

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO:
DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO
NERG – NÚCLEO DE ENERGIA**

Aluno: Fábio Alcantara Rocha

Matricula: 20221117

**Campina Grande
Agosto de 2009**

FÁBIO ALCANTARA ROCHA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO
NERG – NÚCLEO DE ENERGIA

Aprovado em _____ de _____ de 2009

Banca Examinadora

Orientador: Prof. Leimar de Oliveira

Professor Convidado: Prof. Edmar Candeia Gurjão

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus colegas de profissão e a todos que me apoiaram e me orientaram na realização do meu estágio e na realização deste relatório.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro aos meus pais Aurelino Souza Rocha e Oleniva do Nascimento Alcantara Rocha, a minha esposa Albanisa Araújo Teixeira, meu filho Isaac Henric Araujo Alcantara e minha Irma Patrícia Alcantara Rocha, por terem me dado o apoio que sempre precisei, aconselhando, incentivando e acreditando no meu potencial.

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO
2. INTRODUÇÃO
3. METODOLOGIA
4. RESULTADOS OBTIDOS
 - 4.1. Etapa 1: Medições Diretas com Analisador de Energia
 - 4.1.1. Subestação 01 - Transformador de 500kVA
 - 4.1.2. Subestação 02 - Transformador de 500kVA
 - 4.1.3. Problemas encontrados
 - 4.1.4. Soluções indicadas
 - 4.2. Etapa 2 e 3: Levantamento de carga instalada e Inspeção da rede de distribuição
 - 4.2.1. Quadro de Cargas
 - 4.2.2. Problemas encontrados
 - 4.2.3. Soluções indicadas
 - 4.3. Etapa 4: Análise Tarifária
5. CONCLUSÕES
6. BIBLIOGRAFIAS
7. ANEXOS
 - 7.1. ANEXO I: Diagrama Unifilar Situação Atual
 - 7.2. ANEXO II: Diagrama Unifilar Situação Indicada
 - 7.3. ANEXO III: Planta de Situação da Empresa
 - 7.4. ANEXO IV: Memorial de Cálculo
 - 7.5. ANEXO V: Dados obtidos com o Analisador de Energia.

1. APRESENTAÇÃO

O Estágio curricular foi realizado no Núcleo de Energia – NERG, que originou-se dos trabalhos do professor J. Hunt no seio do Departamento de Engenharia Elétrica (DEE) em 1975. Naquela oportunidade a motivação era norteada pela crise mundial de energia de 1973 e sensibilizada por uma opção de fonte alternativa que se adequasse ao setor elétrico de pequeno porte – sistemas eólicos/elétricos.

A atuação do Núcleo estende-se, prioritariamente, aos aspectos energéticos enquadrados numa política de energização regional com ênfase ao meio rural, procurando desenvolver soluções tecnológicas e balanços energéticos consistentes com os cenários preconizados para a evolução da realidade nordestina.

No âmbito da Universidade a atuação do Núcleo faz-se através do incremento e desenvolvimento de pesquisas, programas e projetos, compatíveis com a ação educacional, a nível médio, de graduação e pós-graduação, e de apoio ao ensino e aprendizagem propriamente ditos.

Relativamente à comunidade, a atuação do Núcleo traduzir-se pela produção e prestação de serviços aos seus segmentos neles interessados, de modo a promover a integração Universidade-Comunidade, tendo sempre como meta uma melhor capacitação profissional da comunidade envolvida.

2. INTRODUÇÃO

Promover eficiência energética é essencialmente utilizar o conhecimento de forma aplicada, empregando os conceitos de engenharia, da economia e da administração aos sistemas energéticos. Contudo, dado à diversidade e complexidade desses sistemas, existem técnicas métodos para definir objetivos e ações para melhorar o desempenho energético e reduzir as perdas nos processos de transporte, armazenamento e distribuição de energia. Essas técnicas, mediante uma abordagem sistemática dos fluxos energéticos em um dado sistema, visam determinar quem, quando e como se está consumindo energia e fundamentar a implantação de programa de uso racional de insumos energéticos.

Neste sentido, foi possível desenvolver no Estágio Supervisionado umas das metodologias para auditoria energética (*Diagnóstico Energético*) do Sistema Elétrico de Baixa Tensão e uma empresa (Garden Hotel Campina Grande) com o objetivo de proporcionar ao aluno uma vivência nas áreas de instalação elétrica de baixa e media tensão, equipamentos para medições de grandezas elétricas, projetos de instalações elétricas e o conhecimento de vários equipamentos elétricos.

O método do Diagnóstico Energético visa estudar a unidade consumidora industrial ou comercial, essencialmente levantando o perfil de consumo por uso final e comparando com uma amostra dos principais setores produtivos. Requer algum levantamento de dados em campo, que são processados e permitem identificar qualitativamente os pontos críticos e indicar necessidade de atuação em equipamentos específicos, através de relatórios padronizados.

3. METODOLOGIA

Etapa 1: Medições Diretas com Analisador de Energia

Com a finalidade de obter um perfil de consumo (picos de demanda, horário de maior e menor consumo) das instalações elétricas, distribuídas pelas duas subestações (ANEXO III) e sub-alimentadores (QGBT), foi instalado um equipamento eletrônico micro processado denominado Analisador de Energia nas subestações 01 e 02 (ANEXO I) durante 08 dias / 192 horas, em cada subestação para obter as seguintes informações:

1. Tensão (por fase)
2. Corrente (por fase)
3. Potência Ativa (total e por fase)
4. Potência Reativa (total e por fase)
5. Potência Aparente (total e por fase)
6. Fator de potência (total e por fase)
7. Distorção Harmônica Total (DHT)



Figura 01 - Analisador Portátil de Energia

Com geração de gráficos para os itens 1, 2, 3, e 5 (**ANEXO V**).

A medição destas grandezas foi realizada utilizando-se o Analisador de Energia P600-IMS, que foi instalado no secundário dos transformadores com um período de integração de 5 minutos.

O analisador foi primeiramente instalado no transformador de 500kVA subestação 02 (ANEXO I e III) no período de 18/05/2009 a 25/05/2009. Em seguida, foi instalado no transformador de 500kVA subestação 01 (ANEXO I e

III) no período de 26/05/2009 a 02/06/2009, caracterizando assim ciclos de trabalho típicos nas instalações conectadas a estes transformadores.

Etapa 2: Levantamento de carga instalada

O levantamento de carga instalada foi realizado através de inspeção diretas nos ambiente da empresa, buscando identificar as principais cargas da unidade.

Etapa 3: Inspeção da rede de distribuição

Em toda extensão da rede de distribuição de baixa tensão da empresa, foi realizado uma vistoria de modo a identificar desde o QGBT's e sub-quadros, pontos passíveis à redimensionamentos, bem como, melhorados para possibilitar acionamentos de 102 split's na Ala Sul, 80 na Ala Norte e 10 nas suítes em substituição aos fancoletes (unidades de evaporação de ar refrigerado).

Etapa 4: Análise tarifária

Foi realizada uma análise detalhada das faturas de energia elétrica com a finalidade de identificar quais fatores podem ser atenuados de modo a reduzir os gastos com energia elétrica dentro da unidade.

4. RESULTADOS OBTIDOS

4.1. Etapa 1: Medições Diretas com Analisador de Energia

4.1.1. Subestação 01 - Transformador de 500kVA (Chiller)

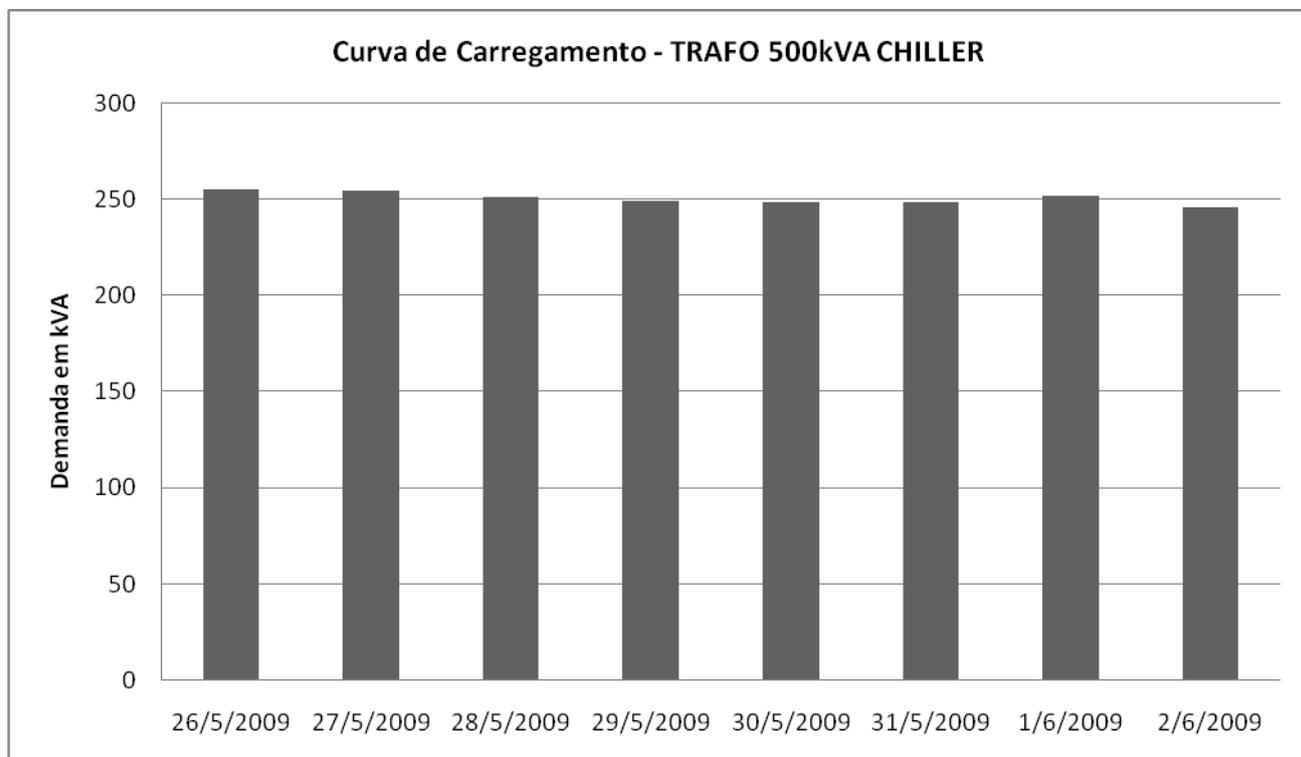


Figura 02: Potência Aparente Total do Chiller

Com a análise da curva de carga deste transformador (figura 02), foi possível identificar que o mesmo encontra-se trabalhando em condições nominais de funcionamento (50% da capacidade de transformação) com uma curva de carregamento diária bem definida.

Vale salientar também que o CHILLER (equipamento de refrigeração central) representa cerca de 41% da demanda contratada do hotel junto à concessionária de energia. Este fato nos mostra um indicativo no sentido de potenciais pontos de redução de custos com energia elétrica, uma vez que a empresa, já sinaliza medidas de desativação do CHILLER em sua plenitude, uma vez instalados os condicionadores de ar tipo split em todos os apartamentos da unidade.

4.1.2. Subestação 02 - Transformador de 500kVA

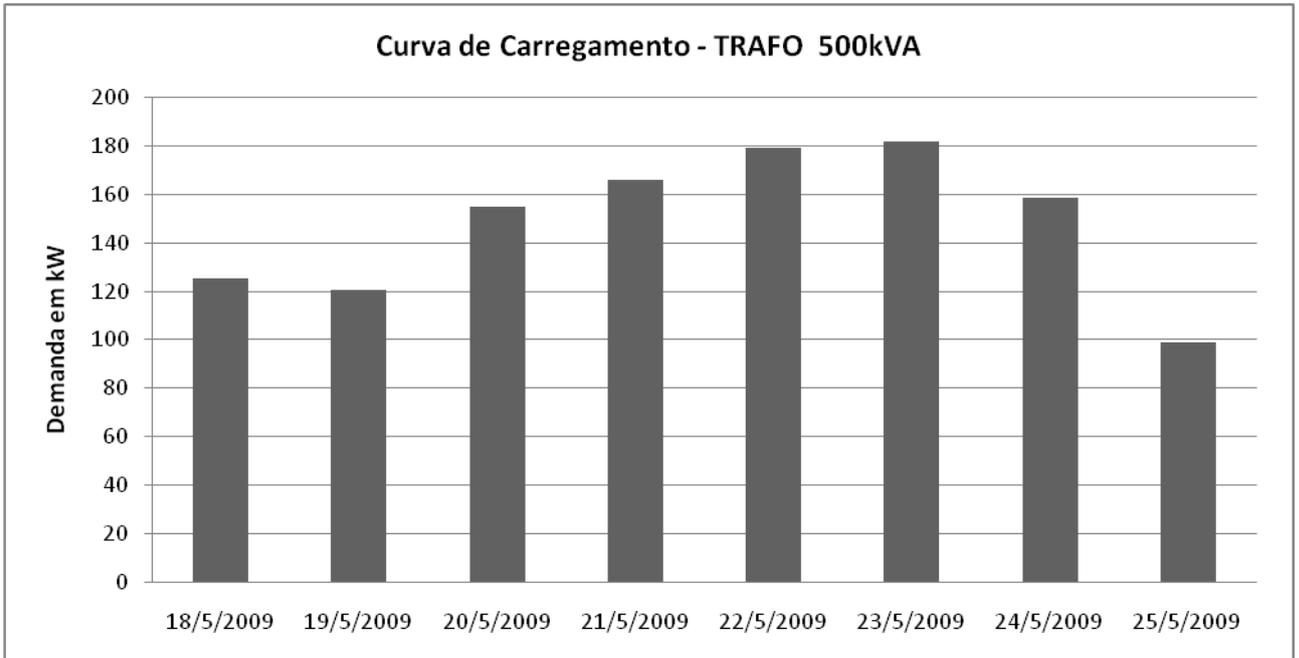


Figura 03: Potência Ativa total

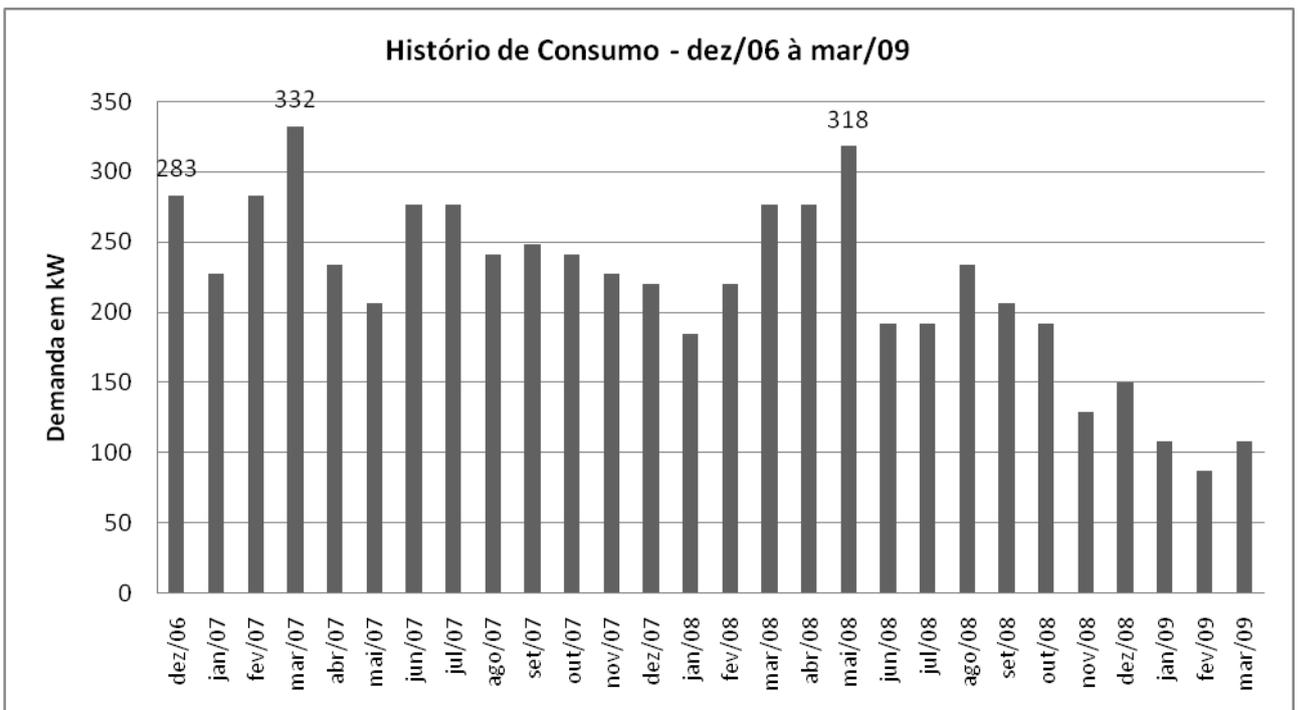


Figura 04: Potência Ativa Total – Retirando contribuição do Chiller

Com a análise da curva de carga deste transformador (figura 03), transformador do CHILLER (figura 02), e histórico de consumos das faturas de

energia dos últimos 28 meses (12/06 a 04/09 figura 04) foi possível identificar que o mesmo encontra-se trabalhando em condições nominais de funcionamento com registro de máxima potência ativa em março de 2007 e maio de 2008.

Com o objetivo de verificar possibilidade de ligação dos condicionadores de ar tipo split, já instalados na Ala Sul e Suítes (ANEXO III) (117kW), realizamos uma simulação da entrada dessa nova carga em sua totalidade no transformador, para isto foi considerado o mesmo histórico de consumo, haja vista a periodicidade da curva de carga Hotel.

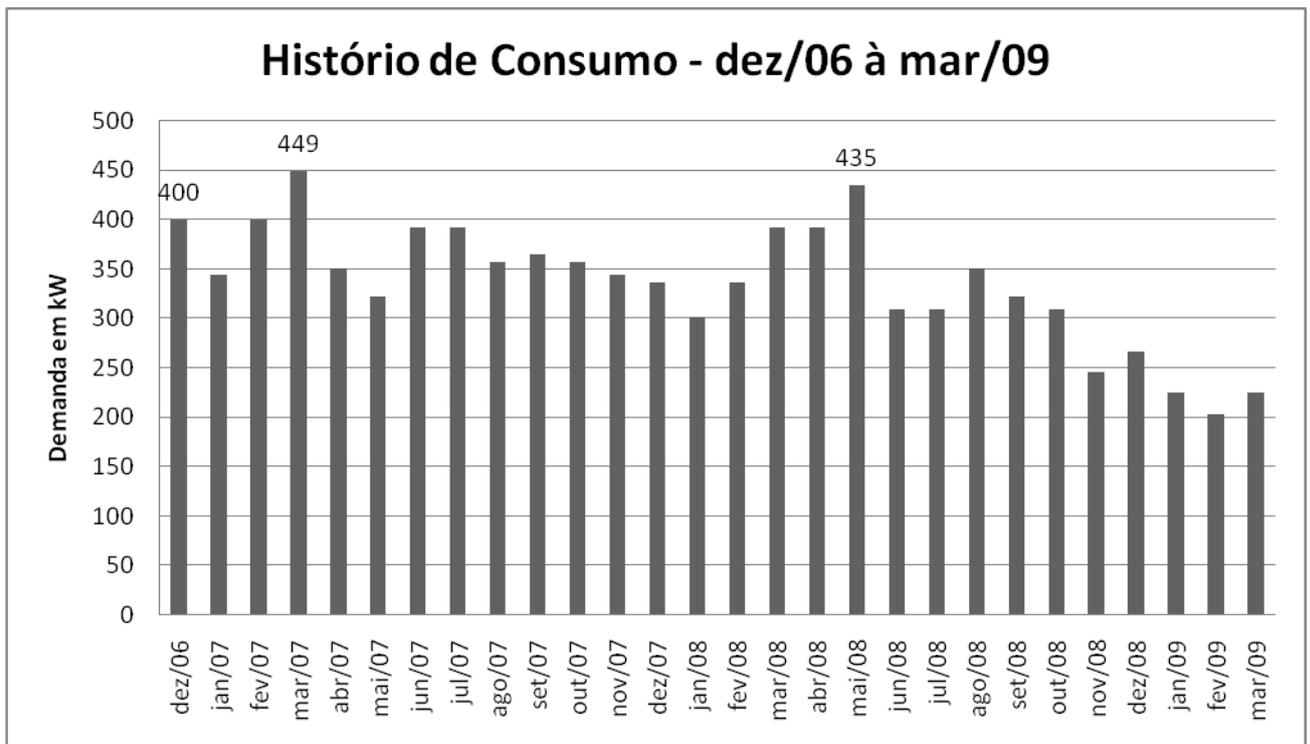


Figura 05: Potência Ativa Total Simulada Ala Sul e Suítes

A mesma simulação foi realizada também para instalação dos condicionadores de ar tipo split para *todos os apartamentos da empresa (197kW)*.

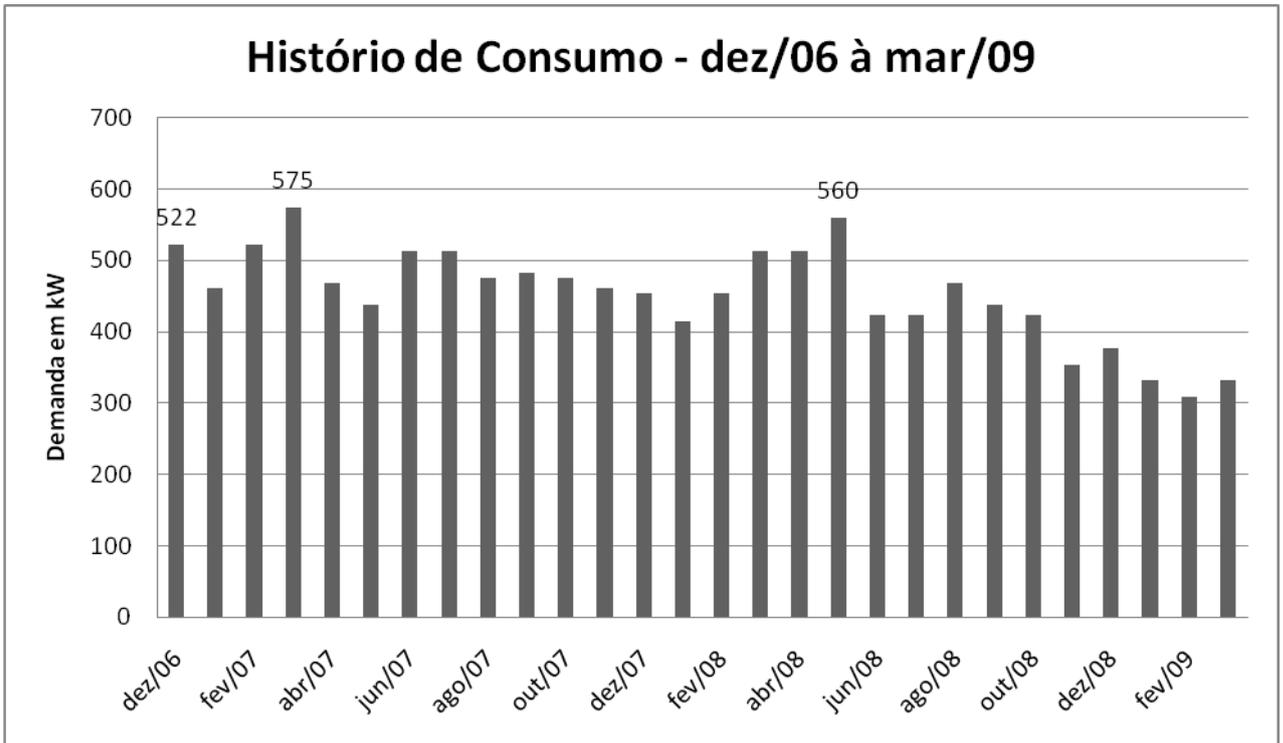


Figura 06: Potência Ativa Total Simulada – Retirando contribuição do Chiller

4.1.3. Problemas encontrados

Subestação 02 - Transformador de 500kVA

- ✓ Não foram encontradas situações adversas quanto ao carregamento deste transformador, pois o mesmo opera a meia carga (50%) e tem como único consumidor o CHILLER.

Subestação 02 - Transformador de 500kVA

- ✓ Com o acréscimo das novas cargas para Ala Sul e Suítes (ar condicionados), uma vez confirmada o mesmo histórico de consumo (figura 04), o grupo gerador (classificação Standby) instalado nesta subestação passará operar no limiar ou acima de sua capacidade máxima de geração (400kW).

Isto caracteriza um quadro alarmante, uma vez que durante a partida ou em condições de funcionamento com carga de pico, cargas transientes súbitas podem provocar alterações de tensão e de frequência prejudiciais à carga conectada ou grandes o suficiente para impedir uma partida bem-sucedida ou o funcionamento apropriado da carga.

Outros efeitos como redução da intensidade da iluminação, cintilar das lâmpadas (efeito Flicker) ou aceleração brusca de elevadores podem ser no mínimo incômodos para os clientes do hotel, além da redução da vida útil do Grupo Gerador.

- ✓ Com o acréscimo das novas cargas (figuras 06) em todo o hotel (ar condicionados Ala Sul, Ala Norte e Suítes), não apenas o grupo gerador estará comprometido, mas também o Transformador de 500kVA o que deixa de ser um quadro alarmante e passa ser Crítico.

Para o transformador é importante observar que carregar um transformador próximo à sua potência nominal (**500kVA**) implica em um expressivo aumento das perdas. Neste sentido, o carregamento do transformador tendo como critério o seu limite térmico, além de expor o mesmo a uma maior probabilidade de falha, contribui decisivamente para uma ineficiência do sistema elétrico do hotel.

4.1.4. Soluções indicadas

Subestação 02 - Transformador de 500kVA

A empresa possui instalada uma capacidade de transformação de 1,8MVA distribuída conforme diagrama unifilar abaixo:

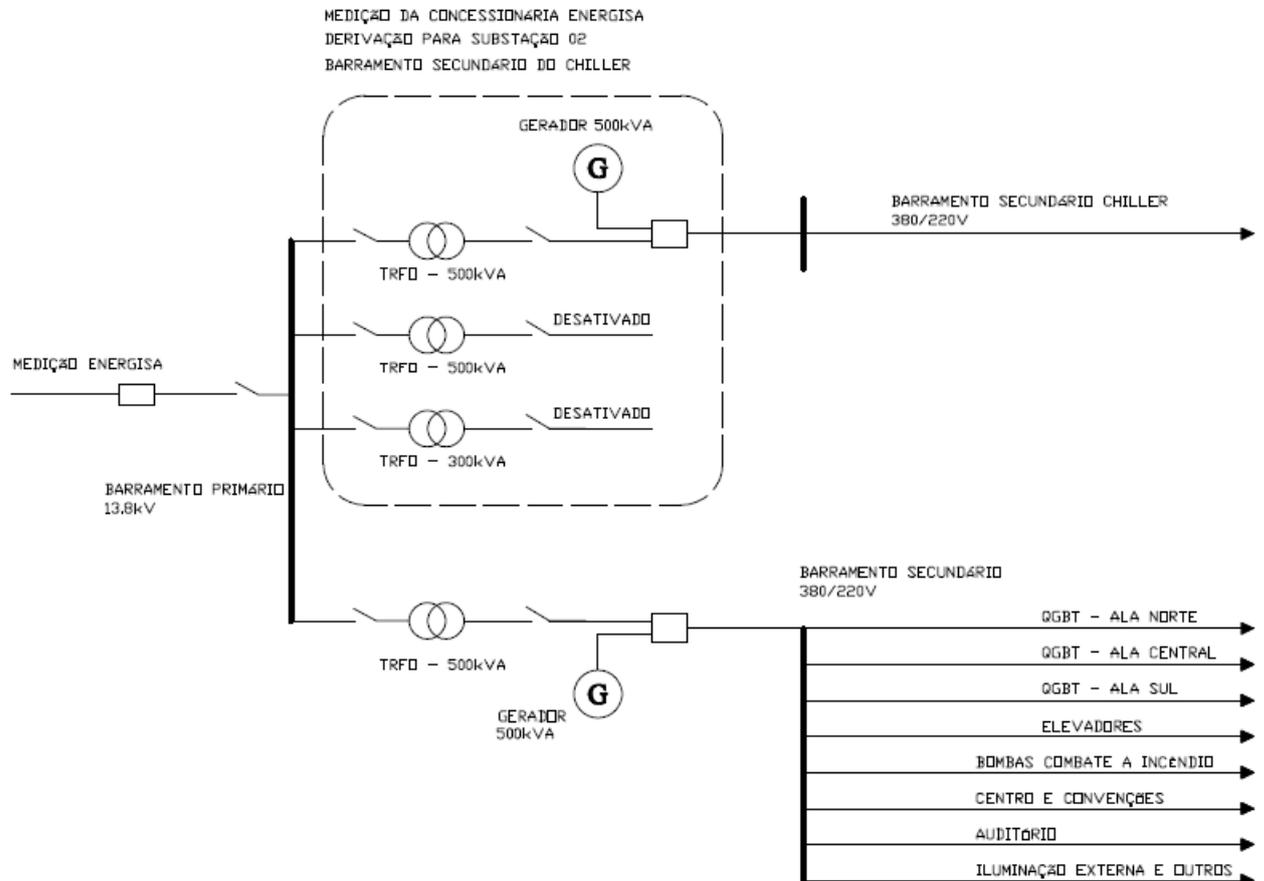


Figura 07: Diagrama unifilar Garden Hotel

Analisando a figura 07 podemos identificar uma concentração de carga na subestação 02, enquanto que a subestação 01 opera ociosamente, apenas com CHILLER conectado ao transformador de 500 kVA com carregamento de 50% ver figura 01.

Com objetivo de aperfeiçoar a distribuição de cargas do Garden Hotel e viabilizar as instalações dos condicionadores de ar tipo split em sua totalidade. Faz-se necessário mudanças no layout da divisão atual dos circuitos conforme diagrama unifilar a seguir:

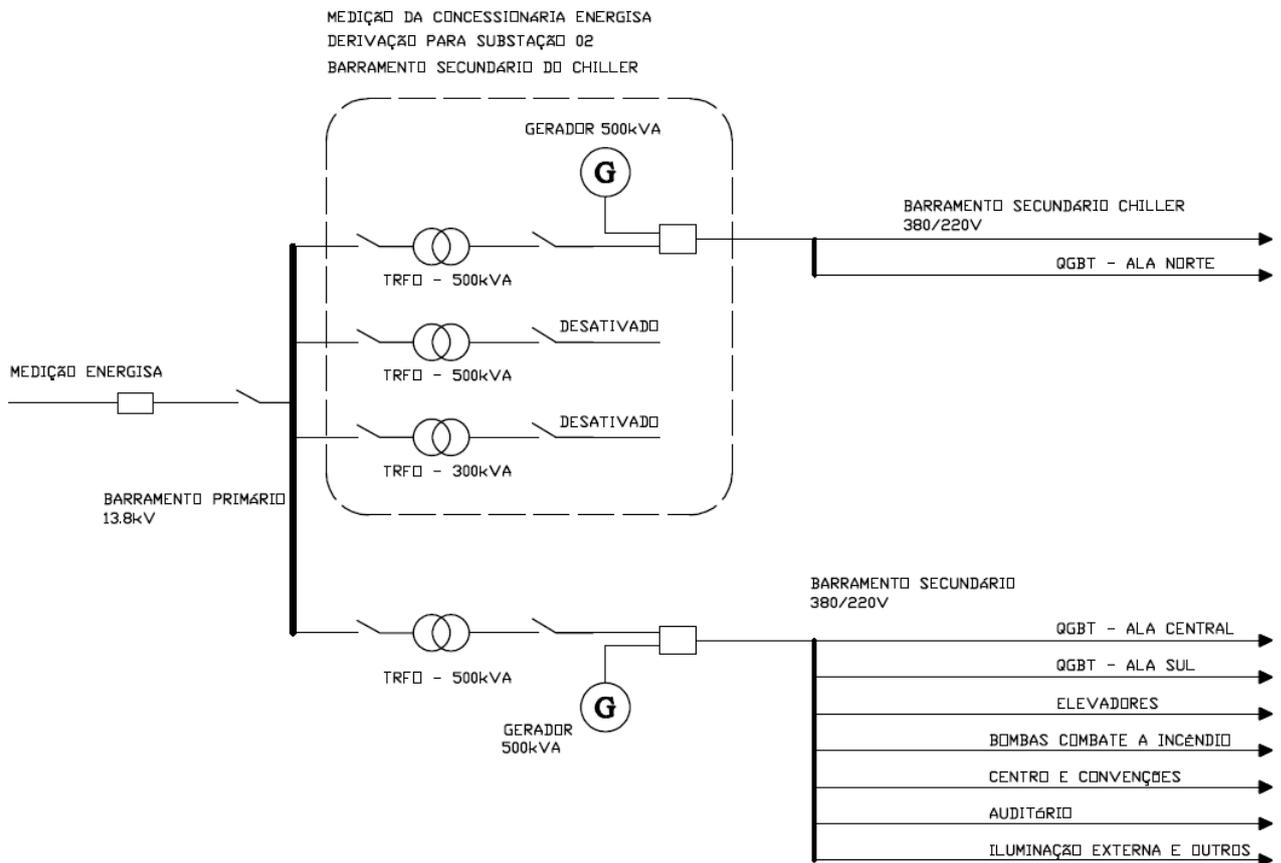


Figura 08: Diagrama unifilar Garden Hotel – Nova distribuição

Com essa nova distribuição de cargas (figura 08), onde a Ala norte passará a ser alimentada pelo mesmo barramento do CHILLER, será possível instalar os condicionadores de ar tipo split em sua totalidade.

Faz-se necessário também, um novo levantamento da curva de carga de ambas as subestações para verificar a retirada de mais cargas da subestação 02 (se necessário).

4.2. Etapa 2 e 3: Levantamento de carga instalada e Inspeção da rede de distribuição

4.2.1. Quadro de Cargas

Abaixo é dado o quadro resumo de carga instalada nas edificações da empresa já contemplada as instalações dos condicionadores de ar tipo split.

Localização	Carga instalada (kVA)
Ala Sul	194,50
Ala Central	124,40
Ala Norte	191,50
Centro de Convenções	231,00
Auditório	165,00
Total	888,40

Tabela 01: Carga Instalada Garden Hotel

4.2.2. Problemas encontrados

Com o acréscimo da carga instalada (instalação de condicionadores de ar tipo split, 102 para ala sul, 10 para suítes e 80 para ala norte) foi realizada uma vistoria de modo a identificar desde o QGBT's de cada ala e sub-quadros de cada pavimento, *pontos passíveis a redimensionamentos*.

Ala Sul

- ✓ Disjuntor geral (200A) do QGBT Ala Sul está descoordenado para a nova corrente projetada, devido ao acréscimo de carga.
- ✓ Barramento do QGBT Ala Sul, encontrar-se em forte processo de oxidação devido à alta umidade no qual o mesmo está instalado;
- ✓ Ramal alimentador (cabo flexível 10mm²) de cada sub-quadro por pavimento, está sub dimensionado para nova carga;
- ✓ Disjuntor geral (80A) de cada sub-quadro por pavimento está descoordenado para a nova corrente projetada, devido ao acréscimo de carga.

Ala Norte

- ✓ Ramal alimentador (cabo flexível 35mm²) do QGBT Ala Norte, está sub dimensionados não apenas pelo acréscimo de carga, mas também para situação atual;
- ✓ Ramal alimentador (cabo flexível 35mm²) do QGBT Ala Norte apresenta seção do condutor fase inferior a do condutor neutro e terra.
- ✓ Disjuntor geral (350A) do QGBT Ala Norte está descoordenado para a nova corrente.
- ✓ Ramal alimentador (cabo flexível 10mm²) de cada sub-quadro por pavimento, está sub dimensionado para nova carga;
- ✓ Disjuntor geral (80A) de cada sub-quadro por pavimento está descoordenado para a nova corrente projetada, devido ao acréscimo de carga.

Ala Central

Para instalação das 10 unidades de refrigeração tipo split para suítes, não foram identificados impossibilidades técnicas para suas ligações, sendo assim as mesmas estão aptas a instalação das unidades.

4.2.3. Soluções indicadas

Ala Sul

- ✓ Instalação de um **novο disjuntor geral de 350A** no QGBT Ala Sul, para que a proteção dos condutores contra sobrecargas fique assegurada e desta forma, fazendo com que as características de atuação do dispositivo estejam em conformidade com norma (NBR 5410).

Onde $I_b < I_n < I_z$,

I_b é a corrente de projeto do circuito para a carga instalada da ala sul ($I_b = 291,07$);

I_n é a corrente nominal do dispositivo de proteção (ou corrente de ajuste, para dispositivos ajustáveis), nas condições previstas para sua instalação;

I_z é a capacidade de condução de corrente do condutor de 300mm² (336A), com o método de referência "D" (NBR 5410 Tabela 33);

- ✓ Substituição dos barramentos (aplicação de pintura anticorrosiva) e conectores do QGBT Ala Sul.
- ✓ Substituição do ramal alimentador existente de cada sub-quadro por pavimento, por um novo com a seguinte dimensão.

Cabo Flexível 35,0mm² 750V;

- ✓ Instalação de um novo **Disjuntor Geral de 100A** de cada sub-quadro por pavimento e no QGBT Ala Sul.

Ala Norte

- ✓ Substituição do ramal alimentador existente de cada sub-quadro por pavimento, por um novo com a seguinte dimensão.

Cabo Flexível 35,0mm² 750V;

- ✓ Instalação de um novo **Disjuntor Geral de 100A** de cada sub-quadro por pavimento e no QGBT Ala Norte.
- ✓ Substituição do ramal alimentador (**condutores fase**) do QGBT Ala Norte, por um novo com a seguinte dimensão;

Cabo SINTENAX FLEX 240,0mm² 0,6/1KV unipolar

Vale salientar que foi adotado como critério de cálculo uma **DEMANDA DE 90%** da carga instalada para Ala Norte (191,5kVA).

Memorial de Cálculo ver ANEXO III.

- ✓ Instalação de um **novo disjuntor geral de 300A** no QGBT Ala Sul, para que a proteção dos condutores contra sobrecargas fique assegurada e desta forma, fazendo com que as características de atuação do dispositivo estejam em conformidade com norma (NBR 5410).

Onde $I_b < I_n < I_z$.

I_b é a corrente de projeto do circuito para a carga instalada da ala sul ($I_b = 261,96$);

I_n é a corrente nominal do dispositivo de proteção (ou corrente de ajuste, para dispositivos ajustáveis), nas condições previstas para sua instalação;

I_z é a capacidade de condução de corrente do condutor de 240 mm² com o método de referência "D" (NBR 5410 Tabela 33) e Memorial de Cálculo ANEXO III;

4.3. Etapa 4: Análise Tarifária

Ao realizarmos um pré-análise na fatura de energia desta unidade referente ao mês de Janeiro de 2008 à Fevereiro de 2009, o valor bruto anual de economia mínima gerada é da ordem de R\$ 54.000,00 (cinquenta e quatro mil reais). Uma vez que a empresa vem pagando sucessivas multas por excedente de reativo.

5. CONCLUSÕES

A realização do estágio no NERG, tendo como objeto de estudo uma empresa externa, possibilitou o contato direto com a realização de um diagnóstico energético em sua totalidade.

Com a realização do estágio, a formação profissional foi efetivada em sua plenitude, pois possibilitaram acesso direto as variáveis partes integrantes de uma instalação elétricas. Além disso, foi de fundamental importância que algumas das medidas indicadas para os problemas encontrados foram executadas, visando garantir o perfeito funcionamento das instalações elétricas das edificações da unidade empresarial

Vale salientar que todas as ações indicadas, atendem rigorosamente as normas brasileiras para instalações elétricas em baixa tensão NBR-5410 e suas referências.

O estágio proporcionou o desenvolvimento profissional do estudante, proporcionando experiência com o ambiente de trabalho de um engenheiro e complementando a formação teórica obtida na universidade principalmente disciplinas como Sistemas Elétricos, Conversão Eletromecânica, Máquinas Elétricas e Engenharia Econômica.

6. BIBLIOGRAFIA.

Mamede, João Filho – *Instalações Elétricas Industriais*. 6ª Edição. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

Cotrim, Ademario A. M. B., *Instalações Elétricas*. 4ª Edição. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2003.

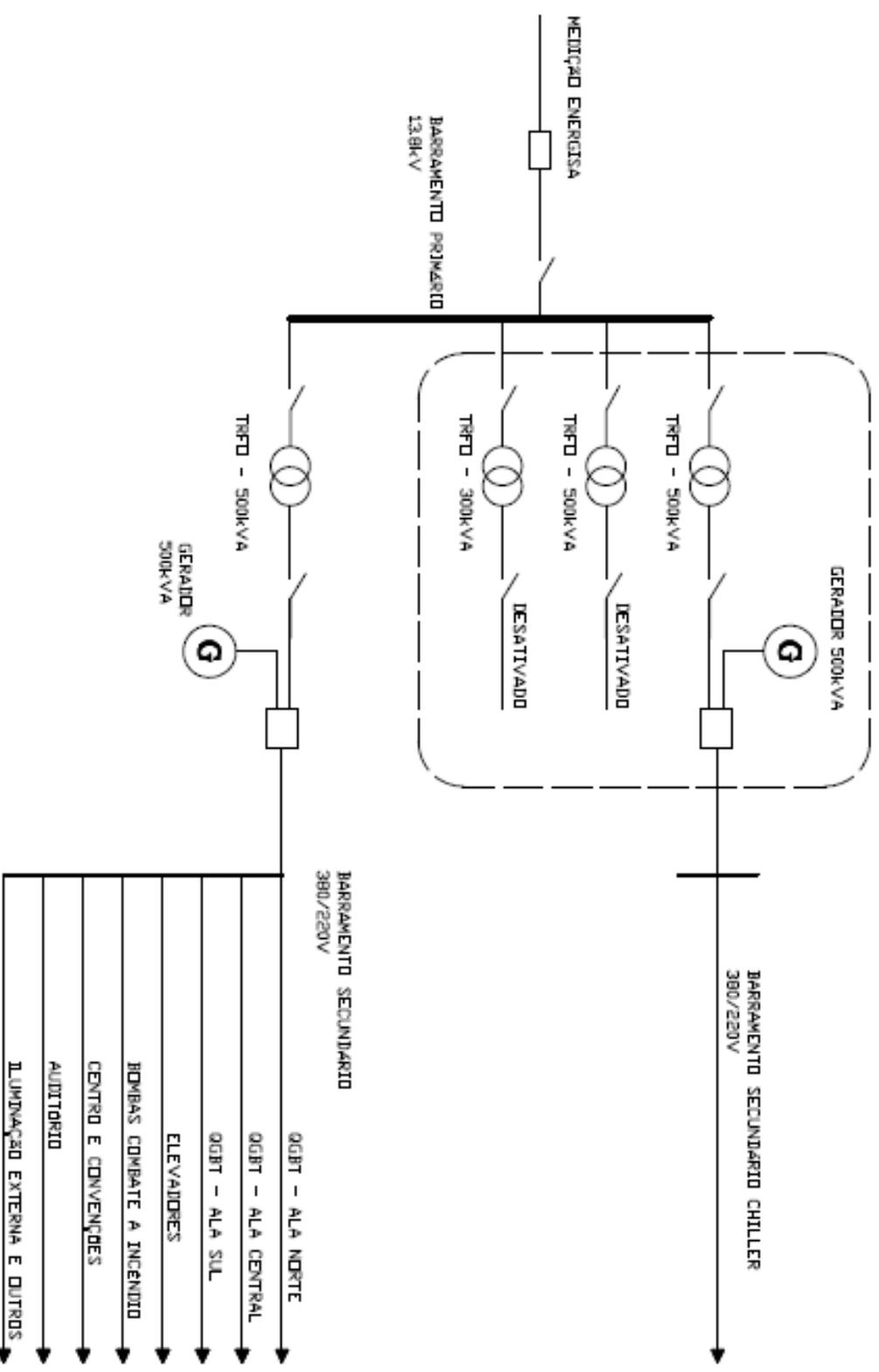
NORMA BRASILEIRA – ABNT 5410 *Instalações Elétricas de Baixa Tensão* – 2004.

Conservação de Energia - *Eficiência Energética de Equipamentos e Instalações*. 3ª Edição. Eletrobrás/PROCEL EDUCAÇÃO Universidade Federal de Itajubá, 2006.

7. ANEXOS

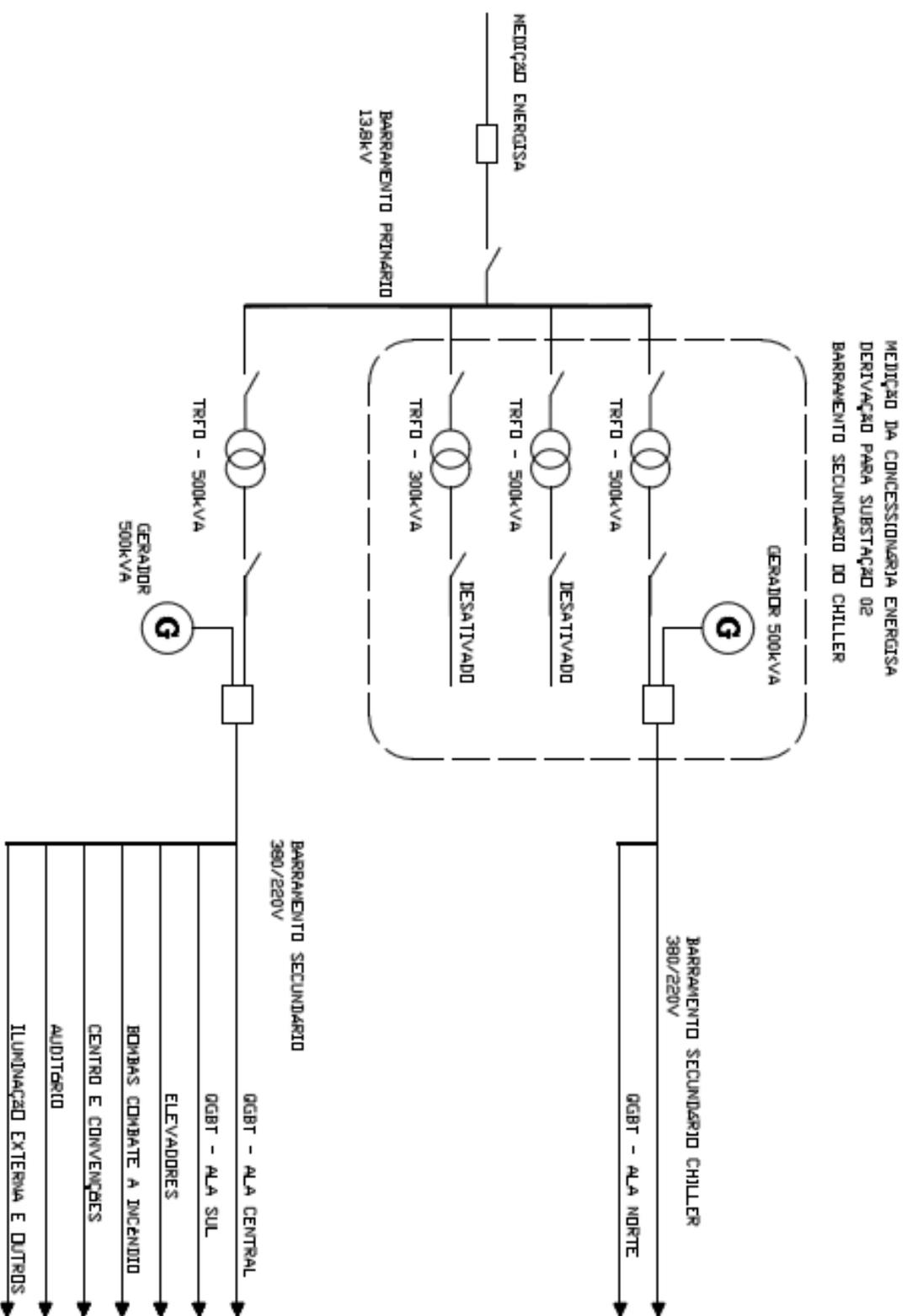
7.1. ANEXO I: Diagrama Unifilar Situação Atual

MEDIÇÃO DA CONCESSIONÁRIA ENERGISA
 DERIVAÇÃO PARA SUBESTAÇÃO 02
 BARRAMENTO SECUNDÁRIO DO CHILLER



Distribuição Atual

7.2. ANEXO II: Diagrama Unifilar Situação Indicada



Distribuição Proposta

7.3. ANEXO III: Planta de Situação da Empresa

MEDIÇÃO CONCESSIONÁRIA

SUBESTAÇÃO-01
CHILLER

CHILLER

CENTRO DE CONVENÇÕES
AUDITÓRIO
396KVA

ALA NORTE
CARGA INSTALADA
191,5KVA

ALA CENTRAL
CARGA INSTALADA
124,4KV

SUBESTAÇÃO - 02
CENTRO DE CONVENÇÕES
HOTEL

ALA SUL
CARGA INSTALADA
194,5KVA

7.4. ANEXO IV: Memorial de Cálculo

Projeto : Projeto QGBT
Circuito : Ala Norte

Dados de entrada

Maneira de instalar:	Eletroduto enterrado
Sistema:	Trifásico (3F)
Cabo:	Cabo SINTENAX FLEX 0,6/1kV unipolar
Número de condutores por fase imposto :	1
Seção nominal do condutor :	Automática
Seção mínima de cada condutor:	2.5 mm ²
Temperatura ambiente:	25 oC
Dispensada verificação contra contatos indiretos	
Dispensada verificação contra sobrecarga	
Comprimento do circuito	60.0 m
Queda de tensão máxima admitida :	7.00 %
Tensão fase/fase :	380 V
Fator de correção de agrupamento imposto :	1.00
Resistividade térmica do solo:	2.00 ohm/m
Corrente c.c. presumida (Ikmax):	1.0 kA
Cargas não motor consideradas	
Corrente do circuito :	291.1 A
Fator de potência do circuito :	1.00
Fator de demanda :	0.90

Valores calculados

Seção nominal dos condutores :	1 x 240 mm ²
Critério de dimensionamento:	Capacidade de corrente
Capacidade de condução de corrente :	1 x 282.1 A
Fator de correção de agrupamento :	1.00
Fator de correção de temperatura :	0.95
Resistência em CA de cada condutor :	0.0943 ohm/km
Reatância indutiva de cada condutor :	0.0976 ohm/km
Queda de tensão efetiva :	0.68 %
Icc presumida mínima ponto extremo (Ikmin) :	1.04e+004 A
I2t de cada condutor para Ikmax :	1.66e+009 A
I2t de cada condutor para Ikmin :	8.02e+008 A
Tempo máximo para atuação da proteção para Ikmax :	1.66e+003 s

7.5. ANEXO V: Dados Obtidos com o Analisador de Energia

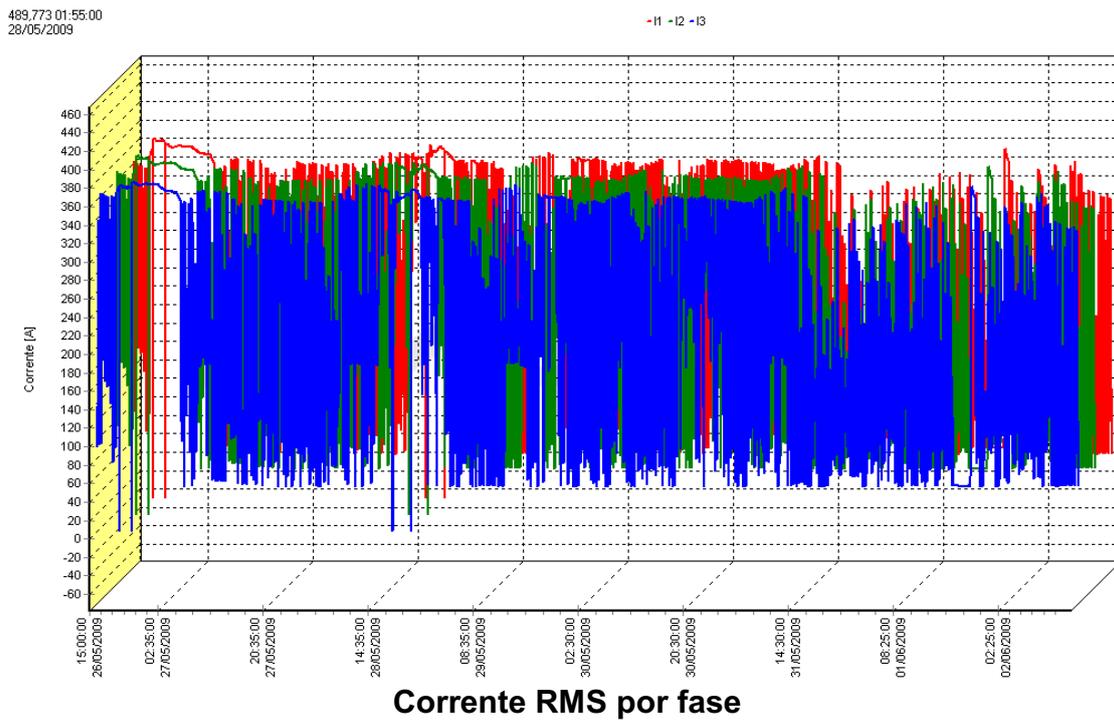
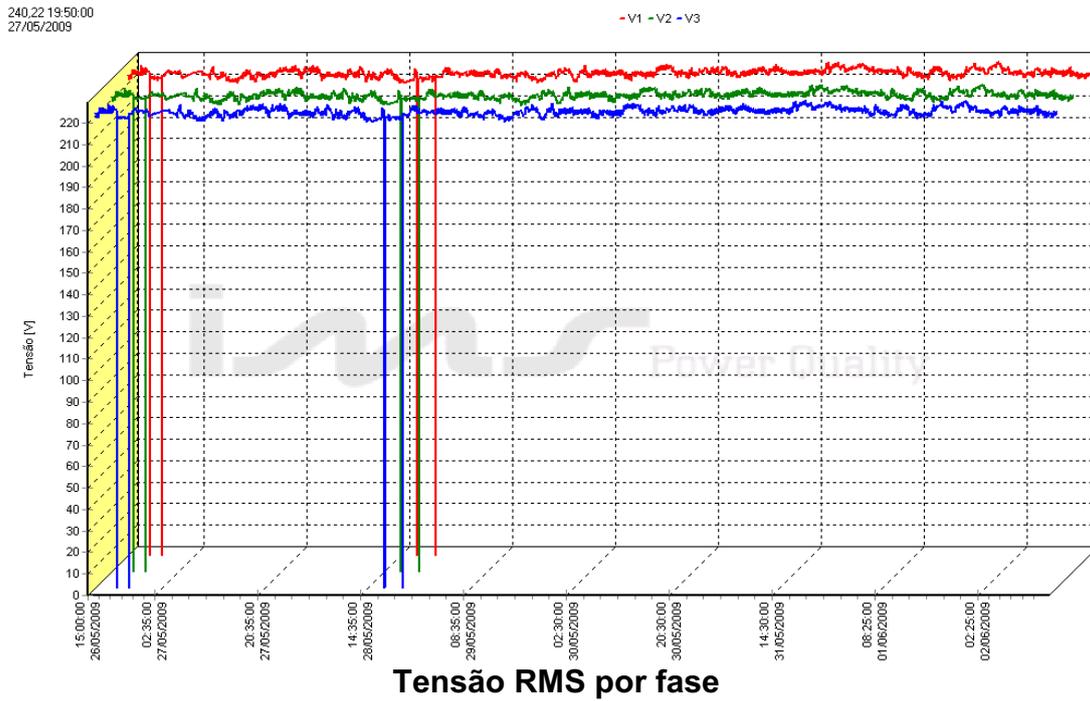
TRAFO 500kVA Subestação 01

Período de medições: 08/06/2009 a 15/06/2009

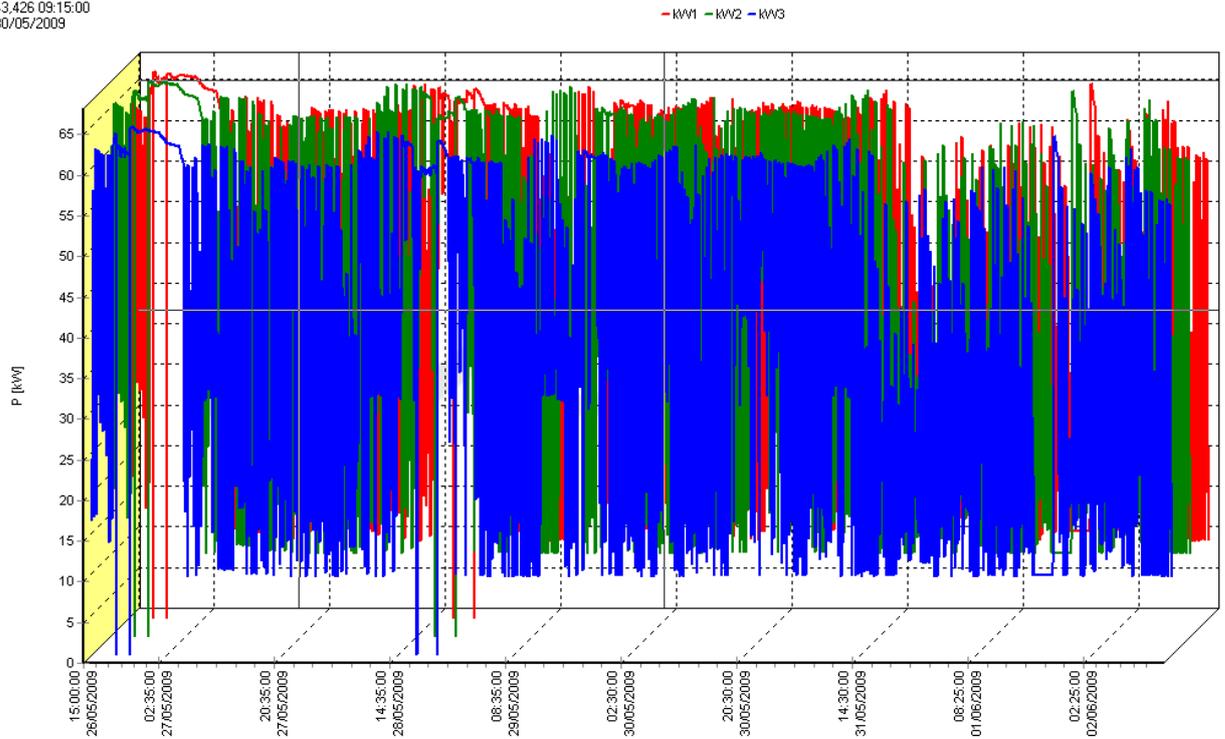
Período de integração: 5 minuto

Equipamento utilizado: Analisador de Energia P600 IMS

Dados coletados

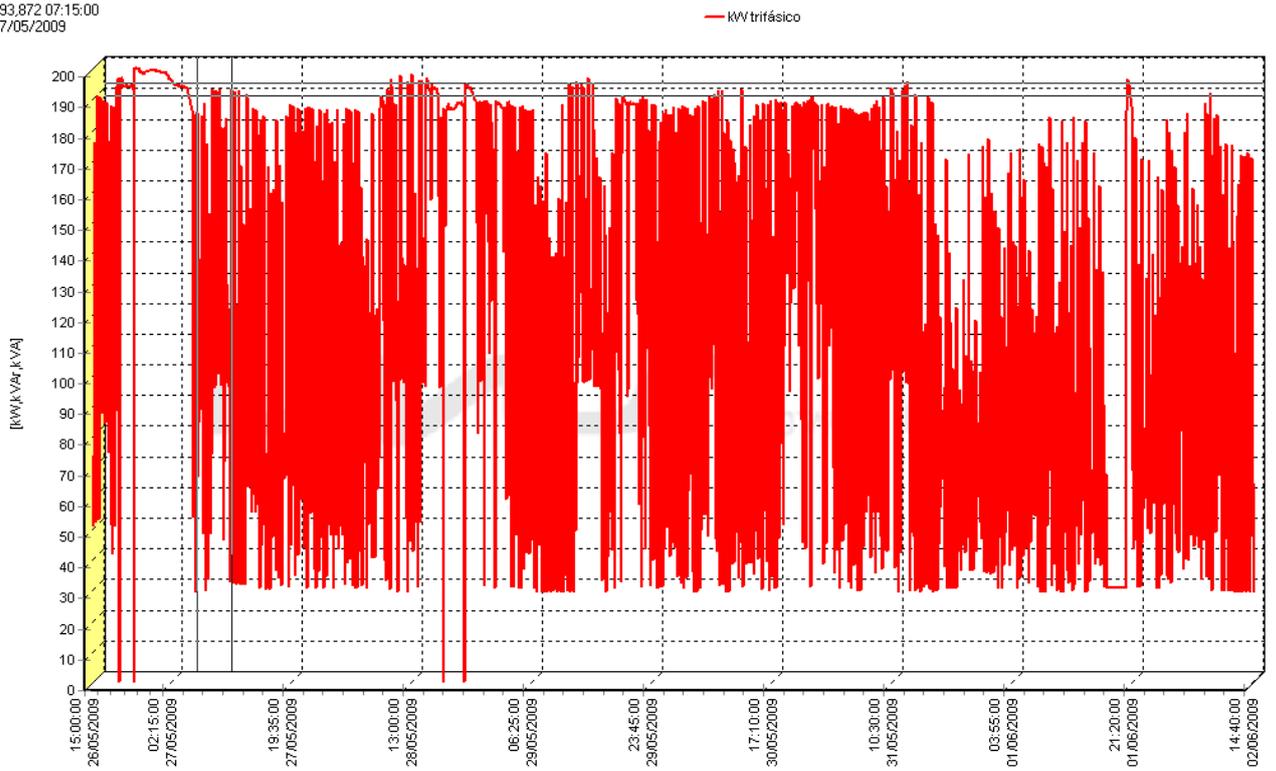


43.426 09:15:00
30/05/2009



Potências ativas por fase

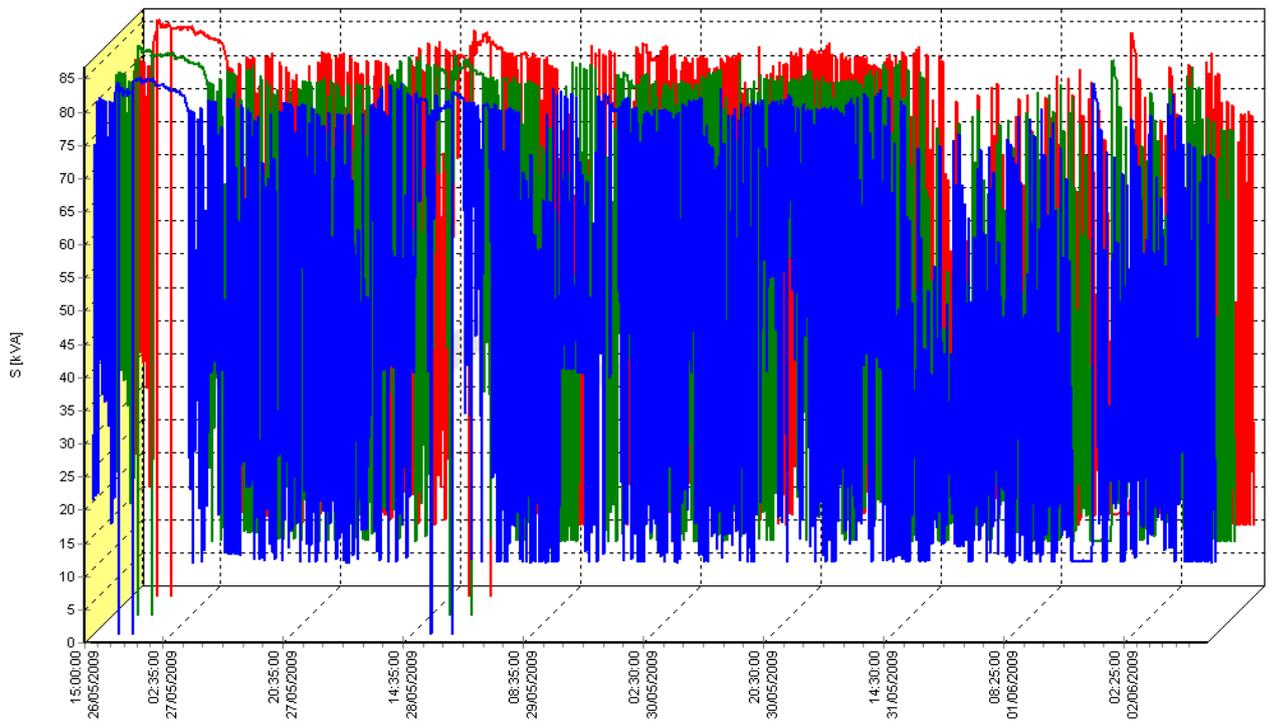
193.872 07:15:00
27/05/2009



Potência ativa total

95,212 12:25:00
27/05/2009

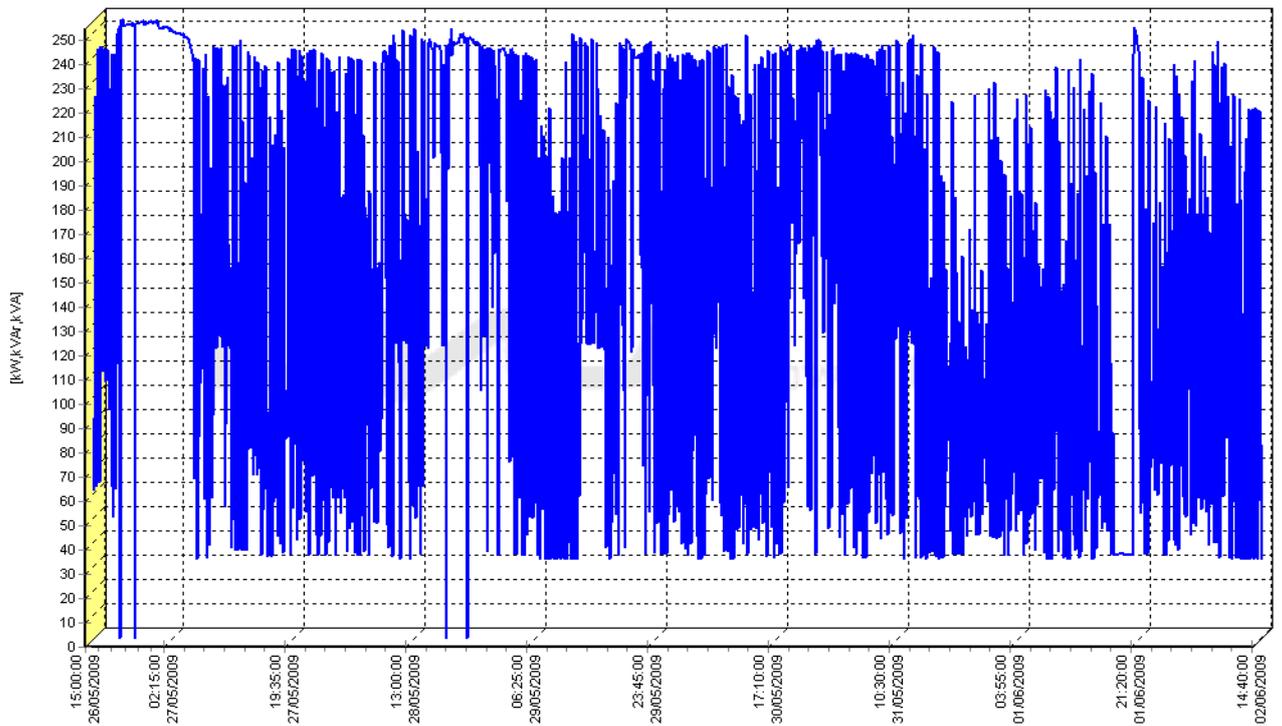
— kVA1 — kVA2 — kVA3



Potências aparentes por fase

247,774 15:20:00
27/05/2009

— kVA trifásico



Potência aparente total

TRAFO 500kVA Subestação 02

Período de medições: 26/05/2009 a 02/06/2009

Período de integração: 5 minuto

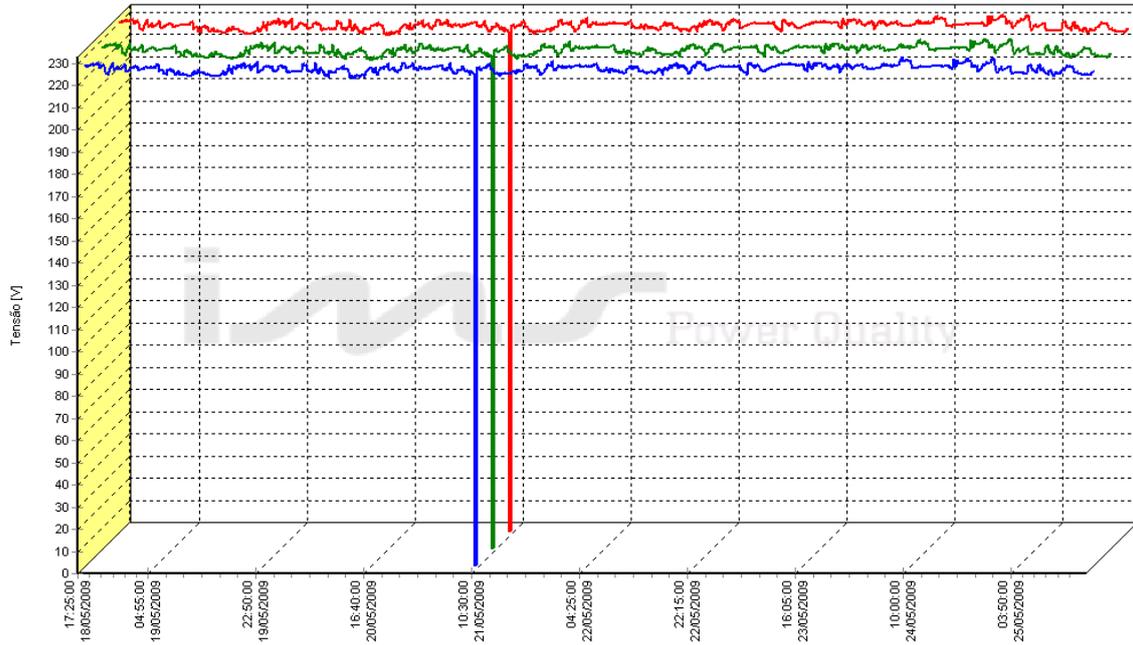
Equipamento utilizado: Analisador de Energia P600 IMS

Responsáveis pela instalação e retirada do analisador: Fábio Alcantara Rocha

Dados coletados

256,095 03:50:00
19/05/2009

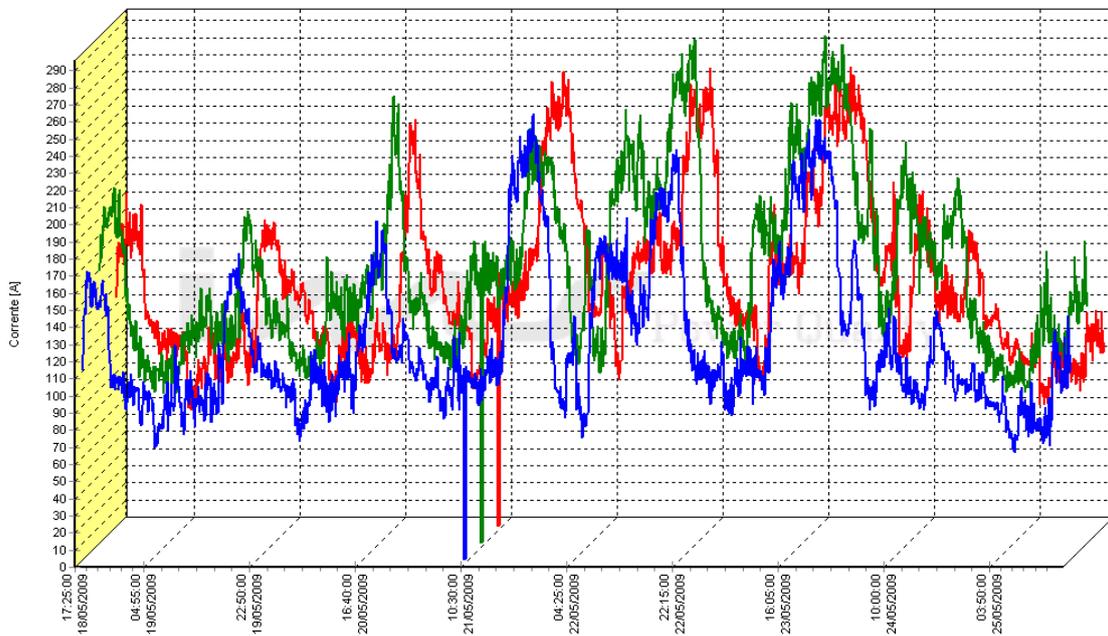
-V1 -V2 -V3



Tensão RMS por fase

308,388 20:55:00
19/05/2009

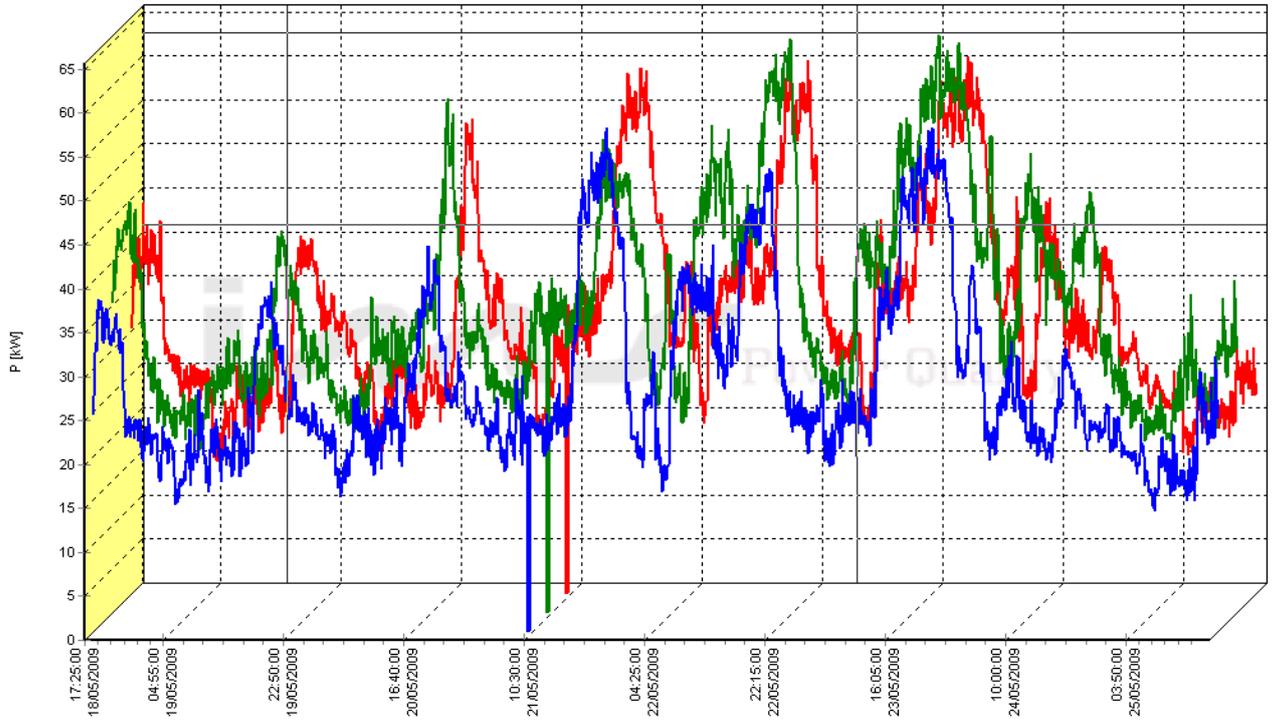
-I1 -I2 -I3



Corrente RMS por fase

47.307 11:55:00
23/05/2009

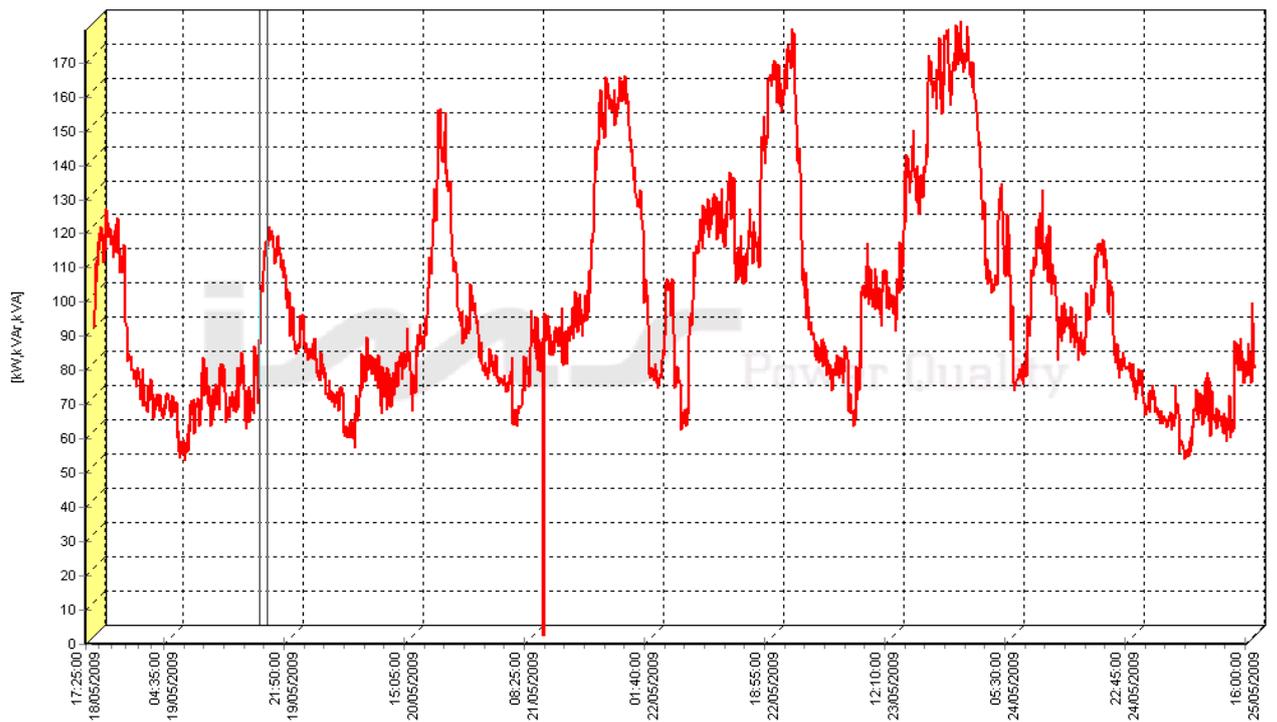
— kW1 — kW2 — kW3



Potências ativas por fase

176.194 18:20:00
19/05/2009

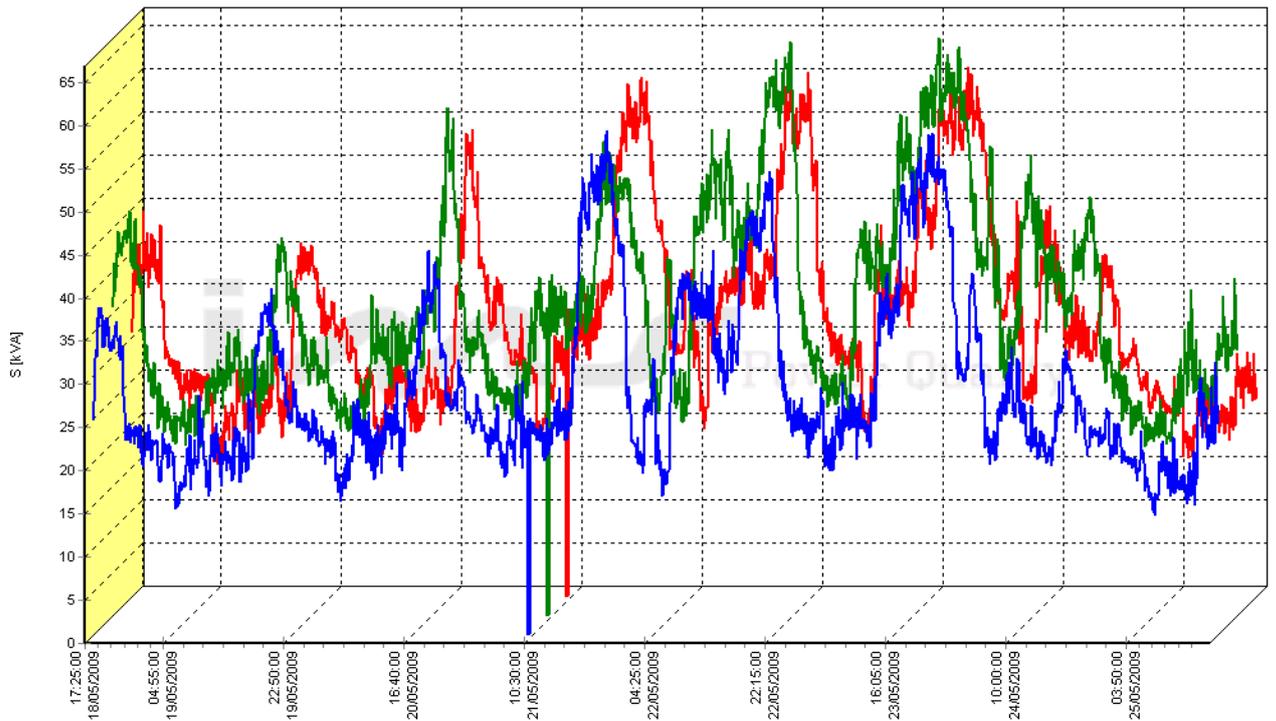
— kW trifásico



Potência ativa total

70.437 17:40:00
19/05/2009

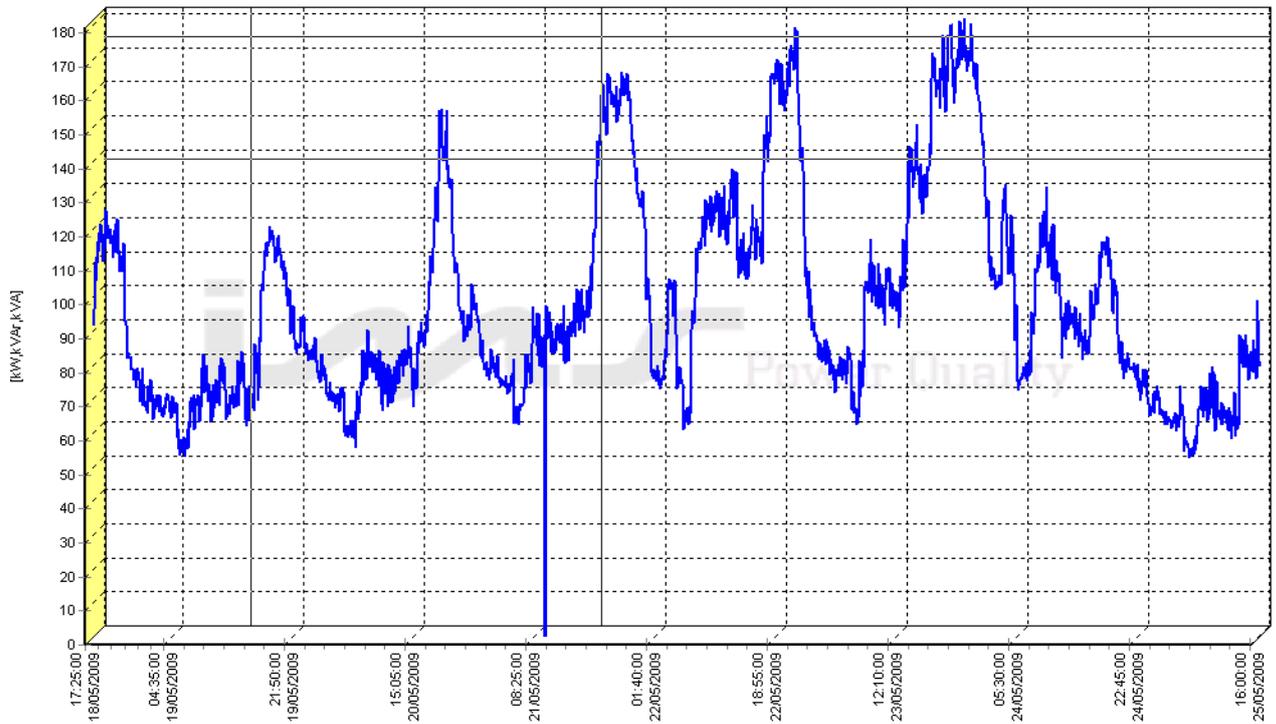
— kVA1 — kVA2 — kVA3



Potências aparentes por fase

142.877 19:15:00
21/05/2009

— kVA trifásico



Potência aparente total