)	Total Mov (Mt/ano)	% (Tot Água/Tota l Mov)
1997	10,93	0,02	0,00	1,99	0,00	12,94	84,5%
1998	12,08	0,03	0,00	1,88	0,00	13,99	86,3%
1999	12,58	0,04	0,00	1,66	0,00	14,28	88,1%
2000	13,51	0,04	0,00	1,52	0,00	15,06	89,7%
2001	15,43	0,03	0,00	1,42	0,00	16,87	91,4%
2002	18,57	0,08	0,00	1,37	0,00	20,02	92,8%
2003	17,18	0,08	0,00	1,82	0,00	19,09	90,0%
2004	18,08	0,13	0,00	2,22	0,00	20,43	88,5%
2005	14,56	0,11	0,00	2,05	0,00	16,72	87,1%
2005	18,23	0,08	0,00	1,82	0,00	20,14	90,5%
2006	13,07	0,07	0,00	1,52	0,00	14,67	89,1%
2007	24,26	0,09	0,00	1,37	0,00	25,72	94,3%
2008	25,87	0,09	0,00	1,32	0,00	27,29	94,7%

Nos resultados da tabela 07. Segmentação quanto ao total de fluidos movimentados – Constata-se que o grande impacto na movimentação de fluidos é decorrente de água produzida, tendo atingido mais de 94,0% do total de fluido movimentado em 2007 e 2008. É interessante observar uma ligeira redução desse percentual de água para 89,1% em 2006. A curva de movimentação d'água tem uma

---

tendência crescente desde 1997 chegando ao seu máximo em 2008. A apresentação gráfica da tabela está no gráfico 07.

Gráfico – 07. Segmentação quanto ao total de fluidos movimentados no Pólo de CAM



---

### 2.1.7.3.2. Análise do Consumo de Energia elétrica no Pólo de CAM

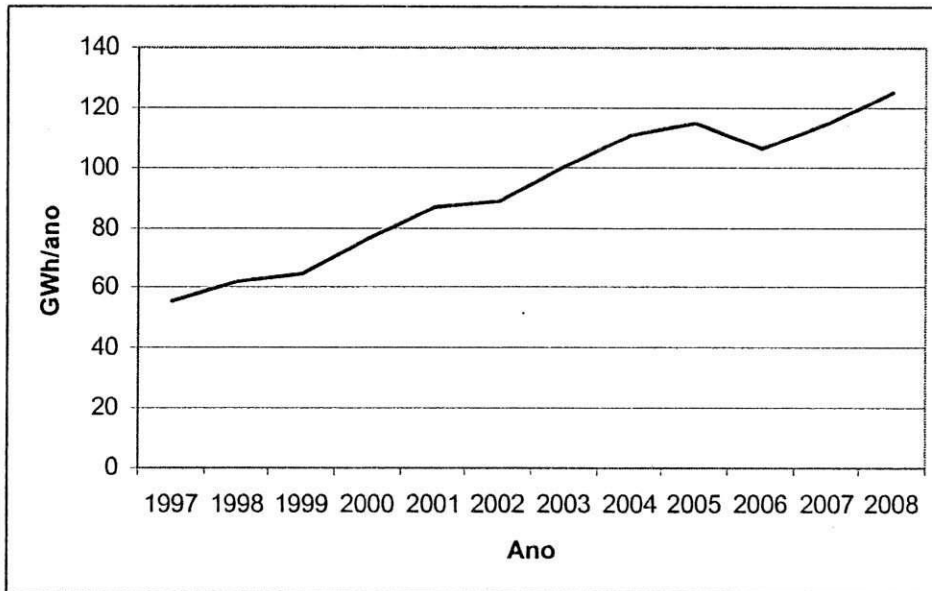
TABELA 08. Segmentação quanto ao total de energia elétrica no Pólo de CAM

<i>Dados históricos do consumo de energia elétrica no Pólo de CAM</i>	
Ano	Energia GWh/ano
1997	55,78
1998	61,99
1999	64,54
2000	76,18
2001	86,95
2002	88,49
2003	100,25
2004	110,75
2005	114,54
2006	106,11
2007	114,90
2008	125,14

Nos resultados da tabela 08. Segmentação quanto ao consumo de energia elétrica no Pólo de CAM – Constata-se uma tendência crescente do consumo de energia elétrica, tendo crescido em torno de 105,0 % até o ano de 2005, com uma ligeira redução em 2006, retomando esse crescimento a partir de 2007 chegando a um patamar de 125,14GWh em 2008, enquanto a produção de óleo vinha decrescente até 2002 onde tivemos um crescimento até 2004 e a partir de 2005 continuou a decrescer até os dias atuais . A apresentação gráfica da tabela está no gráfico 08.

---

Gráfico – 08. Segmentação quanto ao consumo de energia elétrica em GWh/ano no Pólo de CAM



---

### 2.1.7.3.3. Análise do fator de correlação entre o consumo de energia e os fluidos produzidos no Pólo de CAM

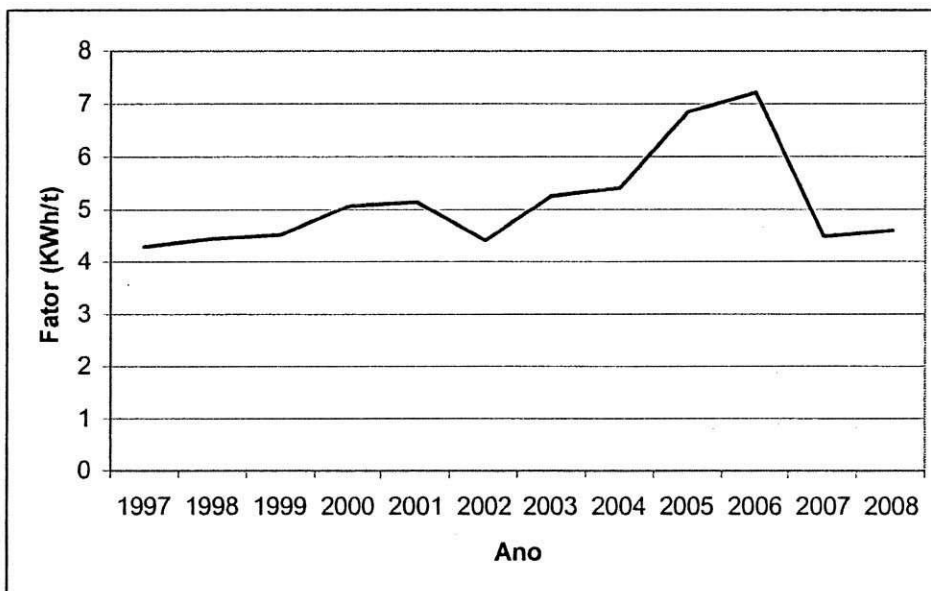
TABELA 09. Fator de correlação entre a energia consumida e os fluidos prod. no Pólo de CAM

<i>Dados históricos do fator de correlação da energia com os fluidos produzidos</i>	
Ano	kWh/t
1997	4,31
1998	4,43
1999	4,52
2000	5,06
2001	5,15
2002	4,42
2003	5,25
2004	5,42
2005	6,85
2006	7,23
2007	4,47
2008	4,58

Nos resultados da Tabela 09 constata-se que o fator de correlação apresentou um crescimento até o ano de 2006, chegando ao valor de 7,23 em 2006. Isto aconteceu porque mesmo tendo uma diminuição no total de fluido movimentado a energia consumida aumentou consideravelmente significando que o processo apresenta-se com uma baixa eficiência energética, porém nos últimos 2 anos esse fator decresceu significativamente, melhorando a eficiência energética . A apresentação gráfica da tabela está no gráfico 09.

---

Gráfico – 09. Fator de correlação entre a energia consumida e os fluidos produzidos no Pólo do CAM



## 2.1.8. Projeções de demandas e consumos de Energia elétrica

### 2.1.8.1. Área de Riacho da Forquilha – RFQ

#### 2.1.8.1.1. Projeção da produção e movimentação de fluido na Área de RFQ

TABELA 10. Segmentação quanto à projeção da prod. e mov. de fluido na área de RFQ

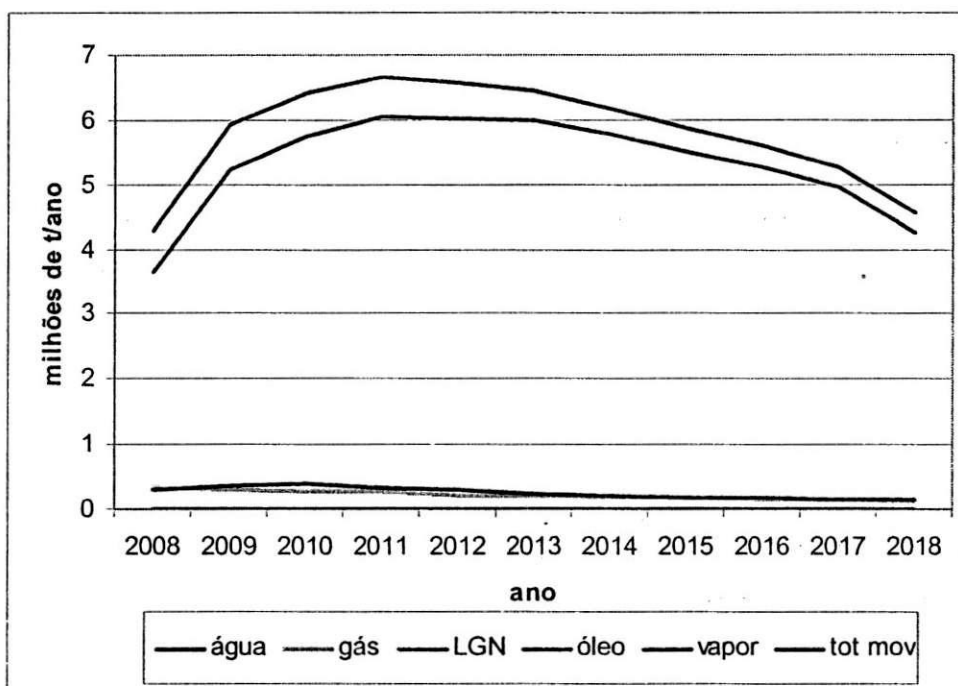
<i>Projeção da produção e movimentação de fluido movimentado na área de RFQ</i>							
Ano	Tot. Água (Mt/ano)	Tot. Gás (Mt/ano)	Tot. LGN (Mt/ano)	Tot. Óleo (Mt/ano)	Tot. Vapor (Mt/ano)	Total Mov (Mt/ano)	% (Tot Água/Total Mov)
2008	3,65	0,32	0,00	0,314	0,00	4,28	85,28%
2009	5,25	0,30	0,00	0,366	0,00	5,92	88,68%
2010	5,76	0,28	0,00	0,395	0,00	6,43	89,58%
2011	6,07	0,26	0,00	0,332	0,00	6,66	91,14%
2012	6,04	0,22	0,00	0,300	0,00	6,56	92,07%
2013	6,00	0,20	0,00	0,249	0,00	6,45	93,02%
2014	5,77	0,18	0,00	0,218	0,00	6,17	93,52%
2015	5,51	0,17	0,00	0,197	0,00	5,87	93,86%
2016	5,26	0,16	0,00	0,176	0,00	5,59	94,09%
2017	4,95	0,15	0,00	0,166	0,00	5,27	93,92%
2018	4,27	0,13	0,00	0,155	0,00	4,56	93,62%

Nos resultados da tabela 10. Segmentação quanto à projeção da produção e movimentação de fluido na área de RFQ – Constata-se que a produção e movimentação de fluido terá um crescimento até o ano de 2011 e então entrará em um processo de declínio. A água, também será o fluido principal a ser movimentado

---

(a partir de 2013, o percentual é acima de 93 % em todo o período analisado). A apresentação gráfica da tabela 10 está no gráfico 10.

Gráfico – 10. Segmentação quanto à projeção da produção e movimentação de fluido, RFQ





### 2.1.8.1.2. Projeção do consumo de energia elétrica na Área de RFQ

TABELA 11. Projeção da energia elétrica total a ser consumida em GWh

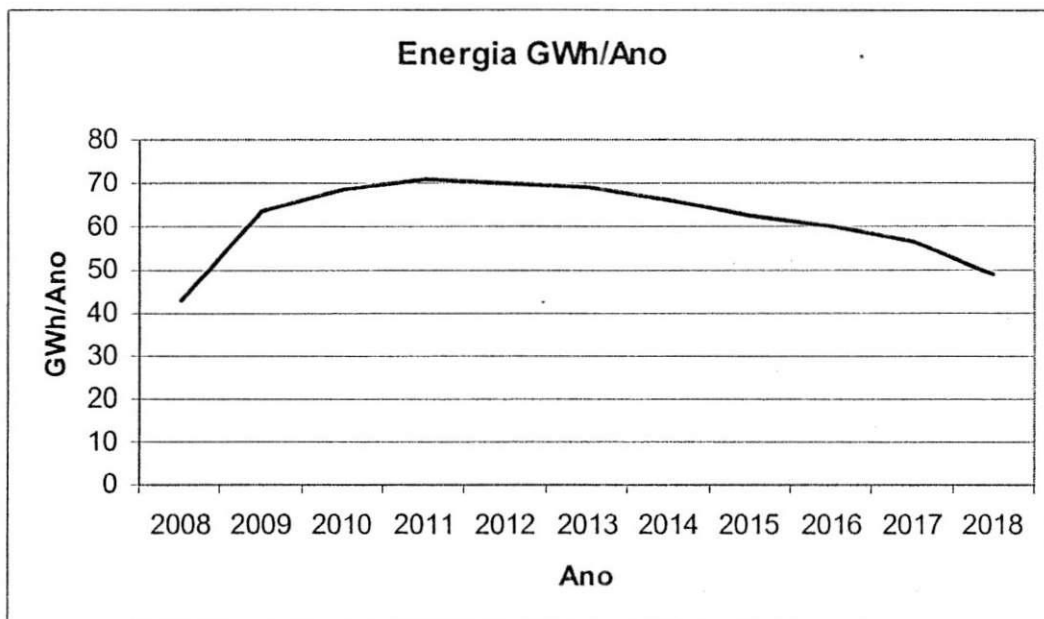
*Dados da projeção do consumo e demanda de energia elétrica na área de RFQ*

Ano	Energia GWh	Demanda MW
2008	42,88	5,50
2009	63,26	8,11
2010	68,66	8,81
2011	71,21	9,13
2012	70,11	8,99
2013	68,89	8,84
2014	65,92	8,46
2015	62,73	8,05
2016	59,78	7,67
2017	56,31	7,22
2018	48,76	6,25

Nos resultados da tabela 11. Projeção da energia elétrica total a ser consumida em GWh na área de RFQ – Constata-se que o pico de consumo ocorre em 2011, salvo se houver opção por substituição dos motocompressores a gás por motocompressores elétricos. O perfil do consumo associado à movimentação de fluido e as demandas estimadas indicam que a subestação em processo de implantação atenderá a demanda do campo no período analisado (demanda de 6,07 a 3,93 MW). A apresentação gráfica da tabela está no gráfico 11.

---

**Gráfico - 11. Projeção da energia elétrica total a ser consumida em GWh na Área de RFQ**



## 2.1.8.2. Área de Lorena/ Livramento – LOR/LV

### 2.1.8.2.1. Projeção da produção e movimentação de fluido na área de LOR/LV

TABELA 12. Segmentação quanto à projeção da produção e mov. de fluido na área de LOR/LV

***Projeção da produção e movimentação de fluido movimentado na área de LOR/LV***

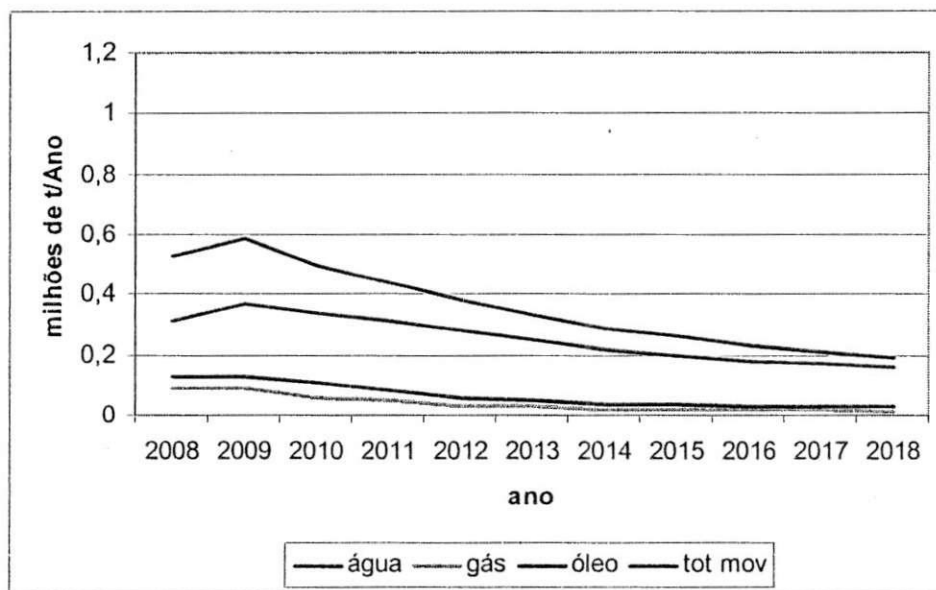
Ano	Tot. Água (Mt/ano)	Tot. Gás (Mt/ano)	Tot. LGN (Mt/ano)	Tot. Óleo (Mt/ano)	Tot. Vapor (Mt/ano)	Total Mov (Mt/ano)	% (Tot Água/Total Mov)
2008	0,31	0,09	0,00	0,13	0,00	0,53	58,49%
2009	0,37	0,09	0,00	0,13	0,00	0,59	62,58%
2010	0,34	0,06	0,00	0,11	0,00	0,50	67,00%
2011	0,31	0,05	0,00	0,08	0,00	0,44	70,57%
2012	0,28	0,03	0,00	0,06	0,00	0,38	73,50%
2013	0,25	0,03	0,00	0,05	0,00	0,33	75,38%
2014	0,22	0,02	0,00	0,04	0,00	0,29	76,66%
2015	0,20	0,02	0,00	0,04	0,00	0,26	78,01%
2016	0,18	0,02	0,00	0,03	0,00	0,23	77,71%
2017	0,17	0,02	0,00	0,03	0,00	0,21	78,10%
2018	0,16	0,01	0,00	0,03	0,00	0,19	79,69%

Nos resultados da tabela 12. Segmentação quanto à projeção da produção e movimentação de fluido na área de LOR/LV – Constata-se que a produção e movimentação de fluido terá uma tendência de crescimento até o ano de 2009, e a

---

partir daí entrará em declínio. A água será a parcela importante dos fluidos a serem movimentados. A apresentação gráfica da tabela está no gráfico 12.

**Gráfico - 12. Segmentação quanto à projeção da produção e movimentação de fluido na área de LOR/LV**



---

### 2.1.8.2.2. Projeção do consumo de energia elétrica na Área de LOR/LV

TABELA 13. Projeção da energia elétrica total a ser consumida em GWh LOR/LV

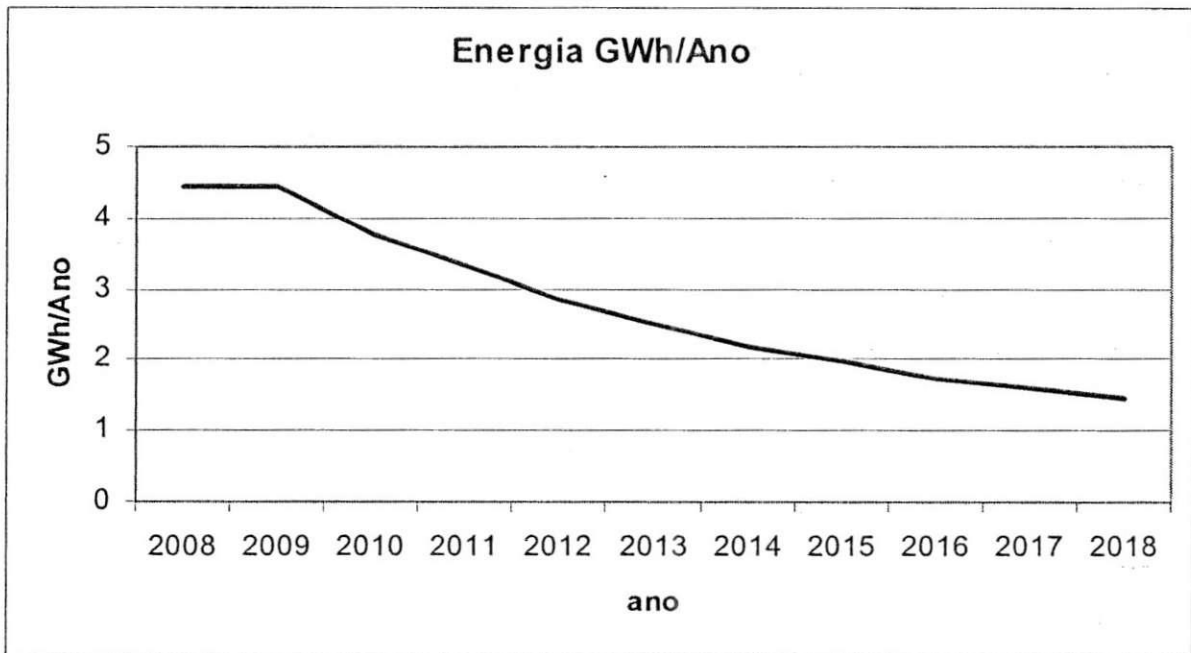
*Dados da projeção do consumo e demanda de energia elétrica na área de LOR/LV*

Ano	Energia GWh	Demanda MW
2008	4,45	0,57
2009	4,46	0,57
2010	3,80	0,49
132011	3,32	0,43
2012	2,83	0,36
2013	2,49	0,32
2014	2,20	0,28
2015	1,97	0,25
2016	1,72	0,22
2017	1,61	0,21
2018	1,47	0,19

Nos resultados da tabela 13. Projeção da energia elétrica total a ser consumida em GWh na área de LOR/LV – Constata-se que o consumo de energia elétrica terá uma tendência de crescimento até o ano de 2009, e a partir daí entrará em declínio. Não foi considerada a mudança do sistema de compressão de gás para motores elétricos. A apresentação gráfica da tabela está no gráfico 13.

---

**Gráfico - 13. Projeção da energia elétrica total a ser consumida em GWh na Área de LOR/LV**



### 2.1.8.3. Área de Upanema – UPN/BR

#### 2.1.8.3.1. Projeção da produção e movimentação de fluido na área de UPN

TABELA 14. Segmentação quanto à projeção da produção e mov. de fluido na área de UPN

*Projeção da produção e movimentação de fluido movimentado na área de UPN*

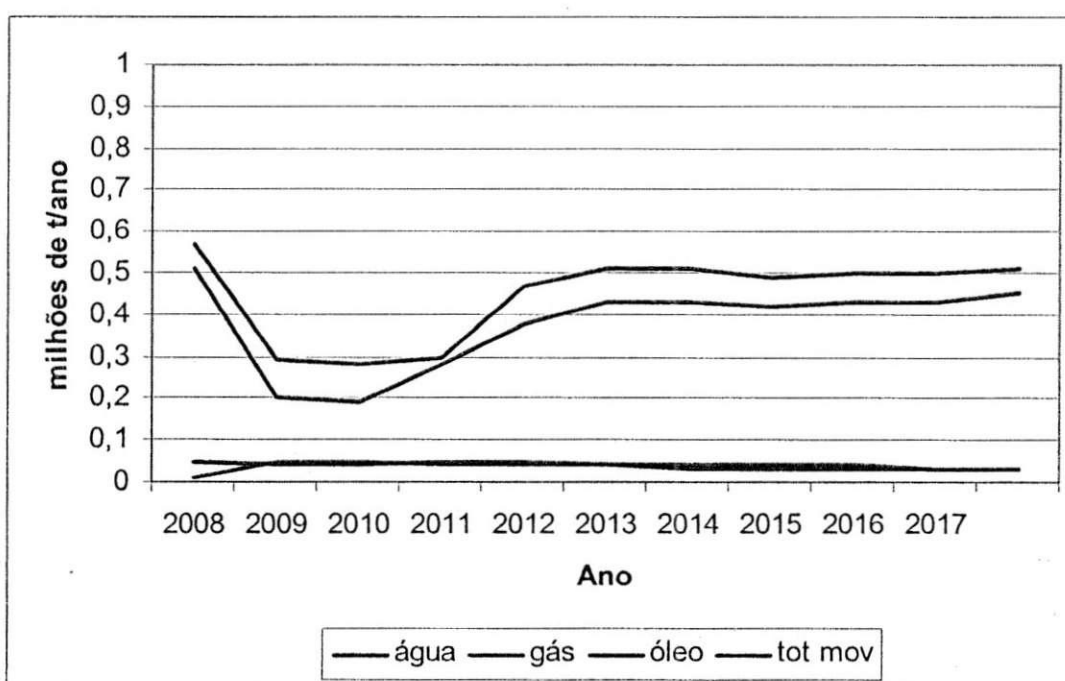
Ano	Tot. Água (Mt/ano)	Tot. Gás (Mt/ano)	Tot. LGN (Mt/ano)	Tot. Óleo (Mt/ano)	Tot. Vapor (Mt/ano)	Total Mov (Mt/ano)	% (Tot Água/Total Mov)
2008	0,51	0,01	0,00	0,05	0,00	0,57	89,47%
2009	0,20	0,05	0,00	0,04	0,00	0,29	68,70%
2010	0,19	0,05	0,00	0,04	0,00	0,28	68,46%
2011	0,28	0,04	0,00	0,05	0,00	0,30	75,58%
2012	0,38	0,04	0,00	0,05	0,00	0,47	81,17%
2013	0,43	0,04	0,00	0,04	0,00	0,51	83,84%
2014	0,43	0,03	0,00	0,04	0,00	0,51	85,20%
2015	0,42	0,03	0,00	0,04	0,00	0,49	85,79%
2016	0,43	0,03	0,00	0,04	0,00	0,50	86,73%
2017	0,43	0,03	0,00	0,03	0,00	0,50	87,46%
2018	0,45	0,03	0,00	0,03	0,00	0,51	88,44%

Nos resultados da tabela 14. Segmentação quanto à projeção da produção e movimentação de fluido na área de UPN – Constata-se que a produção e movimentação de fluido (água) terá uma tendência declinante até 2010, começando a crescer a partir de 2008. Analisando os dados de óleo, percebemos pequenas oscilações nos primeiros anos, onde tornará a decrescer a partir de 2013. A água

---

produzida, continuará sendo o fluido de maior participação na movimentação total de fluidos. A apresentação gráfica da tabela está no gráfico 14.

**Gráfico - 14. Segmentação quanto à projeção da produção e movimentação de fluido na área de UPN**





### 2.1.8.3.2. Projeção do consumo de energia elétrica na Área de UPN

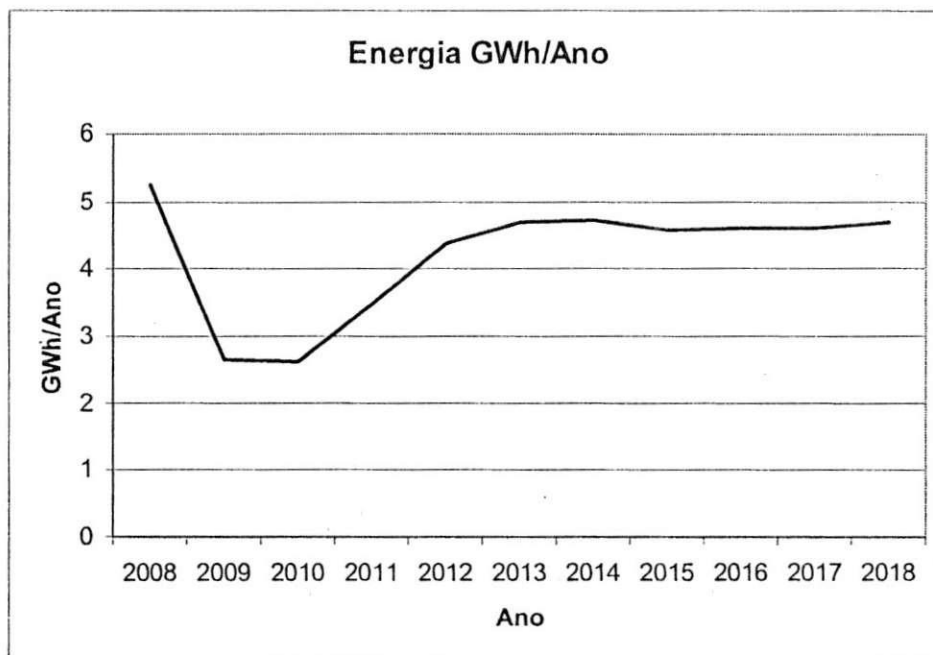
TABELA 15. Projeção da energia elétrica total a ser consumida em GWh, UPN

<i>Dados da projeção do consumo e demanda de energia elétrica na área de UPN</i>		
Ano	Energia GWh	Demanda MW
2008	5,25	0,67
2009	2,65	0,34
2010	2,62	0,34
2011	3,49	0,45
2012	4,39	0,56
2013	4,71	0,60
2014	4,72	0,61
2015	4,58	0,59
2016	4,61	0,59
2017	4,61	0,59
2018	4,69	0,60

Nos resultados da tabela 15. Projeção da energia elétrica total a ser consumida na área de UPN – Constata-se que o consumo desse insumo assume seu máximo em 2008 no período analisado, salvo se houver opção por substituição dos motocompressores a gás por motocompressores elétricos. O perfil do consumo associado à movimentação de fluido e as demandas estimadas atingem níveis em que o sistema em 13.8 kV atenderá a demanda do campo. Entretanto, conforme mencionado anteriormente, os resultados apresentados no estudo, mostrou que o sistema atual apresenta-se no limite de sua capacidade com relação a queda de tensão, além deste sistema ser deficitário por atender outros consumidores externos a Petrobras. A apresentação gráfica da tabela está no gráfico 15.

---

**Gráfico – 15. Projeção da energia elétrica total a ser consumida em GWh na Área de UPN**



## 2.1.8.4. Pólo de Fazenda Belém – FZB

### 2.1.8.4.1. Projeção da produção e movimentação de fluido no Pólo de FZB

TABELA 16. Segmentação quanto à projeção da produção e mov. de fluido no Pólo de FZB

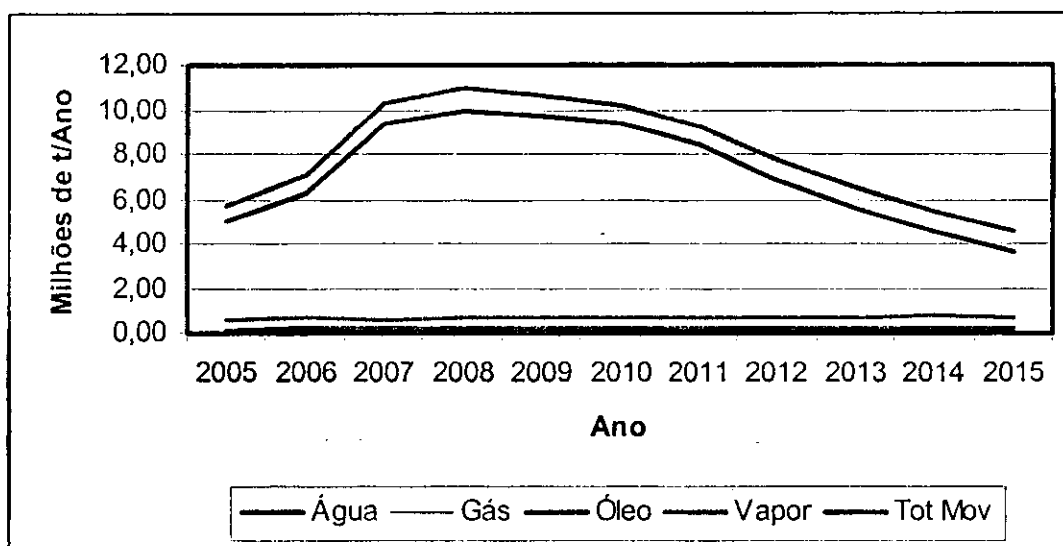
**Projeção da produção e movimentação de fluido movimentado no Pólo de FZB**

Ano	Tot. Água (Mt/ano)	Tot. Gás (Mt/ano)	Tot. LGN (Mt/ano)	Tot. Óleo (Mt/ano)	Tot. Vapor (Mt/ano)	Total Mov (Mt/ano)	% (Tot Água/Total Mov)
2005	4,97	0,00	0,00	0,11	0,60	5,68	87,49%
2006	6,27	0,00	0,00	0,17	0,66	7,11	88,28%
2007	9,34	0,00	0,00	0,26	0,63	10,23	91,32%
2008	9,93	0,00	0,00	0,27	0,72	10,92	90,98%
2009	9,68	0,00	0,00	0,25	0,71	10,63	91,03%
2010	9,34	0,00	0,00	0,20	0,68	10,22	91,37%
2011	8,41	0,00	0,00	0,19	0,69	9,30	90,52%
2012	6,84	0,00	0,00	0,20	0,71	7,75	88,30%
2013	5,55	0,00	0,00	0,20	0,72	6,47	85,80%
2014	4,57	0,00	0,00	0,21	0,74	5,53	82,73%
2015	3,66	0,00	0,00	0,19	0,73	4,57	80,03%

Nos resultados da tabela 16. Segmentação quanto à projeção da produção e movimentação de fluido no Pólo de FZB – Constata-se que a produção e movimentação de fluido tem tendência de crescimento até 2008, e a partir daí entrará em regime declinante. A água produzida, continuará contribuindo com a

maior parcela no total de fluido movimentado. A apresentação gráfica da tabela está no gráfico 16.

**Gráfico - 16. Segmentação quanto à projeção da produção e movimentação de fluido no Pólo de FZB**



---

#### 2.1.8.4.2. Projeção do consumo de energia elétrica no Pólo de FZB

TABELA 17. Projeção da energia elétrica total a ser consumida em GWh, FZB

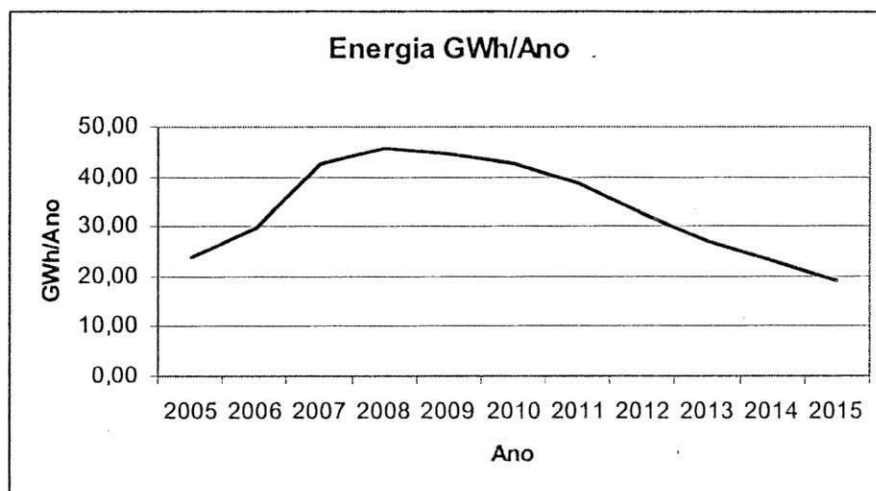
*Dados da projeção do consumo e demanda de energia elétrica no Pólo de FZB*

Ano	Energia GWh	Energia MW
2008	23,76	2,92
2009	29,70	3,65
2010	42,76	5,25
2011	45,63	5,60
2012	44,44	5,45
2013	42,73	5,24
2014	38,86	4,77
2015	32,39	3,98
2016	27,03	3,32
2017	23,10	2,84
2018	19,10	2,34

Nos resultados da tabela 17. Projeção da energia elétrica total a ser consumida em GWh no Pólo de FZB – Constata-se que o pico de consumo se dará em 2008, quando haverá uma inversão e entrará em processo declinante até o fim do período. A apresentação gráfica da tabela está no gráfico 17.

---

**Gráfico – 17. Projeção da energia elétrica total a ser consumida em GWh no Pólo de FZB**



## 2.1.8.5. Pólo de Canto do Amaro – CAM

### 2.1.8.5.1. Projeção da produção e movimentação de fluido no Pólo de CAM

TABELA 18. Segmentação quanto à projeção da produção e mov. de fluido no Pólo de CAM

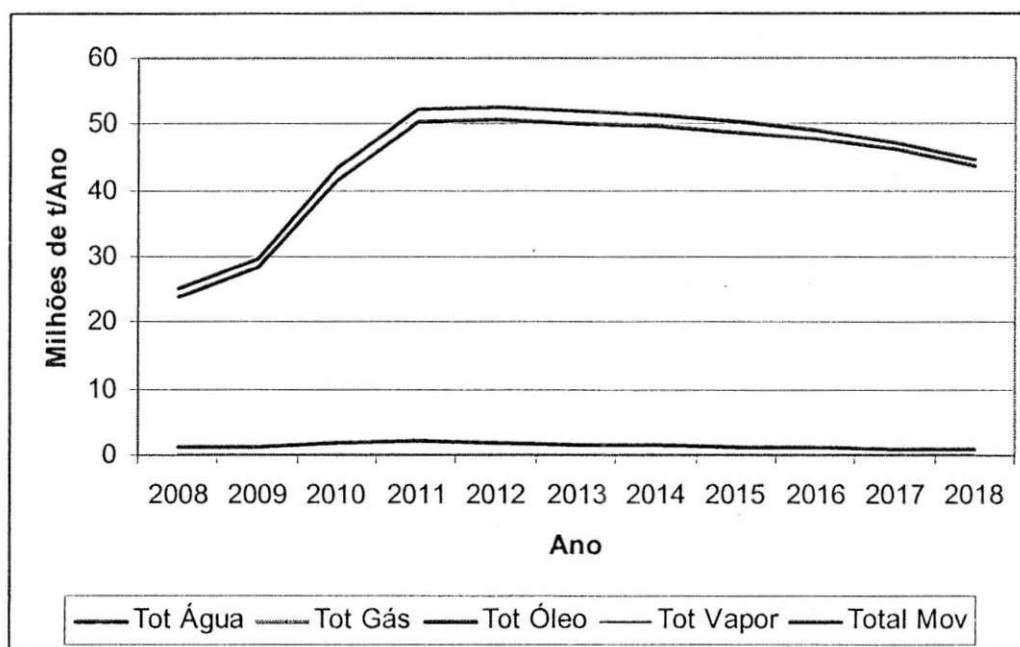
*Projeção da produção e movimentação de fluido movimentado no Pólo de CAM*

Ano	Tot. Água (Mt/ano)	Tot. Gás (Mt/ano)	Tot. LGN (Mt/ano)	Tot. Óleo (Mt/ano)	Tot. Vapor (Mt/ano)	Total Mov (Mt/ano)	% (Tot Água/Total Mov)
2008	23,87	0,08	0,00	1,39	0,00	25,34	94,2%
2009	28,46	0,04	0,00	1,31	0,00	29,81	95,5%
2010	41,56	0,02	0,00	1,82	0,00	43,40	95,7%
2011	50,33	0,02	0,00	2,11	0,00	52,46	95,9%
2012	50,86	0,02	0,00	1,84	0,00	52,73	96,5%
2013	50,26	0,02	0,00	1,66	0,00	51,95	96,8%
2014	49,73	0,03	0,00	1,56	0,00	51,32	96,9%
2015	48,88	0,03	0,00	1,39	0,00	50,30	97,2%
2016	47,76	0,03	0,00	1,22	0,00	49,01	97,4%
2017	46,24	0,03	0,00	1,04	0,00	47,31	97,7%
2018	43,88	0,03	0,00	0,92	0,00	44,83	97,9%

Nos resultados da tabela 218. Segmentação quanto à projeção da produção e movimentação de fluido no Pólo de CAM – Constata-se que a produção e movimentação de água indica um crescimento até 2013, quando entra em declínio. A água produzida, continuará sendo a maior parcela, em torno de 97% da

movimentação de fluidos. Já o óleo terá um crescimento até 2011, quando entra em declínio . A apresentação gráfica da tabela está no gráfico 18.

**Gráfico - 18. Segmentação quanto à projeção da produção e movimentação de fluido no Pólo de CAM**





---

## 2.1.8.5.2. Projeção do consumo de energia elétrica no Pólo de CAM

TABELA 19. Projeção da energia elétrica total a ser consumida em MWh, CAM

***Dados da projeção do consumo e demanda de energia elétrica no Pólo de CAM***

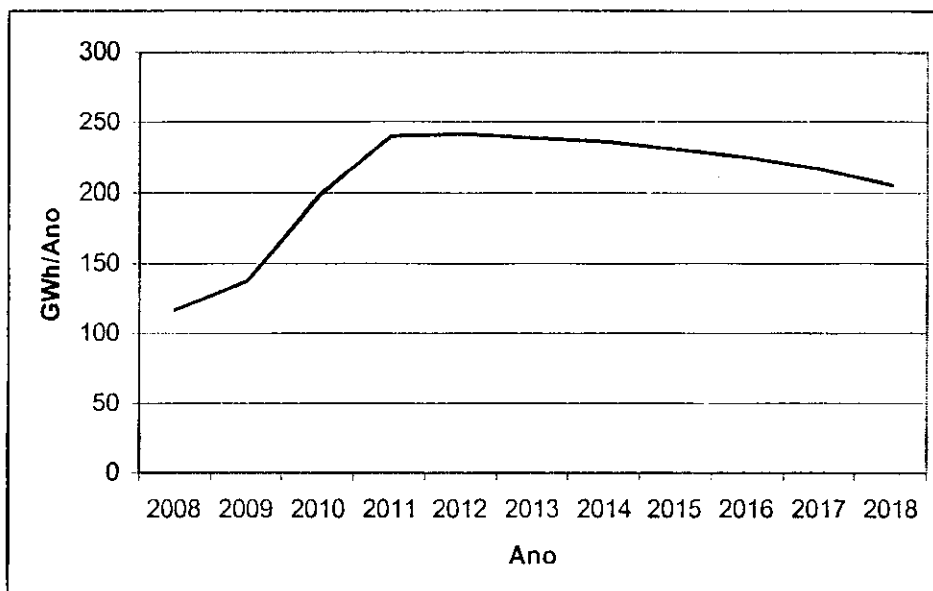
Ano	Energia GWh	Energia MW
2008	116,32	14,92
2009	136,81	17,55
2010	199,21	25,55
2011	240,77	30,88
2012	242,01	31,04
2013	238,45	30,58
2014	235,56	30,21
2015	230,89	29,61
2016	224,95	28,85
2017	217,17	27,85
2018	205,76	26,39

Fonte: DPR - Carteira Projetos (PDG abr/02)/EMI - SAEE.

Nos resultados da tabela 19. Projeção da energia elétrica total a ser consumida em GWh no Pólo de CAM – Constata-se um crescimento até o ano de 2013 , quando tem um processo de declínio. O perfil do consumo associado à movimentação de fluido é similar ao perfil da água produzida e movimentada. A apresentação gráfica da tabela está no gráfico 19.

---

**Gráfico – 19. Projeção da energia elétrica total a ser consumida em GWh no Pólo de CAM**



## **2.1.9. Recomendações para expansão dos sistemas elétricos**

### **2.1.9.1. Pólo da Área Sul de Mossoró**

Tendo por base a análise efetuada nos documentos de referência, nas limitações e projeções de demandas para este Pólo, concluímos que há necessidade de realização de reforma no sistema elétrico para o período abrangido pelo presente Plano Diretor, sendo as recomendações as que seguem.

#### **2.1.9.1.1. Área de Riacho da Forquilha – RFQ**

O sistema de suprimento elétrico de RFQ está esgotado, sendo necessário o suprimento por 2 alimentadores (um por Três Maria e outro por Apodi) e um terceiro

---

em fase de implantação (LT de 69 kV) para permitir o suprimento de energia elétrica do sistema de injeção d'água em implantação, conforme descrito no item 4.1.1, portanto necessita de ampliação.

Para atender as cargas instaladas nos campos de produção de TM, FMQ, BAL, RFQ, BE, PX e LPX é recomendável tecnicamente a construção de uma subestação de 69/13,8 kV no Ativo de Produção de Mossoró – APT-MO, ao lado da estação coletora e compressora de RFQ, município de Apodi – RN. Esta subestação já está em processo de projeto e contratação.

A Subestação necessária deve ter capacidade de transformação de 2x5/6,25 MVA e atenderá a demanda das cargas elétricas dos campos de TM, FMQ, BAL, RFQ, BE, PX e LPX. Esta subestação possibilitará a substituição dos motocompressores a gás por motocompressores elétricos se os projetos de eficiência energética e viabilidade econômica assim definirem.

A subestação será suprida através de uma linha de transmissão em 69 kV, em cabo, bitola de 3#120 mm<sup>2</sup>-CAA, com capacidade para 20 MVA e extensão de 25 Km. A Linha de transmissão partirá da barra de 69 kV da subestação da Cosern, no município de Governador Dix-Sept Rosado – RN. O mapa esquemático encontra-se no *Anexo X – Mapa esquemático do suprimento de energia da Área Sul*. Projeto de ampliação em fase de implantação.

#### **2.1.9.1.2. Área de Lorena/ Livramento - LOR/LV**

O Pólo Lorena continuaria com o sistema atual, pois não apresenta nenhum problema de suprimento no horizonte em estudo, mesmo considerando o crescimento de cargas decorrente da implantação de projetos na carteira e das curvas de produção. Entretanto, no caso de instalação do motocompressor elétrico de 1250 HP o sistema não atenderá estas cargas na tensão de 13,8 kV, portanto terá que ser efetuada uma mudança de tensão. Quanto à construção de uma nova linha de 7 Km com cabo 3#336MCM a fim de que o Pólo tenha um alimentador

---

exclusivo não acho esta proposição necessária já que o sistema atual atende aos requisitos técnicos.

Caso venham a ser instalados motocompressores elétricos como citado anteriormente, tanto no campo de LOR, quanto no de LV, a solução deve ser através de uma subestação, na tensão primária de 69 kV e secundária de 13.8 kV. Entretanto, a sua localização deverá obedecer a critérios técnicos que torne possível esta solução.

#### **2.1.9.1.3. Área de Upanema – UPN**

O Pólo de UPN, com alimentação através de uma subestação da COSERN na cidade de Upanema. Esta opção seria operacionalizada com a construção de uma linha de 13,8kV, com aproximadamente 10km de extensão, utilizando-se cabo 3#336MCM, ligando a SE Upanema ao Campo de Brejinho. Entretanto, esta Proposição estará na dependência de uma expansão do sistema da Cosern, previsto para 2006.

O sistema de UPN já opera no limite de sua capacidade e portanto necessita de melhoria decorrente de fatores externos, já que, tendo por base as curvas de produção estabelecidas na carteira não há necessidade de implantação de reformas ou ampliação no sistema elétrico do campo. Porém como o alimentador que supre este campo é bastante longo (em torno de 35 Km) e atende diversas cargas de terceiros qualquer incremento de consumo de externo a Petrobras ou havendo necessidade de ampliação da demanda do insumo energia elétrica antes da previsão de ampliação do sistema da Cosern como descrito anteriormente, as cargas elétricas adicionais do campo devem ser supridas por um sistema de autogeração de energia, já que uma alimentação a partir da subestação de Dix-Sept Rosado é onerosa e tecnicamente limitada para a tensão de 13.8 kV.

Considerando a criticidade operacional atual do sistema, principalmente que o mesmo já opera com reguladores de tensão em série é recomendável o início de

---

negociações visando à antecipação da implantação da subestação da concessionária na cidade de UPN, prevista para 2005.

### **2.1.9.2. Pólo de Fazenda Belém – FZB**

O sistema de suprimento elétrico de FZB (Anexo XI – Mapa esquemático do suprimento de energia do Pólo de FZB), bem como as instalações do campo estão dimensionados para atender uma demanda acima da capacidade necessária para as cargas elétricas daquelas instalações e não há previsão de incremento de demanda, tendo por base a carteira de projetos, portanto não há necessidade, no período considerado, de ampliação deste sistema.

### **2.1.9.3. Pólo de Canto do Amaro – CAM**

O sistema de suprimento elétrico do Pólo de CAM (Anexo IX – Mapa esquemático do suprimento de energia do Pólo de CAM) tem deficiência no sistema de suprimentos. O alimentador está em seu limite máximo e apresenta sinais de fadiga física, com registro de quebras, provavelmente em decorrência de agressão ambiental (corrosão da alma de aço do condutor devido ao ambiente salino da região). Como o alimentador não pode ser substituído sem interrupção do campo é recomendável que seja construída uma nova linha de transmissão e o nosso entendimento é que isto deve ser de responsabilidade da concessionária, sem ônus para a Petrobras.

A previsão de demanda, tendo por base, as curvas de produção e movimentação de fluido da carteira de projeto da UN RNCE não indica a necessidade de ampliação da subestação existente.

---

### 2.1.10. Conclusões

O modelo de processos de tratamento e movimentação de fluido, atualmente implantado, tem um impacto muito forte no sistema elétrico, haja vista que a água é o fluido principal e, portanto, é a causa do incremento de demanda do sistema elétrico do ATP-ARG, além de acarretar sérios problemas de corrosão à malha de dutos.

A eficiência energética de alguns processos necessita ser avaliada e implantadas melhorias, pois se observa que campos com características similares apresentam perfis de consumo diferentes, sinalizando desempenho energético deficiente, quando comparados entre si.

A expansão do sistema elétrico de ATP-ARG estará deficiente no espaço de 2 anos (demanda prevista para 20 MW em 2004) e portanto necessita de avaliação urgente para detalhamento e implantação das melhorias recomendadas.

Os demais sistemas elétricos do ATP-MO e UTPF já estão atendidos pelos projetos de melhoria e expansão do sistema elétrico, considerando a visão atual da carteira de projetos considerada no estudo e no período definido. Salientamos que há necessidade de implantação de melhoria na linha de transmissão que interliga a subestação SE-MSD/SE-CAM.

Os sistemas elétricos do ATP-M necessitam de estudo para adequação as demandas dos métodos de elevação a serem implantados. O sistema elétrico do ATP-M/OP-CE necessita de maior prioridade para implantação de melhorias, em face de situação de criticidade do sistema de geração da PCR-01.

## 2.2. Análise do comprimento dos cabos (CA 1/0 AWG)

Nesse estudo fizemos uma análise do comprimento do cabo 1/0, que alimenta os motores de indução que aciona as bombas das UBs. Antes de tudo estabelecemos alguns procedimentos. São eles:

- Procuramos os dados específicos dos motores a ser trabalhados, através de catálogo eletrônicos de grandes fornecedoras como a WEG.

- Também através de catálogos eletrônicos das fornecedoras de cabos, Colhemos os dados do cabo CA 1/0 AWG.

- Estabelecemos critérios de queda de tensão, perdas de energia, para Determinar o comprimento ideal do cabo .

Através do catálogo da prysmian, utilizamos a seguinte expressão para o cálculo do comprimento :

$$(I) \quad L = \Delta V / \sqrt{3} \cdot I_n \cdot [R_{ca} \cdot \cos \phi + (X_l + X_d) \cdot \text{sen} \phi]$$

$I_n$  - corrente nominal (A)

$I_p$  - corrente de partida (A)

$V$  - tensão nominal (V)

$\xi$  - Rendimento do motor

$\cos \phi$  - fator de potência

$\phi$  - ângulo em ( $^\circ$ )

$R_{ca}$  - resistência em corrente alternada por cabo para uma temperatura de 35°C (ohms/km)

$\Delta V$  - queda de tensão nos cabos (V)

$X_d$  - fator de espaçamento da reatância indutiva (ohms/km)

$X_l$  - reatância indutiva (ohms/km)

$L$  - comprimento dos cabos de alumínio (CA 1/0 AWG) em km

$I_p = 7,8 \cdot I_n$

É válido lembrar que parâmetros como corrente nominal, potência, corrente de partida, tensão foi encontrado no catálogo eletrônico da WEG.

Segue abaixo a tabela com os valores dos comprimentos dos cabos para as várias situações :

Tabela 20 - dados específicos do motor W21 (30KW)

Motor W21 (30kw)	In (A)	Ip(A)	V(v)	$\xi$ (%)	cos $\Phi$	$\Phi$	sen $\Phi$
Regime perm. 100%	52,5	-	440	92,2	0,81	35,9	0,586
Regime perm. 75%	52,5	-	440	92,2	0,75	41,41	0,661
Regime perm. 50%	52,5	-	440	92	0,63	50,95	0,777
Partida direta	-	409,5	440	92,2	0,15	81,37	0,989
Partida soft starter	-	210	440	92,2	0,15	81,37	0,989

Continuação Tabela 20

Motor W21 (30kw)	Rca (ohm/km)	Xd (ohm/km)	Xl (ohm/km)	$\Delta V$ (v)	L (km)
Regime perm. 100%	0,574	0,0198	0,2551	30,8	0,541
Regime perm. 75%	0,574	0,0198	0,2551	30,8	0,553
Regime perm. 50%	0,574	0,0198	0,2551	30,8	0,589
Partida direta	0,574	0,0198	0,2551	74,8	0,295
Partida soft starter	0,574	0,0198	0,2551	74,8	0,575

O mesmo procedimento é feito para o motor de 45KW, veja a tabela com os resultados a seguir :

Tabela 21 - dados específicos de motor W21 (45KW)

Motor W21 (45kw)	In (A)	Ip(A)	V(v)	$\xi$ (%)	cos $\Phi$	$\Phi$	sen $\Phi$
Regime perm. 100%	78,5	-	440	92,6	0,81	35,9	0,586
Regime perm. 75%	78,5	-	440	92,9	0,77	39,65	0,638
Regime perm. 50%	78,5	-	440	92,8	0,65	49,46	0,760
Partida direta	-	612,3	440	92,6	0,15	81,37	0,989
Partida soft starter	-	314	440	92,6	0,15	81,37	0,989



Continuação Tabela 21

Motor W21 (45kw)	Rca (ohm/km)	Xd (ohm/km)	Xl (ohm/km)	$\Delta V$ (v)	L (km)
Regime perm. 100%	0,574	0,0198	0,2551	30,8	0,362
Regime perm. 75%	0,574	0,0198	0,2551	30,8	0,367
Regime perm. 50%	0,574	0,0198	0,2551	30,8	0,389
Partida direta	0,574	0,0198	0,2551	74,8	0,197
Partida soft starter	0,574	0,0198	0,2551	74,8	0,384

Foi estabelecido um critério de queda de tensão de 7% no regime permanente e de 17% para a partida.

### 2.3. Cálculo da perda de energia e da queda de tensão – Cabo 4 AWG Redapower

O cabo 4 AWG vai ser utilizado para alimentação de um motor, em um poço da região do Canto do Amaro, com isso resolvemos fazer a análise de perda de energia e queda de tensão desse cabo, antes de instalá-lo.

Primeiramente precisamos dos dados do motor e do cabo, como :

$I_n = 60$  A, corrente nominal ;

$I_p = 4 \cdot I_n$ , corrente de partida ;

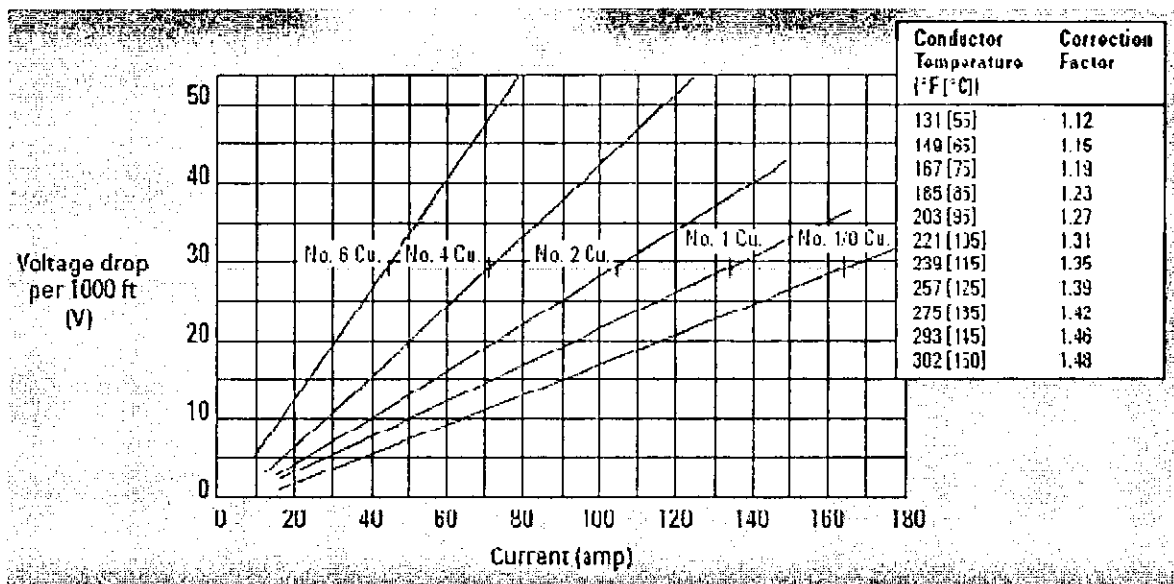
$L = 450$  m, comprimento do cabo ;

$V = 440$  V, Tensão do motor ;

$R$  = resistência aproximada por metro ;

Como pode ser observada a análise da queda de tensão, pode ser calculada diretamente pelo gráfico abaixo :

Gráfico 20 - Queda de tensão através do cabo( trifásico temperatura base de 77°F(25°C) )



O cabo utilizado é o de número 4, de acordo com a corrente nominal do motor, podemos encontrar diretamente o valor da queda de tensão. Para o resultado ficar mais preciso, podemos calcular a equação da reta :

Dado dois pontos (40,15) e (50,20) que pertencem a reta, substituímos na equação

(I) :

$$y = ax + b$$

$$15 = a40 + b$$

$$20 = a50 + b \Rightarrow \text{que } a=1/2 \text{ e } b=-5$$

$$(I) \quad Y = (1/2)x - 5, \text{ logo para o ponto } x = 60, \text{ o } y \text{ correspondente}$$

Será igual a 25 V

É válido lembrar que esse valor de 25V é para um comprimento de 1000ft (pés) só que o cabo em questão tem um comprimento de 450 m.

$$1\text{ft} \Rightarrow 0,3048 \text{ m}$$

$$304,8 \text{ m} \Rightarrow 25\text{V}$$

$$1000\text{ft} \Rightarrow 304,8 \text{ m}$$

$$450 \text{ m} \Rightarrow 36,9 \text{ V}$$

A perda de energia pode ser calculada pela seguinte expressão :

$$(II) \quad P = 3RI^2L$$

A tabela abaixo, faz um resumo dos resultados.

Tabela 22 – resultados

	In (A)	Ip (A)	V(V)	R(ohm/m)	L(m)
Regime permanente	60	*	440	0,00082	450
Partida soft starter	*	240	440	0,00082	450

Continuação tabela 22

	$\Delta V$ (V)	P (W)	$\Delta V$ (%)
Regime permanente	36,9	3985,2	8,3
partida soft starter	151,1	63763,2	25,25

$\Delta V$  = queda de tensão na linha

P = potencia dissipada na linha

$\Delta V$  (%) = percentual de queda de tensão de entrada do motor

De um modo geral o resultado foi satisfatório, a queda de tensão na partida soft starter é um pouco elevada, mas está aceitável pois a partida ocorre em frações de segundos.

## 2.4. Análise de rede de distribuição secundária

### 2.4.1. Introdução

A motivação da elaboração dessa análise surgiu da necessidade da substituição de um motor a diesel , onde esse aciona a UB do poço SM-03, por um motor elétrico . Com isso, teremos um melhoramento na infra-estrutura local , maior facilidade em manutenção e uma eficiência na produção.

Os alimentadores utilizados foram cabos de alumínio (CA 1/0 AWG) com extensão de 400m. Fizemos uma análise na queda de tensão desses cabos e também na potência dissipada do mesmo , tanto na partida do motor elétrico , quanto em seu regime permanente.

---

## 2.4.2. Metodologia

A metodologia utilizada para estabelecer os valores de queda de tensão e potencia dissipada nas linhas teve como base a corrente nominal , potência e fator de potência do motor, além da impedância dos cabos.

A queda de tensão foi calculada pela seguinte expressão:

$$\Delta V = k \cdot I \cdot L \cdot [R_{ca} \cdot \cos \theta + (X_l + X_d) \cdot \text{sen} \theta]$$

$k = \sqrt{3}$  , para sistema trifásico;

$L$  = distância da fonte de alimentação a carga (km);

$I$  = corrente da linha por cabo (A);

$R_{ca}$  = resistência em corrente alternada ( $\Omega / km$ ) - 60Hz por cabo, para uma temperatura de 35 °C e corrente de 20% da corrente máxima admissível

$X_l$  = reatância indutiva ( $\Omega / km$ ) - 60Hz ;

$X_d$  = fator de espaçamento da reatância indutiva para GMD diferente de 10cm;

$\cos \theta$  = fator de potência.

Para obter a potência dissipada nas linhas , utilizamos a seguinte expressão :

$$P = 3 \times R_{ca} \times I^2$$

$P$  = potência dissipada ;

$R_{ca}$  = resistência em corrente alternada ( $\Omega / km$ );

$I$  = corrente nominal do motor.

---

### 2.4.3. Dados de entrada

Motor elétrico :

Foi utilizado um motor adequado para a unidade de bombeio, com os seguintes dados elétricos :

Tabela 23 - motor trifásico W21 alto rendimento plus

Potência (kw)	22
Corrente nominal (A)	38
Corrente de partida (A)	(7,8*corrente nominal) = 296,4
Nº de pólos	8
Tensão nominal (V)	440
FP – 100%	0,83
FP – 75%	0,76
FP – 50%	0,64
FP- partida	0,15

Cabo :

Na tabela abaixo é mostrado os valores do comprimento, da resistência e das reatâncias :

Tabela 24 – dados de impedância e comprimento do cabo

$R_{ca} (\Omega / km)$	0,574
$X_l (\Omega / km)$	0,2551
$X_d (\Omega / km)$	0,0198
$L (km)$	0,4

---

#### 2.4.4. Dados de saída

Resultado da queda de tensão em regime permanente FP = 100%

$$\Delta V = k \cdot I \cdot L \cdot [R_{ca} \cdot \cos\theta + (X_l + X_d) \cdot \text{sen}\theta]$$

$$\Delta V = \sqrt{3} \cdot 38 \cdot 0,4 \cdot [0,574 \cdot 0,83 + (0,2551 + 0,0198) \cdot 0,56]$$

$$\Delta V = 16,6\text{V}$$

Resultado da queda de tensão em regime permanente FP = 75%

$$\Delta V = k \cdot I \cdot L \cdot [R_{ca} \cdot \cos\theta + (X_l + X_d) \cdot \text{sen}\theta]$$

$$\Delta V = \sqrt{3} \cdot 38 \cdot 0,4 \cdot [0,574 \cdot 0,77 + (0,2551 + 0,0198) \cdot 0,65]$$

$$\Delta V = 16,19\text{V}$$

Resultado da queda de tensão em regime permanente FP = 50%

$$\Delta V = k \cdot I \cdot L \cdot [R_{ca} \cdot \cos\theta + (X_l + X_d) \cdot \text{sen}\theta]$$

$$\Delta V = \sqrt{3} \cdot 38 \cdot 0,4 \cdot [0,574 \cdot 0,64 + (0,2551 + 0,0198) \cdot 0,77]$$

$$\Delta V = 15,23\text{V}$$

Resultado da queda de tensão na partida

$$\Delta V = k \cdot I_p \cdot L \cdot [R_{ca} \cdot \cos\theta + (X_l + X_d) \cdot \text{sen}\theta]$$

$$\Delta V = \sqrt{3} \cdot 296,4 \cdot 0,4 \cdot [0,574 \cdot 0,15 + (0,2551 + 0,0198) \cdot 0,99]$$

$$\Delta V = 73,49\text{V}$$

---

Resultado da potência dissipada em regime permanente

$$P = 3 \cdot L \cdot R_{ca} \cdot I^2$$

$$P = 3 \cdot 0,4 \cdot 0,574 \cdot 38^2$$

$$P = 0,99 \text{kw}$$

Resultado da potência dissipada na partida

$$P = 3 \cdot L \cdot R_{ca} \cdot I_p^2$$

$$P = 3 \cdot 0,4 \cdot 0,574 \cdot 296,4^2$$

$$P = 60,62 \text{kw}$$

Na tabela abaixo, podemos observar um resumo dos resultados obtidos :

Tabela 25- valores finais da queda de tensão , potência dissipada e seus respectivos percentuais nas linhas de transmissões.

Tabela 25 - resultados

$\Delta V$ FP=100% (V)	16,6	3,46%
$\Delta V$ FP=75% (V)	16,19	3,37%
$\Delta V$ FP=50% (V)	15,23	3,17%
$\Delta V$ partida (V)	73,49	15,3%
$P$ regime (kw)	0,99	4,5%
$P$ partida (kw)	60,62	275,5%

---

## 2.4.5. Conclusão

O estudo feito apresentou resultado satisfatório, já que, para a queda de tensão em regime permanente obtivemos um percentual em torno de 3,5%, ficando assim dentro da margem tolerável que é de 10%. Para a partida do motor, o resultado também foi tolerável, como podemos observar na tabela-03. Chegamos a um percentual de 15,3% quando o índice de tolerância é de 17%.

A energia dissipada na linha de transmissão durante o regime permanente foi de 0,99 kw , ou seja, uma perda de energia de 4,5% . Esse resultado é compreensível, pois o comprimento da linha foi de 400m . Enquanto que, na partida da máquina elétrica a perda foi 60,62 kw . Apesar de ser um valor alto, essa situação é aceitável tendo em vista que o ocorrido foi para um instante de tempo muito pequeno.

## 2.5. Medição de resistividade do solo

### 2.5.1. Introdução

Serão especificamente abordados as características da prática da medição da resistividade do solo de um local virgem.

Os métodos de medição são resultados da análise de características práticas das equações de Maxwell do eletromagnetismo, aplicados ao solo.

Na curva  $\rho \times a$ , levantada pela medição, está fundamentada toda a arte e criatividade

Dos métodos de estratificação do solo, o que permite a elaboração do projeto do sistema de aterramento

### 2.5.2. Localização do Sistema de Aterramento

A localização do sistema de aterramento depende da posição estratégica ocupada pelos equipamentos elétricos importantes do sistema elétrico em questão.

A localização otimizada de uma subestação deve ser definida levando em consideração os seguintes itens :

- Centro geométrico de cargas ;



- 
- Local com terreno disponível ;
  - Terreno acessível economicamente ;
  - Local seguro as inundações ;
  - Não comprometer a segurança da população.

Portanto, definida a localização da subestação, fica definido o local da malha de terra.

Já na distribuição de energia elétrica, os aterramentos situam-se nos locais das instalações dos equipamentos tais como : transformador, religador, seccionalizador, regulador de tensão, chaves, etc. No sistema de distribuição com o neutro multi-aterrado,

O aterramento será feito ao longo da linha a distâncias relativamente constantes.

Escolhido preliminarmente o local, deve ser analisados novos itens, tais como :

- estabilidade da pedologia do terreno ;
- Possibilidade de inundações a longo prazo ;
- Medições locais.

Havendo algum problema que possa comprometer o adequado perfil esperado do sistema de aterramento, deve-se então escolher outro local.

### **2.5.3. Medições no local**

Definido o local da instalação do sistema de aterramento, deve-se efetuar o levantamento através de medições, para se obter as informações necessárias à elaboração do projeto.

Um solo apresenta uma resistividade que depende do tamanho do sistema de aterramento. A dispersão de correntes elétricas atinge camadas profundas com o aumento da área envolvida pelo aterramento.

### 2.5.4. Método de Wenner

Método utilizado para o levantamento da curva de resistividade do solo, no local do aterramento.

O método usa quatro pontos alinhados, igualmente espaçados, cravados a uma mesma profundidade.

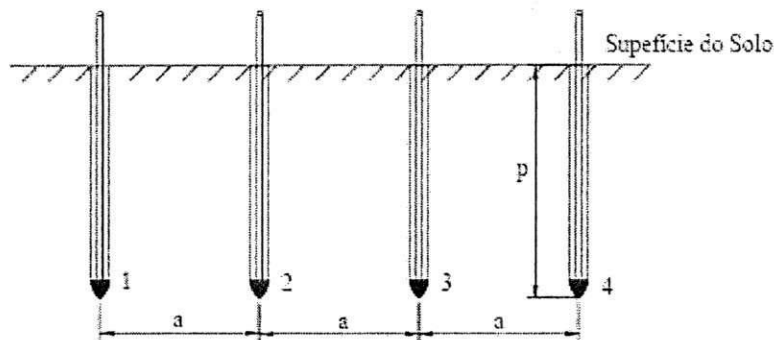


Figura 02 - Quatro hastes cravadas no solo

Uma corrente  $I$  é injetada no ponto 1 pela primeira haste e coletada no ponto 4 pela última haste. Esta corrente passando pelo solo entre os pontos 1 e 4, produz potencial.

Nos pontos 2 e 3. Usando o método das imagens, obtém-se os potencial nos pontos 2 e 3.

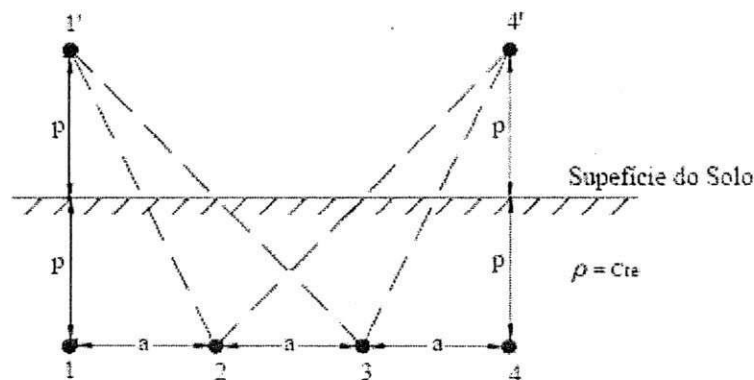


Figura 03 – método das imagens

Potencial entre os pontos 2 e 3 :

$$V_{23} = V_2 - V_3 = \frac{\rho I}{4\pi} \left( \frac{1}{a} + \frac{2}{\sqrt{a^2 + (2p)^2}} - \frac{2}{\sqrt{(2a)^2 + (2p)^2}} \right)$$

Fazendo a divisão da diferença de potencial entre 2 e 3 pela corrente  $I$ , teremos o valor da resistência elétrica  $R$  do solo para uma profundidade aceitável de penetração da corrente  $I$ . Assim teremos :

$$R = \frac{V_{23}}{I} = \frac{\rho}{4\pi} \left( \frac{1}{a} + \frac{2}{\sqrt{a^2 + (2p)^2}} - \frac{2}{\sqrt{(2a)^2 + (2p)^2}} \right)$$

A resistividade elétrica do solo é dada por :

$$\rho = \frac{4\pi a R}{1 + \frac{2a}{\sqrt{a^2 + (2p)^2}} - \frac{2a}{\sqrt{(2a)^2 + (2p)^2}}} \quad [\Omega.m]$$

**Formula de palmer**

Recomenda-se diâmetro da haste  $\leq 0,1a$

Para um afastamento entre as hastes relativamente grande, isto é,  $a > 20p$  a formula de Palmer se reduz a :  $\rho = 2\pi a R$  [ ohm. m]

### 2.5.5. Medição pelo método de Wenner

O método utiliza um **Megger**, instrumento de medida de resistência que possui quatro terminais, dois de corrente e dois de potencial.

O aparelho através de sua fonte interna, faz circular uma corrente elétrica  $I$  entre suas hastes externas que são conectadas aos terminais de corrente C1 e C2.

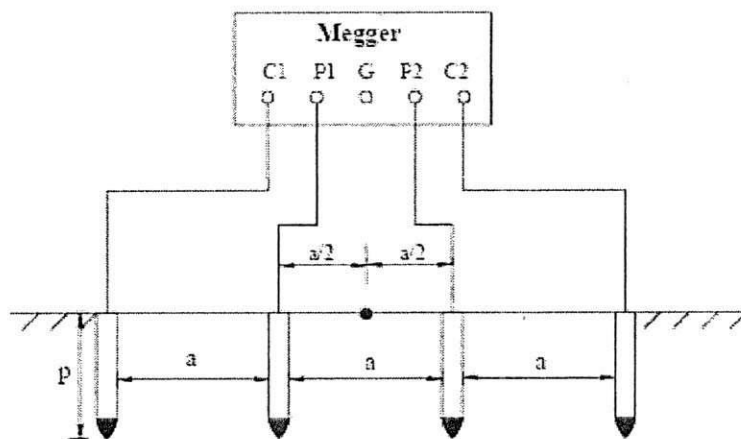


Figura 1.7.1: Método de Wenner

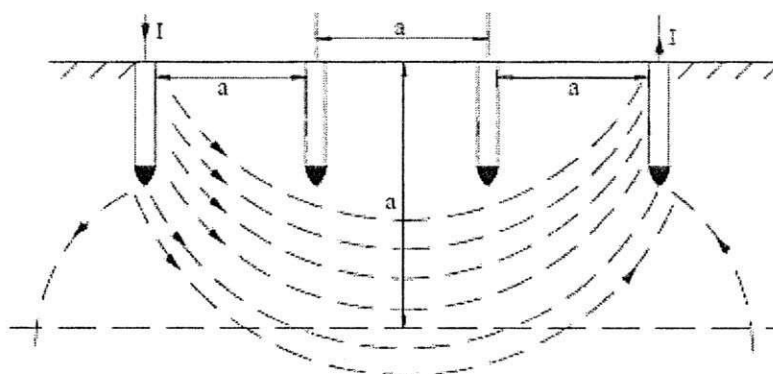
Figura 04 – Megger ( instrumento de medida de resistência )

$a$  = Espaçamento das hastes cravadas no solo ;

$p$  = Profundidade da haste cravada no solo ;

As duas hastes internas são ligadas nos terminais P1 e P2. Assim, o aparelho processa internamente e indica na leitura, o valor da resistência elétrica, De acordo com a expressão da resistência .

O método considera que praticamente 58% da distribuição de corrente que passa entre as hastes externas ocorre a uma profundidade igual ao espaçamento entre as hastes.



---

A corrente que atinge uma profundidade maior, com uma correspondente área de dispersão grande, tendo, em consequência, um efeito que pode ser desconsiderado.

Portanto, para efeito do método de Wenner, considera-se que o valor da resistência elétrica lida o aparelho é relativa a uma profundidade  $a$  do solo.

As hastes usadas no método devem ter aproximadamente 50 cm de comprimento com diâmetro entre 10 a 15mm.

Devem ser feitas várias leituras, para vários espaçamentos, com as hastes sempre alinhadas.

### **2.5.6. Cuidados na Medição**

Durante a medição devem ser observados os itens abaixo :

- As hastes devem estar alinhadas;
- As hastes estão igualmente espaçadas;
- As hastes devem estar cravadas no solo a uma mesma profundidade;
- O aparelho deve estar posicionado simetricamente entre as hastes;
- As hastes devem estar bem limpas, principalmente isentas de óxidos e gorduras para possibilitar bom contato com o solo;
- A condição do solo ( seco e úmido) durante a medição deve ser anotado;
- Deve-se executar calçados e luvas de isolação para executar as medições;

### **2.5.7. Espaçamento as hastes**

Para uma determinada direção devem ser usados os espaçamentos recomendados, veja na tabela a seguir :

Tabela 26 – espaçamentos recomendados

Espaçamento a (m)	Leitura R ( $\Omega$ )	Calculado $\rho$ ( $\Omega.m$ )
1		
2		
4		
6		
8		
16		
32		

### 2.5.8. Direções a serem medidas

As medições de aterramento devem cobrir toda a área a ser abrangida pelo eletrodo de aterramento.

O numero de pontos onde deverão ser efetuadas estas medições é estabelecido em função da dimensão do terreno.

Recomenda-se como cinco o número mínimo de pontos para uma área de até 10000 m<sup>2</sup>, dispostos com na figura abaixo. Para o ponto central indicado na figura pode ser indicado novas medições. Além disso, a partir da análise dos resultados obtidos, podem ser necessárias novas medições com critérios diferentes dos aqui prescritos para o posicionamento físico dos pontos.

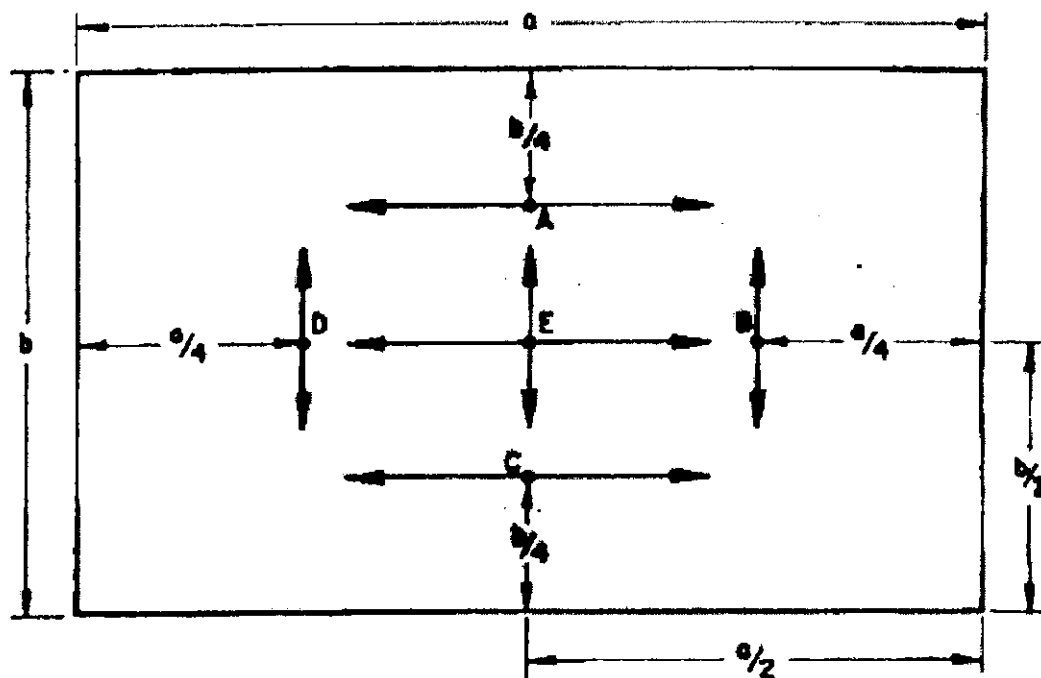


Figura 05 – esquema de localização de pontos para medição

### 2.5.9. Análise das medidas

Feitas as medições, uma análise dos resultados deve ser realizada para que os mesmos possam ser reavaliados em relação a sua aceitação ou não. Esta avaliação é feita da seguinte forma :

- 1- Calcular a média aritmética dos valores da resistividade elétrica para cada espaçamento adotado. Isto é :

$$\rho_m(a_j) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \rho_i(a_j) \quad \forall \quad \begin{matrix} j=1, q \\ i=1, n \end{matrix}$$

Onde :

$\rho_m(a_j) \Rightarrow$  Resistividade média para o respectivo espaçamento ( $a_j$ );

$n \Rightarrow$  Numero de medições efetuadas para o respectivo espaçamento ( $a_j$ );

$\rho_i(a_j) \Rightarrow$  Valor da i-ésima medição da resistividade com o espaçamento ( $a_j$ );

$q \Rightarrow$  número de espaçamentos empregados.

2- Proceder o cálculo do desvio de cada medida em relação ao valor médio como segue :

$$\left| \rho_i(a_j) - \rho_m(a_j) \right| \quad \forall \quad \begin{matrix} j=1,q \\ i=1,n \end{matrix}$$

**Observação a-** deve-se desprezar todos os valores da resistividade que tenham um desvio maior que 50% em relação a média, isto é :

$$\frac{\left| \rho_i(a_j) - \rho_m(a_j) \right|}{\rho_m(a_j)} \cdot 100 \leq 50\% \quad \forall \quad \begin{matrix} j=1,q \\ i=1,n \end{matrix}$$

**Observação b** - se o valor da resistividade tiver o desvio abaixo de 50% o valor será aceito como representativo.

**Observação c** – se observada ocorrência de acentuado numero de medidas com desvios acima de 50%, recomenda-se efetuar novas medidas na região correspondente.

3- com as resistividades médias para cada espaçamento, tem-se então os valores definitivos e representativos para traçar a curva  $\rho \times a$ .

### 2.5.10. Exemplo Geral

Para um determinado local, sob estudo, os dados das medições de campo, relativos a vários pontos e direções, são apresentados na tabela abaixo :

Tabela 27 – resistividade elétrica correspondente aos espaçamentos

Espaçamento (a)	Resistividade elétrica medida ( $\Omega.m$ )				
	1	2	3	4	5
2	340	315	370	295	350
4	520	480	<u>900</u>	550	490
6	<b>650</b>	<b>580</b>	<b>570</b>	610	615
8	850	914	878	905	1010
16	690	500	550	480	602
32	232	285	196	185	<u>412</u>



A seguir apresenta-se uma tabela com os valores médios de cada espaçamento e o desvio relativo de cada medida, calculados a partir da tabela anterior.

Tabela 28 – valores médios e desvios relativos de cada medida

Espaçamento (a)	Desvios relativos (%)					ρ. Média (Ω.m)	P média Recalculada (Ω.m)
	1	2	3	4	5		
2	1,7	5,6	10,77	11,67	4,79	334	334
4	11,56	18,36	<u>53,06</u>	6,46	16,66	588	510
6	7,43	4,13	5,78	8,2	1,65	605	605
8	6,73	0,28	3,66	0,7	10,81	911,4	911,4
16	22,25	11,41	2,55	14,95	6,66	564,4	564,4
32	11,45	8,77	25,19	29,38	<u>57,25</u>	262	224,5

Observando a tabela, consta-se duas medidas sublinhadas que apresentam desvios acima de 50%. Elas devem, portanto, ser desconsideradas. Assim refaz-se o cálculo das médias, para os espaçamentos que tiverem medidas rejeitadas. As demais médias são mantidas.

Os valores representativos do solo medido são os indicados na tabela abaixo :

Tabela 29 – valores representativos do solo.

Espaçamento (a)	Resistividade (Ω.m)
2	334
4	510
6	605
8	911,4
16	564,4
32	224,5

---

## **2.6. Proteção, seletividade e coordenação de equipamentos**

### **2.6.1. Objetivo**

O presente estudo tem por indicar os valores de ajuste para os dispositivos de proteção nas instalações da estação de injeção de água no Canto do Amaro na área norte de Mossoró, Rio Grande do Norte .

Trata-se de uma parte do circuito da estação, com um Transformador 3000 KVA13,8 - 4,16 KV, que por sua vez, alimenta três motores com potência de 750KW (cada um).

### **2.6.2. Documentos de referência**

- A) Diagrama unifilar -Geral -DE-3443.45-6250-JEN-001
- B) Manual do relé de proteção SEPAM 1000 série 20
- C) Estudo de fluxo de carga , realizado no simulador de sistemas elétricos (PTW), Backup EIA CAM II (arquivo).

### **2.6.3. Considerações Gerais**

No diagrama unifilar das instalações da estação de Canto do Amaro, objeto do estudo, estão identificados os principais componentes que afetam o estudo de proteção e seletividade das proteções.

Com o estudo pretende-se fornecer as informações necessárias para ajustar todos os dispositivos de proteção elétrica das instalações da estação desde o primário do transformador 13,8-4,16 KV até os relés de proteção dos motores em 4,16 KV.Como podemos observar na figura 01 abaixo :

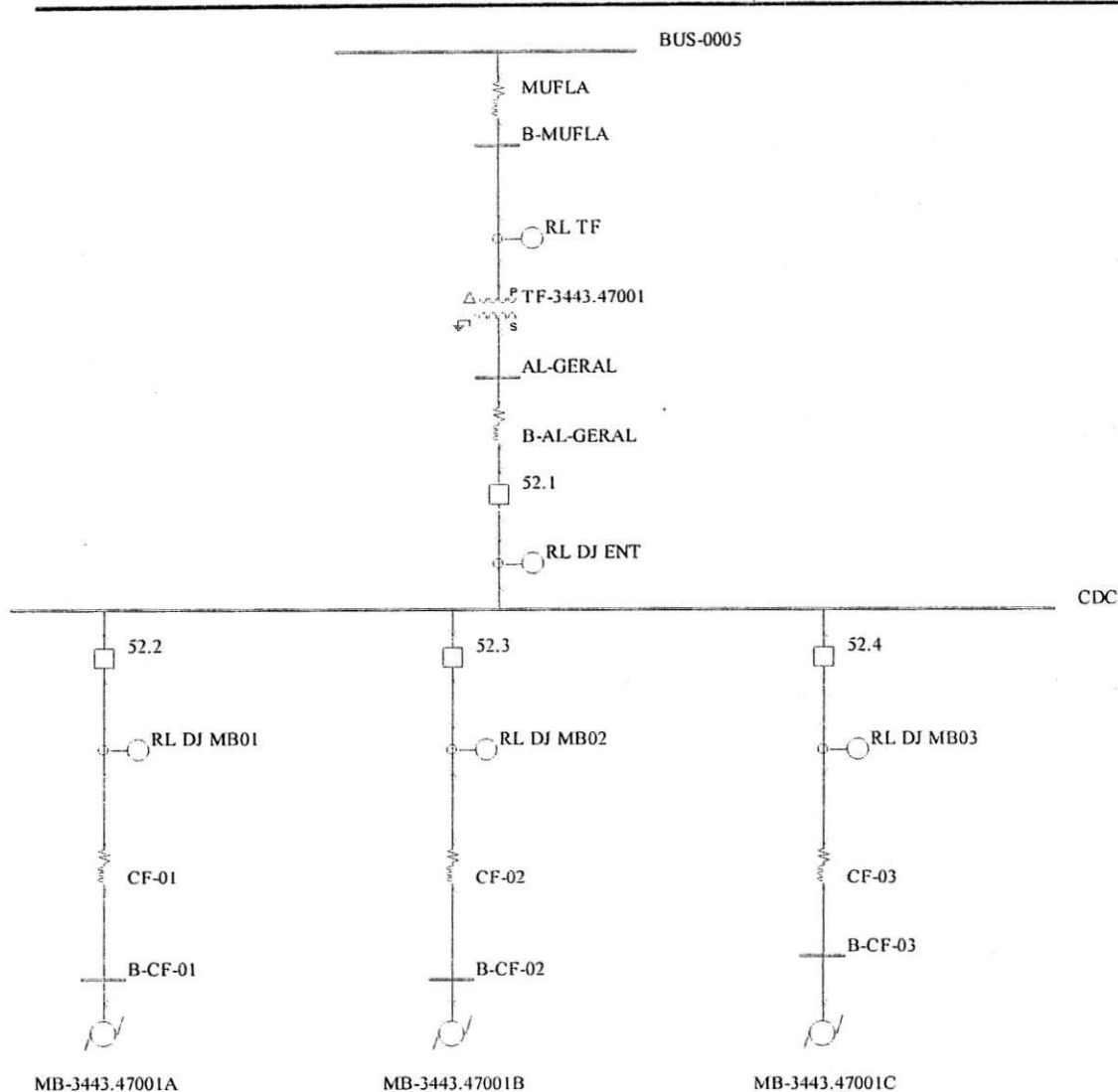


Figura 01- diagrama unifilar

A proteção deve ser ajustada de tal sorte que, sempre que possível, seja coordenada e seletiva com os demais dispositivos em série.

Porém o aspecto mais importante da escolha do ponto de ajuste do relé é a proteção propriamente dita, a qual pode ser definida como a busca de criar as condições necessárias para que, no caso de uma falta em qualquer ponto do sistema, a segurança pessoal fique garantida e que nenhum equipamento sofra danos irreparáveis.

Para implementar o estudo de proteção e coordenação é necessário conhecermos os valores das correntes de curto circuito a que está submetida a instalação elétrica.

Este conhecimento é útil para que possamos avaliar se foi obtida a proteção eficaz de equipamentos e materiais envolvidos e se existe coordenação entre dispositivos para toda e qualquer corrente de falta que possa ocorrer. Nesse sentido, foi feito um estudo prévio de curto circuito.

---

## 2.6.4. Dados de entrada

Com base nas informações do projeto conceitual **RC1304A**, foi elaborado um diagrama unifilar, representado em detalhe no desenho DE-3443.45-6250-JEN-001. Este diagrama foi novamente desenhado no PTW para a realização dos cálculos.

### TRANSFORMADOR

Tabela 30- dados do transformador

Componente	Impedância (Z%)	Corrente de inrush	Tensão no primário	Potência
Transformador	6.9		13.8 KV	3000 KVA

### CABOS

Tabela 31 – dados dos cabos

Cabos	Comprimento (m)	Secção (mm2)
B-AL-GERAL	20	240
CF-01	70	70
CF-02	70	70
CF-03	70	70

### MOTORES

Tabela 32 – dados do motor

Potencia	750 KW	Fator de Potencia	0,9
Tensão	4,16 KV	Rendimento	0,95
Corrente nominal	121,7 A	I de partida	730,2 A
Quantidade	3	Nº de pólos	2

---

## CORRENTES DE FALTA

Tabela 32- valores de correntes de curto circuito

Barra	lcc trifásica	lcc fase
Painel CDC	4975,84 A	5337,36 A
B-MUFLA	2058,42 A	1004,46 A

### 2.6.5. Procedimento para a obtenção dos ajustes

Os ajustes propostos para cada dispositivo da instalação devem ser procurados no **settings sheets** e nas curvas de verificação gráficas.

As curvas de verificação gráfica de seletividade servem para comprovação e ilustração dos pontos de ajustes desejados.

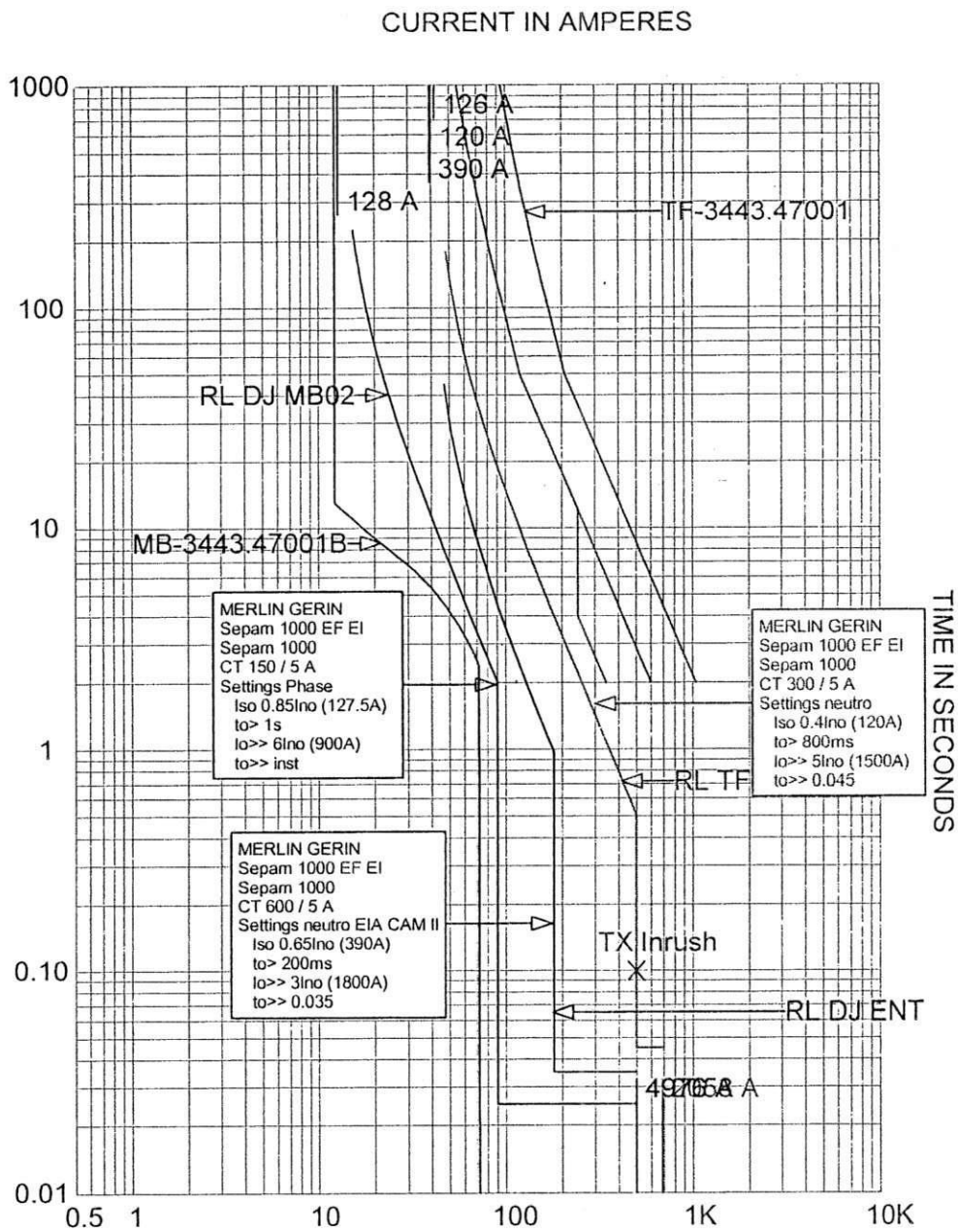
Os relés utilizados na elaboração deste projeto são:

- 5 Relés SEPAM 1000 série 20 da Schneider Electric com funções 50/51 e 50/51N para proteção do transformador e dos motores.

Quanto aos valores de corrente de pickup respeitamos os valores de corrente de carga e limitamos o ajuste as curvas térmicas dos equipamentos e cabos, buscando os menores tempos de interrupção.

Utilizando o PTW , especificamente o módulo captor, plotamos as curvas de proteção entres os dispositivos, observe na figura 02 :

### 2.6.5.1. Ajuste de fase



Fase.tcc Ref. Voltage: 4160 Current in Amps x 10 Fase.drw

Figura 07-curvas de proteção de fase

---

Pode-se observar o relé **RL DJ MB02** protege o motor de 750 KW contra sobrecorrente. A relação de TC é 150/5. A unidade temporizada é dimensionada para que impeça a circulação de uma corrente maior que a nominal do motor. A corrente de atuação tem que ser um pouco maior do que a corrente nominal do motor e inferior ao menor nível de curto circuito . Portanto um valor de pickup de 127,5 A. A curva escolhida foi a extremamente inversa. Para o ajuste instantâneo foi obtido um valor de corrente de 900 A . O **RL DJ ENT** possui um nível de pickup de 390 A , com um fator de multiplicação de corrente de 0,65, já que a corrente que circula no secundário de transformador é de 416 A . A unidade instantânea foi definida para uma corrente de 1800, valor menor do que a corrente de falta trifásica no barramento CDC.

O **RL TF** é o dispositivo responsável pela proteção de um dos equipamentos de maior custo no circuito o Transformador de 3MVA, com o ajuste mostrado no datablock do TCC podemos garantir sua proteção, nível de pickup : 120 A e unidade instantânea de 1500 A.

## 2.6.5.2. Ajuste de neutro

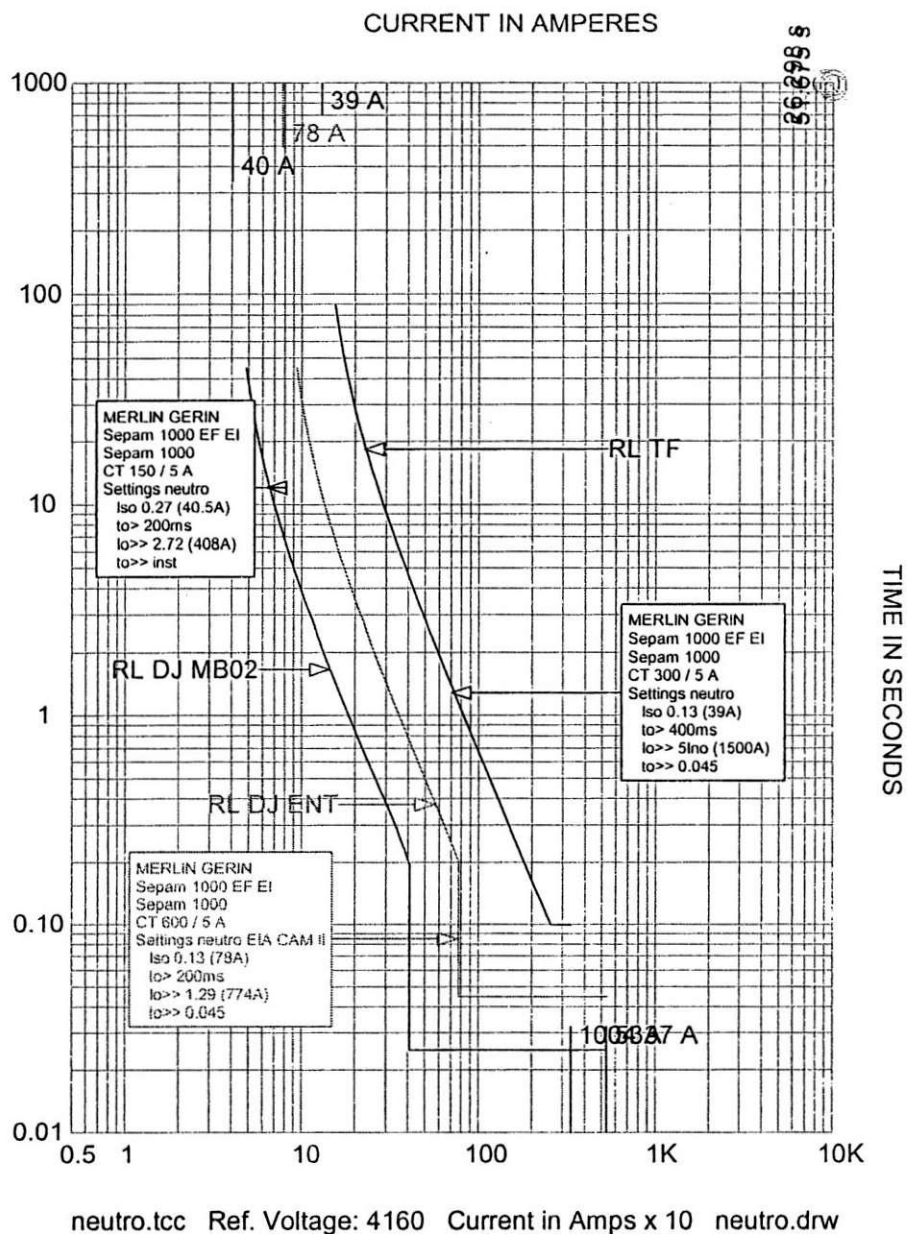


Figura 08- curvas de proteção de neutro

Em análise de proteção de neutro, ajustamos as correntes dos relés para valores em torno de 30% das correntes do estudo de proteção de fase. Salvo essa observação, o procedimento é o mesmo da análise anterior ( ajuste de fase).



Dados parametrizados dos relés :

Tabela 33- parametrização dos relés

RELÉS	RTC	UNIDADE 50	CURVA	UNIDADE 51	TEMPO DEFINIDO
RL TF	300/5	39 A	EI - 0,13	1500 A	45ms
RL DJ MB 02	150/5	40 A	EI - 0,27	408 A	inst
RL DJ ENT	600/5	78 A	EI - 0,13	774 A	45ms

Observando as curvas dos relés plotadas no programa PTW, podemos garantir a seletividade entre os dispositivos, garantindo uma total proteção do sistema

## 2.7. Estudo de fluxo de carga, curto circuito e harmônicos – em redes de distribuição secundárias

### 2.7.1. Introdução

A motivação da elaboração dessa atividade surgiu da necessidade de um estudo em futuras instalações industriais e de produção da Petrobras ( Diagrama unifilar genérico) , de tal sorte que, ao implementar projetos dessa natureza , possamos garantir a funcionalidade das instalações em condições normais.

Foram feitas as seguintes análises de sistemas elétricos :

- Estudo de correntes de harmônicas em virtude de fontes chaveadas dos inversores de frequência ;
- Queda de tensão nas linhas de transmissões e em outros componentes do sistema ;
- Perda de energia nas linhas de transmissões ;
- Nível de curto circuito ;

---

Foi utilizado o SKM Power Tools for Windows ( PTW ) , é um software para projeto e análise de sistemas elétricos de potência , graficamente interativo e com poderosa base de dados que eficientemente organiza , processa e apresenta os resultados .

A rede elétrica em análise foi composta por :

- 1 transformador de 10MVA 69kV / 13.8kV ;
- 1 Linha de transmissão com cabos (CAA 1/0 AWG 13.48kV);
- 3 Linhas de transmissões com cabos (CAA 1/0 AWG 0.48 kV);
- 1 transformador de 10000 kVA 69kV / 13.8kV;
- 1 transformador de 10000 kVA 69kV / 13.8kV;
- 1 transformador de 112.5 kVA 13.8kV / 480V;
- 5 motores de indução 60 cv , 440 V;
- 5 motores de indução 30 cv , 440 V;
- 5 inversores de frequência tipo 6 pulsos IGBT;
- 5 filtros sintonizadores monofásicos.

## 2.7.2. Cenários do Projeto

Podemos observar o diagrama unifilar de referência, para as análises citada anteriormente, na figura abaixo :

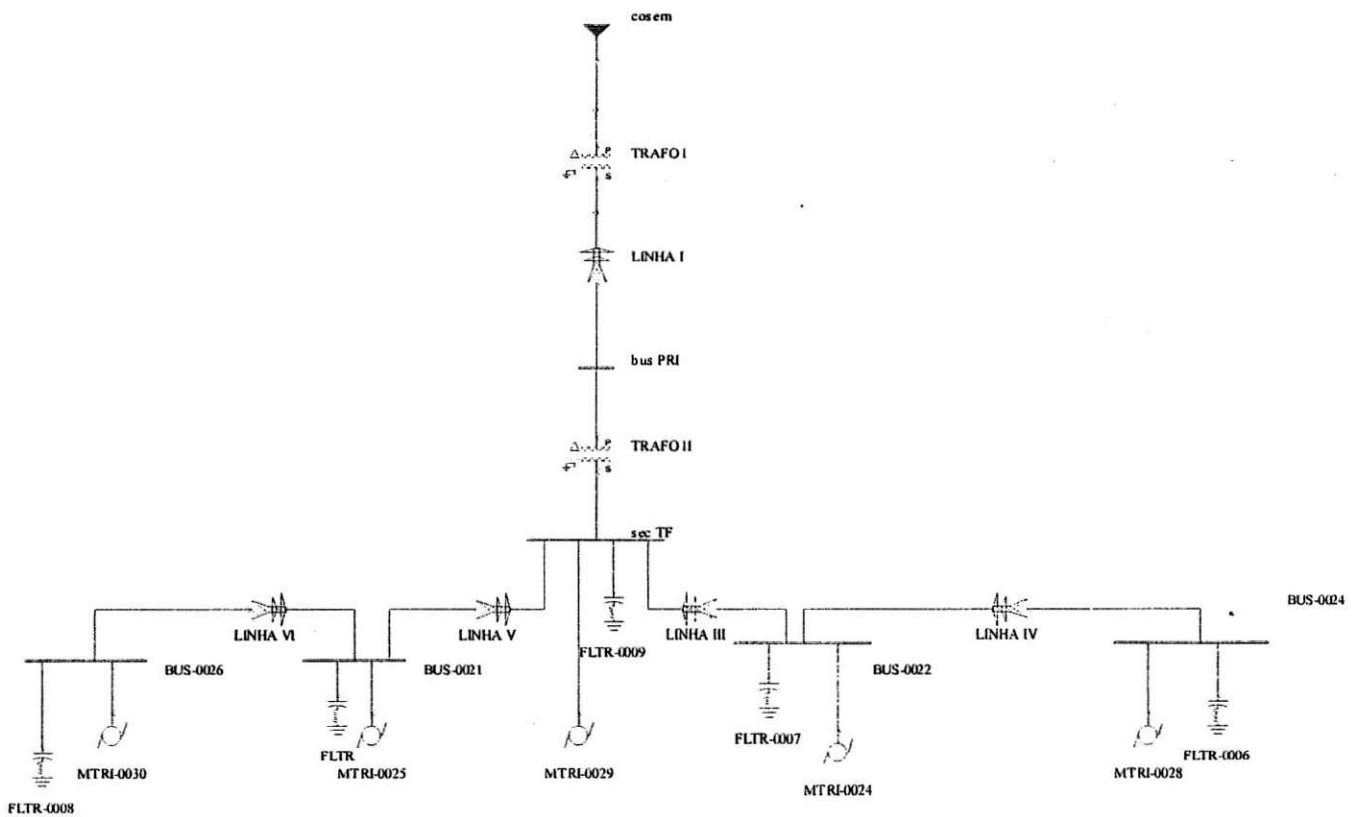


FIGURA 09 - diagrama unifilar de referência

Tendo como base a configuração do sistema da figura – 09, o projeto foi analisado criando várias situações que poderão ocorrer na prática, ou seja, alterando o diagrama base.

As várias situações simuladas foram divididas em 8 cenários , são elas :

---

#### 1º Cenário :

A configuração do diagrama unifilar para o 1º cenário possui uma linha 13,8 kV com o comprimento de 15 km . O Transformador II ( de média para baixa tensão ) possui uma potência de 300 KVA e os motores de indução com Potência de 44.160 KW com filtros( Single turned filter ) ligados em paralelo .

#### 2º Cenário :

A configuração do diagrama unifilar para o 2º cenário, possui uma linha 13,8 kV com o comprimento de 15 km . O Transformador II ( de média para baixa tensão ) possui uma potência de 300 KVA e os motores de indução com Potência de 44.160 KW sem filtros( Single turned filter ) no sistema.

#### 3º Cenário :

A configuração do diagrama unifilar para o 3º cenário possui uma linha 13,8 kV com o comprimento de 1 km . O Transformador II ( de média para baixa tensão ) possui uma potência de 300 KVA e os motores de indução com Potência de 44.160 KW com filtros( Single turned filter ) ligados em paralelo .

#### 4º Cenário :

A configuração do diagrama unifilar para o 4º cenário possui uma linha 13,8 kV com o comprimento de 1 km . O Transformador II ( de média para baixa tensão ) possui uma potência de 300 KVA e os motores de indução com Potência de 44.160 KW sem filtros( Single turned filter ) no sistema .

#### 5º Cenário :

A configuração do diagrama unifilar para o 5º cenário possui uma linha 13,8 kV com o comprimento de 15 km . O Transformador II ( de média para baixa tensão ) possui uma potência de 112.5 KVA e os motores de indução com Potência de 22.080 KW com filtros( Single turned filter ) ligados em paralelo .

---

6º Cenário :

A configuração do diagrama unifilar para o 6º cenário possui uma linha 13,8 kV com o comprimento de 15 km . O Transformador II ( de média para baixa tensão ) possui uma potência de 112.5 KVA e os motores de indução com Potência de 22.080 KW sem filtros( Single turned filter ) no sistema .

7º Cenário :

A configuração do diagrama unifilar para o 7º cenário possui uma linha 13,8 kV com o comprimento de 1 km . O Transformador II ( de média para baixa tensão ) possui uma potência de 112.5KVA e os motores de indução com Potência de 22.080 KW com filtros( Single turned filter ) ligados em paralelo .

8º Cenário :

A configuração do diagrama unifilar para o 8º cenário possui uma linha 13,8 kV com o comprimento de 1 km . O Transformador II ( de média para baixa tensão ) possui uma potência de 112.5KVA e os motores de indução com Potência de 22.080 KW sem filtros( Single turned filter ) no sistema.

### **2.7.3. Premissas e metodologia**

Para a realização do estudo , foi considerado todos os sistemas equilibrados (balanceados) .

A metodologia implantada foi baseada em alguns módulos do PTW como :

---

## 2.7.3.1. Dapper

### 2.7.3.1.1. Estudo de demanda

O estudo de demanda calcula a soma vetorial de todos os valores de cargas na barra e reporta os valores de cargas conectadas, demandadas e projetadas e este processo é repetido para cada ramo do sistema

### 2.7.3.1.2. Estudo de fluxo de carga

Para o estudo de fluxo de carga utilizamos o método de cálculo injeção de corrente, utilizamos também o método de solução EXACT, Com um número máximo de 50 interações, pois esse método usualmente converge na maioria dos sistemas de potência. No set up do fluxo de carga encontramos uma janela **critério de solução**, onde encontramos 2 fatores de aceleração com os seus devidos valores padrões do PTW, são eles:

- Fator de aceleração da geração : 1.0
- Fator de aceleração da carga : 1.0

Esses dois fatores permitem controlar como o estudo de fluxo de carga converge para solução.

Formalizamos um critério de queda de tensão para identificar as barras e linhas que violaram o valor pré-estabelecido, segundo a **Norma NBR- 5410**.

Norma NBR- 5410 – 6.2.7.1 diz que :

Em qualquer ponto de utilização da instalação, a queda de tensão verificada não deve ser superior a 7%, calculados a partir dos terminais secundários do transformador MT/BT, no caso de transformador de propriedade da unidade consumidora.

Para partida de motores a norma **NBR- 5414 – 6.5.1.3.3** diz que :

---

O dimensionamento dos condutores que alimentam motores deve ser tal que, a queda de tensão nos terminais do dispositivo de partida não ultrapasse 10% da respectiva tensão nominal.

### **2.7.3.1.3. Estudo de curto circuito**

Nesse estudo , selecionamos as faltas mais usuais para os cálculos de curto circuito, são elas :

- Falta trifásica ;
- Falta fase-terra :

Além disso selecionamos todas as barras do sistema para o cálculo de curto circuito. Utilizamos alguns modelos de cálculo como: contribuições dos motores, Tap dos transformadores, e os filtros .

### **2.7.3.2. Hi-wave ( análise de harmônicos)**

Para verificar o nível de harmônicas no sistema , selecionamos os estudos de **freqüências variáveis(scan) e das distorções harmônicas** do PTW .

Na sequência, seguem alguns parâmetros estabelecidos no set up do HI-WAVE

- Freqüência fundamental utilizada : 60 Hz
- Ordem máxima das harmônicas : 50º
- Ordem das harmônicas analisadas : ímpares não múltiplas de 3 .

De acordo com a norma **IEC-610002-2** , os níveis de compatibilidade ( estado de equilíbrio dos harmônicos ) são dados como valores de referencia tanto para os efeitos a longo prazo quanto aos de curto prazo .

Os efeitos a longo prazo dizem respeito principalmente aos efeitos térmicos em cabos, transformadores, motores, condensadores, etc. Eles surgem a partir dos níveis de harmônicos que são sustentados por 10 minutos ou mais. Nesse caso o nível de compatibilidade da distorção total de harmônico (THD) é de 8 %

Muito efeitos de curto prazo dizem respeito principalmente aos efeitos perturbadores sobre dispositivos eletrônicos que podem ser suscetíveis a níveis de harmônica sustentados por 3 segundos ou menos. Transientes não estão incluídas. Nesse caso o nível de compatibilidade da distorção total de harmônico (THD) é de 11 %

Nível de compatibilidade de tensão harmônica individual em rede de baixa tensão  
( valores r.m.s. em percentual dos valores r.m.s. da componente fundamental)

Tabela 33- harmônicos ímpares não múltiplos de 3

<b>Harmônicas ímpares não múltiplas de 3</b>	
Ordem da harmônica (h)	Tensão da harmônica (%)
5	6
7	5
11	3.5
13	3
$13 \leq h \leq 49$	$2,27 \times (17/h) - 0,27$

OBS: A tabela acima só é valido para efeitos a longo prazo , para efeitos à curto prazo precisamos multiplicar os valores da tabela pelo fator K :

$$K = 1,3 + (0,7/45) \times (h-5)$$

#### 2.7.4. Dados de entrada

Para começar as análises do sistema de potência, primeiramente tivemos que modelar os componentes do diagrama unifilar, são eles :



---

**Dados de alimentação do sistema (concessionária):**

Tabela 34- dados da concessionária

	TRIFÁSICO	MONOFÁSICO
X/R	3.1185	5.7333
CORRENTE DE FALTA (A)	2168.0	970.69

**Contribuição em pu :**

Potência base : 100MVA ; tensão base : 69KVA

Tabela 35- dados de impedâncias de seq zero e positiva

	Parte real	Parte imaginária
Impedância de seq positiva( $\Omega$ )	0.11785	0.36753
Impedância de seq zero ( $\Omega$ )	0.20863	1.81251

De acordo com a tabela da FICAP foram apresentados alguns parâmetros elétricos / Ampacidade para os cabos de alumínio 1350(CA) , cabos de alumínio com alma de aço (CAA) e cabos de alumínio liga 6201 (CAL) . Os valores foram obtidos para as seguintes condições :

- Velocidade do vento : 2,2 km/h
- Temperatura ambiente : 25°C
- Temperatura máxima de operação em regime permanente : 75° C
- Reatância indutiva a 60 hz e espaçamento de 304,8 mm (1pé)

De acordo com o cabo utilizado ( 1/0 AWG 13,8 kV ) foi dimensionado uma ampacidade de 150 A.

### Dados do transformador I:

Tabela 36- dados do transformador I

Potencia nominal	10000 KVA
Tensão primária	69000 KV
Tensão secundária	13800 KV
Conexão	Delta- estrela aterrado
Impedância	8%
X/R	16.6960

Modelagem das linhas : Linha (CAA 1/0 AWG 13,8 kV)

### Disposição dos cabos :

Tabela-37 disposição dos cabos

X ( m )	Y( m )	D (cm)	GMR (cm)
-0.8	9.7	1.0109	0.13594
-0.4	9.7	1.0109	0.13594
0.8	9.7	1.0109	0.13594

### Impedância nas linhas :

Tabela 38- impedância da linha

Seq positiva		Seq zero	
R (ohms/km)	0.5518	R(ohms/km)	0.7296
X (ohms/km)	0.4911	X(ohms/km)	2.0367
Xc (Mohms/km)	0.2412	Xc (Mohms/km)	0.6829

### Dados do transformador II :

Tabela 39- Dados do transformador II

Potencia nominal	300 KVA
Tensão primária	13800 KV
Tensão secundária	480 KV
Conexão	Delta-estrela aterrado
Impedância	4.5%
X/R	4.1499

---

**Dados do transformador II , com outro valor de potência:**

Tabela 40 – dados do transformador II (112.5 KVA)

Potencia nominal	112.5 KVA
Tensão primária	13800 KV
Tensão secundária	480 KV
Conexão	Delta- estrela aterrado
Impedância	2.5%
X/R	3.3939

**Dados do Motor :**

O motor a ser testado foi o motor de indução, com os seguintes parâmetros :

Tabela 41- dados do motor

Tensão nominal (V)	480
Potência nominal de entrada (kW)	22.080 e 44.160
Eficiência (%)	93
Fator de potência	0.88
Nº de pólos	4
Impedância subtransitória (pu)	0.17
X/R	10
conexão	estrela
Quantidade	5

Para o controle de velocidade dos motores utilizamos o inversor de frequência , tipo IGBT 6 pulsos . Neste caso, será possível obter uma redução considerável nas harmônicas de baixa ordem .

---

**Dados do filtro sintonizador :**

- Ordem da harmônica para sintonizar : 5°
- Q fator : 20 ( parâmetro referente a ressonância do filtro )

Um dos objetivos desse filtro é melhorar fator de potência , onde essa compensação de reativos vai de acordo com nível de potência reativa do sistema elétrico em questão.

**Elementos passivos do filtro:**

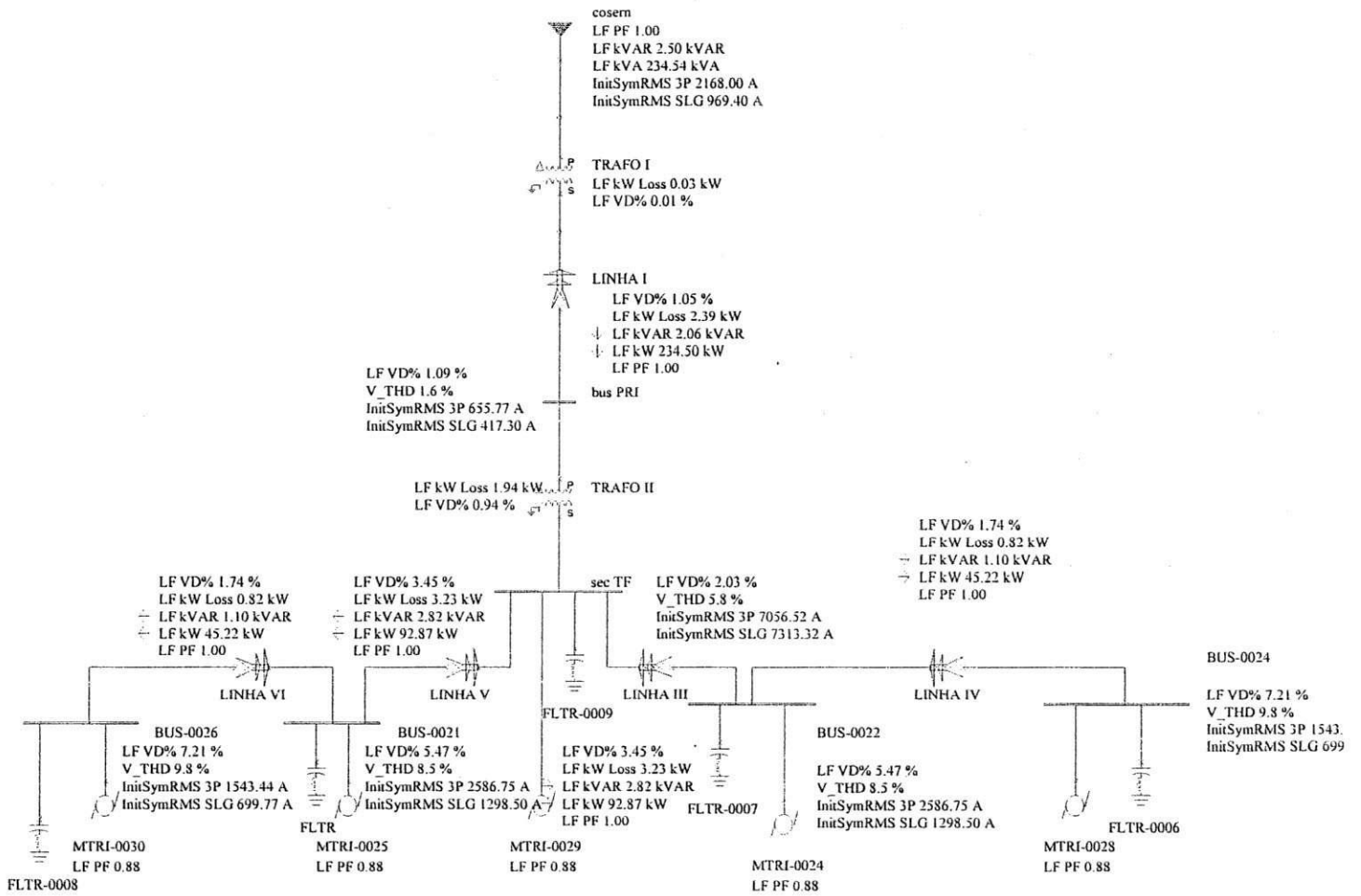
Tabela 42- elementos passivos do filtro

Seq positiva		Seq zero	
R ( ohms)	0.200	R ( ohms)	0.200
L ( H)	0.002122	L ( H)	0.002122
C ( $\mu$ F)	132.608231	C ( $\mu$ F)	132.608231

**2.7.5. Dados de saída e análise de resultados**

Modelado todos os componentes do diagrama unifilar , colocamos o programa para compilar e em seguida reportar os resultados dos vários cenários. Ver as várias configurações e seus respectivos resultados abaixo :

Figura 10 – 1º cenário



## Resultados

Tabela 43- resultados do 1º cenário

	Linha I	Bus PRI	Sec TF	Linha VI e IV	Linha V e III
P (kW)	2.39	-	-	0.82	3.23
$\Delta V$ (%)	1.05	1.09	2.03	1.74	3.45
Isc 3p (A)	-	655.77	7056.52	-	-
Isc slg (A)	-	417.30	7313.32	-	-
V_THD (%)	-	1.6	5.8	-	-

- P = energia perdida ( potência dissipada) em watts;
- $\Delta V$  = queda de tensão em volts;
- Isc = corrente de curto circuito ;
- V\_THD = distorção de corrente total :

Figura11- Representação da forma de onda da distorção de tensão nos principais componentes do diagrama referente ao 1º cenário:

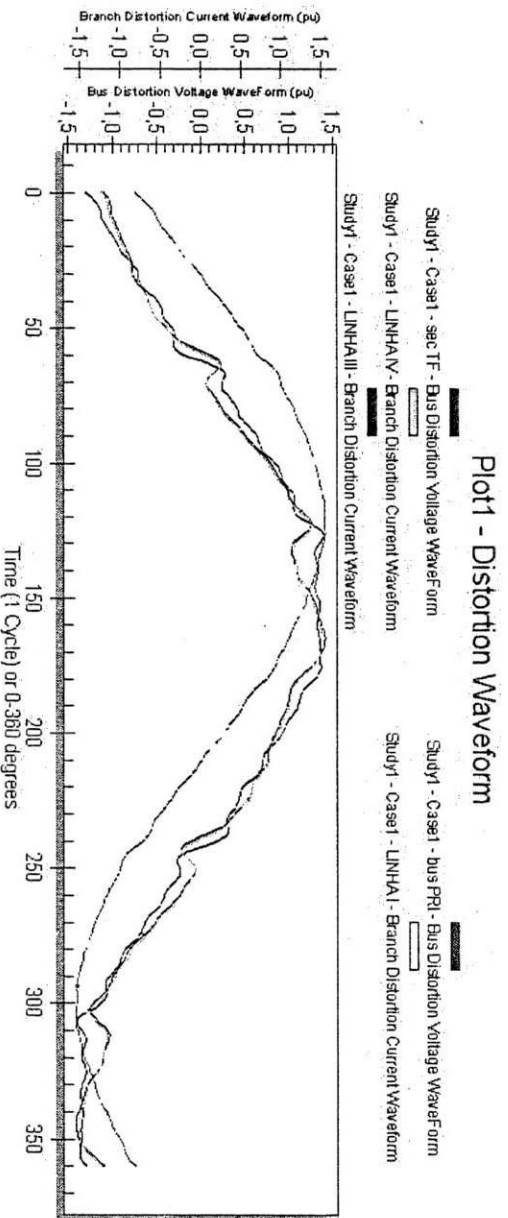


Figura 12-Representação do spectrum da distorção de tensão nos principais componentes do diagrama referente ao 1º cenário:

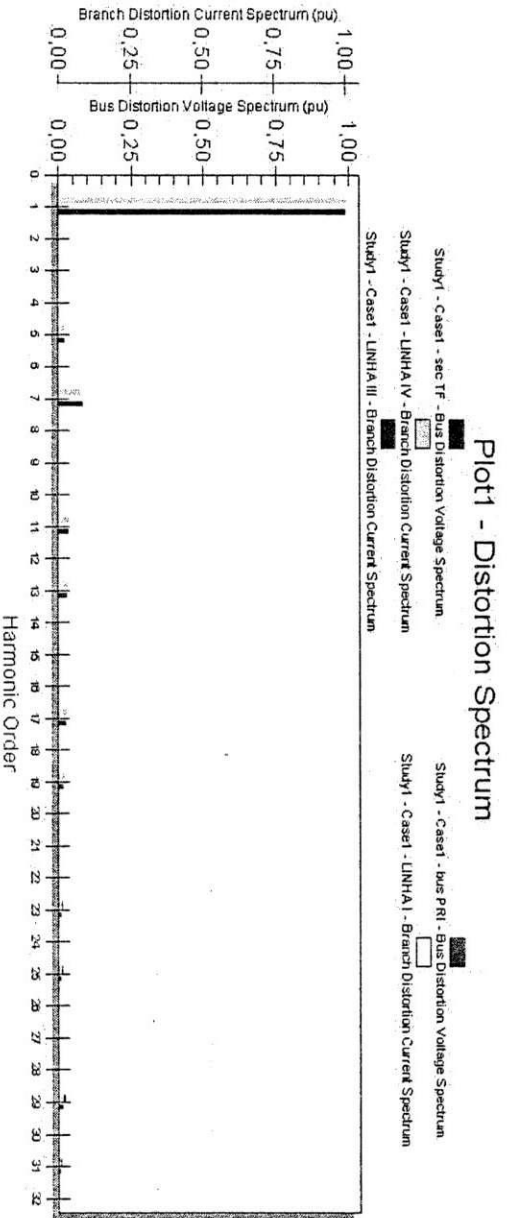
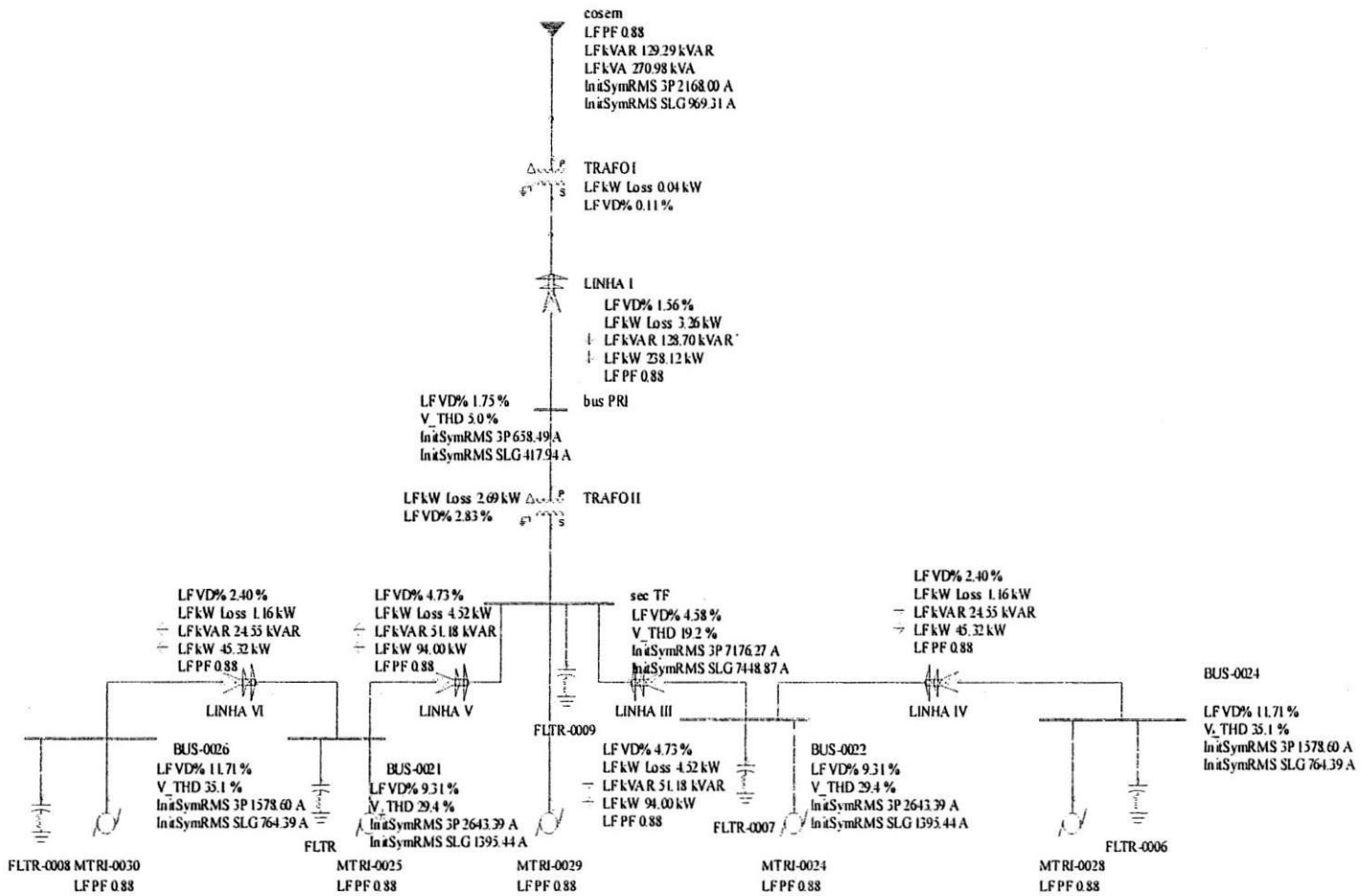


figura 13- 2º cenário



## Resultados

Tabela 43 – resultados do 2º cenário

	Linha I	Bus PRI	Sec TF	Linha VI e IV	Linha V e III
P (kW)	3.26	-	-	1.16	4.52
$\Delta V$ (%)	1.56	1.75	4.58	2.4	4.73
Isc 3p (A)	-	658.49	7176.27	-	-
Isc slg (A)	-	417.94	7448.87	-	-
V_THD (%)	-	5	19.2	-	-

Figura14-Representação da forma de onda da distorção de tensão nos principais componentes do diagrama referente ao 2º cenário:

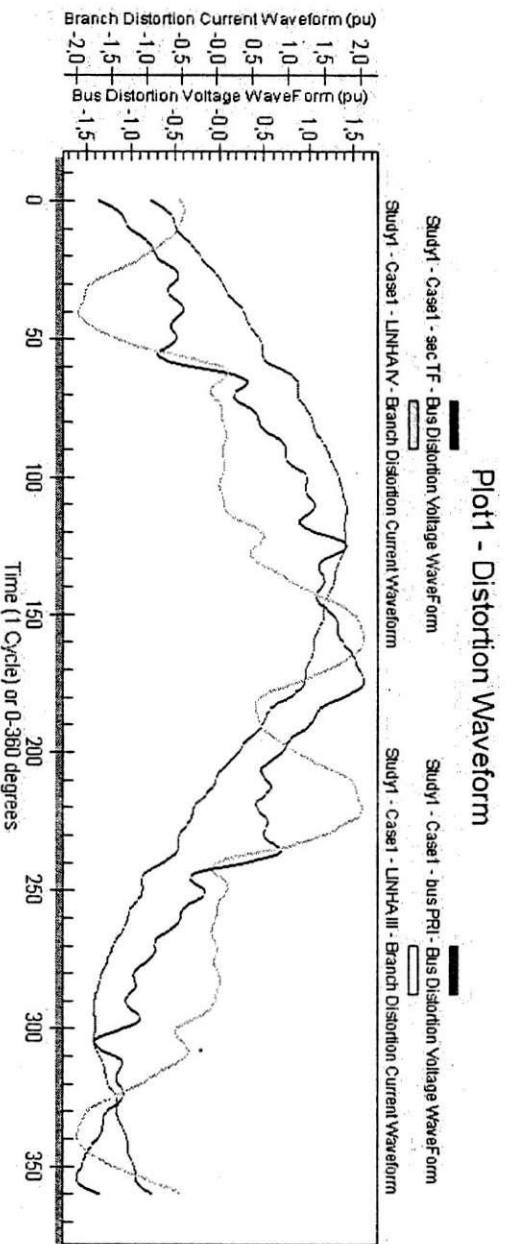


Figura 15- Representação do spectrum da distorção de tensão nos principais componentes do diagrama referente ao 2º cenário:

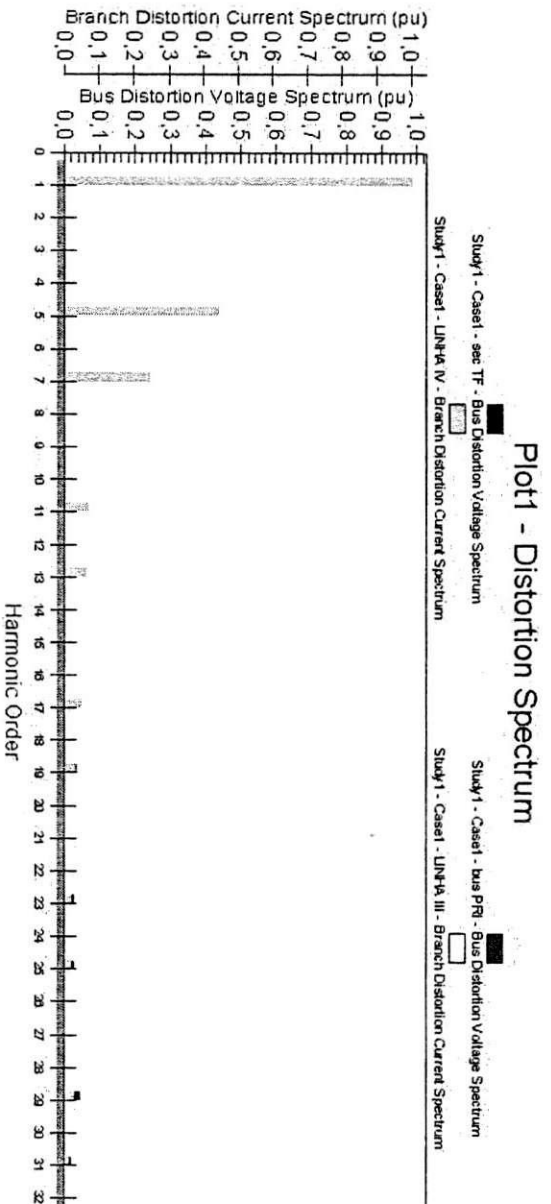
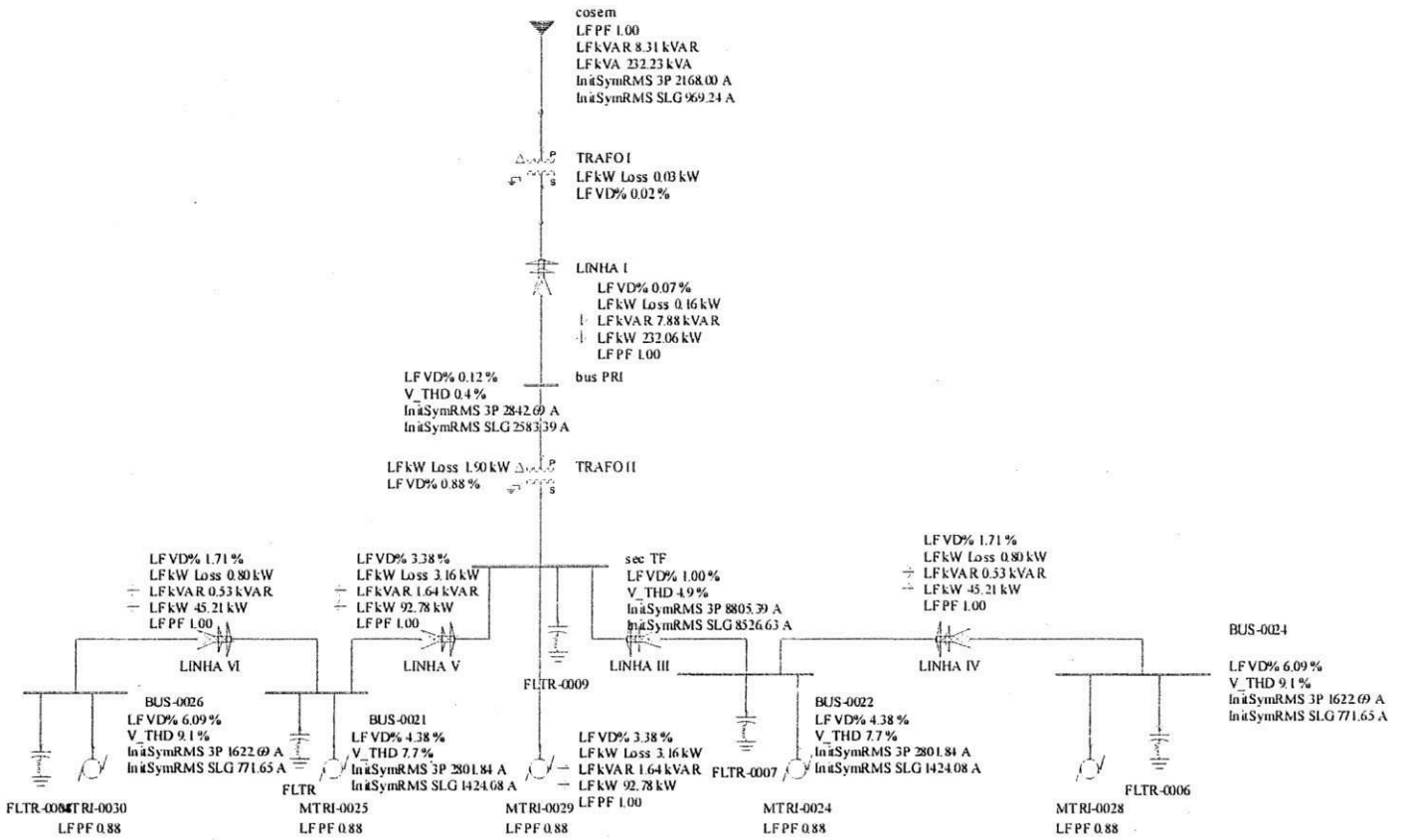




Figura 16- 3º cenário



## Resultados

Tabela 45- resultados - 3º cenário

	Linha I	Bus PRI	Sec TF	Linha VI e IV	Linha V e III
P (kW)	0.16	-	-	0.80	3.16
$\Delta V$ (%)	0.07	0.12	1	1.71	3.38
Isc 3p (A)	-	2842.69	8805.39	-	-
Isc slg (A)	-	2583.39	8526.63	-	-
V_THD (%)	-	0.4	4.9	-	-

Figura 17-Representação da forma de onda da distorção de tensão nos principais componentes do diagrama referente ao 3º cenário:

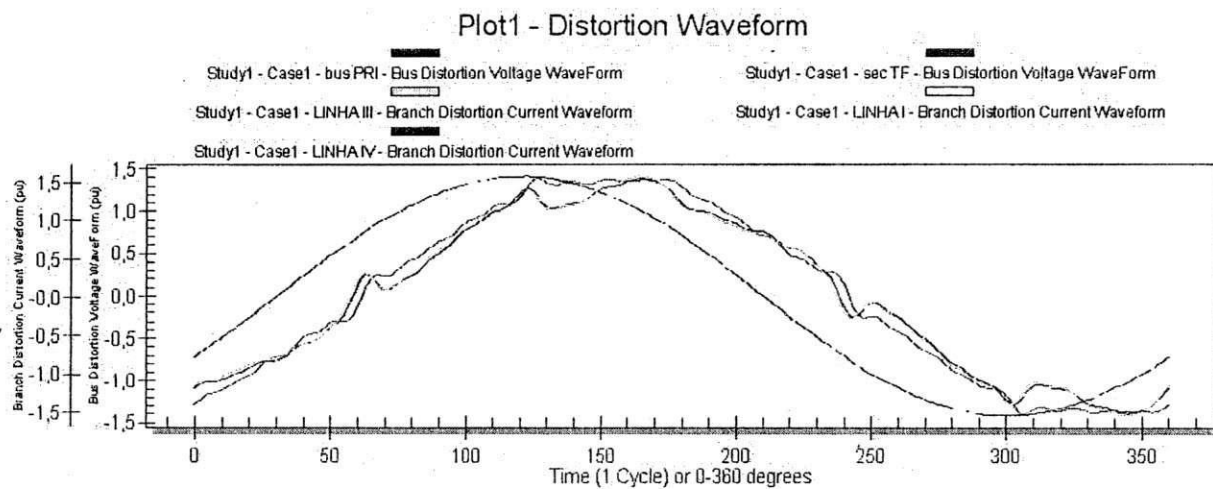


Figura 18-Representação do **spectrum** da distorção de tensão nos principais componentes do diagrama referente ao 3º cenário:

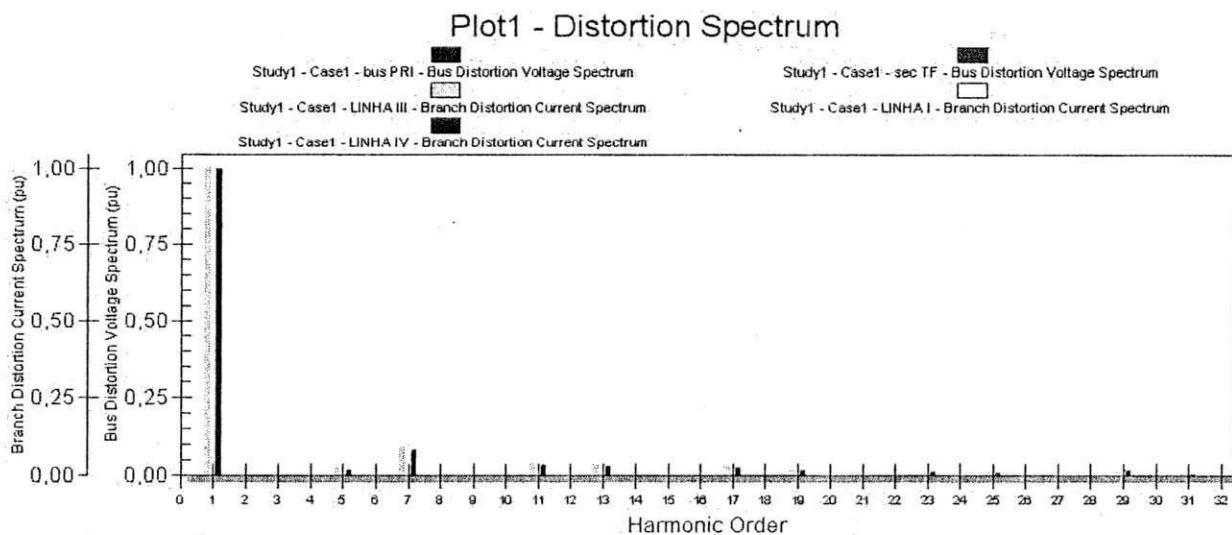
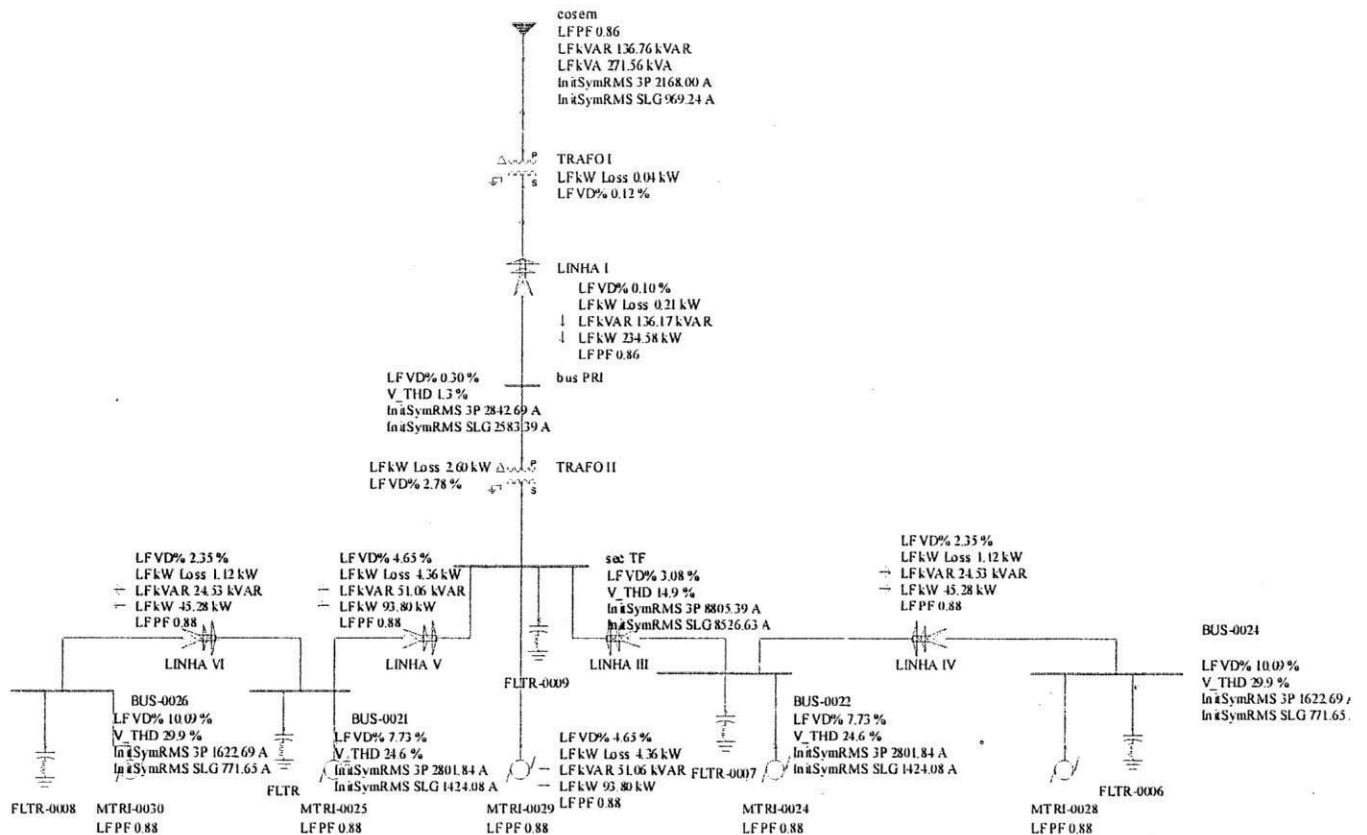


Figura 19- 4º Cenário



### Resultados

Tabela 46- resultado – 4º cenário

	Linha I	Bus PRI	Sec TF	Linha VI e IV	Linha V e III
P (kW)	0.21	-	-	1.12	4.36
$\Delta V$ (%)	0.10	0.30	3.08	2.35	4.65
Isc 3p (A)	-	2842.69	8805.39	-	-
Isc slg (A)	-	2583.39	8526.63	-	-
V_THD (%)	-	1.3	14.9	-	-

Figura 20- Representação da forma de onda da distorção de tensão nos principais componentes do diagrama referente ao 4º cenário:

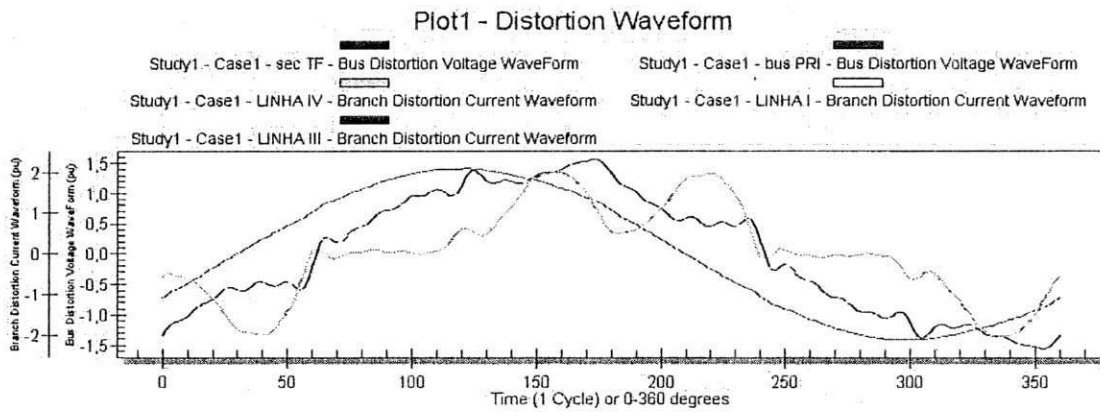


Figura 21-Representação do **spectrum** da distorção de tensão nos principais componentes do diagrama referente ao 4º cenário:

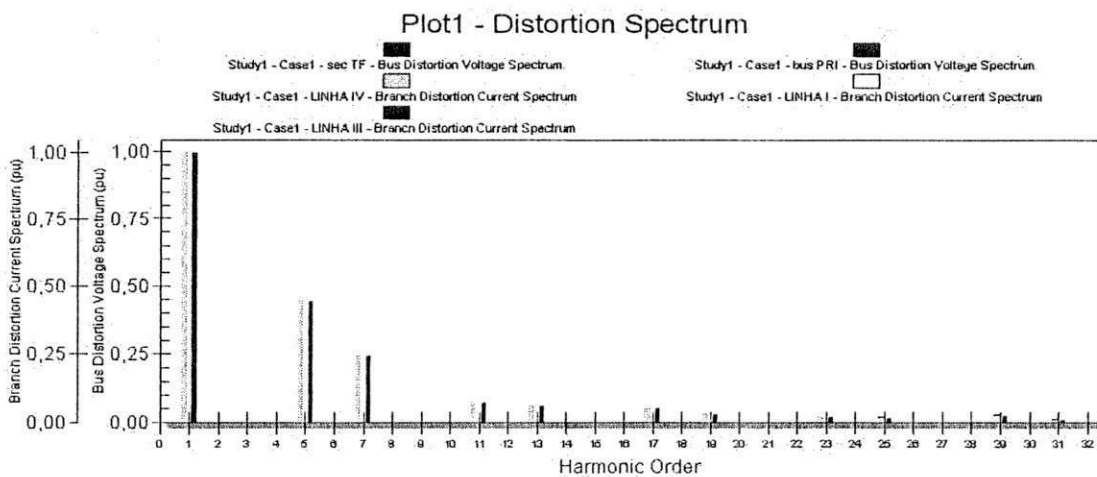
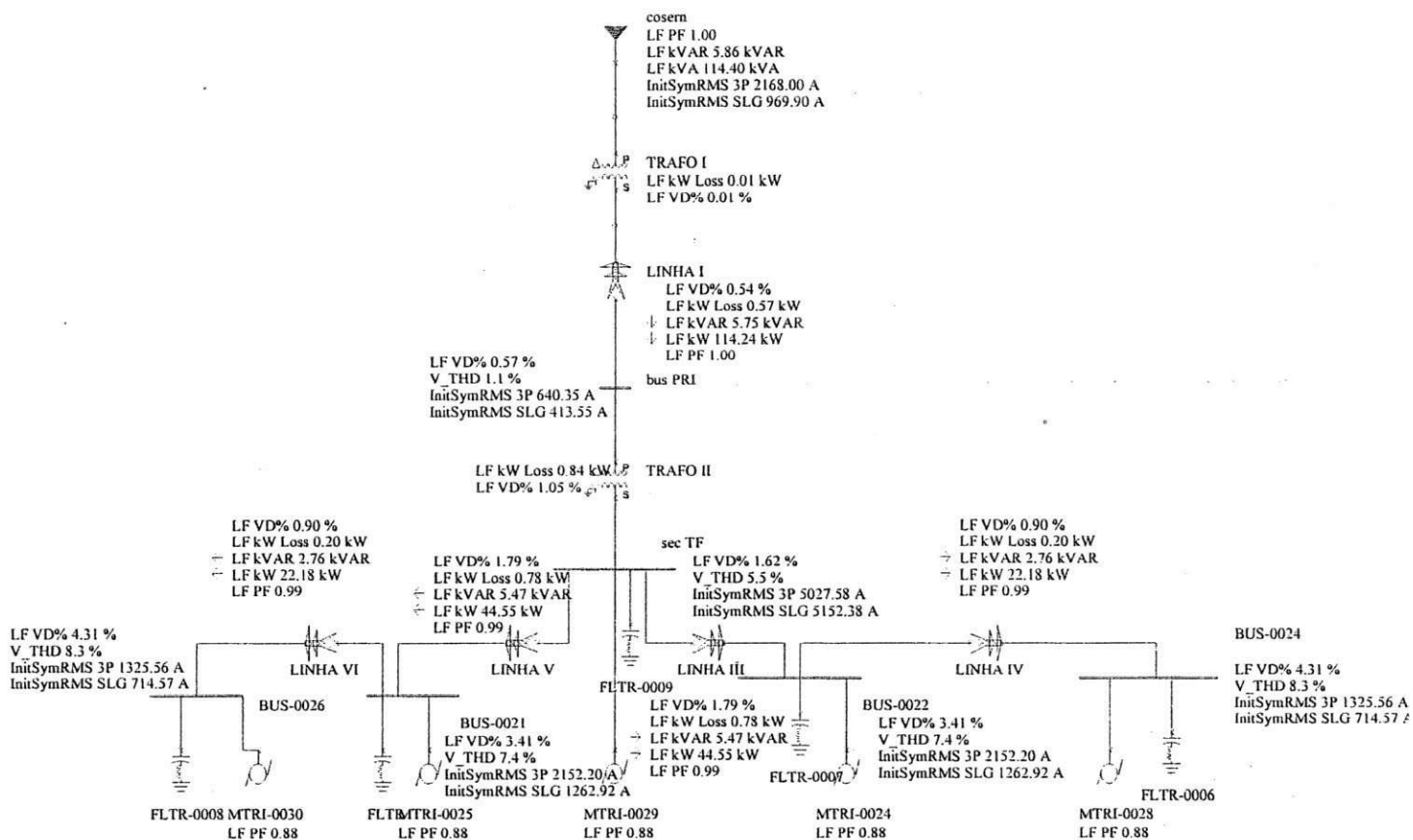


Figura 22 - 5º cenário



## Resultados

Tabela 47- resultados – 5º cenário

	Linha I	Bus PRI	Sec TF	Linha VI e IV	Linha V e III
P (kW)	0.57	-	-	0.20	0.78
$\Delta V$ (%)	0.54	0.57	1.62	0.90	1.79
Isc 3p (A)	-	640.35	5027.58	-	-
Isc slg (A)	-	413.55	5152.38	-	-
V_THD (%)	-	1.1	5.5	-	-

Figura 23-Representação da forma de onda da distorção de tensão nos principais componentes do diagrama referente ao 5º cenário:

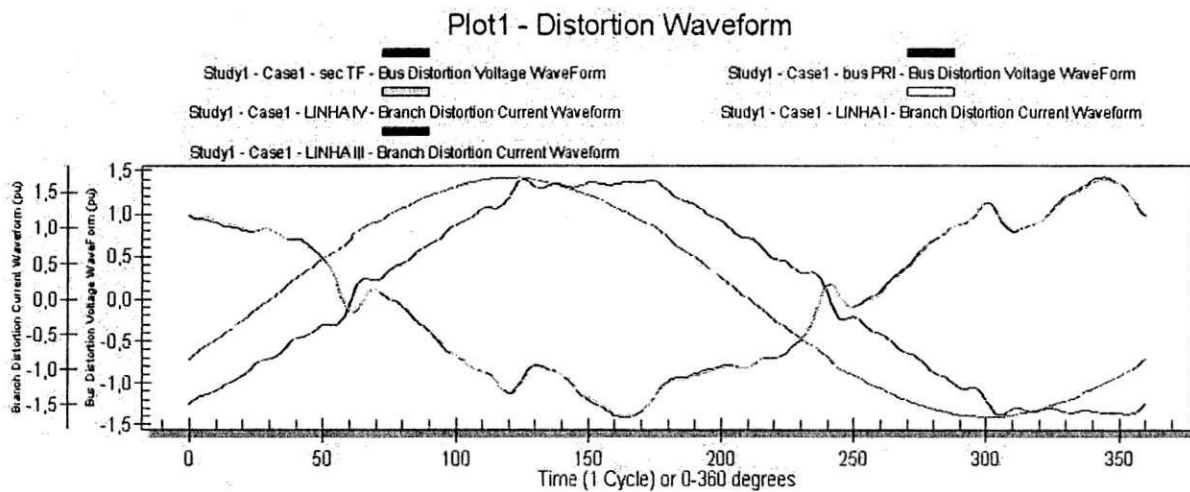


Figura 24-Representação do **spectrum** da distorção de tensão nos principais componentes do diagrama referente ao 5º cenário:

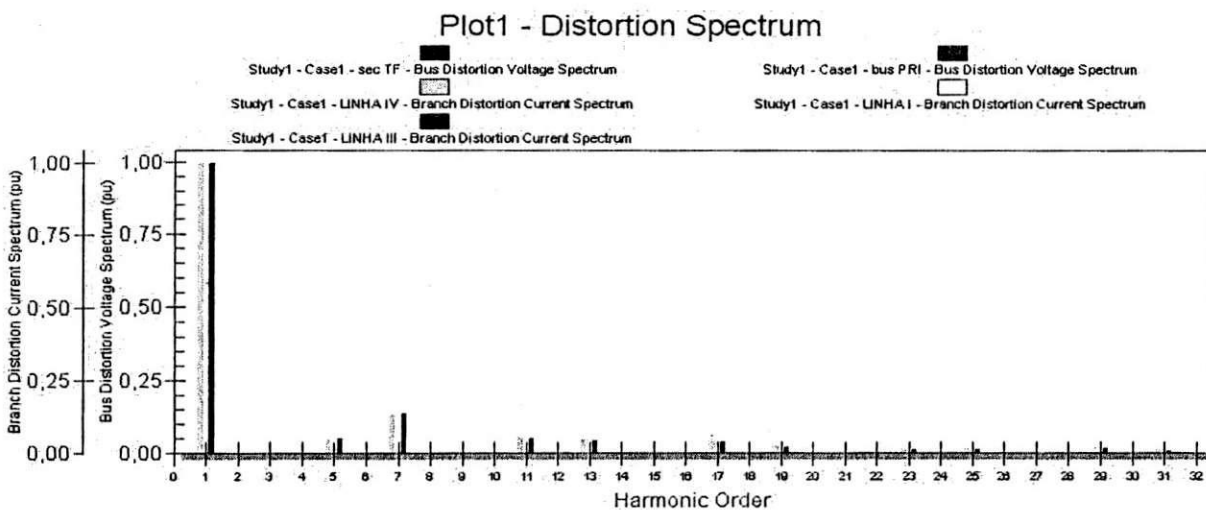
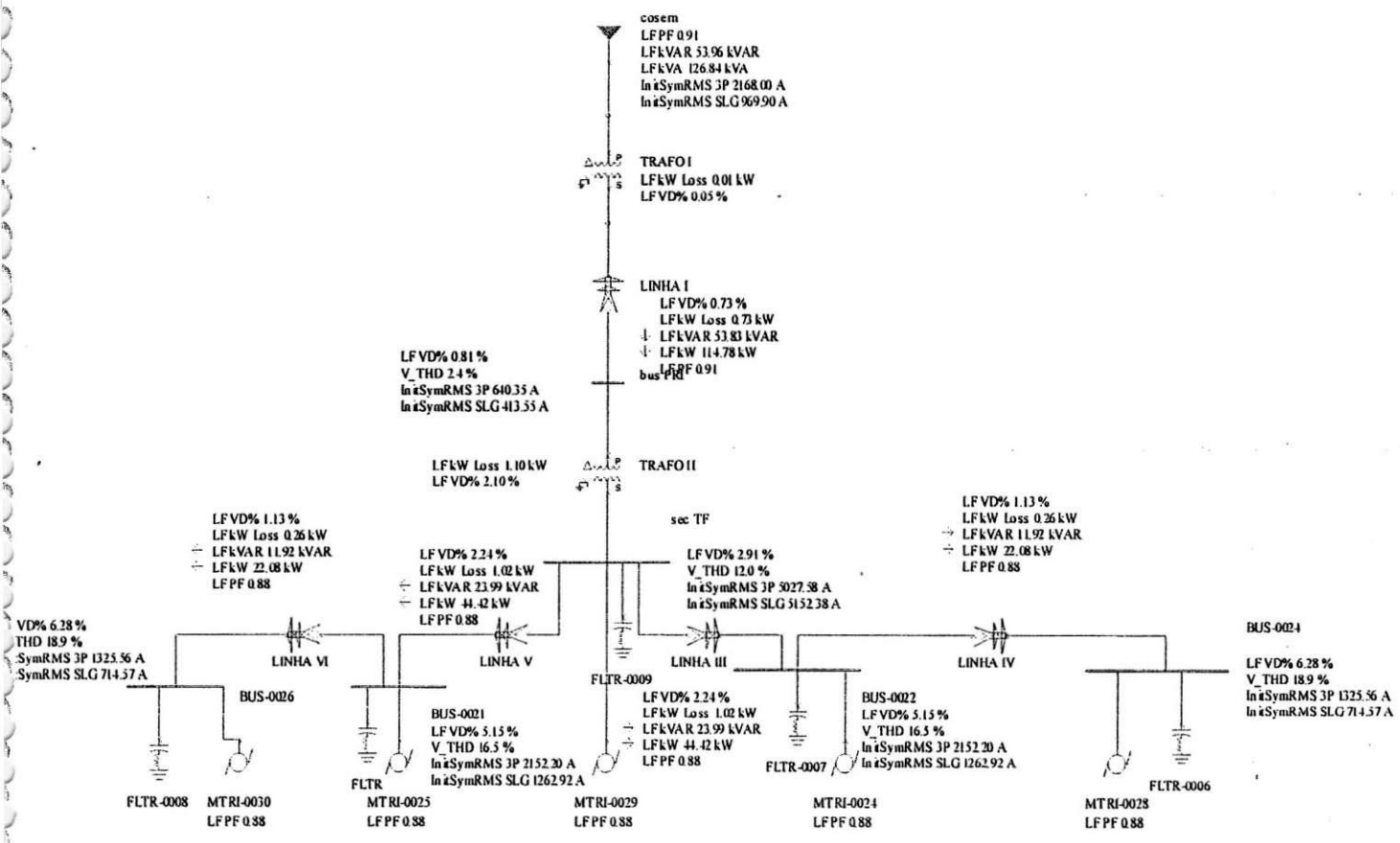


Figura 25- 6º cenário



**Resultados**

Tabela 48 –resultados 6ºcenário

	Linha I	Bus PRI	Sec TF	Linha VI e IV	Linha V e III
P (kW)	0.73	-	-	0.26	1.02
ΔV (%)	0.73	0.81	2.91	1.13	2.24
Isc 3p (A)	-	640.35	5027.58	-	-
Isc slg (A)	-	413.55	5152.38	-	-
V_THD (%)	-	2.4	12.0	-	-

Figura 26-Representação da forma de onda da distorção de tensão nos principais componentes do diagrama referente ao 6º cenário:

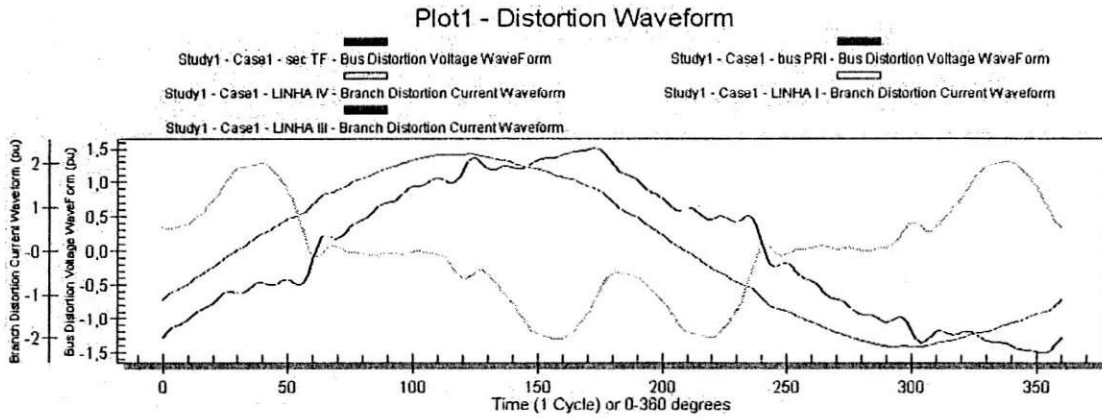


Figura 27-Representação do **spectrum** da distorção de tensão nos principais componentes do diagrama referente ao 6º cenário:

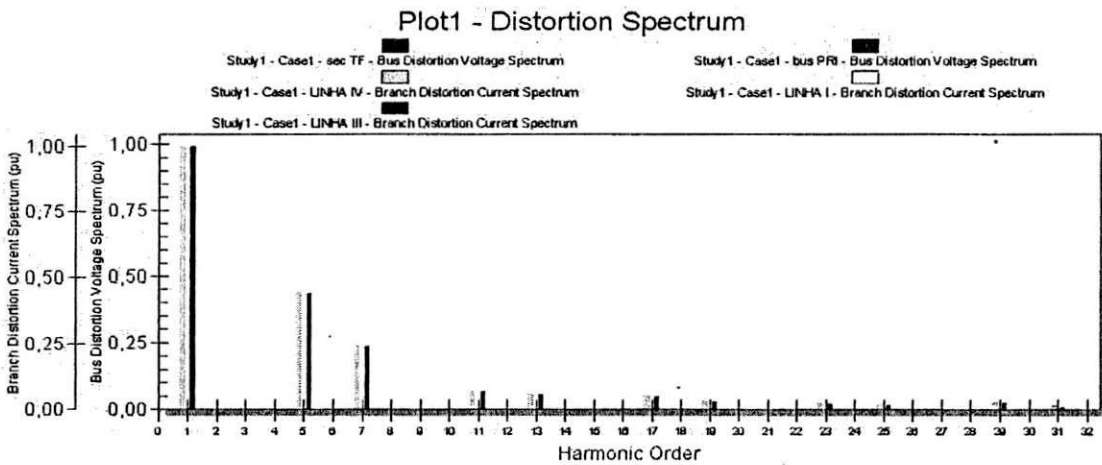
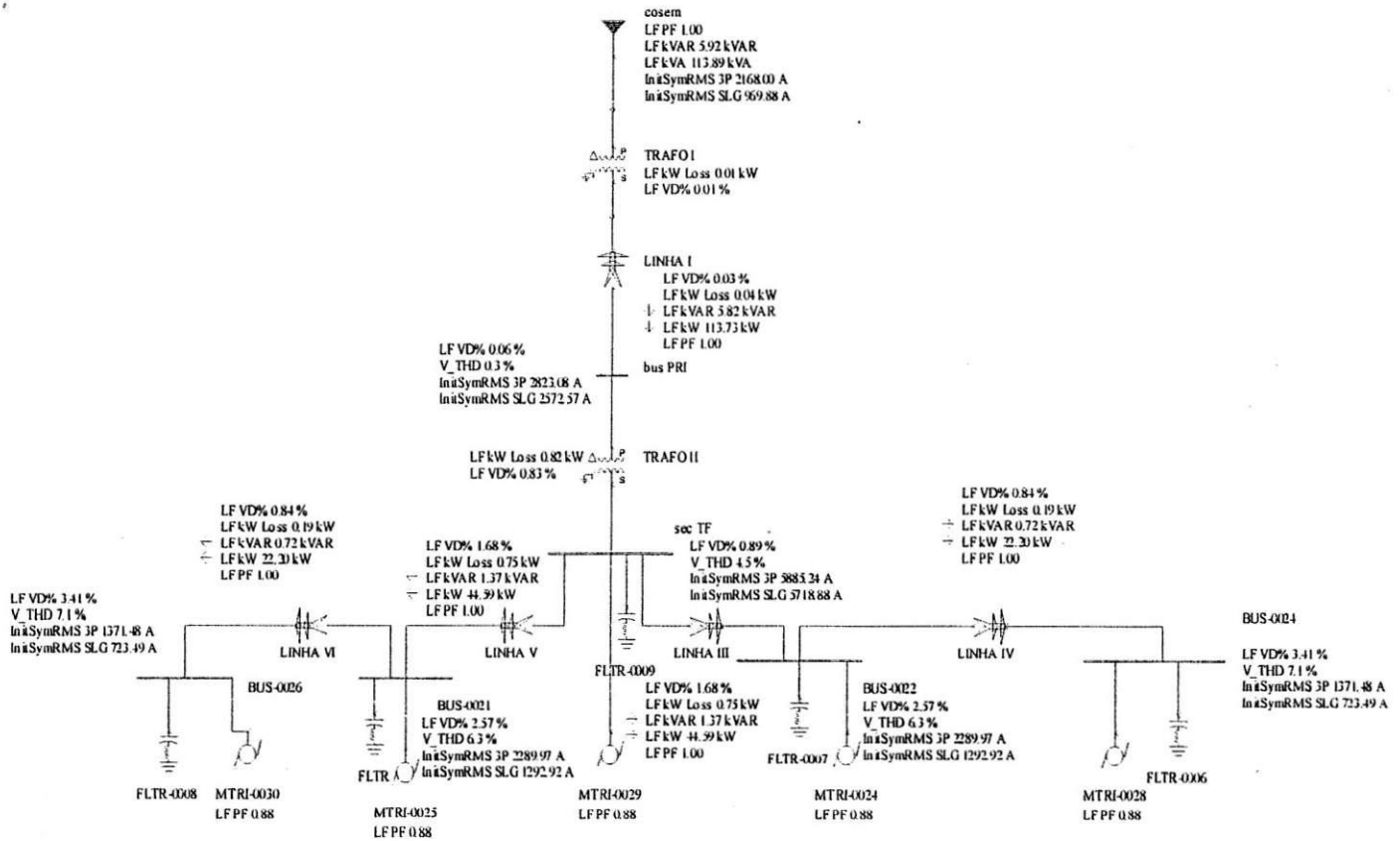




Figura 28- 7º cenário



## Resultados

Tabela 49-resultados 7ºcenário

	Linha I	Bus PRI	Sec TF	Linha VI e IV	Linha V e III
P (kW)	0.04	-	-	0.19	0.75
$\Delta V$ (%)	0.03	0.06	0.89	0.84	1.68
Isc 3p (A)	-	2823.08	5885.24	-	-
Isc slg (A)	-	2572.57	5718.88	-	-
V_THD (%)	-	0.3	4.5	-	-

Figura 29-Representação da forma de onda da distorção de tensão nos principais componentes do diagrama referente ao 7º cenário:

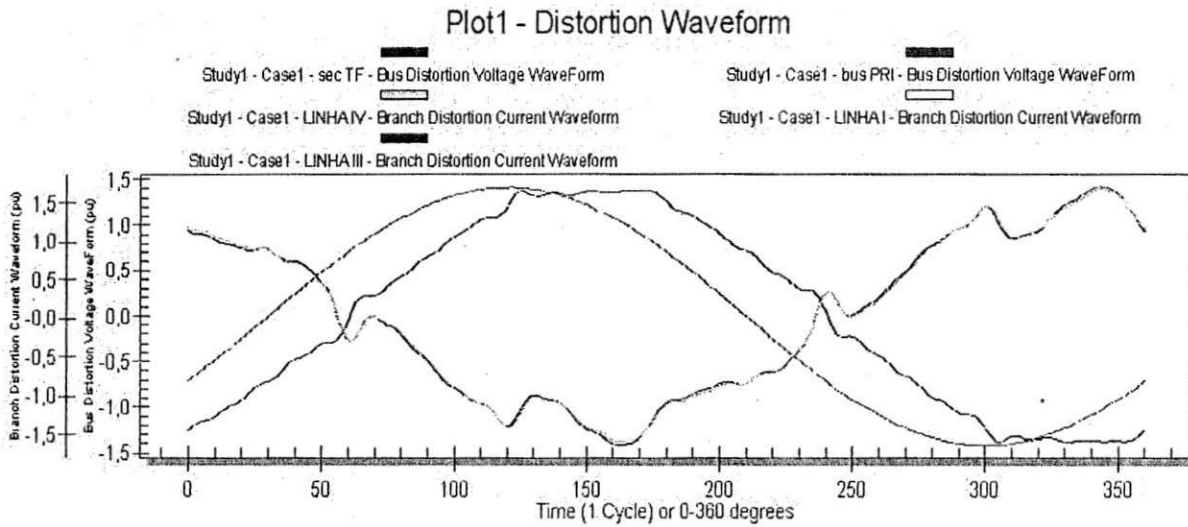


Figura 30-Representação do **spectrum** da distorção de tensão nos principais componentes do diagrama referente ao 7º cenário:

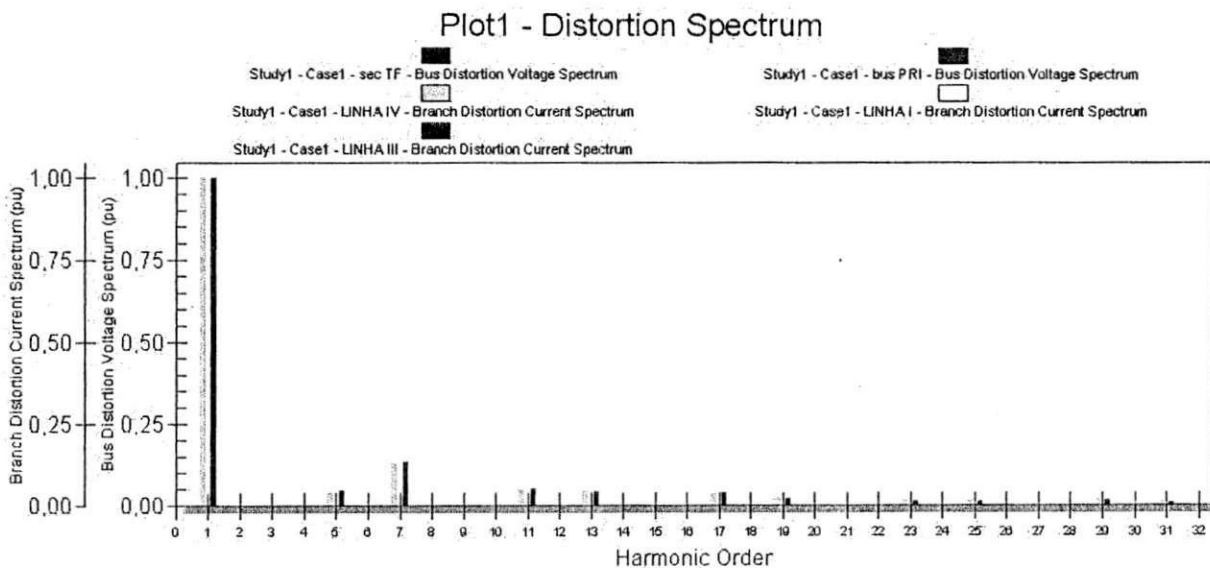
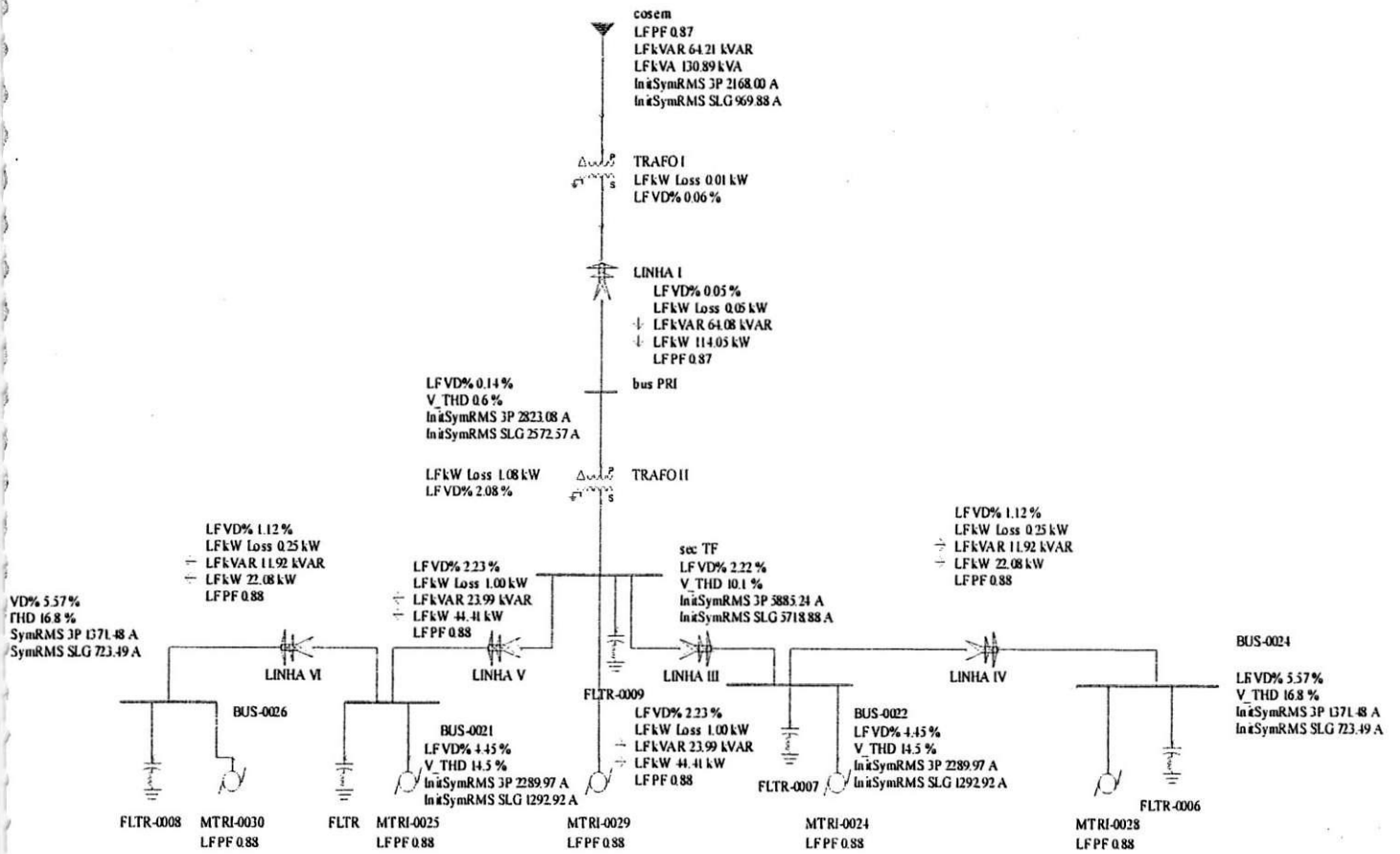


Figura 31-8 ° cenário



**Resultados**

Tabela 50-resultados 8ºcenário

	Linha I	Bus PRI	Sec TF	Linha VI e IV	Linha V e III
P (kW)	0.05	-	-	0.25	1.00
ΔV (V)	0.05	0.14	2.22	1.12	2.23
Isc 3p (A)	-	2823.08	5885.24	-	-
Isc slg (A)	-	2572.57	5718.88	-	-
V_THD (%)	-	0.6	10.1	-	-

Figura 32-Representação da forma de onda da distorção de tensão e corrente nos principais componentes do diagrama referente ao 8º cenário:

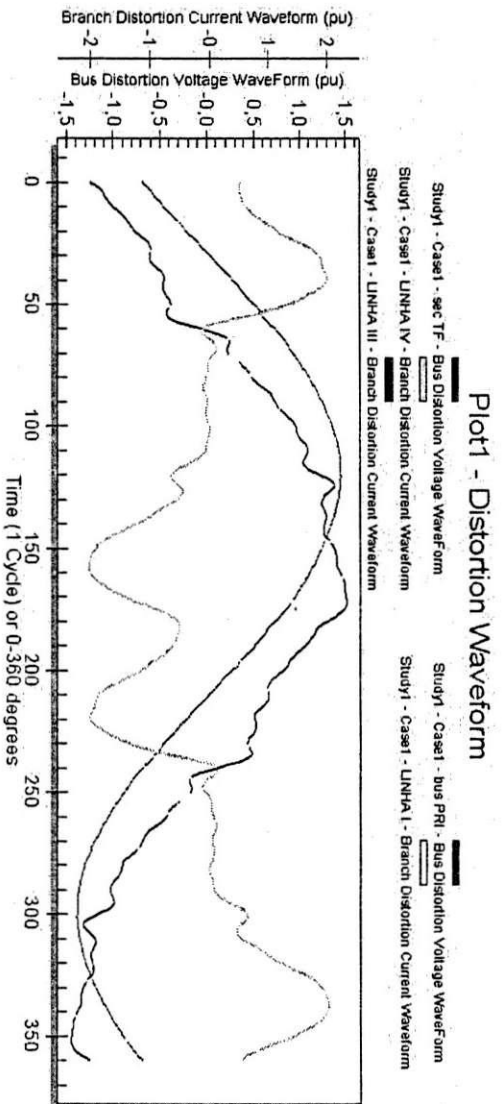
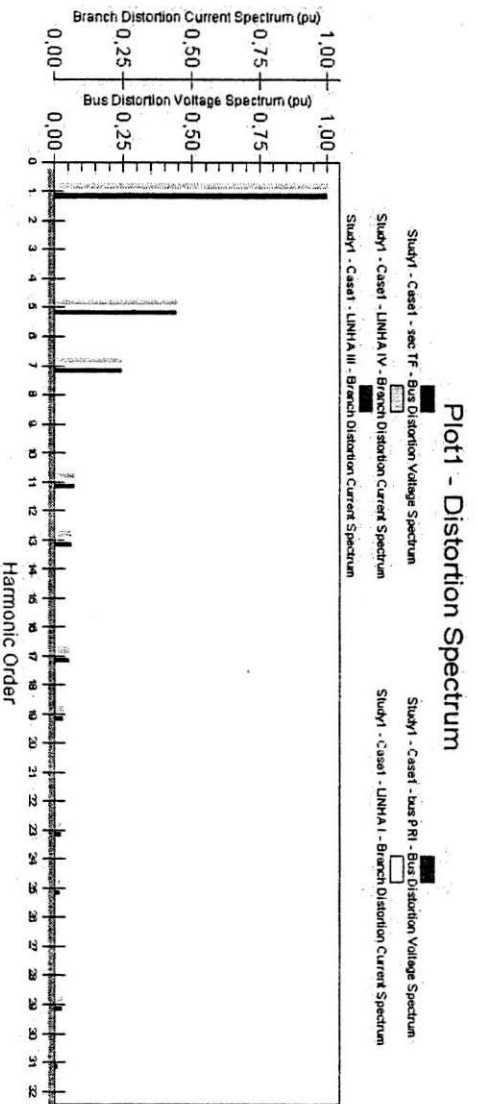


Figura 33-Representação do spectrum da distorção de tensão e corrente nos principais componentes do diagrama referente ao 8º cenário:



---

## 2.7.6. Conclusão

De acordo com os resultados obtidos, observamos algumas diferenças entre os cenários com filtro e sem filtro . Analisando a corrente de curto circuito , praticamente não existe diferença entre os cenários com filtro e sem filtro, ou seja, para esse tipo de análise não existe contribuição da corrente do filtro, mas em termos de queda de tensão, perda de energia ( potência dissipada ) e corrente de harmônicas, podemos perceber diferenças consideráveis .

Analisando as harmônicas individualmente, sem a presença do filtro, percebemos que as correntes de 5<sup>o</sup> e 7<sup>o</sup> ordens possuem um percentual de distorção bem superior em relação as outras ordens, ou seja, quanto maior a frequência menor a amplitude ,com a implementação do filtro , os spectrum de 5<sup>o</sup> e 7<sup>o</sup> ordens reduziram de tal sorte que, ficaram numa margem de distorção aceitável de acordo com a norma IEC-6100002-2. As harmônicas frequentemente encontradas em rede trifásica são as harmônicas de ordens ímpares .

Sabemos que à medida que a frequência do sinal da corrente aumenta( harmônicas) a corrente tende a circular pela periferia do condutor, aumentando sua resistência elétrica e por conseqüência , aumento das perdas por efeito joule,por isso a preocupação em reduzir o máximo o nível de harmônicos . Essas perturbações podem está presentes em enrolamentos de transformadores, cabos, motores, e entre outros . Problemas como queda de tensão e redução no fator de potência também são encontrados, já que a reatância indutiva da linha é diretamente proporcional a frequência .

Segue abaixo os valores dos filtros( single tuned filter) instalados nos seus respectivos cenários :

Tabela 51- valores de potência reativa dos filtros

	1 <sup>o</sup> cenário	3 <sup>o</sup> cenário	5 <sup>o</sup> cenário	7 <sup>o</sup> cenário
Potência (kvar)	27	27	10	12

De acordo com os resultados acima, o nível de reativos injetados no sistema varia conforme a potencia dos motores.

---

## **2.8. Participação em workshop**

- Soluções em sistemas elétricos – Siemens ;
- Relé Inteligente – CCM/LOAD CENTER - WEG ;
- Transformadores a seco/ painéis CCM – WALTEC ;
- Conversores de frequência – (Rockwell Automation ).

## **2.9. Treinamentos promovidos pela Petrobras**

- Curso de Áreas Classificadas;
- Curso de QSMS;
- Curso de Primeiros Socorros;
- Curso de PTW Simulador de Sistemas Elétricos;
- Treinamento de Religadores/Disjuntores( NU-LEC);

### **2.9.1. Curso de Áreas Classificadas**

A quase totalidade das instalações industriais apresenta riscos inerentes as “atmosferas potencialmente explosivas”. Desde o aparecimento da indústria do petróleo que convivemos com inúmeros riscos e muitos casos de incêndios, explosões e mortes. Em muitos casos, comprovou-se a inadequabilidade da instalação elétrica e utilização de procedimentos inseguros.

Durante o curso foi abordado os conceitos sobre áreas classificadas ou potencialmente capazes de causar incêndios ou explosões, as diversas tecnologias de proteção disponíveis e aplicáveis a equipamentos e dispositivos elétricos a fim de que os mesmos sejam capazes de operar sem infligir danos físicos às pessoas ou aos equipamentos devido a possibilidade de ignição da atmosfera explosiva. A penetração de corpos estranhos no interior dos equipamentos também é uma possibilidade inaceitável e, portanto , de alto risco tanto para o ser humano como para os equipamentos.

---

As diversas recomendações quanto às instalações elétricas bem como a instalação de equipamentos de origem não elétrica em áreas classificadas. É analisada também a utilização de sistemas com eletrodutos ou cabos lançados diretamente no solo. O uso de eletrodutos acarreta a utilização de unidades seladoras enquanto o uso de cabos implica na utilização de prensa-cabo.

As diversas recomendações quanto ao procedimentos de inspeção em instalações elétricas bem como a instalação de equipamentos de origem não elétrica em áreas classificadas.

### **2.9.2. Curso de QSMS**

A Petrobrás vem, ano a ano, seja em termos absolutos, seja comparada às suas congêneres mundiais, melhorando seu desempenho no que diz respeito a SMS.

Assim, a vida, a saúde do trabalhador e a preservação do meio ambiente são questões onde devemos perseguir como meta, zero em acidentes, doenças e danos ao meio ambiente. Trata-se de questão basilar para uma companhia que lida com processos onde o risco está sempre presente, onde aspectos relacionados a SMS são, e serão sempre, responsabilidade de todos.

A Petrobrás, conduziu a elaboração de uma solução educacional de abrangência corporativa, voltada para a qualificação dos empregados das empresas contratadas. Com o objetivo de garantir a melhor postura e capacitação da força de trabalho da companhia, abordando aspectos comportamentais, de responsabilidade e da legislação, além de conceitos técnicos básicos em SMS.

### **2.9.3. Curso de Primeiros Socorros**

Primeiros Socorros são os atendimentos prestados às vítimas de qualquer acidente ou mal súbito antes da chegada do médico, da ambulância ou de qualquer profissional qualificado da área da saúde.

---

**Finalidades :**

- Preservar a vida.
- Restringir os efeitos da lesão.
- Promover a recuperação da vítima.

Foi simulado no curso o procedimento de como Prestar socorro a vítima , são eles :

**Avaliar a situação**

- Inteira-se do ocorrido com tranquilidade e rapidez.
- Verificar os riscos para si próprio e para a vítima.
- Nunca se arriscar pessoalmente.

**Manter a segurança da área**

- Proteger a vítima do Perigo.
- Não tentar fazer sozinho mais do que é possível.

**Avaliar o estado das vítimas e administrar socorro de emergência**

- Havendo mais de uma vítima, siga os resultados de sua avaliação para decidir as prioridades de tratamento.

**Chamar por socorro**

- Assegure-se de que a ajuda especializada foi providenciada e está a caminho.

**192 – SAMU.**

**Os dez Mandamentos do socorrista :**

Mantenha a calma.

Tenha em mente a seguinte ordem de segurança quando você estiver prestando socorro:

- Primeiro o socorrista
- Depois minha equipe
- E por último a vítima

Isto parece ser contraditório a primeira vista, mas tem o intuito básico de não gerar novas vítimas.



---

Ao prestar socorro, é fundamental ligar ao atendimento pré-hospital de imediato ao chegar no local do acidente-192.

Sempre verifique se há riscos no local, para você e sua equipe, antes de agir no acidente. Mantenha sempre o bom senso.

Mantenha o espírito de liderança, pedindo ajuda e afastando os curiosos.

Distribua tarefas, assim os transeuntes que poderiam atrapalhar lhe ajudarão e se sentirão mais úteis.

Evite manobras intempestivas(realizadas de forma imprudente, com pressa).

Em caso de múltiplas vítimas dê preferência àquelas que correm maior risco de vida como, por exemplo, vítimas em parada cardíaco-respiratória ou que estejam sangrando muito.

Seja socorrista e não herói lembre-se do 2º mandamento

#### **2.9.4. Treinamento de Religadores/Disjuntores( NU-LEC)**

Curso promovido pela schneider electric, com o objetivo de mostrar o princípio de comunicação com sistema elétrico, assim como o seu processo de montagem em postes, Como operá-lo tanto manualmente quanto remotamente e suas principais aplicações. Esse curso foi de grande importância, principalmente para o pessoal que trabalha no campo ( os operadores).

O Disjuntor/Religador Automático de circuitos ( ACR ) da Nu-Lec Industries é um religador/disjuntor trifásico, no estado da arte, controlado eletronicamente, para montagem externa em postes.

O disjuntor/Religador para montagem em postes é um da família de disjuntores para montagem externa da Nu-lec Industries, otimizados para esquemas de controle remoto e automação.

Os interruptores a vácuo são inseridos em moldes de epóxi, eliminando a necessidade de isolantes tais como óleo ou gás. A operação é por meio de atuadores magnéticos que não dependem da presença de alimentação de AT. O mecanismo é fechado em um tanque de aço inoxidável. Um suporte para montagem em postes é fornecido, o qual torna a instalação fácil e rápida. Os cabos são ligados ao

---

disjuntor/religador utilizando-se conectores paralelos de compressão ou terminais de cabos.

Os controles eletrônicos estão abrigados em um cubículo de controle de aço inoxidável, projetado para condições ambientais severas. Um painel de controle amigável, à prova de tempo, é fornecido para o operador local.

Monitoramento e controle remotos podem ser fornecidos sem o acréscimo de uma unidade Terminal Remota (RTU).

### **2.9.5. Curso de PTW – Simulador de Sistemas Elétricos**

Software bastante útil para a área de projetos, aumentando assim a qualidade de projetos de sistemas elétricos de potência. Nele podemos realizar várias análises ou estudos. Logo a seguir, encontram-se alguns exemplos de aplicações desta ferramenta.

#### **2.9.5.1. Estudo de curto circuito, Dimensionamento, demanda de carga e fluxo de potência**

A partir da elaboração de diagramas unifilares e inserção de dados de equipamentos é possível realizar análises de demanda de carga, dimensionar transformadores e alimentadores, análise de fluxo de potência e queda de tensão, analisar curto-circuito Trifásico, bifásico, monofásico e bifásico-terra, seguindo recomendações das Normas ANSI C37, IEEE std. 141-1993, IEC 60909 e IEC 61363.

#### **2.9.5.2. Estudo de proteção de sistemas elétricos**

Realiza a coordenação de proteção dos sistemas, facilitando a efetivação de estudos de seletividade de corrente através da elaboração de coordenogramas (Tempo x Corrente). Permite a avaliação dos dispositivos de condução de corrente e limites de oscilação de tensão nos sistemas elétricos. Determina ultrapassagens de critérios de tensão, correntes momentâneas e de interrupção e sobrecargas em equipamentos, como chaves seccionadoras, disjuntores, transformadores e cabos. Possui vasta biblioteca de equipamentos de proteção, além de permitir a confecção de novos dispositivos.

---

### **2.9.5.3. Estudo de Partida de motores e estabilidade transiente**

Efetua simulações de eventos e observação de efeitos eletromecânicos transitórios e dinâmicos em máquinas elétricas. O sistema permite o modelamento personalizado de máquinas síncronas, reguladores de tensão e de velocidades, estabilizadores de potência, motores de indução, cargas afetadas pela frequência, relés de frequência, potência e impedância. Permite a simulação de eventos de partida de motores, desligamento e mudanças de cargas através de monitoramento do tempo ou da tensão e por diversos métodos de partida.

### **2.9.5.4. Estudo de Análise Harmônica**

Analisa as distorções causadas por fontes harmônicas em qualquer ponto do sistema, em que o usuário personaliza suas próprias fontes harmônicas de tensão e de corrente. Gráficos apresentam o espectro da distorção percentual de tensão e de corrente, o ângulo da impedância ressonante e a forma de onda resultante em um ciclo.

### **2.9.5.5. Estudo de malhas de terra**

Avalia e projeta malhas de terra de subestações, baseado na Norma IEEE-Std 80, realizando cálculos de extratificação do solo, quantidade de cabo e hastes a serem utilizados na malha, tensão de toque e de passo elevação do potencial de terra, utilizando-se recomendações do IEEE e IEC. Os gráficos podem ser apresentados em uma ou três dimensões e possibilitam uma avaliação completa em toda a extensão da malha.

---

### **2.9.5.6. Estudo de falta a arco em painéis**

Avalia a energia incidente devido a descarga de arco de curto-circuito em painéis, dimensiona conseqüentemente, as propriedades dos materiais de proteção humana a serem utilizados nesta situação. Os tempos de desconexão são automaticamente determinados pelos valores das correntes de falha e ajustes dos dispositivos de proteção.

## **2.10. Visitas Realizadas**

- Visita à Fazenda Belém, especificamente a uma ETAP, onde foi realizado um levantamento de vários parâmetros, para reformular toda a instalação elétrica da estação.

- Visita à Alto do Rodrigues, para ver a possibilidade da transferência de um gerador de vapor para a região de Fazenda Belém, já que a subestação de 69KV não tem como fornecer mais do que 4MVA.

- Visita à um campo da Petrobrás em direção a cidade de Apodi, para testar um inversor de frequência que solucionaria o problema de rotação reversa em um poço que possui uma bomba centrífuga submersa (BCS).

- Visita à estação coletora e compressora de Livramento e Lorena, para fazer um levantamento das cargas instaladas nas duas estações. Com o objetivo de realizar um estudo no PTW, já que vão entrar em operação 3 a 4 compressores em cada uma das estações.

- Visita à estação coletora e compressora de Riacho da Forquilha, para solucionar um problema no inversor de frequência, que controlava a velocidade de rotação de uma BCS.

- Visita à dois poços de Serra do Mel, pois até o momento são acionados por geradores à diesel, mas logo que a rede de energia elétrica da Petrobrás ficar pronta ocorrerá a substituição, ou seja, os poços passaram a ser alimentados pela rede elétrica.

---

- Visita à subestação de 69KV de Canto do Amaro, para fazer um levantamento de dados da subestação, visando a atualização de sua documentação.

- Visita aos poços urbanos da Petrobrás, verificando a questão da rotação reversa .  
Presente ao local estava a equipe da WEG com um novo modelo de conversor de frequência para realizar os testes.

---

## 2.11. Conclusão Geral

O estágio é uma experiência fundamental para a vida profissional. A empresa Petróleo Brasileiro S.A. – PETROBRAS junto com seus funcionários me proporcionou um aprendizado em diversas áreas da engenharia Elétrica: sistemas elétricos de potência, automação industrial, controle e monitoramento de sistemas. Durante o estágio foi necessário à integralização dos conhecimentos adquiridos na vida acadêmica com a vida profissional, principalmente nas disciplinas de máquinas elétricas, análise de sistemas elétricos, distribuição de energia, gerenciamento de energia, acionamento de máquinas e proteção de sistemas elétricos.

Assim, como descrito neste relatório, através do estágio curricular realizado na Petrobras, foram concluídas as metas estabelecidas no programa de estágio feito pela empresa, adquirindo conhecimentos na área de sistemas de potência.

---

## 2.12. Bibliografia

- 1- MAMEDE, J. F. **Instalações Elétricas Industriais**, 7<sup>o</sup> edição, Editora LTC, Fortaleza, 2006.
- 2- MORO, C. F. **Inversores de Frequência – Teoria e Aplicações**, 1<sup>o</sup> edição, Editora Érica, Rio de Janeiro, 2008.
- 3- ARAÚJO, C. A. S., CÂNDIDO, J. R. R., CAMARA, F. S., PEREIRA, M. D. **Proteção de sistemas Elétricos**, 2<sup>o</sup> edição, Editora Interciência, Rio de Janeiro, 2005.
- 4- STEVENSON, W. D. **Elementos de Análise de Sistemas de Potência**, 2<sup>o</sup> Edição em português, Editora Mcgraw-Hill, São Paulo, 1986.
- 5- IEEE Std 80-2000-IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding.
- 6- **Electrical Transmission and Distribution Reference Book – By Station Engineers of the Westinghouse Electric Corporation**, East Pittsburgh, Pennsylvania, 1964.
- 7- CREDER, H. **Instalações Elétricas**, 15<sup>o</sup> edição, Editora LTC (GEN), São Paulo, 2005.
- 8- ROBBA, E. J. **Introdução a sistemas elétricos de potencia**, 2<sup>o</sup> edição, Editora Edgard Blucher, São Paulo, 2000.
- 9- MAMEDE, J. F. **Manual de Equipamentos Elétricos**, 3<sup>o</sup> edição, Editora LTC, Fortaleza, 2005.
- 10- OLIVEIRA, J. C. **Transformadores - Teorias e Ensaio**s, 1<sup>o</sup> edição, Editora Blucher, São Paulo, 1984.