

**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
FACULDADE DE ENGENHARIAS, ARQUITETURA E URBANISMO E GEOGRAFIA
MESTRADO PROFISSIONAL EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E SUSTENTABILIDADE**

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NAS INSTALAÇÕES DO
CAMPUS DE TRÊS LAGOAS UNIDADE II**

RAILDA DE FREITAS OLIVEIRA PETENATTI

CAMPO GRANDE

2015

**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
FACULDADE DE ENGENHARIAS, ARQUITETURA E URBANISMO E GEOGRAFIA
MESTRADO PROFISSIONAL EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E SUSTENTABILIDADE**

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NAS INSTALAÇÕES DO
CAMPUS DE TRÊS LAGOAS UNIDADE II**

RAILDA DE FREITAS OLIVEIRA PETENATTI

Trabalho de Conclusão de Curso do Mestrado Profissional apresentado na Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, para obtenção do título de Mestre em Eficiência Energética e Sustentabilidade, na área de concentração Eficiência Energética.

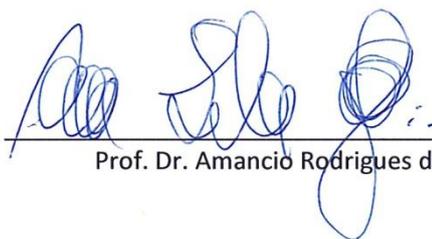
Orientador: Prof. Dr. Amancio Rodrigues da Silva Junior

CAMPO GRANDE

JUNHO / 2015

Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Programa de Pós-Graduação em Eficiência Energética e Sustentabilidade
Curso de Mestrado Profissional em Eficiência Energética e Sustentabilidade

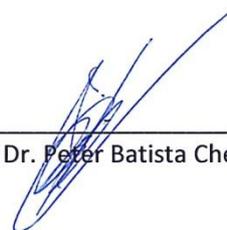
Redação final do Trabalho de Conclusão Final de Curso defendida por Railda de Freitas Oliveira Petenatti, aprovada pela Comissão Julgadora em 11 de junho de 2015, na Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul para obtenção do título de Mestre em Eficiência Energética e Sustentabilidade.



Prof. Dr. Amancio Rodrigues da Silva Junior – Orientador
INFI/UFMS



Prof. Dr. Evandro Mazina Martins – Membro Titular
FAENG/UFMS



Prof. Dr. Peter Batista Cheung – Membro Titular
FAENG/UFMS

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Prof. Dr. Amancio Rodrigues da Silva Junior que possibilitou a concretização deste Mestrado, que sempre incentivou e encorajou seus alunos, esteve à disposição para ensinar e orientar e mais do que tudo, criou e proporcionou oportunidade para que todos pudessem aprender e evoluir, manteve portas abertas para receber e instruir todos os profissionais que tiveram o privilégio de tê-lo como professor.

Ao Prof. Dr. Amancio meus sinceros agradecimentos, não teria sido possível realizar este trabalho sem a sua orientação. Serei eternamente grata.

Agradeço a dedicação e atenção de todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Eficiência Energética e Sustentabilidade, especialmente aqueles cujas matérias cursei Prof. Dr. Amancio Rodrigues da Silva Junior, Prof^ª Dr^a Adriane Angélica Farias Santos Lopes de Queiroz, Prof. Dr. Flávio Aristone, e Prof. Dr. Luiz Antonio de Freitas e a Coordenadora do Programa Prof^a Dr^a Ana Paula da Silva Milani. Agradeço aos componentes da banca do exame de qualificação e defesa Prof. Dr. Evandro Mazina Martins, Prof. Dr. Peter Batista Cheung. Agradeço a colaboração do Prof. Dr. Leandro Sauer.

Agradeço a toda minha família e amigos pelo apoio.

Agradeço a Deus a oportunidade que me foi dada de participar e concluir este Mestrado e por todas as bênçãos que nos concede.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	19
1.1 Objetivos	21
1.1.1 Objetivo Geral	21
1.1.2 Objetivos Específicos	21
2 REVISÃO DE LITERATURA	23
2.1 ENERGIA ELÉTRICA E CONSERVAÇÃO DE ENERGIA	23
2.1.1 Programa de Conservação de Energia e o PBE	27
2.2 AS INSTITUIÇÕES BRASILEIRAS E A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	33
2.2.1 Legislação	33
2.3 O PAPEL DOS DIVERSOS ATORES NA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	34
2.3.1 Governo Federal	35
2.3.2 Universidade Federal de Mato Grosso do Sul	38
2.3.3 Docentes	39
2.3.4 Discentes	39
2.3.5 Técnicos Administrativos	39
2.4 ILUMINAÇÃO	40
2.4.1 Lâmpadas e luminárias	41
2.4.2 Níveis de iluminamento	43
2.4.3 Especificações das lâmpadas fluorescentes	43
2.4.4 Lâmpadas LED	44
2.4.5 Sensor de presença.....	47
2.4.6 Criatividade e iluminação	48
2.5 AR CONDICIONADO	48
2.6 GRUPO GERADOR.....	51
2.6.1 Emissões do grupo gerador diesel	58
2.6.2 Compensação das emissões do grupo gerador diesel	60
2.7 DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO	62
2.8 MEDIDAS DOS PARÂMETROS ELÉTRICOS	65
2.8.1 Curvas de carga.....	65
2.8.2 Fator de carga	66
2.8.3 Fator de potência.....	67

2.8.3.1 Correção do fator de potência.....	68
2.8.4 Tensão.....	69
2.9 TARIFAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA	69
2.9.1 Definições	69
2.9.2 Tarifas de energia	72
2.10 PRAZO DE RECUPERAÇÃO DO INVESTIMENTO	73
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	75
3.1 Roteiro do diagnóstico energético	75
3.2 UFMS campus de Três Lagoas	76
3.3 Levantamento da carga instalada	78
3.4 Medidas de parâmetros elétricos.....	78
3.4.1 Analisador de energia	78
3.4.2 Luxímetro.....	79
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	80
4.1 LEVANTAMENTO DA CARGA INSTALADA.....	80
4.1.1 Iluminação	80
4.1.2 Condicionadores de ar	81
4.1.3 Equipamentos de aquecimento	81
4.1.4 Refrigeração.....	82
4.1.5 Computadores e periféricos	83
4.1.6 Motores elétricos	83
4.1.7 Equipamentos diversos	83
4.1.8 Resumo da carga instalada.....	84
4.2 HISTÓRICO DO CONSUMO E DEMANDA	85
4.2.1 Comparação entre Modalidades Tarifárias.....	88
4.2.2 Correção do Fator de Potência.....	91
4.3 MEDIÇÃO DOS PARÂMETROS ELÉTRICOS	91
4.3.1 Análise do transformador nº1 potência 150kVA	92
4.3.2 Análise do transformador nº2 potência 300kVA	93
4.3.3 Análise do transformador nº3 potência 112,5kVA	93
4.4 POTENCIAL DE ECONOMIA NO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO	94
4.4.1 Comparativo de aplicação de luminárias com fluorescentes e LED	96
4.5 POTENCIAL DE ECONOMIA NO SISTEMA DE AR CONDICIONADO	101

4.6 VIABILIDADE DE UTILIZAÇÃO DE GRUPO GERADOR NA PONTA	107
4.6.1 Emissões do grupo gerador diesel	111
4.7 RECOMENDAÇÕES.....	112
5. CONCLUSÃO.....	115
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	117
ANEXOS	122

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Matriz energética brasileira.....	24
Figura 2.2 - Etiqueta indicativa do Selo PROCEL.....	29
Figura 2.3 - Etiqueta de classificação para equipamentos.....	30
Figura 2.4 - Etiqueta imdicativa para refrigerador do Selo PROCEL.....	30
Figura 2.5 - Etiqueta imdicativa para coletor solar do Selo PROCEL.....	31
Figura 2.6 - Etiqueta imdicativa para veículos leves do Selo PROCEL.....	31
Figura 2.7 - Etiqueta de classificação para lâmpadas.....	32
Figura 2.8 - Etiqueta utilizada com indicação do nível de eficiência de edifícios.....	32
Figura 2.9 - Lâmpadas fluorescentes compactas.....	42
Figura 2.10 – Evolução do consumo médio de energia elétrica de condicionadores de ar de 7.500BTU/h.....	50
Figura 2.11 – Estrutura de avaliação das emissões do grupo gerador.....	59
Figura 2.12 – Como o CO ₂ é mitigado.....	61
Figura 2.13 – Etapas de um programa de Uso Racional de Energia.....	64
Figura 2.14 – Etapas de diagnóstico energético.....	64
Figura 2.15 – Curvas de carga.....	66
Figura 2.16 – Triângulo de potências.....	68
Figura 3.1 – Fachada principal do CPTL II.....	77
Figura 3.2 - Analisador de energia RE 2000 fabricação Embrasul.....	78
Figura 3.3 – Luxímetro TES modelo 1332.....	79
Figura 4.1 – Contribuição de cada segmento na potência instalada do campus.....	84
Figura 4.2 – Histórico de consumo de energia elétrica.....	86
Figura 4.3 - Histórico de demanda na ponta e fora da ponta.....	87
Figura 4.4 – Identificação dos pontos de medição do nível de iluminância da sala de aula 4 equipada com luminárias com duas lâmpadas fluorescentes 40W.....	98
Figura 4.5- Identificação dos pontos de medição do nível de iluminância da sala de aula 4 equipada com luminárias com duas lâmpadas LED 20W.....	99
Figura A.1 – Curvas de Carga, 05/06/2013 (quarta-feira).....	123
Figura A.2 – Curvas de Carga, 06/06/2013 (quinta-feira).....	123
Figura A.3 – Curvas de Carga, 07/06/2013 (sexta-feira).....	124
Figura A.4 – Curvas de Carga, 08/06/2013 (sábado).....	124
Figura A.5 – Curvas de Carga, 09/06/2013 (domingo).....	125

Figura A.6 – Curvas de Carga, 10/06/2013 (segunda-feira).....	125
Figura A.7 – Curvas de Carga, 11/06/2013 (terça-feira).....	126
Figura B.1 – Fator de Potência, 05/06/2013 (quarta-feira).....	127
Figura B.2 – Fator de Potência, 06/06/2013 (quinta-feira).....	127
Figura B.3 – Fator de Potência, 07/06/2013 (sexta-feira)	128
Figura B.4 – Fator de Potência, 08/06/2013 (sábado)	128
Figura B.5 – Fator de Potência, 09/06/2013 (domingo)	128
Figura B.6 – Fator de Potência, 10/06/2013 (segunda-feira)	129
Figura B.7 – Fator de Potência, 11/06/2013 (terça-feira).....	129
Figura C.1 – Tensão das Fases, 05/06/2013 (quarta-feira).....	130
Figura C.2 – Tensão das Fases, 06/06/2013 (quinta-feira).....	130
Figura C.3 – Tensão das Fases, 07/06/2013 (sexta-feira)	131
Figura C.4 – Tensão das Fases, 08/06/2013 (sábado)	131
Figura C.5 – Tensão das Fases, 09/06/2013 (domingo)	132
Figura C.6 – Tensão das Fases, 10/06/2013 (segunda-feira).....	132
Figura C.7 – Tensão das Fases, 11/06/2013 (terça-feira)	133
Figura D.1 – Corrente das Fases, 05/06/2013 (quarta-feira).....	134
Figura D.2 – Corrente das Fases, 06/06/2013 (quinta-feira).....	134
Figura D.3 – Corrente das Fases, 07/06/2013 (sexta-feira).....	135
Figura D.4 – Corrente das Fases, 08/06/2013 (sábado).....	135
Figura D.5 – Corrente das Fases, 09/06/2013 (domingo)	136
Figura D.6 – Corrente das Fases, 10/06/2013 (segunda-feira).....	136
Figura D.7 – Corrente das Fases, 11/06/2013 (terça-feira)	137
Figura E.1 – Curvas de Carga, 05/06/2013 (quarta-feira).....	138
Figura E.2 – Curvas de Carga, 06/06/2013 (quinta-feira).....	138
Figura E.3 – Curvas de Carga, 07/06/2013 (sexta-feira).....	139
Figura E.4 – Curvas de Carga, 08/06/2013 (sábado).....	139
Figura E.5 – Curvas de Carga, 09/06/2013 (domingo)	140
Figura E.6 – Curvas de Carga, 10/06/2013 (segunda-feira)	140
Figura E.7 – Curvas de Carga, 11/06/2013 (terça-feira)	141
Figura F.1 – Fator de Potência, 05/06/2013 (quarta-feira).....	142
Figura F.2 – Fator de Potência, 06/06/2013 (quinta-feira).....	142
Figura F.3 – Fator de Potência, 07/06/2013 (sexta-feira).....	143
Figura F.4 – Fator de Potência, 08/06/2013 (sábado)	143

Figura F.5 – Fator de Potência, 09/06/2013 (domingo)	143
Figura F.6 – Fator de Potência, 10/06/2013 (segunda-feira).....	144
Figura F.7 – Fator de Potência, 11/06/2013 (terça-feira)	144
Figura G.1 – Tensão das Fases, 05/06/2013 (quarta-feira).....	145
Figura G.2 – Tensão das Fases, 06/06/2013 (quinta-feira).....	145
Figura G.3 – Tensão das Fases, 07/06/2013 (sexta-feira)	146
Figura G.4 – Tensão das Fases, 08/06/2013 (sábado).....	146
Figura G.5 – Tensão das Fases, 09/06/2013 (domingo).....	147
Figura G.6 – Tensão das Fases, 10/06/2013 (segunda-feira)	147
Figura G.7 – Tensão das Fases, 11/06/2013 (terça-feira).....	148
Figura H.1 – Corrente das Fases, 05/06/2013 (quarta-feira)	149
Figura H.2 – Corrente das Fases, 06/06/2013 (quinta-feira).....	149
Figura H.3 – Corrente das Fases, 07/06/2013 (sexta-feira).....	150
Figura H.4 – Corrente das Fases, 08/06/2013 (sábado).....	150
Figura H.5 – Corrente das Fases, 09/06/2013 (domingo)	151
Figura H.6 – Corrente das Fases, 10/06/2013 (segunda-feira).....	151
Figura H.7 – Corrente das Fases, 11/06/2013 (terça-feira)	152
Figura I.1 – Curvas de Carga, 05/06/2013 (quarta-feira)	153
Figura I.2 – Curvas de Carga, 06/06/2013 (quinta-feira)	153
Figura I.3 – Curvas de Carga, 07/06/2013 (sexta-feira)	154
Figura I.4 – Curvas de Carga, 08/06/2013 (sábado).....	154
Figura I.5 – Curvas de Carga, 09/06/2013 (domingo).....	155
Figura I.6 – Curvas de Carga, 10/06/2013 (segunda-feira).....	155
Figura I.7 – Curvas de Carga, 11/06/2013 (terça-feira)	156
Figura J.1 – Fator de Potência, 05/06/2013 (quarta-feira).....	157
Figura J.2 – Fator de Potência, 06/06/2013 (quinta-feira).....	157
Figura J.3 – Fator de Potência, 07/06/2013 (sexta-feira)	158
Figura J.4 – Fator de Potência, 08/06/2013 (sábado)	158
Figura J.5 – Fator de Potência, 09/06/2013 (domingo)	158
Figura J.6 – Fator de Potência, 10/06/2013 (segunda-feira).....	159
Figura J.7 – Fator de Potência, 11/06/2013 (terça-feira).....	159
Figura K.1 – Tensão das Fases, 05/06/2013 (quarta-feira).....	160
Figura K.2 – Tensão das Fases, 06/06/2013 (quinta-feira).....	160
Figura K.3 – Tensão das Fases, 07/06/2013 (sexta-feira)	161

Figura K.4 – Tensão das Fases, 08/06/2013 (sábado)	161
Figura K.5 – Tensão das Fases, 09/06/2013 (domingo)	162
Figura K.6 – Tensão das Fases, 10/06/2013 (segunda-feira)	162
Figura K.7 – Tensão das Fases, 11/06/2013 (terça-feira).....	163
Figura L.1 – Corrente das Fases, 05/06/2013 (quarta-feira).....	164
Figura L.2 – Corrente das Fases, 06/06/2013 (quinta-feira).....	164
Figura L.3 – Corrente das Fases, 07/06/2013 (sexta-feira)	165
Figura L.4 – Corrente das Fases, 08/06/2013 (sábado)	165
Figura L.5 – Corrente das Fases, 09/06/2013 (domingo)	166
Figura L.6 – Corrente das Fases, 10/06/2013 (segunda-feira)	166
Figura L.7 – Corrente das Fases, 11/06/2013 (terça-feira).....	167

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Níveis mínimos de eficiência energética lâmpadas incandescentes 127V	36
Tabela 2.2– Níveis mínimos de eficiência energética lâmpadas incandescentes 220V	36
Tabela 2.3 – Valores mínimos, médios e máximos de iluminância	43
Tabela 2.4 – Especificação das lâmpadas fluorescentes.....	44
Tabela 2.5 – Tarifas de consumo e demanda Elektro.....	72
Tabela 2.6 – Tarifas de ultrapassagem de demanda	72
Tabela 4.1 - Luminárias instaladas por prédio.	80
Tabela 4.2 – Equipamentos de ar condicionado instalados.	81
Tabela 4.3 - Equipamentos de aquecimento.....	82
Tabela 4.4 - Equipamentos de refrigeração	82
Tabela 4.5 - Computadores e periféricos.....	83
Tabela 4.6- Motores elétricos	83
Tabela 4.7 – Equipamentos diversos	83
Tabela 4.8 – Potência instalada	84
Tabela 4.9 – Valores de consumo de energia e demanda.....	86
Tabela 4.10 – Valores de consumo de energia reativa	87
Tabela 4.11 – Tarifa horária azul verificação da demanda fora de ponta a ser contratada	88
Tabela 4.12 – Tarifa horária azul verificação da demanda na ponta a ser contratada (kW) ...	89
Tabela 4.13 – Tarifa horária verde verificação da demanda a ser contratada (kW).....	89
Tabela 4.14 – Simulação para tarifa horária verde demanda 240kW	90
Tabela 4.15 – Simulação para tarifa horária azul demanda FP 240kW e ponta 210kW	90
Tabela 4.16 - Comparativo dos sistemas de iluminação	95
Tabela 4.17 - Tempo de retorno do investimento para substituição de luminárias e lâmpadas	96
Tabela 4.18 – Comparativo do custo mensal entre lâmpadas fluorescentes 40W e LED 20W	96
Tabela 4.19 – Medições com analisador de energia em 27/11/2014 – 15 horas	100
Tabela 4.20 – Tempo de retorno para substituição de lâmpadas fluorescentes por LED	101
Tabela 4.21 – Consumo estimado para condicionadores de ar tipo janela existentes de baixa eficiência.....	102
Tabela 4.22 – Demanda estimada para condicionadores de ar tipo janela existentes de baixa eficiência.....	102

Tabela 4.23 – Consumo estimado para condicionadores de ar tipo janela classe A Procel	103
Tabela 4.24 – Demanda estimada para condicionadores de ar tipo janela classe A Procel	103
Tabela 4.25 – Consumo estimado para condicionadores de ar tipo Split classe A Procel	104
Tabela 4.26 – Demanda estimada para condicionadores de ar tipo janela classe A Procel	104
Tabela 4.27 – Valores esperados da fatura de energia para as três opções de equipamentos .	105
Tabela 4.28 – Preço de condicionador de ar tipo janela classe A	105
Tabela 4.29 – Preço de condicionador de ar tipo split classe A	106
Tabela 4.30 – Tempo de retorno do investimento para opções de condicionador de ar classe A, de janela e split	106
Tabela 4.31 – Tarifa de energia concessionária Elektro.....	108
Tabela 4.32 – Fatura mensal média Tarifa Horária Verde para demanda 240kW	109
Tabela 4.33 – Fatura mensal média Tarifa Horária Verde para demanda 240kW e grupo gerador no horário de ponta	109
Tabela 4.34 – Fatura mensal média Tarifa Horária Azul para demanda 240kW fora da ponta e 210kW na ponta.....	109
Tabela 4.35 – Fatura mensal média Tarifa Horária Azul para demanda 240kW fora da ponta e grupo gerador no horário de ponta	109
Tabela 4.36 – Retorno do investimento grupo gerador	110
Tabela A.1 – Potências máximas e mínimas, fator de carga em 05/06/2013	123
Tabela A.2 – Potências máximas e mínimas, fator de carga em 06/06/2013	123
Tabela A.3 – Potências máximas e mínimas, fator de carga em 07/06/2013	124
Tabela A.4 – Potências máximas e mínimas, fator de carga em 08/06/2013	124
Tabela A.5 – Potências máximas e mínimas, fator de carga em 09/06/2013	125
Tabela A.6 – Potências máximas e mínimas, fator de carga em 10/06/2013	125
Tabela A.7 – Potências máximas e mínimas, fator de carga em 11/06/2013	126
Tabela C.1 – Tensão das fases em 05/06/2013, valores máximos e mínimos.....	130
Tabela C.2 – Tensão das fases em 06/06/2013, valores máximos e mínimos.....	130
Tabela C.3 – Tensão das fases em 07/06/2013, valores máximos e mínimos.....	131
Tabela C.4 – Tensão das fases em 08/06/2013, valores máximos e mínimos.....	131
Tabela C.5 – Tensão das fases em 09/06/2013, valores máximos e mínimos.....	132
Tabela C.6 – Tensão das fases em 10/06/2013, valores máximos e mínimos.....	132
Tabela C.7 – Tensão das fases em 11/06/2013, valores máximos e mínimos.....	133
Tabela D.1 – Corrente das fases em 05/06/2013, valores máximos e mínimos	134
Tabela D.2 – Corrente das fases em 06/06/2013, valores máximos e mínimos	134

Tabela D.3 – Corrente das fases em 07/06/2013, valores máximos e mínimos.....	135
Tabela D.4 – Corrente das fases em 08/06/2013, valores máximos e mínimos.....	135
Tabela D.5 – Corrente das fases em 09/06/2013, valores máximos e mínimos.....	136
Tabela D.6 – Corrente das fases em 10/06/2013, valores máximos e mínimos.....	136
Tabela D.7 – Corrente das fases em 11/06/2013, valores máximos e mínimos.....	137
Tabela E.1 – Potências máximas e mínimas, fator de carga em 05/06/2013	138
Tabela E.2 – Potências máximas e mínimas, fator de carga em 06/06/2013	138
Tabela E.3 – Potências máximas e mínimas, fator de carga em 07/06/2013	139
Tabela E.4 – Potências máximas e mínimas, fator de carga em 08/06/2013	139
Tabela E.5 – Potências máximas e mínimas, fator de carga em 09/06/2013	140
Tabela E.6 – Potências máximas e mínimas, fator de carga em 10/06/2013	140
Tabela E.7 – Potências máximas e mínimas, fator de carga em 11/06/2013	141
Tabela G.1 – Tensão das fases em 05/06/2013, valores máximos e mínimos	145
Tabela G.2 – Tensão das fases em 06/06/2013, valores máximos e mínimos	145
Tabela G.3 – Tensão das fases em 07/06/2013, valores máximos e mínimos	146
Tabela G.4 – Tensão das fases em 08/06/2013, valores máximos e mínimos	146
Tabela G.5 – Tensão das fases em 09/06/2013, valores máximos e mínimos	147
Tabela G.6 – Tensão das fases em 10/06/2013, valores máximos e mínimos	147
Tabela G.7 – Tensão das fases em 11/06/2013, valores máximos e mínimos	148
Tabela H.1 – Corrente das fases em 05/06/2013, valores máximos e mínimos.....	149
Tabela H.2 – Corrente das fases em 06/06/2013, valores máximos e mínimos.....	149
Tabela H.3 – Corrente das fases em 07/06/2013, valores máximos e mínimos.....	150
Tabela H.4 – Corrente das fases em 08/06/2013, valores máximos e mínimos.....	150
Tabela H.5 – Corrente das fases em 09/06/2013, valores máximos e mínimos.....	151
Tabela H.6 – Corrente das fases em 10/06/2013, valores máximos e mínimos.....	151
Tabela H.7 – Corrente das fases em 11/06/2013, valores máximos e mínimos.....	152
Tabela I.1 – Potências máximas e mínimas, fator de carga em 05/06/2013.....	153
Tabela I.2 – Potências máximas e mínimas, fator de carga em 06/06/2013.....	153
Tabela I.3 – Potências máximas e mínimas, fator de carga em 07/06/2013.....	154
Tabela I.4 – Potências máximas e mínimas, fator de carga em 08/06/2013.....	154
Tabela I.5 – Potências máximas e mínimas, fator de carga em 09/06/2013.....	155
Tabela I.6 – Potências máximas e mínimas, fator de carga em 10/06/2013.....	155
Tabela I.7 – Potências máximas e mínimas, fator de carga em 11/06/2013.....	156
Tabela K.1 – Tensão das fases em 05/06/2013, valores máximos e mínimos	160

Tabela K.2 – Tensão das fases em 06/06/2013, valores máximos e mínimos	160
Tabela K.3 – Tensão das fases em 07/06/2013, valores máximos e mínimos	161
Tabela K.4 – Tensão das fases em 08/06/2013, valores máximos e mínimos	161
Tabela K.5 – Tensão das fases em 09/06/2013, valores máximos e mínimos	162
Tabela K.6 – Tensão das fases em 10/06/2013, valores máximos e mínimos	162
Tabela K.7 – Tensão das fases em 11/06/2013, valores máximos e mínimos	163
Tabela L.1 – Corrente das fases em 05/06/2013, valores máximos e mínimos	164
Tabela L.2 – Corrente das fases em 06/06/2013, valores máximos e mínimos	164
Tabela L.3 – Corrente das fases em 07/06/2013, valores máximos e mínimos	165
Tabela L.4 – Corrente das fases em 08/06/2013, valores máximos e mínimos	165
Tabela L.5 – Corrente das fases em 09/06/2013, valores máximos e mínimos	166
Tabela L.6 – Corrente das fases em 10/06/2013, valores máximos e mínimos	166
Tabela L.7 – Corrente das fases em 11/06/2013, valores máximos e mínimos	167
Tabela M.1 – Medição da iluminância das salas de aula do DEA	168

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica.

ANP – Agência Nacional do Petróleo.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética

GMG - grupo motor gerador

LED - *Light-Emitting Diode*

MME – Ministério das Minas e Energia.

PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica.

UFMS – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

RESUMO

PETENATTI, R. F. O. (2015). Eficiência energética nas instalações do campus de Três Lagoas Unidade II. Campo Grande, 2015. 170p. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado Profissional) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil.

Este trabalho apresenta o diagnóstico energético da Unidade II da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, localizada no município de Três Lagoas, com proposição de medidas para redução do consumo de energia elétrica.

Foi proposta a alteração do valor de demanda contratada de 700kW para 240kW, mantendo a modalidade tarifária horária verde, com economia mensal média de R\$4.130,35. A correção do fator de potência gera economia mensal média de R\$1.255,56; substituição de lâmpadas fluorescentes de 40W e 32W por lâmpadas LED 20W proporciona economia mensal média de R\$7.419,16; a substituição de antigos equipamentos condicionadores de ar de parede por equipamentos split classe A representa redução média mensal de R\$6.198,75; utilização de geração própria no horário de ponta representa economia de R\$2.782,39 mensais em média.

Ao serem implantadas todas as medidas mencionadas, a economia mensal média é de R\$21.786,21, valor anual R\$261.434,52 e o retorno do investimento médio em dezoito meses. O valor da fatura de energia em janeiro de 2015 é R\$32.643,57 e a maior fatura registrada no ano de 2014 é R\$49.883,85, valores que à partir da implantação das medidas propostas podem ser reduzidos conforme citado.

Através de medições de parâmetros elétricos e níveis de iluminância em duas salas de aula do Departamento de Economia e Administração no campus de Campo Grande, sendo a primeira delas dotada de lâmpadas fluorescentes 40W e a segunda de lâmpadas tubulares LED 20W, foi avaliado o desempenho dos dois sistemas de iluminação e constatado que para o mesmo nível de iluminância, o consumo das lâmpadas LED representa a metade do consumo das lâmpadas fluorescentes.

Palavras-chave: energia elétrica, eficiência energética, diagnóstico energético.

ABSTRACT

This paper presents the energy diagnosis of the Federal University of Mato Grosso do Sul Unit II, located in Três Lagoas, with proposing measures to reduce electricity consumption.

It was proposed to amend the demand value of 700kW to 240kW contracted, keeping the green hourly tariff mode, with average monthly savings of R\$4.130,35. The correction of the power factor generates average monthly savings of R\$1.255,56; replacement of fluorescent lamps of 40W and 32W for 20W LED lamps provides monthly average savings of R\$7.419,16; the replacement of old wall air conditioning equipment for split equipment class A represents average monthly reduction of R\$6.198,75; use of own generation at peak hours is savings of R\$2.782,39 per month on average.

When they were all mentioned measures implemented, the monthly average savings of R\$21.786,21, annual value R\$261.434,52 and the return on average investment in eighteen months. The energy invoice amount in January 2015 is R\$32.643,57 and the largest bill registered in 2014 is R\$49.883,85, values that starting the implementation of the proposed measures can be reduced as quoted.

Through electrical parameter measurements and illuminance levels in two classrooms of the Department of Economics and Administration campus of Campo Grande, the first being equipped with fluorescent lamps 40W and the second tubular lamps LED 20W, the performance was evaluated two lighting systems and found that for the same level of illumination, the use of LED lamps is the half of consumption of fluorescent lamps.

Keywords: electric power, energy efficiency, energy diagnostics.

1. INTRODUÇÃO

A energia é um insumo de extrema importância para a sociedade e havendo maior demanda do que oferta significa que todos serão prejudicados, uma vez que sem energia suficiente o país não cresce, empregos não são gerados e a qualidade de vida não melhora. O setor econômico nacional é atingido tanto pelo maior custo de produção de energia quanto pelo racionamento, interferindo no setor industrial com redução de produção e de investimentos e conseqüentemente aumentando o desemprego.

A demanda por energia elétrica cresce a cada ano e para atender à crescente demanda é necessário investir na geração de energia e na eficiência das instalações. A energia elétrica é um limitador de crescimento e o investimento na conservação de energia, passando a consumir de forma consciente, reduz a necessidade de novos empreendimentos, causa menos impactos ao meio ambiente e a possibilidade de produzir mais usando menos que reflete nos resultados financeiros de empreendimentos.

O sistema elétrico brasileiro é baseado na energia natural afluyente dos rios e na água acumulada nas barragens das usinas hidrelétricas, uma fonte de energia renovável que confere ampla vantagem competitiva ao país, por dispor de uma das maiores reservas de energia elétrica limpa, de baixo custo e economicamente viável do mundo. No entanto este modelo de geração inclui também o risco hídrico: depende para sua renovação dos ciclos naturais, que apresentam sucessões entre estações secas e chuvosas, com razoável variabilidade dentro de uma mesma região e entre diferentes regiões.

No ano de 2001 o Brasil foi afetado por crise energética originada pela falta de investimentos na geração e distribuição de energia, culminando com condições hidrológicas desfavoráveis que resultaram na necessidade de racionamento de energia.

Em 2014 e, especialmente no início de 2015, o nível dos reservatórios das hidrelétricas está abaixo dos níveis registrados em 2001. Apesar do custo da energia produzida pelas termelétricas ser superior ao das hidrelétricas, o Operador Nacional do Sistema - ONS aumentou em 2014 a capacidade de geração das termelétricas, devido à escassez de água nos reservatórios, diminuindo a participação das fontes renováveis na matriz elétrica.

Há o questionamento sobre o futuro do suprimento de energia elétrica para o mercado brasileiro, com risco de novo racionamento. O uso racional e eficiente da eletricidade tornou-se fundamental no Brasil nos últimos anos, principalmente em função da demanda crescente

de eletricidade sem que houvesse a correspondente expansão da oferta em curto prazo. Desta forma, o uso eficiente não é um mecanismo para combater a crise, mas uma atitude que deve ser mantida para sempre pelos consumidores. É importante destacar que o combate ao desperdício de energia atua como uma fonte virtual de produção de energia, ou seja, a energia que um consumidor não desperdiçar pode ser utilizada por outro.

As notícias difundidas pelos meios de comunicação de massa no Brasil foram fundamentais no fortalecimento e conscientização de todas as camadas sociais no que diz respeito à preservação do meio ambiente e ao aquecimento global, despertando consciência da necessidade de uso de fontes renováveis de energia, como por exemplo a energia solar, uma energia limpa e ecologicamente correta, não provocando agressão ao meio ambiente, ou seja, de modo sustentável.

A demanda por um maior crescimento econômico, aliado ao risco hídrico, despertou o interesse por novos projetos de geração de energia no Brasil. As opções sob consideração incluem a expansão da exploração do gás natural, da biomassa, das usinas nucleares, eólicas, termelétricas e energia solar.

Diante do cenário de escassez, as instalações da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS devem atender as determinações do Governo Federal quanto à redução do consumo de energia elétrica e à aquisição de equipamentos eficientes com consequente redução dos gastos com energia, sendo necessária a utilização da energia de modo a evitar o desperdício e adoção de medidas que aumentem a eficiência energética nas instalações.

Este trabalho visa analisar as instalações elétricas de um conjunto de edificações de um órgão público federal, visando redução dos gastos com energia elétrica, utilizando-a de forma racional e eficiente. São abordadas as medidas de otimização e racionalização do uso da energia com o emprego de tecnologias energeticamente mais eficientes obtendo redução significativa do consumo de energia.

Este trabalho tem por objetivo apresentar o levantamento de dados, a análise e o diagnóstico das instalações existentes, identificando por meio de medições e registros as medidas necessárias para redução do consumo de energia. Analisa a viabilidade econômica da implantação da cogeração calculando o custo operacional de utilização de três grupo geradores, baseando-se em dados dos fabricantes e em informações relativas à manutenção obtidas com empresas prestadoras de assistência técnica.

Neste estudo foram evidenciados os benefícios que podem ser alcançados com medidas de combate ao desperdício, sendo demonstrada claramente a redução do consumo

energia na unidade diagnosticada e respectiva diminuição dos valores faturados. No entanto, as vantagens obtidas vão além do aspecto financeiro: o principal benefício é o ambiental, através da otimização da utilização e reaproveitamento de recursos cada vez mais escassos como a água e dos recursos empregados para a geração de energia.

Esta dissertação apresenta uma metodologia para a determinação do potencial de conservação de energia elétrica de usos finais, orientada para a análise de instalações de ensino, aplicável, também, as instalações comerciais em geral.

A necessidade deste trabalho é justificada pela significativa representatividade do custo com energia elétrica no orçamento da instalação. Destaca-se também a preocupação com a utilização racional da energia elétrica e conseqüente contribuição para redução dos impactos aos recursos naturais.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Este trabalho tem por objetivo geral a execução de diagnóstico de instalações elétricas prediais da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, com a finalidade de propor medidas de redução de consumo, conservação de energia e utilização eficiente de energia através da introdução de tecnologias e conscientização do uso correto da energia.

Para a consecução do objetivo geral, apresentam-se os seguintes objetivos específicos:

1.1.2 Objetivos específicos

Levantar os valores das grandezas elétricas tais como potência, tensão e corrente das cargas existentes nos prédios da instituição.

Verificar a estrutura tarifária mais adequada ao local em questão, observando os valores de demanda (kW) e consumo (kWh) apresentados nas faturas de energia da instalação.

Analisar a curva de carga da instalação apontando o comportamento das potências ativa, reativa e aparente, que equivalem a demanda solicitada, e analisar o fator de potência da instalação.

Elaborar diagnóstico das instalações da Unidade II do Campus de Três Lagoas, com base nas normas técnicas, com proposição de medidas de eficiência energética, que poderão ser utilizadas como guia para reformas e instalação de novos equipamentos.

Identificar potenciais de redução de consumo de energia e medidas de eficiência energética que contribuam para economia de energia.

Verificar a viabilidade de implantação de grupo gerador.

Propor medidas a serem implantadas que possam trazer benefício aos demais prédios da instituição.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Energia elétrica e conservação de energia

A disponibilidade de energia elétrica revolucionou os hábitos cotidianos e os processos produtivos, aumentando o conforto doméstico, a oferta de bens e as oportunidades de comunicação. No século XX o homem conseguiu dominar a eletricidade, tornando-a disponível para usos domésticos, industriais e comerciais, assim ela é de fundamental importância para o desenvolvimento das sociedades atuais, pois continua melhorando as condições de vida da humanidade.

No Brasil a partir de 1900 foi iniciado um período de modernização motivado pela utilização de energia elétrica que foi empregada em substituição à iluminação a gás e também para movimentação dos bondes que anteriormente era efetuada por tração animal. Em 1903 foi aprovado, pelo Congresso Nacional, o primeiro texto de lei disciplinando o uso de energia elétrica no Brasil.

As usinas de geração de energia elétrica pioneiras estabeleceram-se no Brasil há pouco mais de cem anos. Para atender o crescimento da demanda, entraram em operação em 1908 a Usina Hidrelétrica Fontes Velhas no estado do Rio de Janeiro e em 1913 em Alagoas a Usina Hidrelétrica Delmiro Gouveia. A primeira empresa de eletricidade de âmbito federal foi criada em 1945, a Companhia Hidroelétrica do São Francisco - CHESF. Em maio de 1984 entrou em operação a Usina Hidrelétrica de Itaipu e em 1985 a Usina Termonuclear Angra I. No início dos anos 1990 o sistema de geração de energia hidrelétrica tinha capacidade para atender a demanda do parque brasileiro. A falta de planejamento e investimento na ampliação do sistema levou à crise energética de 2001. Neste período a população percebeu o quão a energia elétrica é essencial para quase todas as tarefas e o governo tomou medidas de racionamento de energia e desenvolvimento de fontes alternativas.

Conforme apresentado na figura 2.1, a capacidade instalada da matriz elétrica brasileira é cerca de 70% de origem hidráulica.

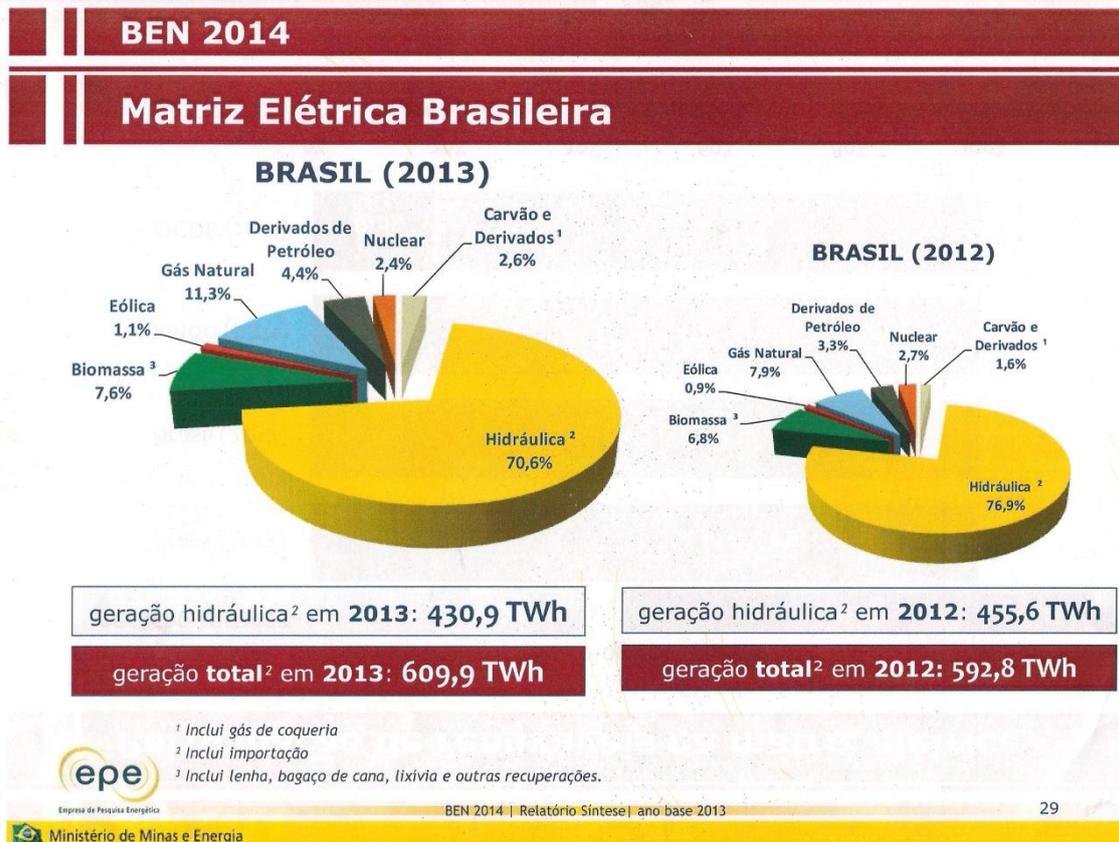


Figura 2.1 – Matriz energética brasileira
 Fonte: BEN, 2014.

É preciso que o aproveitamento das fontes energéticas necessárias ao desenvolvimento econômico se constitua num processo de melhoria da qualidade de vida, concedendo a mesma atenção a cada um dos efeitos sociais, ambientais e econômicos decorrentes.

Conforme Souza et al. (2012) o uso racional de energia elétrica na administração pública vai além da economia em si, mas é respeito à população que através dos impostos financia as atividades das instituições.

As técnicas de eficiência energética atualmente estão muito difundidas, conforme relatado por Bueno (2010), sendo necessário identificar aquelas que serão mais eficazes e seguras.

Lamberts et al. (1997) afirmam que eficiência energética é obter um serviço com um baixo gasto de energia. Assim, asseguram que uma edificação é mais eficiente em termos energéticos que outra quando consegue proporcionar as mesmas condições internas ambientais com um consumo de energia menor.

Nesse sentido, as edificações já existentes devem ser analisadas sob a perspectiva de quais medidas podem ser adotadas para otimizar a utilização minimizando o consumo de

energia. Os projetos das novas obras devem contemplar as necessidades de eficiência energética valorizando a iluminação natural, conforto térmico, reutilização de água de chuva, forma construtiva e materiais empregados de modo a obter o melhor desempenho da edificação.

Conforme Krüger e Mori (2012 apud LAMBERTS et al., 1997) estima-se que todo o custo operacional de um edifício ao longo de sua vida supere o custo total de construção do mesmo, sendo que energia elétrica é um dos principais custos operacionais. Por isso é importante investir em produtos tecnologicamente mais eficientes, ou mudanças arquitetônicas que visem conservar energia, que se pagarão ao longo dos anos com a economia gerada por eles, aliados a investimentos em conscientização dos usuários.

De acordo com Bueno (2010 apud KNEIFEL, 2010) a eficiência energética de edifícios tem vindo à frente dos debates políticos devido aos altos preços da energia e preocupações com as alterações climáticas. Melhorar a eficiência energética nas novas construções é uma das opções mais fáceis e de menor custo para diminuir o seu uso de energia, custos operacionais e emissões de carbono.

O uso racional e correto da energia elétrica em edificações públicas deve seguir padrões tecnológicos e de eficiência energética, considerando o clima local, a atividade a que se destina e o comportamento consciente dos usuários.

A parte arquitetônica da edificação e a situação do sistema elétrico também influenciam no consumo de energia elétrica. É oportuno atentar para fatores que podem indicar importantes potenciais de conservação de energia elétrica, tais como: situação da subestação, aproveitamento da iluminação natural, situação dos quadros de distribuição, uso de ventilação natural, utilização de sistema de gerenciamento de energia e ainda, utilização de materiais e cores das fachadas, interiores e coberturas.

Para os autores Jannuzzi e Swisher (1997), além da questão ambiental, o pressuposto principal para defender a conservação de energia elétrica é o baixo custo quando comparado à expansão do sistema, pois o que é gasto para economizar 1kWh quase sempre é menor do que o gasto para gerar. Entretanto, nem sempre o custo de conservação é inferior ao de expansão, isso depende do tipo de equipamento analisado e do custo de expansão da geração. Se levar em consideração, por exemplo, um equipamento simples, como uma lâmpada, certamente o custo de se desenvolver e produzir um equipamento que consumirá menos energia elétrica, ocasionando efeito similar ou superior à antiga tecnologia será inferior ao custo de geração. No caso de equipamentos mais complexos como motores elétricos, por exemplo, pode ocorrer que conservar seja mais dispendioso do que expandir o sistema de suprimento de eletricidade. O estudo de Garcia (2003) sobre a viabilidade econômica da troca de motores elétricos em

uso no setor industrial por motores de alto rendimento demonstrou que um terço da amostra analisada era economicamente viável, sendo que cada caso deve ser analisado separadamente.

Levine et al. (1998), destacam que esforços contínuos de pesquisa e desenvolvimento em tecnologias e práticas para aumento da eficiência energética são substanciais para assegurar um futuro energeticamente eficiente.

Afirmam Jannuzzi e Swisher (1997) que “conservar energia elétrica não é racionamento; não implica em perda de qualidade de vida, conforto, segurança e não compromete a produtividade ou desempenho da produção”. Assim a conservação de energia elétrica permite continuar o oferecimento dos serviços necessários utilizando-se uma quantidade menor de energia elétrica.

O modelo de desenvolvimento sustentável exige que as soluções de projetos apresentem impacto sócio-ambiental aceitável, empregando procedimentos com a finalidade de aumentar a eficiência energética da edificação, assegurando a melhoria das condições de sustentabilidade do meio ambiente, aumentando a produtividade, reduzindo custos, diminuindo a contaminação resultante das emissões e conservando os recursos naturais, como observado por Bermann e Martins (2000). Particularmente nas edificações comerciais e públicas, o projetista deve atentar para a questão, pois estes devem desenvolver estratégias relacionadas à demanda de energia nas edificações projetadas, com utilização de tecnologias eficazes nos processos de conversão de energia, tais como condicionadores de ar, iluminação, força motriz, refrigeração e implantação de programas de combate ao desperdício, nos modelos propostos pela Eletrobrás. Para a realização de um projeto de eficiência energética bem elaborado o projetista deve propor o emprego de equipamentos com as especificação técnicas dentro dos padrões ótimos de desempenho. Um projeto com a especificação incorreta ou a falta dela, implica na compra de produtos de má qualidade, que não trarão os benefícios esperados.

Para Reis e Silveira (2000) para que o setor energético se torne sustentável é necessário olhar os problemas de modo abrangente, com adoção de inovações e incrementos tecnológicos, mudanças que incluem políticas que redirecione as escolhas tecnológicas e os investimentos no setor, tanto no suprimento, quanto na demanda, bem como no comportamento dos consumidores.

O emprego de ações de sustentabilidade assegura a médio e longo prazo um planeta em boas condições para o desenvolvimento e preservação de todas as formas de vida. Garante os recursos naturais necessários para as próximas gerações, a manutenção dos recursos naturais

tais como florestas, matas, rios, lagos, oceanos, garantindo boa qualidade de vida para as gerações futuras.

Nesse contexto de exigências em relação às empresas e seus valores éticos, da possibilidade de vantagens competitivas dentro do mercado e da importância de criar desenvolvimento com sustentabilidade é indispensável que os administradores compreendam a filosofia e as propostas do desenvolvimento sustentável, razão pela qual essa abordagem é relevante para a continuidade dos empreendimentos, para a prática de uma gestão responsável.

A série de normas 50000 da ISO é uma das novas ferramentas para melhoria do desempenho energético. Em junho de 2011 foi publicada a primeira norma da série, a “ABNT NBR ISO 50001: 2011 – Sistemas de gestão da energia: Requisitos com orientações para uso”, que visa estabelecer processos para melhorar o desempenho energético das empresas. Essa norma tem por objetivo contemplar a redução nos custos com energéticos, nas emissões de gases causadores do efeito estufa e demais impactos ambientais por meio de ações sistemáticas na gestão de energia. Qualquer empresa que tenha consumo de energia pode se beneficiar da norma e está apta a receber certificação à medida que estabeleçam sistemas e processos para melhorar o desempenho energético, incluindo eficiência energética, adotando boas práticas no uso e consumo de energia. A “ABNT NBR ISO 50002:2014 – Diagnósticos energéticos – Requisitos com orientação para uso”, publicada em novembro de 2014, especifica os requisitos de processo para realização de um diagnóstico energético em relação ao desempenho energético, sendo aplicável a todos os tipos de estabelecimentos e a todas as formas de energia e seus usos, especificando os princípios da realização de diagnósticos energéticos.

Embora o tema da eficiência energética tenha cada vez mais importância em vários setores no Brasil, o número de empresas que possuem sistemas estruturados de gestão da energia é muito pequeno e como exemplo pode-se citar que apenas dez empresas no país possuem seu sistema de gestão de energia certificado pela norma ISO 50001.

2.1.1 Programa de Conservação de Energia e o PBE

Com intuito de discutir com a sociedade sobre a criação de programas de avaliação da conformidade com foco no desempenho, o Inmetro iniciou em 1984 um projeto baseado na prestação de informações sobre eficiência energética dos equipamentos disponíveis no mercado nacional, contribuindo para a racionalização do uso da energia no Brasil.

Inicialmente contemplaria o setor automotivo, devido às crises do petróleo no mundo na década de 70, porém esse projeto foi redirecionado, ampliado e intitulou-se de Programa Brasileiro de Etiquetagem - PBE.

Os programas do PBE são coordenados pelo Inmetro em parceria com o Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural (CONPET) operado pela Petrobrás e o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) sob os cuidados da Eletrobrás, são iniciativas do governo e que destacam produtos eficientes através da etiquetagem do Inmetro.

No decurso do racionamento de energia elétrica em 2001, o governo federal aprovou a Lei nº 10.295/2001 que prevê o estabelecimento, pelo Poder Executivo, de índices mínimos de eficiência e máximo de consumo para os equipamentos consumidores de energia, bem como para as edificações.

No mesmo ano foi criado o Comitê Gestor para os Indicadores de Eficiência Energética - CGIEE, por meio do Decreto nº 4.059/2001, com a função de publicar as regulamentações de índices mínimos de eficiência energética para os equipamentos consumidores de energia e os programas de metas, com a indicação e evolução desses índices.

Em 2002, o CGIEE elegeu os motores elétricos como sendo o primeiro produto a possuir regulamentação específica, sendo criado o Comitê Técnico de Motores, CT-Motores, para elaborar as primeiras versões da regulamentação específica de motores e dos programas de metas, mostrando a evolução dos rendimentos mínimos dos motores de indução trifásicos. O CT-Motores é constituído por representantes do Centro de Pesquisa em Energia Elétrica (Cepel), da Eletrobrás, do Inmetro e do Ministério de Minas e Energia (MME).

A regulamentação específica de motores, estabelecida por meio do Decreto nº 4.508/2002, abrangeu os motores de indução trifásicos, rotor tipo gaiola de esquilo, tensão até 600V, potência de 1CV a 250CV, número de polos 2, 4, 6 e 8. Nessa regulamentação foram definidas duas tabelas de rendimentos: a linha-padrão e a linha de alto rendimento.

O PBE é constituído por trinta e oito Programas de Avaliação da Conformidade em diferentes fases de implementação, contendo desde a etiquetagem de produtos da linha branca, tais como fogões, refrigeradores e condicionadores de ar até os veículos e as edificações. Fornece informações sobre o desempenho dos produtos, tais como: a eficiência

energética, o ruído e outros critérios que podem influenciar na escolha dos consumidores, podendo estes tomar decisões mais conscientes no momento da aquisição. Também estimula a competitividade da indústria, que deverá fabricar produtos cada vez mais eficientes.

Os consumidores normalmente não possuem conhecimento específico sobre os produtos, o que dificulta a identificação daqueles que são os mais econômicos, silenciosos ou que, por exemplo, gastam menos água. Os fornecedores, por sua vez, precisam que seus produtos sejam diferenciados no mercado justificando, portanto, o investimento que fazem na melhoria da qualidade dos produtos que oferecem. Desta forma, o conteúdo das etiquetas ajuda a equilibrar a relação de consumo, diminuindo a assimetria de informação existente entre quem compra e quem vende.

A Etiqueta e o Selo de Conformidade inseridos aos produtos, nos pontos de venda, comprova o atendimento aos requisitos de desempenho estabelecidos em normas e regulamentos técnicos. Destaca-se que dependendo do critério de desempenho avaliado, ela recebe diferentes denominações, por exemplo, quando a principal informação é a eficiência energética do produto ou da edificação, ela é denominada de Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE).

O Selo Procel de Economia de Energia também chamado abreviadamente de Selo Procel, foi criado por Decreto Presidencial em 8 de dezembro de 1993 e foram firmadas parcerias junto ao Inmetro, associações de fabricantes, pesquisadores de universidades e laboratórios, com o objetivo de estimular a disponibilidade de equipamentos cada vez mais eficientes no mercado brasileiro. Tem por objetivo permitir ao consumidor verificar de forma simples e eficaz qual equipamento ou eletrodoméstico é mais eficiente e consome menos energia dentre os oferecidos no mercado. São estabelecidos índices de consumo e desempenho para cada categoria de equipamento e cada equipamento candidato ao Selo deve ser submetido a ensaios em laboratórios indicados pela Eletrobras, apenas os produtos que atingem esses índices são contemplados com o Selo Procel.

A figura 2.2 apresenta a etiqueta indicativa do selo PROCEL.



Figura 2.2 - Etiqueta indicativa do Selo PROCEL
Fonte: PROCEL, 2015.

A ENCE, etiqueta de eficiência energética do PBE, especifica os equipamentos, veículos e edificações em faixas coloridas, classificando com a letra “A” os mais eficientes e letra "E" os menos eficientes. Cada linha de eletrodoméstico possui uma etiqueta própria, em que são listadas as características técnicas do produto.

A figura 2.3 apresenta etiqueta destinada a equipamentos e que presta informações relevantes como o consumo de combustível dos veículos e a eficiência de centrifugação e de uso da água em lavadoras de roupa. Cada eletrodoméstico contém sua própria etiqueta, que apresenta variações de acordo com as características técnicas de cada produto.

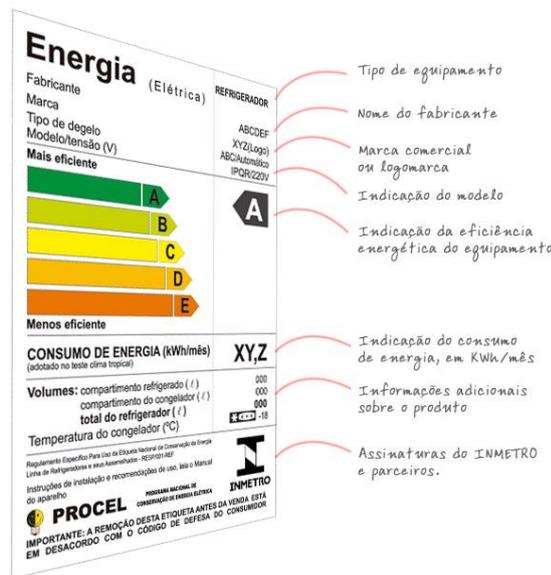


Figura 2.3 – Etiqueta para classificação de equipamentos.
 Fonte: PROCEL, 2015.

A figura 2.4 representa uma etiqueta para refrigerador

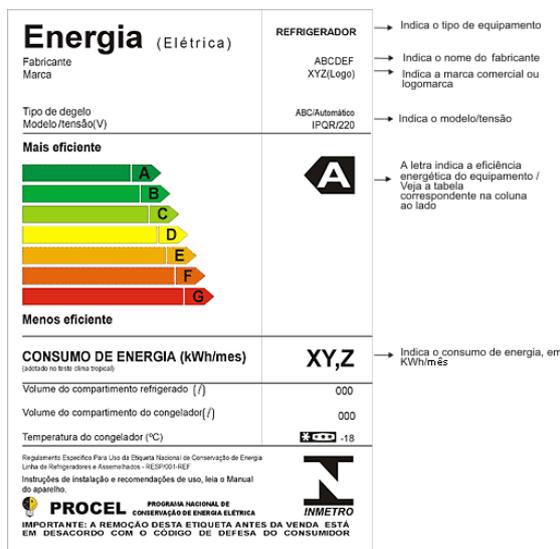


Figura 2.4 - Etiqueta indicativa para refrigerador do Selo PROCEL
 Fonte: PROCEL, 2015.

A figura 2.5 apresenta etiqueta destinada a coletor solar.

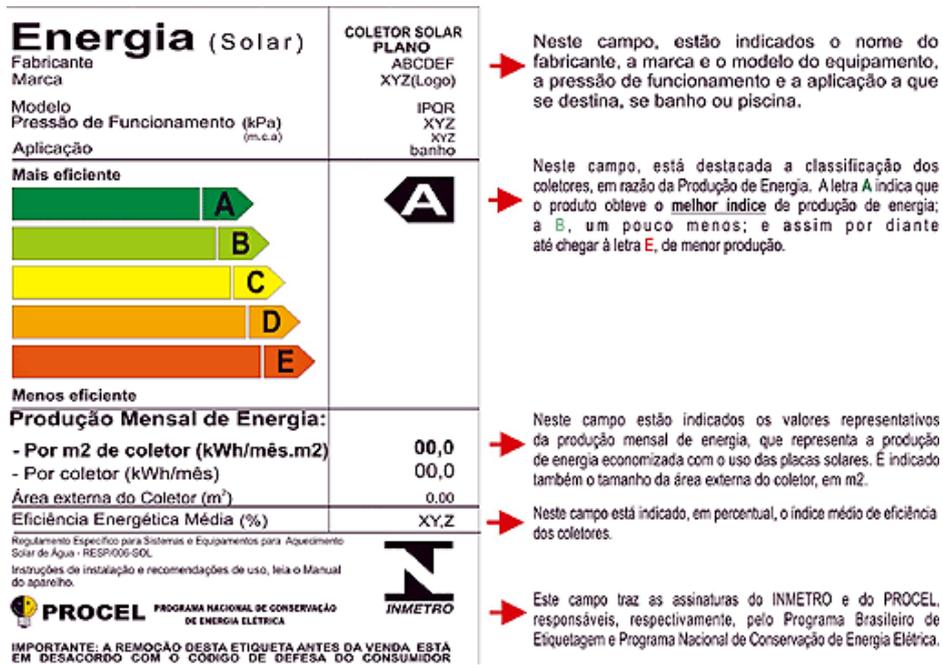


Figura 2.5 - Etiqueta indicativa para coletor solar do Selo PROCEL
Fonte: PROCEL, 2015.

A figura 2.6 apresenta etiqueta para veículos leves.

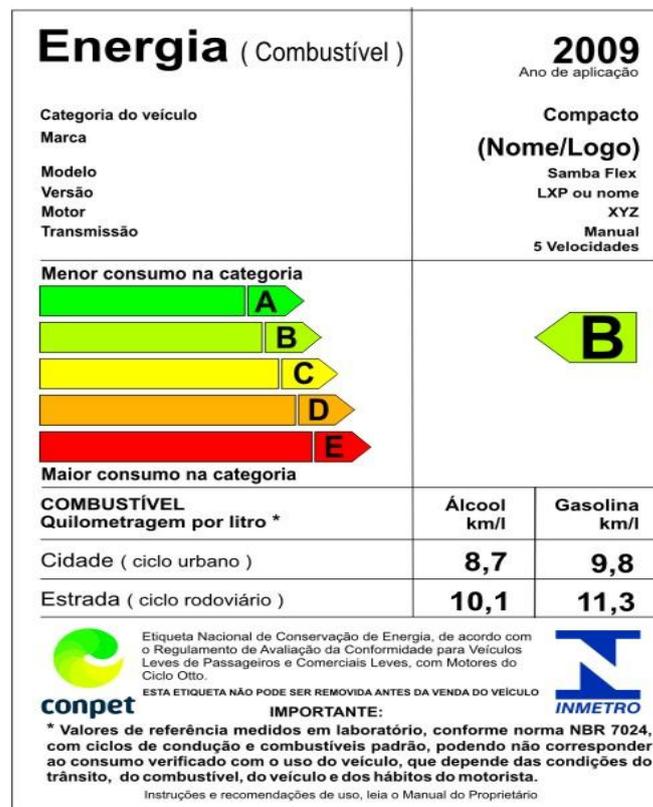


Figura 2.6 - Etiqueta indicativa para veículos leves do Selo PROCEL
Fonte: PROCEL, 2015.

A figura 2.7 apresenta a etiqueta destinada à classificação das lâmpadas.

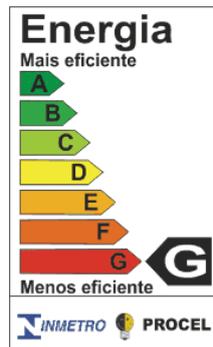


Figura 2.7 – Etiqueta de classificação para lâmpadas.
Fonte: PROCEL, 2015.

O Programa Brasileiro de Etiquetagem também tem como propósito incentivar a adoção de medidas sustentáveis das edificações no Brasil, através do PBE Edifica. Este programa é voltado às edificações comerciais, de serviços e públicas e edificações residenciais, tanto unidades habitacionais autônomas (casas e apartamentos), edificações multifamiliares e áreas de uso comum, sendo aplicadas ao projeto e à edificação construída. Os requisitos avaliados são eficiência e potência instalada do sistema de iluminação, eficiência do sistema de condicionamento de ar e o desempenho térmico da envoltória o edifício. Assim como na classificação de equipamentos, são utilizadas a letra A para sistema mais eficiente e a letra E para menos eficiente. Há incentivos adicionais para aumento da eficiência quando implementados sistemas como energia fotovoltaica ou cogeração (LABEEE, 2013). A Figura 2.8 ilustra a etiqueta utilizada para classificação dos edifícios.

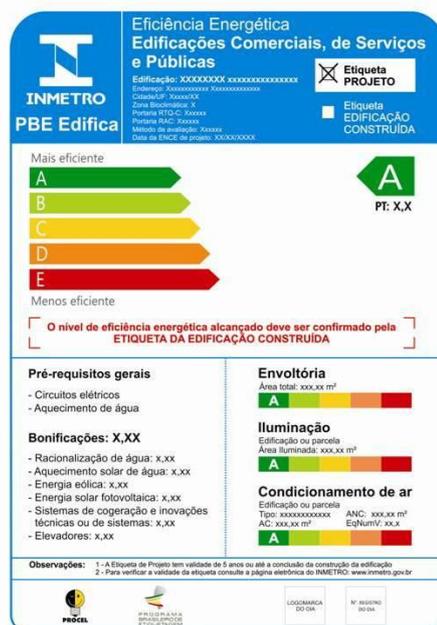


Figura 2.8- Etiqueta utilizada para indicação do nível de eficiência de edifícios.
Fonte: PBE Edifica, 2015.

2.2 As Instituições brasileiras e a eficiência energética

- Ministério de Minas e Energia - MME é responsável por formular os princípios básicos e definir as diretrizes da política energética nacional, tem entre suas atribuições zelar pelo equilíbrio conjuntural e estrutural entre a oferta e a demanda dos recursos energéticos do país;

- Eletrobrás responsável pela execução do Programa Nacional de Conservação de Energia – Procel;

- ANEEL, criada em 1996, regula e fiscaliza os serviços prestados pelas empresas geradoras, transmissoras, distribuidoras e comercializadoras de energia. É responsável pela execução do Programa de Eficiência Energética das Concessionárias Distribuidoras de Energia Elétrica – PEE. Alguns estados possuem agências locais que são conveniadas à ANEEL quanto à fiscalização, como é o caso do Mato Grosso do Sul através da Agência Estadual de Regulação de Serviços Públicos de Mato Grosso do Sul-AGEPAN;

- Empresa de Pesquisa Energética - EPE, criada em 2004 e vinculada ao MME realiza estudos e pesquisas destinados a subsidiar o planejamento do setor energético, tais como energia elétrica, petróleo e gás natural, carvão mineral, fontes energéticas renováveis e eficiência energética.

2.2.1 Legislação

- O decreto 99.656 de 26/10/1990 dispõe sobre a criação da Comissão Interna de Conservação de Energia – nos órgãos da Administração Federal direta e indireta, fundações, empresas públicas e sociedades de economia mista controladas direta ou indiretamente pela União que apresentem consumo anual de energia elétrica superior a 600.000 kWh, com a responsabilidade de elaborar, implementar e acompanhar as metas do Programa de Conservação de Energia.

“Apesar de a obrigação ser somente para órgãos públicos, a CICE é um instrumento importante e que deveria ser implementado ao menos em todos os tipos de unidades consumidoras de grande porte” (VARGAS JR, 2006).

- Portaria Conjunta nº 01 de 13 de agosto de 1998 – ANEEL-ANP que determina a criação de um Grupo de Trabalho constituído por representantes da ANEEL e da ANP com a finalidade de estudar a eficiência energética nos seus aspectos institucionais, técnicos e sócio-econômicos.

- Decreto 3.330 de 06 de janeiro de 2000, versa sobre redução do consumo de energia elétrica em órgãos da Administração Pública Federal, nas fundações, empresas públicas, sociedades de economia mista controladas direta ou indiretamente pela União, devendo reduzir em vinte por cento o consumo de energia elétrica para fins de iluminação, refrigeração e arquitetura ambiental, até 31/12/2002, tomando por referência a média do consumo de 1998.

Os investimentos e os serviços contratados serão pagos exclusivamente com parte da economia gerada pela eficiência do consumo energético. O MME é responsável pelo acompanhamento por meio do PROCEL.

- Portaria 174 de 25 de maio de 2001 – MME, constituiu a Comissão Interna de Redução do Consumo de Energia – CIRC/MME, no âmbito do MME, com a finalidade de propor medidas para atingir as metas previstas no Decreto nº 3818/2001, promovendo e gerenciando o Programa de Redução de Consumo de energia nas instalações do Ministério e acompanhando a implantação e avaliando e orientando o desenvolvimento do mesmo. O Programa de Redução de Consumo de Energia deveria conter ações de eliminação de desperdício e aumento de eficiência energética relativos a iluminação, refrigeração, climatização, utilização de elevadores, bombeamento de água e equipamentos de escritório, bem como ações para conscientização dos servidores do Ministério quanto à necessidade de reduzir o consumo de energia elétrica e utilização adequada de iluminação e equipamentos além de ações para o desenvolvimento de postura permanente de racionalização energética.

- Instrução Normativa N° 02 de 04 de junho de 2014, dispõe sobre a obrigatoriedade da aquisição de equipamentos energeticamente eficientes pela Administração Pública Federal e sobre a obrigatoriedade do uso da Etiqueta Nacional de Eficiência Energética nas novas edificações públicas federais ou que recebam retrofit.

2.3 O papel dos diversos atores na eficiência energética

Segundo Freeman (1984), stakeholder é “qualquer grupo ou indivíduo que pode afetar ou é afetado pela realização dos objetivos da empresa”. Para obtermos o melhor desempenho em busca da eficiência energética, é necessário identificar os principais atores de forma a ser implementada uma estratégia compatível, para que os programas surtam os resultados almejados.

Um exemplo da necessidade de interação entre os diversos agentes pode ser observado quando da especificação e aquisição de materiais tais como lâmpadas e luminárias eficientes, que atendam as expectativas do Governo Federal e das equipes de projeto e manutenção. Estes materiais não encontram correspondência com os materiais contidos nas planilhas de orçamentos em que os órgãos públicos devem se nortear. Desta forma, é necessário recorrer a justificativas técnicas para especificação de materiais mais eficientes. É importante que os materiais mais eficientes constem destas planilhas, atendendo as normas do próprio Governo Federal, simplificando as tarefas de especificação, orçamento e aquisição de materiais realmente eficientes, sem a necessidade de recorrer a justificativas técnicas. Muito tempo é despendido justificando a aplicação de materiais eficientes, tanto no projeto quanto posteriormente quando da auditoria das obras concluídas, aumentando indiretamente os gastos públicos. Inclusive caso a Instrução Normativa N°2 não seja cumprida, o Tribunal de Contas da União e demais órgãos de fiscalização competentes tomarão as medidas cabíveis de acordo com suas atribuições até a regularização da situação.

Os principais atores são: Governo Federal, Administração da UFMS, docentes, discentes e técnicos administrativos.

2.3.1 Governo Federal

Costa et al. (2004) já propunham que a norma de licitação de órgãos públicos não se ativesse somente no aspecto “preço” no estabelecimento dos critérios de aquisições, mas que observasse a melhora técnica, de forma a atender menor consumo de energia.

O Governo Federal tem papel regulador, fiscalizador e de promover ações no sentido de organizar a sociedade e tem estimulado programas que permitem a racionalização da produção e do consumo de energia elétrica. A Lei nº 10.295/2001 de 17/10/2001 chamada Lei da Eficiência Energética e o Decreto nº 4.059 de 19/12/2001 que a regulamenta, dispõe sobre a política nacional de conservação e uso racional de energia.

O Governo Federal atua também através da legislação pertinente aos materiais a serem especificados e adquiridos, como a Instrução Normativa nº01 de 19 de janeiro de 2010, que versa sobre os critérios de sustentabilidade ambiental na aquisição de bens, contratação de serviços ou obras pela Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional. O Art. 4º orienta o uso exclusivo de lâmpadas fluorescentes compactas ou tubulares de alto rendimento e de luminárias eficientes.

A Portaria Interministerial nº 1007 de 31 de dezembro de 2010 define os níveis mínimos de eficiência energética de lâmpadas incandescentes, bem como determina procedimentos de ensaios, apresenta informações que devem constar da embalagem e determina datas limite para fabricação e importação de lâmpadas incandescentes para fins de comercialização no país, que não atendam ao que está disposto na Regulamentação, conforme definido na Tabela 2.1 - Níveis mínimos de eficiência energética – 127V e Tabela 2.2 - Níveis mínimos de eficiência energética – 220V.

Tabela 2.1 – Níveis mínimos de eficiência energética – 127V

Lâmpadas Incandescentes Domésticas de 127V - 750 horas					
POTÊNCIA (W)	EFICIÊNCIA MÍNIMA (lm/W) *				
	30/06/2012	30/06/2013	30/06/2014	30/06/2015	30/06/2016
Acima de 150	20,0	24,0			
101 a 150	19,0	23,0			
76 a 100		17,0	22,0		
61 a 75		16,0	21,0		
41 a 60			15,5	20,0	
26 a 40				14,0	19,0
Até 25				11,0	15,0

Fonte: Portaria Interministerial nº 1007 de 31 de dezembro de 2010.

Tabela 2.2 – Níveis mínimos de eficiência energética – 220V

Lâmpadas Incandescentes Domésticas de 220V - 1000 horas					
POTÊNCIA (W)	EFICIÊNCIA MÍNIMA (lm/W) *				
	30/06/2012	30/06/2013	30/06/2014	30/06/2015	30/06/2016
Acima de 150	18,0	22,0			
101 a 150	17,0	21,0			
76 a 100		14,0	20,0		
61 a 75		14,0	19,0		
41 a 60			13,0	18,0	
26 a 40				11,0	16,0
Até 25				10,0	15,0

*A partir da data indicada, a Lâmpada Incandescente deverá atingir a eficiência mínima.

Fonte: Portaria Interministerial nº 1007 de 31 de dezembro de 2010.

As lâmpadas que não atenderem aos níveis mínimos de eficiência energética deixarão de ser produzidas e importadas no Brasil nas datas estipuladas. Atualmente o que ocorre na prática é que as indústrias brasileiras estão deixando de fabricar as lâmpadas incandescentes no intervalo de potência indicada nas tabelas 2.1 e 2.2 na data determinada pela Portaria. As lâmpadas incandescentes de 60W deixaram de ser importadas e produzidas no Brasil desde

julho de 2014 e poderão ser comercializadas até 30/06/2015, decisão do governo federal motivada pela necessidade de reduzir o consumo de energia.

A Instrução de Serviço n° 301 de 24 de agosto de 2009 – contida no Boletim de Serviço UFMS n° 4673 determina no Artigo 1° que os orçamentos de obras na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul devem ser elaborados com base no SINAPI.

O Decreto 7.986 de 8 de abril de 2013 estabelece regras e critérios para elaboração do orçamento de referência das obras e serviços de engenharia contratados e executados com recursos dos orçamentos da União. Deve ser observado o disposto no Capítulo II, referente à elaboração do orçamento de referência de obras e serviços de engenharia, conforme segue:

Art. 3°. O custo global de referência de obras e serviços de engenharia, exceto os serviços e obras de infraestrutura de transporte, será obtido a partir das composições dos custos unitários previstas no projeto que integra o edital de licitação, menores ou iguais à mediana de seus correspondentes nos custos unitários de referência do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil - Sinapi, excetuados os itens caracterizados como montagem industrial ou que não possam ser considerados como de construção civil.

Parágrafo único. O Sinapi deverá ser mantido pela Caixa Econômica Federal - CEF, segundo definições técnicas de engenharia da CEF e de pesquisa de preço realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.

Art. 3°. O custo global de referência de obras e serviços de engenharia, exceto os serviços e obras de infraestrutura de transporte, será obtido a partir das composições dos custos unitários previstas no projeto que integra o edital de licitação, menores ou iguais à mediana de seus correspondentes nos custos unitários de referência do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil - Sinapi, excetuados os itens caracterizados como montagem industrial ou que não possam ser considerados como de construção civil.

Parágrafo único. O Sinapi deverá ser mantido pela Caixa Econômica Federal - CEF, segundo definições técnicas de engenharia da CEF e de pesquisa de preço realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.

Art. 5°. O disposto nos arts. 3o e 4o não impede que os órgãos e entidades da administração pública federal desenvolvam novos sistemas de referência de custos, desde que demonstrem sua necessidade por meio de justificativa técnica e os submetam à aprovação do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão.

Parágrafo único. Os novos sistemas de referência de custos somente serão aplicáveis no caso de incompatibilidade de adoção dos sistemas referidos nos arts. 3o e 4o, incorporando-se às suas composições de custo unitário os custos de insumos constantes do Sinapi e Sicro.

Art. 3°. Na elaboração dos orçamentos de referência, os órgãos e entidades da administração pública federal poderão adotar especificidades locais ou de projeto na elaboração das respectivas composições de custo unitário, desde que demonstrada a

pertinência dos ajustes para a obra ou serviço de engenharia a ser orçado em relatório técnico elaborado por profissional habilitado.

Parágrafo único. Os custos unitários de referência da administração pública poderão somente em condições especiais justificadas em relatório técnico elaborado por profissional habilitado e aprovado pelo órgão gestor dos recursos ou seu mandatário, exceder os seus correspondentes do sistema de referência adotado na forma deste Decreto, sem prejuízo da avaliação dos órgãos de controle, dispensada a compensação em qualquer outro serviço do orçamento de referência.

O Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil –(SINAPI) divulga a cada mês custos e índices da construção civil, cuja gestão é compartilhada entre a Caixa Econômica Federal (CEF) e o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), sendo a CEF responsável pela base técnica da engenharia e pelo processamento de dados, enquanto o IBGE é responsável pela pesquisa mensal de preço, metodologia e formação dos índices. Suas planilhas contêm lâmpadas incandescentes e de luz mista, bem como lâmpadas fluorescentes de 20W e 40W e respectivas luminárias. Atualmente dispomos no mercado de lâmpadas com melhor desempenho com preços competitivos, tais como as lâmpadas fluorescentes de 16W, 28W e 32W em substituição às de 20W e 40W, bem como lâmpadas fluorescentes compactas que podem ser empregadas em substituição às lâmpadas incandescentes. As luminárias constantes das tabelas do SINAPI não possuem refletor de alumínio, são luminárias que apresentam baixo desempenho.

2.3.2 Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

A UFMS tem a responsabilidade de desenvolver práticas socioambientais no âmbito coletivo, propondo à comunidade escolhas mais reflexivas estimuladas pelos aspectos educacionais. A UFMS é referência em educação para a comunidade, deve disseminar todo conhecimento que estiver disponível no combate ao desperdício, no uso eficiente dos recursos naturais, de forma a garantir às gerações futuras boa qualidade de vida. Através da CICE, deve desenvolver atividades que incluem:

- Combater o desperdício e disseminar o conceito de uso racional da energia elétrica, despertando na sociedade a preocupação com o impacto ambiental decorrente da geração de energia, bem como de que os recursos utilizados na geração de energia não são inesgotáveis e devendo ser utilizados com parcimônia;

- Substituir o uso de energia elétrica convencional por fontes alternativas de energia quando viável;

- Disseminar o conceito de uso racional
- Difundir, através dos cursos de graduação e pós-graduação, novos conceitos técnicos, formando profissionais com habilidade para projetar, executar, operar e manter instalações elétricas dentro dos requisitos de eficiência energética;
- Efetuar levantamento das instalações de iluminação e de climatização, verificando onde há iluminação desnecessária ou deficiente, instalação de comando adequado para acionamento da iluminação, detecção do uso inadequado da iluminação e instalação de iluminação para segurança, substituição ou eliminação de equipamentos ineficientes;
- Substituição de equipamentos pouco eficientes de iluminação e climatização de ambientes;
- Ministar palestras enfatizando o uso racional de energia elétrica e preservação do meio ambiente bem como campanhas internas para combate ao desperdício de energia elétrica;
- Implantação de projetos contemplando o uso de fontes alternativas de energia.

2.3.3 Docentes

Os docentes contribuem de forma decisiva na formação dos jovens e os programas de iniciação científica, trabalhos de graduação e pós-graduação podem contribuir de forma decisiva na implantação de novos conceitos e tecnologias, formas de gestão e todo tipo de inovação para implantação de programas sustentáveis.

2.3.4 Discentes

Os alunos devem ser chamados a participar e contribuir para o uso racional de energia elétrica, incitados a participar de programas para pesquisa de novas tecnologias para a sustentabilidade.

2.3.5 Técnicos administrativos

Devem ser orientados para o uso racional dos recursos bem como contribuir com os programas implantados e propor medidas de combate ao desperdício. A UFMS conta com um programa de Governança Sustentável com o objetivo de tornar a UFMS ecologicamente

sustentável, íntegra, socialmente articulada e financeiramente equilibrada na execução eficiente de suas atividades.

2.4 Iluminação

Santos et al (2006) salienta que se os sistemas de iluminação forem utilizados de forma eficiente, agregado a hábitos corretos, essa ação permitirá a redução do consumo de energia elétrica e garantirá o nível de iluminamento adequado de determinado ambiente, o que implicará na obtenção de um bom rendimento das tarefas a serem executadas.

Desde a descoberta da lâmpada por Thomas Edison, o simples e corriqueiro ato de acender a luz está intrinsecamente ligado ao desenvolvimento das tecnologias que avançam desde o sistema de produção e transmissão de energia elétrica até a fabricação de produtos que contemplam diversos aspectos da iluminação.

Associada diretamente à qualidade de vida, a iluminação é parte integrante na composição de qualquer ambiente, proporcionando bem-estar às pessoas sob os efeitos da luz.

Embora a lâmpada incandescente viesse cumprindo plenamente sua função de fonte geradora da iluminação artificial por mais de meio século, com uma predominância quase que total até às vésperas da II Guerra Mundial, tal simplicidade e a confiabilidade do sistema, renunciava-se que novas tecnologias iriam reverter esse quadro a partir da segunda metade do século XX.

A década de 1930 iria presenciar os primeiros sinais desses novos tempos, com surpreendentes resultados de um gigantesco trabalho de desenvolvimento tecnológico, que vinha sendo realizado a nível mundial há muito tempo. Suas origens remontam a meados do século XIX, quando o físico alemão Julius Plucker, com a cooperação do vidreiro Heinrich Geissler, efetuou os primeiros experimentos, constatando o efeito luminoso ao aplicar a corrente elétrica através de um tubo de vidro selado, em vácuo.

Desde então, os cientistas vislumbraram que, a par da corrida para aplicação da eletricidade, com a finalidade de se produzir iluminação através da incandescência e do arco voltaico, haveria também a oportunidade de se gerar luz pela passagem da energia elétrica através de gases ionizados.

Na última década do século XIX, começaram a ser utilizados os gases raros (chamados “nobres”) então descobertos e isolados: argônio (1894), hélio (1895), neônio,

criptônio e xenônio (1897). Visualizando as oportunidades de aplicação desse fenômeno para fins comerciais e decorativos, D. Mcfarlan Moore (EUA) começou a desenvolver as primeiras lâmpadas de descarga (1884) para comercializá-las no alvorecer do século XX. Conhecidas como “Tubos Moore”, eram de forma tubular, com grandes comprimentos, custo elevado e apresentavam ainda muitos problemas técnicos.

2.4.1 Lâmpadas e Luminárias

De acordo Mamede (2001), as lâmpadas elétricas podem ser classificadas quanto ao processo de emissão de luz, sendo incandescentes ou de descarga e quanto ao desempenho, onde são verificados a vida útil, o rendimento luminoso e o índice de reprodução de cores.

Em seu estudo, Araújo et al. (2007) recomenda que para cada tipo de ambiente, deve-se propor aplicação de tipos de lâmpadas e luminárias específicas. Para locais de altura até três metros e que exigem bom conforto visual são recomendadas lâmpadas fluorescentes tubulares. Para grandes áreas é aconselhável a utilização de lâmpadas de vapor metálico, com níveis de iluminância elevados, onde a qualidade de luz é essencial. As lâmpadas de vapor de mercúrio são usadas geralmente em grandes áreas, fachadas e na iluminação pública.

É vasta a variedade de luminárias utilizadas em interiores assim muitas vezes entre os projetistas há dúvidas sobre qual modelo apresenta melhor rendimento. Para Lamberts et al. (1997) além do material utilizado na sua composição deve-se observar a finalidade da aplicação. Em ambientes de grandes proporções a reflexão nas paredes é desprezível, as luminárias com refletor de alumínio sem aletas representam a melhor solução para redução de carga instalada, seguida pela luminária com refletor de alumínio com aletas brancas. Para locais onde há necessidade de controle de ofuscamento sugere-se a segunda opção.

Conforme Araújo et al. (2007), as lâmpadas elétricas de descarga necessitam de um reator para estabilizar a corrente de ignição. O autor afirma que as lâmpadas fluorescentes apresentam vantagens em relação às incandescentes, devido ao fato de apresentarem o mesmo fluxo luminoso com potências menores, gerando economia de energia de até 80%, além de vida útil maior e possuem boas definições de cores. Na mesma linha, Trifunovic et al. (2009) afirmam que a substituição das lâmpadas incandescentes por lâmpadas fluorescentes resulta em significativa redução do consumo de energia, pois as fluorescentes possuem maior eficiência luminosa e maior vida útil.

A lâmpada fluorescente é uma lâmpada de descarga de baixa pressão sendo a luz produzida por pós fluorescentes ativados pela energia ultravioleta da descarga. Contêm em

seu interior pequena quantidade de vapor de mercúrio e gases inertes e quando da passagem da corrente elétrica, os elétrons chocam-se com os átomos de mercúrio. O choque provoca a transferência de energia para os elétrons de mercúrio que irão passar para uma órbita superior em torno do átomo. Estes elétrons ao regressam para sua órbita original, emitem energia na forma de ultravioleta. O revestimento interno do bulbo, constituído por pós fluorescentes, convertem a radiação ultravioleta em luz visível. Em geral possuem formato tubular longo ou compacta, em cada extremidade possui um eletrodo e vapor de mercúrio a baixa pressão, além de pequena quantidade de gás inerte para facilitar a partida. Internamente a superfície do bulbo é revestida com pó fluorescente, sendo a cor e a quantidade da luz emitida determinadas pela composição do mesmo.

As primeiras lâmpadas fluorescentes apresentavam um diâmetro do tubo T12 (38 mm de diâmetro), revestidas internamente por um pó fluorescente comum. A criação mais recente para otimização global dos sistemas fluorescentes é a versão em miniatura obtida com a linha de fluorescentes T5 (16 mm de diâmetro) que utiliza o pó trifósforo resultando em melhor reprodução de cor (OSRAM, 2013). A Figura 2.9 apresenta alguns exemplos de lâmpadas fluorescentes compactas.



Figura 2.9 - Lâmpadas fluorescentes compactas

Fonte : http://www.osram.com.br/osram_br/noticias-e-conhecimento/lampadas-fluorescentes-compactas/

De acordo com a OSRAM (2013) as lâmpadas fluorescentes compactas foram produzidas para substituir as lâmpadas incandescentes. Seu funcionamento é idêntico ao das fluorescentes tubulares, porém suas dimensões são reduzidas, proporcionam uma qualidade de luz excelente, alta eficiência energética, longa durabilidade (até 15.000 horas) e perfeita distribuição de luz. Trazem vantagens no consumo de energia elétrica até 80% menor, quando comparada à incandescente e o índice de reprodução de cores é de 85%.

Os reatores eletromagnéticos funcionam em 60 hertz, são grandes e pesados e vêm sendo substituídos pelos modelos eletrônicos, que economizam energia e têm menor carga

térmica. Os reatores eletrônicos trabalham em 35 kHz, o que evita a intermitência conhecida como cintilação e o efeito estroboscópico, ambos responsáveis pelo cansaço visual. Os reatores eletrônicos dimerizáveis permitem a dimerização de lâmpadas fluorescentes, integrando a luz natural com a artificial quando combinados a sensores, proporcionando aumento ou diminuição da intensidade luminosa das lâmpadas conforme a necessidade, de modo que a luz artificial seja usada apenas como complemento à luz natural. Os reatores eletrônicos devem atender às normas brasileiras relativas aos requisitos de segurança e desempenho (NBR 14.417 e NBR 14.418).

A destinação inadequada das lâmpadas fluorescentes substituídas em projetos de conservação de energia pode provocar aumento da dispersão do mercúrio na natureza. O mercúrio é um metal que pode ser letal, dependendo de sua concentração no corpo humano. A reciclagem é a melhor solução ambiental para minimizar o volume deste metal descarregado no meio ambiente e a partir de 2003 foi incluída em todos os projetos de conservação de energia elétrica realizados pelo Procel EPP, que efetuavam a substituição de lâmpadas fluorescentes (PROCEL EPP, 2006).

2.4.2 Níveis de Iluminamento

Observa-se na tabela 2.3 os valores mínimos, médios e máximos de iluminância em serviço para iluminação artificial em ambientes, que variam de acordo com a necessidade de apuro visual, estabelecidos pela NBR 5413 (ABNT, 1992).

Tabela 2.3 – Valores mínimos, médios e máximos de iluminância.

Local	Iluminância (lux)
Sala de Aula	200 - 300 - 500
Laboratórios - Geral	150 - 200 - 300
Laboratórios - Local	300 - 500 - 750
Banheiro	100 - 150 - 200
Corredor	75 - 100 - 150

Fonte: ABNT NBR 5413

2.4.3 Especificações das lâmpadas fluorescentes

A OSRAM disponibiliza duas versões de lâmpadas fluorescentes tubulares: a fluorescente comum com eficiência luminosa de até 70 lm/W e a fluorescente trifósforo com

maior eficiência energética, que é de até 100 lm/W (OSRAM, 2013). As especificações dessas lâmpadas são apresentadas na tabela 2.4.

Tabela 2.4 – Especificações das lâmpadas fluorescentes.

	Lâmpada Fluorescente Tubular LW 40 W 765	Lâmpada Fluorescente Tubular FO 32 W/840
Marca	Osram	Osram
Vida Útil	7.500 horas	7.500 horas
Potência	40 W	32 W
Fluxo Luminoso	2.500 lumens	2.700 lumens
Diâmetro	33 mm	26 mm
Comprimento	1.200mm	1.200mm

Fonte: catálogo Osram

2.4.4 Lâmpadas LED

LED é abreviatura do inglês *Light-Emitting Diode* ou em português, Diodo Emissor de Luz. São diodos semicondutores que tem a característica de transformar energia elétrica em luz, enquanto as lâmpadas convencionais utilizam filamentos metálicos, radiação ultravioleta e descarga de gases, entre outras.

Há registros que indicam que o uso da tecnologia LED iniciou em 1961 com o diodo de luz infravermelho, em 1962 foi empregado pela primeira vez para emissão de luz visível, na década de 1970 tornou-se viável comercialmente sendo que nos anos 1980 foram desenvolvidos os de alta luminosidade, os de luz azul surgiram em 1993 e somente no século XXI alcançaram potência de 50W.

Os LEDs vêm sendo utilizados há anos pela indústria eletrônica, seja para iluminar o relógio digital ou para mostrar que o computador está ligado. O uso deste material tem aumentado estendendo-se de telas superfínas de televisores ao celular e iluminação de ambientes em geral.

Dois materiais constituem o LED: um carregado positivamente e denominado material tipo P e outro carregado negativamente sendo denominado material tipo N. Quando a corrente elétrica passa através desses materiais, ocorrem reações e a luz é emitida. A transformação de energia elétrica em luz é feita na matéria sendo por esse motivo chamada de iluminação em estado sólido, em inglês *Solid-State Lighting*.

Uma lâmpada LED é composta basicamente por:

- LED – semicondutor que transforma energia elétrica em emissão de luz. A estabilidade de cores, durabilidade e eficiência varia conforme o modelo e fabricante.

- Fonte – também denominada *driver* proporciona a alimentação do LED podendo ser ou não integrado ao corpo da lâmpada.

- Dissipador – responsável pela dissipação do calor produzido pelo chip.

Em 1995 a invenção do LED azul, possibilitando a obtenção da luz LED branca, revolucionou o mercado de iluminação e graças a eficiência apresentada, despertou o interesse dos consumidores. Atualmente a Associação Brasileira de Normas Técnicas está trabalhando para estabelecer padrões técnicos para essa tecnologia, onde será definido o consumo de energia que o produto deve ter, a eficiência energética, fluxo luminoso e vida útil. Há grande oferta de produtos de baixa qualidade principalmente oriundos da Ásia.

Uma das formas com que essa tecnologia tem sido mais facilmente absorvida é a utilização dos LEDs na substituição das lâmpadas que usamos atualmente, como dicróica, PAR20, PAR30, incandescente comum, lâmpada balão e até tubos similares a fluorescentes.

O uso dos LEDs no formato de lâmpadas pré-existentes (retrofit) é muito interessante, pois embora tenha um custo inicial elevado, o LED tem vida útil muito mais longa do que as incandescentes e fluorescentes, além de ter um consumo de energia muito baixo. Além disso, provoca menos danos ao meio ambiente pois não possui substâncias tóxicas em seu interior, o que ocorre em alguns tipos de lâmpadas como as fluorescentes (DIAS et al., 2011). Numa das etapas deste trabalho, fazemos o estudo comparativo das lâmpadas fluorescentes e LED instaladas em salas de aula da UFMS.

É necessário que sejam utilizados produtos de fabricantes conhecidos e confiáveis, ainda que sejam um pouco mais caros do que o concorrente importado. Como o LED se paga com o tempo, é imperativo que ele dure bastante.

Benefícios da tecnologia LED:

- Baixo consumo de energia;
- Longa durabilidade: até 70.000 horas de uso;
- Alta eficiência luminosa;
- Lâmpadas LED não contém mercúrio como as demais lâmpadas, é livre de elementos que causam danos à natureza. O seu descarte é bem menos prejudicial ao meio ambiente, uma vez que em sua composição não são utilizados metais pesados e

tóxicos e 98% de seus materiais podem ser reciclados. Por serem lâmpadas que possuem uma vida útil bem superior a outros tipos, não necessita de troca constante, o que diminui o consumo e a quantidade de descarte;

- São resistentes a impactos e vibrações, utilizam tecnologia de estado sólido, sem filamentos e vidro, o que aumenta sua robustez, confere maior resistência mecânica;
- Em função de sua longa vida útil, a manutenção é bem menor, representando menores custos;
- Possui acionamento instantâneo,
- Obtenção de luminárias com alta eficiência devido a possibilidade de direcionamento da luz emitida pelo LED;
- O fluxo luminoso é variável em função da variação da corrente elétrica aplicada a ele, possibilitando um ajuste preciso da intensidade de luz da luminária;
- Não emitem radiação ultravioleta sendo ideais para aplicações onde este tipo de radiação é indesejada como por exemplo em galerias de obras de arte;
- Não emitem radiação infravermelha, fazendo com que o feixe luminoso seja frio;
- Ao contrário das lâmpadas fluorescentes que tem um maior desgaste da sua vida útil no momento em que são ligadas, nos LEDs é possível o acendimento e apagamento rapidamente possibilitando o efeito “flash”, sem detrimento da vida útil;
- Podem ser utilizadas com sensores de presença e minuterias sem comprometer a vida útil.

Em 2014 o Prêmio Nobel de Física foi concedido a três cientistas pela invenção de diodos de luz azul, que viabilizaram o uso do LED na iluminação, uma nova fonte de luz mais eficiente, econômica e ambientalmente correta. São os japoneses Isamu Akasaki, Hiroshi Amano e Shuji Nakamura, naturalizado americano. O comitê do Nobel destacou que a descoberta se inscreve no "espírito de Alfred Nobel" de fazer invenções que geram grande benefício à humanidade, e que o diodo LED é "uma nova luz para iluminar o mundo", mais eficiente e sustentável com o meio ambiente por economizar energia. Por anos a indústria teve à disposição LEDs de cor vermelha e verde, no entanto para obter luz LED branca, era necessário ter a componente azul.

A falta de regulamentação e fiscalização dos produtos comercializados tem sido uma barreira ao crescimento da iluminação a LED no Brasil. Para sanar este problema no Brasil, assim como vem ocorrendo na Europa, Estados Unidos e Ásia, profissionais do setor juntamente com associações como a Associação Brasileira de Importadores de Produtos de

Iluminação – Abilumi, ABNT e Inmetro vêm estudando e publicando normas que servirão de base para as regulamentações com previsão de publicação em 2015.

O processo de regulamentação está sendo iniciado pelas lâmpadas com dispositivo de controle integrado à base e estabelecerá os “Requisitos de Avaliação da Conformidade - RAC” e definirá o “Requisito Técnico de Qualidade – RTQ” a ser seguido. Os requisitos técnicos referem-se à segurança, intercambialidade da base, proteção contra contato acidental com partes vivas, resistência de isolamento, rigidez dielétrica, resistência à torção e ao aquecimento, compatibilidade eletromagnética. Os requisitos técnicos referentes à eficiência energética são características elétricas e fotométricas, potência da lâmpada, fator de potência e limite de correntes harmônicas, temperatura de cor e índice de reprodução de cores, ensaio de manutenção do fluxo e definição da vida nominal, ensaio de resistência e eficiência e valores de fluxo luminoso para equivalência. As lâmpadas LED também foram incorporadas ao Programa do Selo Procel, a certificação que começará a regular o mercado, filtrando os produtos realmente eficientes. Para receber a certificação será necessário atender critérios de segurança, qualidade e desempenho devendo apresentar um valor de eficiência energética medida e declarada de no mínimo 80 lm/W. Os requisitos estabelecidos pelo Procel devem ser comprovados através de ensaios em laboratórios indicados pelo programa, sendo reavaliados anualmente nestes laboratórios credenciados com a finalidade de verificar se suas características de desempenho e de segurança elétrica permanecem válidas. Para obtenção do Selo deverão ter garantia mínima de três anos.

A regulamentação visa proteger o consumidor de produtos de baixa qualidade e todo produto LED enquadrado no regulamento deve atender os requisitos citados para que possa ser comercializado no mercado nacional.

2.4.5 Sensor de presença

Os sensores de presença são projetados para acionar vários tipos de carga como lâmpadas, refletores, contadores e outras cargas, funcionam por várias tecnologias de detecção tais como infravermelho, ultrassom, microondas, tendo como característica acionar a carga sempre que detectar movimentação no ambiente, mantendo-se acionado enquanto houver movimentação e desconectando após um tempo pré-determinado.

As lâmpadas fluorescentes consomem muita energia no momento do acendimento e além disso, a frequência de acendimento influencia na sua vida útil, ou seja, quanto mais

acendimentos, menor a sua vida útil. A cada acionamento ocorre desgaste do gás diminuindo a vida útil da lâmpada.

As lâmpadas mais adequadas para sensores de presença são as lâmpadas de filamento tais como a incandescente, halógena, par 20, etc ou com tecnologia LED, pois estas lâmpadas não operam com ionização de gás, sua vida útil não tem relação com o número de vezes com que são acionadas e sim com o número de horas que ficam acesas. As lâmpadas LED, por serem componentes eletrônicos, não perdem sua vida útil longa com acendimentos frequentes.

2.4.6 Criatividade e iluminação

A criatividade a serviço da economia de recursos levou à criação da “lâmpada de Moser”. Alfredo Moser, um mecânico de Uberlândia, durante os apagões energéticos de 2002, desenvolveu um dispositivo para iluminar os ambientes durante o dia em caso de falta de energia. Criou assim o “Litro de Luz” ou, em inglês, *Liter of Light*, utilizada em pelo menos quinze países do mundo desde 2011. Utilizando uma garrafa plástica para refrigerante de dois litros em Polietileno Tereftalato – PET contendo água misturada a duas medidas equivalentes a duas “tampinhas” de água sanitária (cloro), fechada com a tampa e encaixada numa abertura feita no telhado obteve distribuição da luz solar em ambientes fechados, iluminando ambientes sem luz natural e poupando energia elétrica. A física explica o fenômeno que trata-se da refração solar. A nova ideia foi se espalhando pelo bairro, com as garrafas PET instaladas pelo Sr. Alfredo. Cada garrafa instalada equivale a uma lâmpada incandescente de 60W, mas não consome energia nem emite gás carbônico. Esta tecnologia verde foi utilizada em construções sustentáveis nas Filipinas e a fundação MyShelter levou a técnica para o México, Guatemala, Nigéria, Senegal e até à Suíça, com a intenção de que até 2015 esteja instalada em um milhão de lares.

Por decisão da Assembleia Geral da Unesco, realizada em novembro de 2013, a luz e as tecnologias nela baseadas serão celebradas ao longo de 2015, que passará a ser referido simplesmente como “Ano Internacional da Luz”. O objetivo principal da iniciativa é destacar para todo cidadão a importância da luz e das tecnologias ópticas em sua vida, para o seu futuro e para o desenvolvimento da sociedade.

2.5 Ar condicionado

Stoecker e Jones (1985) definem condicionador de ar como o processo de tratamento do ar para controlar a temperatura, a umidade, a pureza e a distribuição, com a finalidade de oferecer conforto aos ocupantes de um ambiente.

Os sistemas de condicionamento de ar podem ser classificados quanto aos fluidos empregados para remoção da carga térmica que podem ser por expansão direta ou indireta. No sistema de expansão direta o resfriamento do ar é feito por contato com o fluido refrigerante contido em serpentina. O ar é insuflado ao ambiente diretamente ou por meio de dutos. Neste segmento estão incluídos os tipos janela, *split* e *self contained*. No sistema de expansão indireta o fluido refrigerante primário resfria um líquido intermediário, distribuído pela edificação através de fan-coils compostos por serpentina e ventilador que forçam a passagem do ar a ser resfriado. São utilizados em edificações de grande porte por sua grande capacidade de refrigeração.

Costa et al. (2004) ao discorrerem sobre eficiência energética nos sistemas de condicionamento de ar, informaram que equipamentos de baixa eficiência com capacidade 7.500BTU/h consomem 1.200W em média enquanto os de alta eficiência consomem 720W, representando 40% de economia, devido principalmente à tecnologia empregada nos compressores, principal componente do equipamento. Relatam que os compressores para aparelhos podem ser do tipo alternativo, em que o gás refrigerante é comprimido através de um sistema de pistão, utilizado devido ao baixo custo de fabricação. Os compressores podem ser também do tipo rotativo, em que o fluido é comprimido através de processo mecânico em espirais internas e mesmo que em alta rotação, consome menos energia e produz menos ruído quando comparado ao compressor alternativo. Este tipo de compressor pode ser utilizado nos condicionadores de ar de janela e *split*. Comparado ao modelo rotativo, o compressor alternativo possui ruído elevado, maior consumo de energia e menor vida útil.

No modelo rotativo inverter, a velocidade de rotação é controlada, trabalhando em baixa frequência, sem picos de energia, representando economia de consumo de 40% de energia, quando comparado ao sistema rotativo convencional. Somente os modelos *split* são dotados deste tipo de compressor.

Para condicionadores de ar tipo janela de capacidade 7.500BTU/h, pode-se observar na figura 2.10 a evolução do consumo médio de energia elétrica. Devido ao aperfeiçoamento tecnológico estimulado pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem e Selo Procel Eletrobrás, houve redução de 31% no consumo ao longo de treze anos.

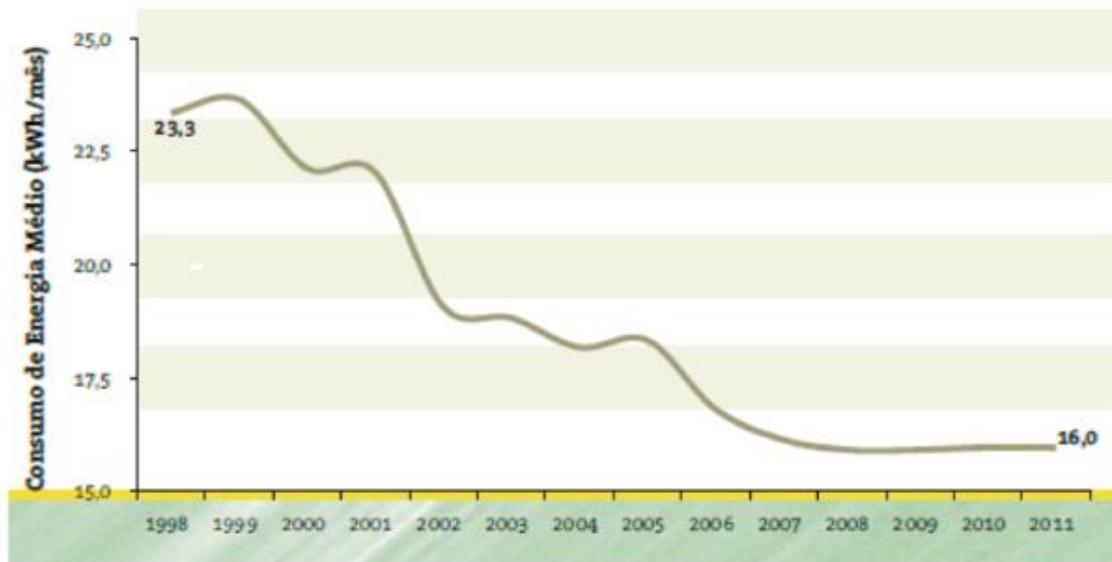


Figura 2.10 – Evolução do consumo médio de energia elétrica de condicionadores de ar de 7.500BTU/h.

Fonte : Elektro.

A inadequada limpeza nos filtros e dutos de ar refrigerado propaga a presença de fungos, vírus, ácaros, bactérias e leveduras o que levaria os usuários de ambientes climatizados a contraírem doenças respiratórias, infecciosas ou alérgicas. Essa questão levou a Organização Mundial de Saúde a criar o termo Síndrome dos Edifícios Doentes, na década de 80, para dar nome ao quadro clínico de quem trabalha nesses ambientes, com o aumento dos casos de alergia e asma, relacionados a uma qualidade de ar interior insuficiente (VICENT & PRADALIER, 1997; FANGER, 2001). As alergias respiratórias são as doenças mais frequentes, afetam o rendimento escolar das crianças e a produtividade dos adultos no trabalho. A refrigeração residencial também pode causar os mesmos inconvenientes e a forma de evitá-los é através da limpeza do aparelho de ar-condicionado pelo menos uma vez por semana. A exposição aos agentes desencadeadores sensibiliza o indivíduo, tornando-o uma pessoa alérgica. O fungo *Cryptococcus neoformans*, por exemplo, frequentemente encontrado nas fezes de pombos que quando secas são aspiradas pelo sistema e espalham-se no ambiente refrigerado, podendo provocar pneumonia e meningite. A bactéria *Legionella pneumophila* representa um risco ainda maior, pois frequentemente é encontrada em dutos de ar condicionado e tem capacidade de desencadear epidemias com risco de morte.

O descarte de forma inapropriada de qualquer forma de resíduo representa, em grau maior ou menor, riscos e impactos para o meio ambiente, além ameaçar à saúde pública, principalmente quando os resíduos são descartados em locais de fácil acesso, como lixeiras a céu aberto.

Os materiais que compõem um aparelho de ar-condicionado de grande porte apresenta

elevado tempo de degradação na natureza. O plástico presente nesses equipamentos pode demorar até 450 anos para ser degradado; os componentes metálicos desses equipamentos podem demorar um pouco além dos 450 anos; para o alumínio, o tempo de degradação estimado varia entre 200 e 500 anos; no caso da borracha esse valor é indeterminado (MAGALHÃES, 2001). Ainda, como agravante, os condicionadores de ar apresentam em sua constituição substâncias muito nocivas, quando descartadas de forma incorreta. O óleo lubrificante é um desses componentes que é usado no compressor. Nestes casos, o óleo se caracteriza quimicamente como éster, sendo altamente higroscópico: quando em contato com água ou umidade, libera álcool e ácidos que poderão impactar negativamente o meio ambiente e afetar a saúde pública. Óleo infiltrado no solo pode acabar nos sistemas aquáticos, contaminando a água potável e envenenando ou danificando outros seres vivos.

2.6 Grupo Gerador

A faixa de horário de maior consumo de energia, denominado horário de pico, é compreendida entre 17h e 22h e cada região geográfica define três horas consecutivas para adotar como horário de pico para efeito de fatura de energia elétrica. Em Mato Grosso do Sul esse horário é das 17h30min às 20h30min. Para promover a redução de consumo nesta faixa horária, as concessionárias de energia elevam as tarifas neste período chegando na prática até três vezes superior ao valor da energia fora do horário de ponta. Com este custo elevado, o consumidor é incentivado a procurar alternativas para diminuir o consumo, sendo a utilização de grupo gerador diesel uma alternativa bastante usual. A utilização do grupo gerador contribui para maior estabilidade do sistema elétrico de potência, minimiza despesas com fatura de energia elétrica, com a vantagem de que havendo falha no fornecimento, o suprimento de energia fica garantido pelo equipamento.

A geração de energia descentralizada através da cogeração, tanto para o setor industrial como comercial e de serviços reduz os investimentos públicos em geração e na transmissão e distribuição de energia elétrica. A cogeração pode ser praticada em centros de carga onde o problema do fornecimento de energia é mais evidente, tratando-se de uma opção a curto prazo para a expansão do setor privado que reduz o risco de falhas em sistemas com baixas reservas marginais (SZKLO et al., 2001). Ao se optar pela instalação de plantas cogedoras, o aspecto estratégico é o que vem sendo considerado, pois é mais confiável ter opções de fontes de energia.

Uma das aplicações dos motores a diesel é utilizá-lo como motor estacionário, quando se deseja manter rotação contínua de determinado equipamento. Os motores a diesel acoplados aos alternadores de energia dão origem ao que se chama de grupo motor gerador - GMG. É um equipamento que pode ser adquirido para trabalhar em situações de emergência, ou seja, na falta de energia, para suprimento de energia no horário de ponta ou pode ser utilizado continuamente. Utilizam os mesmos motores dos veículos automotores utilitários tais como caminhões e tratores, porém há diferença no sistema de funcionamento, escapamento, armazenamento de diesel, tanque, rotação, sensores, emissão de gases e dimensionamento. O motor diesel também é encontrado em veículos como ônibus, trens, guindastes e é um motor para trabalhos pesados. Grandes empresas multinacionais como Cummins, Scania, Mercedes, MWM, abastecem o mercado automobilístico brasileiro com seus produtos.

Embora não tenha o mesmo volume de vendas dos veículos automotores, o mercado de motores estacionários vem crescendo a cada ano, as empresa aumentaram em 84% o número de unidades vendidas, impulsionada pela Copa do Mundo em 2014 e várias obras públicas.

O motor de combustão a gasolina foi criado por Nikolaus August Otto em 1876, utilizava o princípio de quatro tempos conhecido como Ciclo Otto. Em 1878 Rudolf Diesel começou a trabalhar no desenvolvimento de um motor de grande desempenho tendo obtido em 1892 a patente do que ficaria conhecido como motor Diesel. Na teoria, motor a diesel e motor a gasolina são bem similares um do outro. Ambos foram desenvolvidos para transformar energia química disponível nos respectivos combustíveis em energia mecânica. O momento da combustão é a principal diferença entre essas duas tecnologias. No motor a gasolina, o combustível é misturado com o ar - tempo de admissão, comprimido pelos pistões do motor - tempo de compressão e incendiado pelas velas de ignição - tempo de combustão. No caso do motor a diesel, o ar é comprimido a uma alta pressão antes de o combustível ser injetado, desta forma o calor gerado pelo ar comprimido será o catalisador do combustível tornando as velas de ignição desnecessárias.

Mesmo possuindo os mesmos componentes mecânicos, nos motores estacionários as peças são projetadas para trabalharem somente em 1800 RPM, independente da carga aplicada, enquanto em um veículo automotor essa rotação varia em função do motorista ao pisar no acelerador.

Dentre os componentes do conjunto grupo motor gerador - GMG, a Unidade de Supervisão de Corrente Alternada - USCA é um módulo microprocessado com a função de

monitorar os sinais enviados pelos sensores do motor estacionário, as anomalias da rede elétrica e controlar a partida e parada do grupo gerador tanto em modo manual como em modo automático. Possui interface homem-máquina com display de cristal líquido que permite ao operador do equipamento visualizar parâmetros de tensão, frequência, corrente, potência ativa, reativa e aparente, fator de potência, pressão de óleo lubrificante, rotações por minuto do motor, energia ativa e reativa, temperatura da água de arrefecimento, número de partidas, tempo de funcionamento, tempo para manutenção, tensão na bateria e proteções incorporadas ao módulo: baixa pressão de óleo, alta temperatura, nível da água do radiador, sobrevelocidade, sequência de fase.

A partida de um GMG está vinculada a um problema da rede elétrica, tais como: falta de uma das fases da concessionária local, um pico de corrente, uma queda de tensão ou qualquer irregularidade detectada pelas proteções incorporadas ao módulo referente à rede. A USCA identifica a falha através dos seus bornes de referência nos quais é conectada a rede elétrica trifásica, emite um sinal de tensão ao circuito de comando elétrico que irá abrir a chave de rede e enviar ao mesmo tempo através de relés a tensão da bateria para o motor de arranque e à solenoide responsável pela liberação do combustível, colocando em funcionamento o equipamento. Ao entrar em operação e somente após estabilizar a sua rotação, é fechada a chave de grupo e assumida a carga.

Para que o motor estacionário apresente melhor desempenho na partida é instalada uma resistência de pré-aquecimento, que permanece constantemente ligada enquanto o GMG está parado e tem a função de aquecer o bloco do motor para minimizar o tempo de resposta de estabilidade do equipamento. A resistência de pré-aquecimento é desativada assim que o motor estacionário entra em operação e atinge a temperatura de 55°C.

A parada do GMG ocorre quando a USCA detecta que a rede elétrica foi reestabelecida e estabilizada. Nessas condições é aberta a chave de grupo, fechada a chave de rede e a carga volta a ser alimentada pela concessionária. Embora a energia tenha retornado, o GMG não é desligado imediatamente permanecendo em funcionamento por aproximadamente três minutos, tempo necessário para sua auto-refrigeração e desligamento.

Os sensores são componentes importantes para o perfeito funcionamento do GMG, pois são eles que identificam para a USCA qualquer problema com o motor tais como: rotação, temperatura, pressão de óleo e nível de água do radiador.

A diferença na atuação dos sensores entre um motor estacionário e um motor automotivo é que no GMG, quando acionado, ocasiona a parada do equipamento e no veículo

automotor ocorre apenas um sinal de alerta, para o operador, por meio de uma lâmpada acesa no painel de instrumentos.

O sensor de temperatura tem a função de proteger o equipamento contra temperaturas elevadas. Quando a temperatura ultrapassa o valor máximo de trabalho do sensor, a USCA identifica o comando, desliga o equipamento e gera um código de erro correspondente a sobreaquecimento.

O sensor de pressão evita que o motor opere com baixa pressão de óleo e com isso venha a fundir por falta de lubrificação no sistema.

O sensor de nível de água do radiador não é instalado em todos os tipos de motores estacionários. Sua função é evitar o baixo nível de água, impedindo o superaquecimento do equipamento.

Através de um sensor de relutância magnética o controle constante da rotação é realizado, denominado de pick-up, instalado no bloco do motor, o qual pelos dentes da cremalheira tem a função de gerar os pulsos que servirão de referência ao módulo microprocessado para estabilizar a rotação em 1800 RPM. O circuito de controle de rotação trabalha em malha fechada. À medida que é acrescentada carga no equipamento há uma tendência na diminuição da velocidade do motor. Com a diminuição da velocidade há um maior intervalo de tempo entre os pulsos gerados pelo sensor. O módulo microprocessado (USCA) identifica a alteração e manda um comando para atuar diretamente na entrada de diesel, com o acionamento de um solenoide ou do regulador eletrônico de velocidade, que por sua vez estão interligados ao braço atuador da bomba injetora ou ao sistema de injeção eletrônica. Com um maior fluxo de diesel o motor aumenta a rotação, o intervalo dos pulsos gerados pelo sensor diminuem, a USCA percebe novamente a alteração na largura de pulso e corrige a rotação.

O sistema de arrefecimento é responsável pelo controle da temperatura do motor. Quando o motor trabalha em sua temperatura ideal ($80^{\circ} \sim 85^{\circ}\text{C}$), o mesmo apresentará um melhor desempenho, menor desgaste de componentes, maior durabilidade e menor emissão de poluentes. Para um motor estacionário temos dois tipos de sistema de arrefecimento: água/ar e água/água. Apesar do sistema de arrefecimento do motor estacionário possuir as mesmas características ao de um veículo automotor, ambos trabalham de formas distintas. Em um veículo automotor, o ventilador é acionado quando o líquido de arrefecimento atingir a temperatura do sensor e o fluxo de ar é direcionado do radiador para o motor ao passo que em um motor estacionário o ventilador entra em operação no momento da sua partida e o fluxo de ar é direcionado do motor para o radiador. Uma vez que o motor entrou em operação, a

válvula termostática manterá o líquido de arrefecimento circulando apenas no bloco do motor enquanto o mesmo não alcançar a temperatura ideal de trabalho. Ao atingir esta temperatura, a válvula desviará parcialmente o fluxo do líquido de arrefecimento para o radiador e caso a temperatura atinja o valor máximo estipulado, a mesma permanecerá totalmente aberta, desviando todo o líquido de arrefecimento para o radiador, trocando calor e proporcionando a estabilidade de temperatura.

O sistema água/água possui um circuito interno e um circuito externo de arrefecimento. O circuito interno é composto pelo próprio líquido de arrefecimento do bloco do motor e o circuito externo por uma torre de água, um trocador de calor e uma bomba, que pode ser elétrica ou acoplada à correia do motor diesel. Este sistema possui o mesmo princípio de funcionamento que o sistema água/ar, o que o diferencia é que a troca de calor não ocorre no radiador e sim em um trocador de calor (água quente / água fria) externo.

O sistema de arrefecimento tipo água/ar é o mais utilizado, pois a sua instalação é simples, rápida e com baixo custo, devido a todos os componentes já estarem instalados no motor (radiador e ventilador). O requisito necessário para sua utilização é apenas um fluxo de ar suficiente para o arrefecimento do equipamento.

As principais normas internacionais para emissões de motores estacionários são elaboradas pela agência norte-americana Environmental Protection Agency (EPA), que estabelece os níveis máximos de poluentes que podem ser liberados na atmosfera. Embora em outros países haja um controle e uma preocupação com o índice de poluentes, o mesmo não acontece no Brasil para motores estacionários. As normas a serem obedecidas variam de estado para estado.

O sistema de escapamento de um motor estacionário difere ao de um veículo automotor. O seu dimensionamento varia em função da potência do equipamento, comprimento e quantidade de curvas da tubulação. Quanto maior for o percurso de escape, maior será o diâmetro da tubulação utilizada, caso contrário haverá perda de carga no motor em vista de um maior esforço para a eliminação dos gases. O sistema de escape de um motor estacionário é composto de seguimento elástico, catalizador, silencioso, tubulação de aço industrial – tubo DIN 2440, tampa oscilante.

Seguimento elástico é uma mola em aço inox instalada na posição vertical entre a saída de exaustão do motor e o início da tubulação do escapamento e tem a função de absorver as vibrações do motor, evitando que as mesmas passem para a tubulação do escape.

A função do catalisador é de reduzir os gases poluentes emitidos pelo escapamento, reter pequena quantidade de particulados e de reduzir parte do ruído gerado pelo

escapamento, flangeado ao escapamento, logo após o seguimento elástico. O silencioso é dispositivo montado após o catalizador, utilizado para suprimir o nível de ruído produzido

A tampa oscilante é fixada no final do escapamento e tem como função evitar a entrada de qualquer material sólido ou líquido dentro da tubulação.

Se o motor estiver operando apenas em situação de emergência, ou seja, quando há falta de energia, utiliza-se um tanque de combustível, porém se for operar em horário de ponta ou de forma contínua, há um tanque principal com capacidade de armazenamento de no mínimo 2000 litros e um tanque diário de baixa capacidade de armazenamento, variando entre 125 e 250 litros. A interligação entre os tanques é feita por um tubo DIN 2440 e também é utilizado um dispositivo chamado de torneira-bóia com atuação mecânica ou solenoide com atuação eletromecânica com a função de controlar o fluxo de diesel do tanque principal ao diário. Esse sistema é chamado de sistema automático de abastecimento.

O funcionamento da torneira-bóia é como uma bóia de caixa d'água. À medida que o nível de diesel do tanque diário baixa, a bóia desce liberando combustível do tanque principal. Como a pressão do tanque principal é maior que a do tanque diário, o nível de diesel no tanque diário é completado, a bóia volta à posição inicial e fecha-se novamente o fluxo de combustível.

No caso do solenoide, é instalado um sensor de nível máximo e mínimo de combustível no tanque diário, o qual tem a função de enviar um sinal a um circuito de comando que por sua vez irá acionar a mesma. Quando o sinal de nível mínimo for enviado, a solenoide é acionada e libera a passagem do diesel do tanque principal ao tanque diário. O tanque diário começa a encher e para quando atinge o nível identificado pelo sensor de nível máximo, que emite um novo sinal ao circuito de comando desenergizando a solenoide e fechando o fluxo de diesel.

A NBR 17505 é a norma vigente para instalação dos tanques. Os tipos de tanques de combustível, quando se trata de motor diesel estacionário são os seguintes:

- Tanque de polietileno autoportante: são de uso diário, possuem baixa capacidade de armazenamento de combustível (125 a 250 litros) e fornecem combustível por gravidade;
- Tanque metálico cilíndrico horizontal ou vertical aéreo: é utilizado como tanque principal, seu funcionamento para reabastecer o tanque diário pode ser tanto por gravidade quanto por eletrobomba. São utilizados quando o GMG é dimensionado para trabalhar em horário de ponta ou de forma contínua;
- Tanque enterrado jaquetado: é fabricado em aço carbono com jaquetamento em fibra de vidro. Entre o aço e a fibra é instalado um sensor que permite o monitoramento constante

de um possível rompimento da fibra e o mesmo está ligado diretamente ao quadro de comando da eletrobomba;

- Tanque de polietileno na base: é de uso diário, possui uma capacidade de armazenamento de combustível entre 125 a 500 litros, utiliza a própria pressão existente na bomba injetora para o fornecimento do combustível e é instalado entre as longarinas de fixação do motor.

Todos os tipos de tanque com exceção do enterrado, quando instalados, devem ter bacia de contenção contra vazamentos e a sua capacidade devem ser iguais ao volume total do tanque + 10%.

O armazenamento incorreto do combustível é um dos principais problemas responsáveis pelo mau funcionamento de um motor estacionário. O consumo de combustível de um grupo gerador não é o mesmo de um veículo utilitário. O grupo gerador só opera em condições de emergência, ou seja, na falta de energia, assim o diesel pode ao ficar estocado no tanque por meses e ser contaminado. A contaminação é proveniente da condensação da umidade gerada dentro do tanque de combustível formando água dentro do recipiente. Nesse caso o fluido em questão perde a viscosidade e a ação da água misturada ao mesmo oxida o sistema de alimentação. Os principais componentes prejudicados pela contaminação são a bomba injetora e os bicos injetores.

A presença de água no tanque de combustível pode levar ao desenvolvimento e multiplicação de micro-organismos como bactérias e fungos que se alimentam do óleo diesel gerando um material com aspecto de lama conhecido popularmente como borra.

A alimentação de combustível para o motor pode ser feita de dois modos: por gravidade e por eletrobomba. Por gravidade a própria pressão interna gerada pelo combustível armazenado dentro do tanque será responsável pelo envio de diesel ao motor. Esse tipo de alimentação é a mais comum, utilizada quando o tanque de combustível é instalado próximo ao GMG. Por eletrobomba o sistema é utilizado quando o tanque de combustível é instalado distante do GMG ou está enterrado e a pressão interna do mesmo não é suficiente para o abastecimento do motor, desta forma é necessário utilizar uma eletrobomba com a função de bombear o combustível para o motor, mantendo o fluxo de diesel constante.

Na composição química do diesel há o enxofre, responsável pela formação de gases como o SO₂ (dióxido de enxofre) e SO₃ (trióxido de enxofre). O calor dentro do tanque de combustível faz com que a água evapore e condense, misturando-se aos gases de enxofre e levando a formação de ácido sulfúrico (H₂SO₄), altamente corrosivo e prejudicial ao sistema de alimentação (bomba injetora, alimentadora, bicos injetores e unidades injetoras).

Para evitar o acúmulo de água é recomendado abastecer o motor com óleo diesel de qualidade em postos de confiança, manter o tanque de combustível cheio, drenar periodicamente os filtros, tanque de combustível e fazer as revisões de acordo com o plano de manutenção e recomendações do fabricante.

Para o dimensionamento do motor estacionário com aplicação para GMG são necessárias informações tais como: identificar se a rede elétrica é trifásica ou bifásica; tensão nominal de operação; o regime de funcionamento que estabelece o período no qual o gerador irá operar; potência do transformador, quando existente, verificando se o mesmo trabalha com sobrecarga.

Quanto à relação de cargas, deve-se estabelecer uma relação entre a carga total instalada (potência contínua – KW) e um fator de utilização em porcentagem, ou seja, qual percentual da carga total instalada estará sendo alimentada pelo GMG. Caso haja algum motor elétrico deve-se informar a potência e o tipo de partida do mesmo. Devem ser realizadas medições de energia para verificação do consumo real observando no momento da medição se o cliente está com seu ritmo de funcionamento normal de modo que o GMG não seja super ou subdimensionado. É necessário requisitar as últimas doze faturas de energia para a análise, comparar a demanda contratada pelo cliente junto à concessionária com o comportamento da carga.

2.6.1 Emissões do grupo gerador diesel

O grupo gerador diesel é uma fonte de emissão de poluentes para a atmosfera e são provenientes tanto da combustão interna quanto do funcionamento do motor quanto das emissões associadas à preparação do combustível nas refinarias, conforme Peres et al. (2000). O autor relaciona as substâncias poluentes emitidas como sendo monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio, óxidos de enxofre, material particulado e dióxido de carbono, sendo este último não considerado um poluente devido a baixa toxicidade porém tem intensa participação no efeito estufa.

O processo de emissão descrito pode ser ilustrado através da figura 2.11.

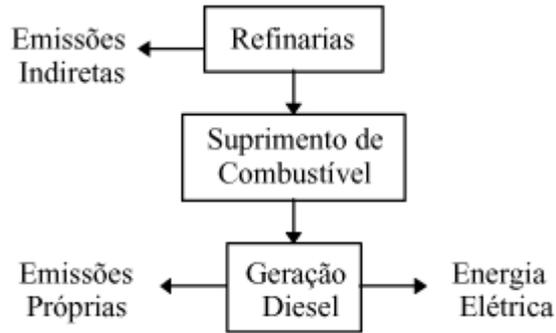


Figura 2.11 - Estrutura de avaliação das emissões do grupo gerador.

Fonte: Peres et al. (2000)

O efeito estufa é um fenômeno natural e regular da atmosfera que mantém a Terra aquecida. Porém, o aumento das atividades produtivas e privadas da sociedade, nem sempre desenvolvidas a partir de processos sustentáveis, ocasiona a emissão de gases de efeito estufa para a atmosfera e desequilibra o processo natural do efeito estufa. Este fenômeno provoca o aquecimento global que, conforme relatado por Cristóvão (2009), é a mais complexa alteração no sistema terrestre.

A radiação solar atravessa a atmosfera e aquece a superfície terrestre, sendo que parte da radiação é refletida de volta para o espaço. Os gases do efeito estufa que são dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, vapor d'água, entre outros, e que estão presentes na atmosfera, absorvem parte da radiação e contribuem para o aquecimento do planeta.

Para elaborar o inventário de gases de efeito estufa existem protocolos internacionais e os mais completos são o *Intergovernmental Panel on Climate Change* – IPCC (Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas) e o *World Resources Institute/World Business Council for Sustainable Development* – WRI/WBCSB (Instituto de Recursos Mundiais/Conselho Mundial de Empresas para o Desenvolvimento Sustentável). O *Greenhouse Gas (GHG) Protocol* é uma ferramenta utilizada para quantificar e gerenciar emissões dos gases de efeito estufa desenvolvido pelo WRI e é compatível com os métodos de quantificação do IPCC. O programa brasileiro *GHG Protocol* foi adaptado ao contexto nacional pelo Centro de Estudos em Sustentabilidade da Fundação Getúlio Vargas (GVces) e pelo WRI em parceria com o Ministério do Meio Ambiente.

Todas as emissões de gases de efeito estufa contabilizadas são expressas como toneladas de dióxido de carbono equivalente (tCO₂e), seguindo o padrão mundial estabelecido pelo IPCC, conforme Azevedo et al. (2010). Os autores afirmam que o CO₂e é a medida utilizada para comparar as emissões de vários gases do efeito estufa baseado no potencial de aquecimento global de cada um (*Global Warming Potential – GWP*). Assim, o GWP do CO₂ é 1, do CH₄ é 21 e do N₂O é 310.

Conforme Barbosa e Souza (2011) através da potência aparente do grupo gerador e do número de horas de funcionamento, a quantidade de gases de efeito estufa emitidos é dada pela equação 2.1:

$$GEE_{GP} = \frac{P \times FP \times FC \times t \times FE}{10^6} \quad (2.1)$$

Onde:

GEE_{GP} = quantidade de gases de efeito estufa emitidos (ton CO₂e)

P = Potência aparente do grupo gerador (kVA)

FP = Fator de potência do grupo gerador (adimensional)

FC = Fator de carga do grupo gerador (adimensional)

t = tempo de operação (horas)

FE = Fator de emissão de gases de efeito estufa (kg CO₂/MWh_{elétrico})

O fator de emissão de gases de efeito estufa para grupo gerador a diesel, já considerando fator de correção para contemplar todos os gases de efeito estufa contidos no combustível, recomendado por Esparta (2008) é de 884,4kg CO₂/MWh_{elétrico}.

2.6.2 Compensação das emissões do grupo gerador diesel

Enquanto não for possível eliminar todas as fontes de emissões de gases de efeito estufa - GEEs torna-se necessário fazer a compensação das emissões. Uma das formas de compensação é a manutenção de florestas ou reflorestamento de áreas degradadas.

Mitigar é intervir de alguma maneira de forma a remediar ou reduzir um impacto ambiental e a figura 2.12 apresenta como o CO₂ pode ser mitigado.

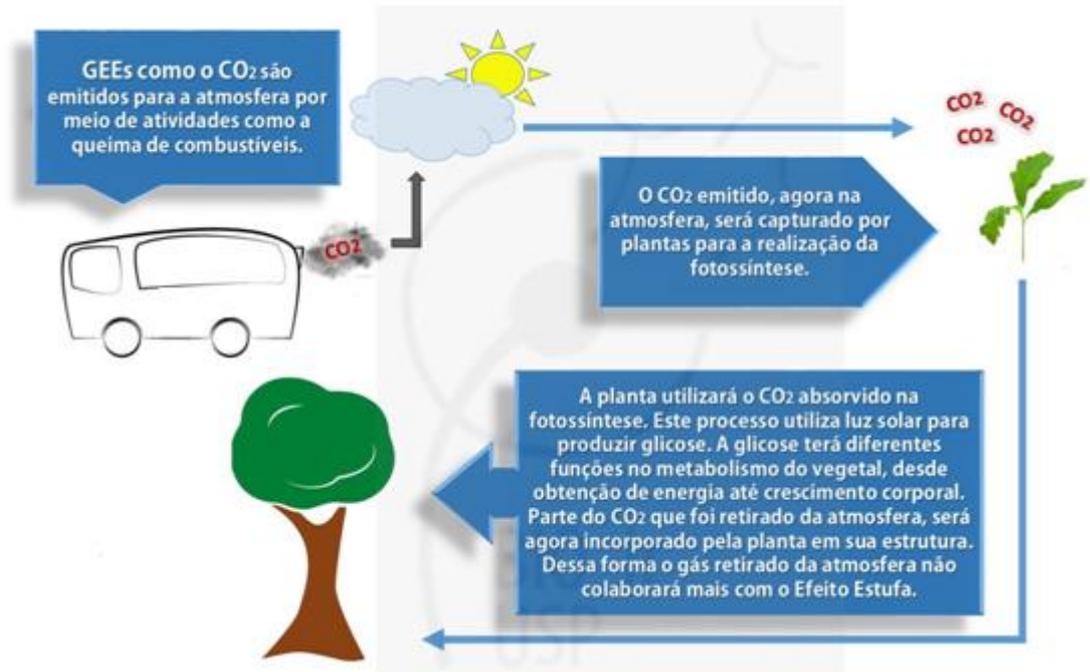


Figura 2.12 - Como o CO₂ é mitigado.

Fonte: BioJr. USP (2013)

A neutralização do CO₂ emitido constitui-se na retirada do CO₂ da atmosfera e sua conversão em biomassa pela fotossíntese. Esta reação permite o crescimento de árvores e acúmulo de biomassa pela absorção do CO₂, liberação de oxigênio na atmosfera e fixação do carbono nos troncos, galhos, folhas e raízes, conforme Rocha (2014). O autor afirma que o sequestro de carbono pelas atividades florestais é devido a dois fatores, sendo o primeiro a circulação do gás carbônico por todo o planeta. Assim, os esforços para retirada dos gases de efeito estufa tem o mesmo efeito, não importa se estão sendo executados próximo aos eventos poluidores ou do outro lado do planeta. O segundo fator refere-se à retirada, pela floresta, do gás carbônico da atmosfera através da fotossíntese, que é convertido em compostos orgânicos empregados em seu crescimento e no metabolismo vegetal.

Para Azevedo (2014), o número de espécies arbóreas nativas a serem plantadas para neutralizar o CO₂ emitido pelo período de um ano é obtido pela equação 2.2:

$$N = [(Et / Ff) \times 1,2] \times 0,5 \quad (2.2)$$

Onde:

N = número de árvores a serem plantadas

Et = Emissão total de gases de efeito estufa (tCO₂e)

Ff = Fator de fixação de carbono em biomassa no local de plantio do projeto

1,2 = Fator de compensação para possíveis perdas de mudas

0,5 = Fator de imprecisão do fator de emissão

O fator de fixação adotado por Azevedo (2014) é de $0,18\text{tCO}_2\text{e}/\text{árvore}$.

2.7 Diagnóstico energético

A adoção de medidas de uso racional de energia trazem vantagens ao usuário final que podem ser observadas na redução do gasto com energia elétrica, pela otimização do desempenho da instalação e ao conceito de preservação ambiental que pode ser associado à imagem do usuário.

A determinação do potencial de conservação de energia elétrica pode ser dividida em quatro etapas que são o levantamento de dados; análise e tratamento de dados; determinação do potencial de conservação e análise tarifária, segundo Alvarez (1998).

Ainda conforme Alvarez (1998), o levantamento de dados, uma das fases mais importantes do diagnóstico, em que todas as informações necessárias à determinação do potencial de conservação de energia são obtidas de forma crítica e criteriosa. Consta das etapas:

- obtenção das contas de energia elétrica, onde estão disponíveis informações sobre o consumo de energia ativa e reativa, demanda registrada e faturada, fator de carga e valor da fatura. São informações calculadas por período aproximado de trinta dias que não permite inferir sobre o comportamento diário ou semanal da instalação. A análise de pelo menos o período de doze meses permite analisar a evolução do consumo e da demanda e estimar os valores de contrato mais adequados para o próximo período;

- medição direta através de equipamento eletrônico microprocessado denominado analisador de energia, capaz de medir continuamente grandezas elétricas a intervalos de tempo programado pelo usuário. O período de medição depende do perfil de consumo da instalação. Em instalações de ensino, a monitoração realizada durante uma semana típica é suficiente. Em instalações com perfil de consumo não regular, o período de análise deve ser estendido para permitir estudo das variações sazonais. Através das curvas de carga é verificado o perfil de consumo, com determinação dos horários de maior ou menor consumo de energia, quando surgem picos de demanda, avaliação do fator de potência e demais parâmetros elétricos;

- levantamento de dados por inspeção onde são verificadas as características físicas do ambiente e hábitos de uso da instalação, tipo de ocupação, levantamento dos sistemas de iluminação, ar condicionado e equipamentos com definição de quantidade, potência, horário de funcionamento, entre outros;

- a análise e tratamento de dados feitos a partir do consumo global, da demanda máxima e do fator de carga obtidos nas contas de energia permitem verificar sazonalidades, cobrança de taxas por ultrapassagem da demanda ou excesso de reativos, bem como estimar tendências de crescimento do consumo e da demanda. Pode-se acompanhar a evolução das medidas de uso racional de energia quando forem implementadas, comparando o consumo real com o consumo previsto. É importante a comparação entre o consumo obtido nas contas de energia com os valores levantados pela inspeção do local e medições diretas, para verificar se há distorções. Quando as diferenças forem superiores a 10% é recomendada a realização de novo procedimento de medição direta. O consumo estimado a partir da inspeção dos ambientes poderá ser bastante diferente em relação ao consumo faturado, porém a discrepância poderá ser reduzida através de ajustes nas potências médias e nos tempos de operação dos equipamentos levantados;

- consumos desagregados em usos finais pois a metodologia usada para determinação do potencial de conservação de energia é distinta para cada uma das finalidades.

Alvarez (1998) aponta os principais potenciais de conservação nos diversos usos finais:

- iluminação: utilização de tecnologia de iluminação mais adequada às atividades, aproveitamento da iluminação natural, segmentação do acionamento, uso de detectores de presença, manutenção e educação dos usuários. No entanto o cálculo preciso do potencial de conservação de energia proporcionado pelo aproveitamento da iluminação natural, segmentação e detectores é bastante difícil de ser realizado devido a vários fatores que interferem na eficácia das medidas, pois dependem por exemplo da disposição e preocupação dos usuários em desligar as luminárias próximas a janelas e dos níveis proporcionados diariamente pela luz natural;

- ar condicionado: calculado a partir da comparação entre o consumo atual com o consumo esperado para sistemas mais eficientes;

- microcomputadores e outros equipamentos.

Finalmente Alvarez (1998) aponta os procedimentos para análise tarifária, cujo objetivo é determinar a modalidade tarifária e a contratação de valores de demanda mais favoráveis de forma a minimizar as despesas com a fatura.

O Programa de Eficiência no Consumo de Energia Elétrica da Universidade Federal do Ceará PROCEN – UFC define que as etapas de um diagnóstico energético constituem-se em visita preliminar à instalação para planejamento da estratégia de levantamento de dados; a execução do levantamento de dados com obtenção das informações necessárias à

determinação do potencial de conservação de energia por meio das contas de energia, memória de massa e levantamento por inspeção e finalmente a análise e tratamento de dados através do conhecimentos do perfil de consumo pelo consumo global e consumo desagrupado em usos finais.

A figura 2.13 apresenta as etapas de um programa de uso racional de energia conforme relatado pela concessionária Elektro (2012), segundo a qual é necessário conhecer, diagnosticar a realidade energética, para posteriormente estabelecer as prioridades e implantar projetos de melhoria e redução de perdas e acompanhar os resultados.

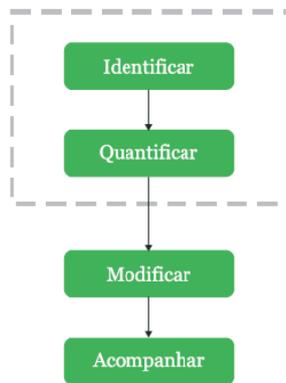


Figura 2.13 – Etapas de um programa de Uso Racional de Energia.

Fonte: Elektro Eletricidade e Serviços S.A. (2012)

Conforme Marques et al. (2006) e Elektro (2012) a abordagem deve ser adaptada caso a caso, mas a sequência de atividades apresentada na figura 2.14 pode ser utilizada.

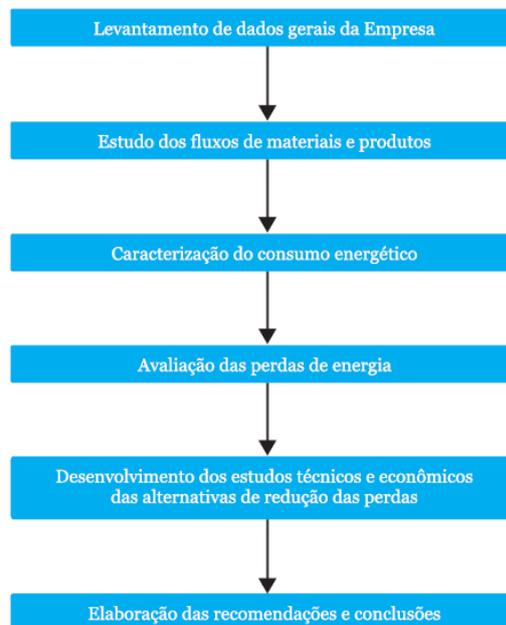


Figura 2.14 – Etapas de diagnóstico energético.

Fonte: Elektro Eletricidade e Serviços S.A. (2012)

2.8 Medidas dos parâmetros elétricos

Com o equipamento Analisador de Energia conectado ao ponto da instalação que se deseja avaliar, são aferidas e registradas em intervalos de trinta segundos as seguintes grandezas elétricas: tensões e correntes por fase, potência monofásica ativa e reativa. A partir dos dados obtidos, são elaborados gráficos que permitem visualizar o comportamento da instalação ao longo do período. Como relatado em 2.7, o período de coleta de dados deve ser tal que reflita o perfil típico de consumo da instalação.

A obtenção dos parâmetros elétricos da instalação tem a função de:

- avaliar se os níveis de tensão estão dentro da faixa definida pela Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL;
- registrar os valores máximos de potência ativa, reativa e aparente para verificação da condição de utilização do transformador, se está funcionando a vazio, em plena carga, com sobrecarga;
- verificar se ocorrem valores de fator de potência abaixo de 0,92 capacitivo das 00h00 as 06h00 e 0,92 indutivo nas outras 18 horas (ANEEL);
- determinação do fator de carga.

2.8.1 Curvas de Carga

O funcionamento das diversas cargas de uma instalação não ocorre, em geral, de forma simultânea, podendo ser solicitada uma demanda diferente a cada instante. A representação gráfica das demandas no horário de ocorrência é denominada de "curva de carga".

A Figura 2.15 representa a curva de carga de uma instalação sendo que a área colorida corresponde ao consumo da energia elétrica no intervalo de tempo "t". A demanda média corresponde ao consumo dividido pelo tempo "t" e a demanda máxima corresponde à maior potência demandada no intervalo de tempo.

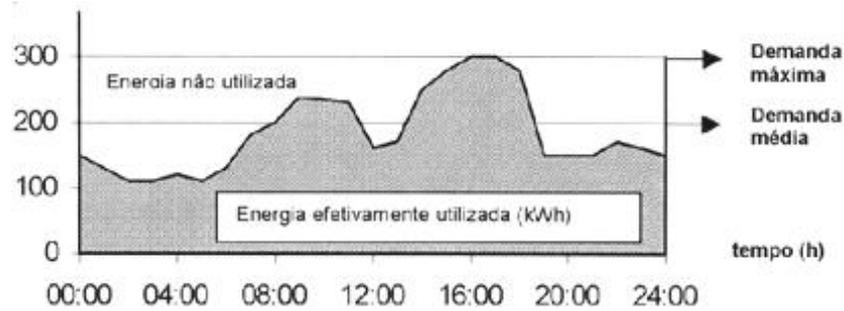


Figura 2.15 – Curva de carga.

Fonte: Celesc Distribuição S.A.

As curvas de carga são traçadas a partir do registro da demanda de energia elétrica requerida por um consumidor em um determinado período. Elas representam o comportamento da potência ativa, reativa e aparente solicitadas nas instalações elétricas, sendo possível identificar os períodos de maior consumo através da instalação do equipamento Analisador de Energia.

A potência ativa medida em quilowatt (kW) corresponde à potência que é transformada em trabalho para o funcionamento dos equipamentos.

A potência reativa medida em quilovolt-ampère-reactivo (kVAr) corresponde à potência necessária a magnetização de campos para o funcionamento de equipamentos como motores, reatores de lâmpadas e transformadores. É um complemento à potência ativa e em excesso, diminui o fator de potência da instalação.

2.8.2 Fator de carga

O índice que demonstra se a energia consumida está sendo utilizada de maneira racional e econômica é denominado “fator de carga”. Os valores estão entre zero a um, sendo obtido pela relação entre a demanda média e a demanda máxima durante um período definido. É definido pela relação entre a energia ativa consumida num determinado período de tempo e a energia ativa total que poderia ser consumida, caso a demanda medida do período (demanda máxima) fosse utilizada durante todo o tempo. Fator de carga próximo ao valor unitário indica que as cargas elétricas foram utilizadas racionalmente ao longo do tempo enquanto um fator de carga baixo indica que houve concentração de consumo de energia elétrica em curto período de tempo, determinando uma demanda elevada, com muitos equipamentos ligados ao mesmo tempo. O valor do fator de carga depende do regime de operação e características dos equipamentos elétricos da instalação e para que o valor fique

próximo à unidade, deve-se operar em horários distintos equipamentos que estejam funcionando simultaneamente, além de verificar se há equipamentos energizados desnecessariamente, reduzindo a demanda. Baixos valores de fator de carga podem representar potencial de redução de custos mediante alteração de modalidade tarifária.

2.8.3 Fator de potência

Equipamentos dotados de enrolamentos consomem em seu funcionamento energia elétrica formada por duas componentes: a energia ativa e energia reativa. A energia ativa é medida em quilowatt-hora (kWh) e realmente realiza trabalho, ou seja, no caso dos motores é a energia responsável pelo movimento de rotação. A energia reativa é medida em quilovolt-ampère-reactivo-hora (kVArh) e não executa trabalho porém é consumida pelos equipamentos com a finalidade de formar os campos eletromagnéticos necessários para o funcionamento. A energia reativa exige potência dos transformadores, condutores de maiores seções e sobrecarrega o sistema elétrico. Motores e transformadores trabalhando em vazio ou superdimensionados, grande quantidade de motores de pequena potência, lâmpadas que necessitam de auxílio de reatores são os principais equipamentos que contribuem para baixo fator de potência. O fator de potência é uma medida direta da eficiência na utilização da energia elétrica, assim é necessário manter controle sistemático de suas variações. Quanto mais próximo da unidade, menor a quantidade de reativo e com isso mais eficiente é o sistema elétrico. Entre os equipamentos responsáveis pelo baixo fator de potência, em uma instalação elétrica, destacam-se os motores de indução, transformadores de potência, reatores eletromagnéticos e lâmpadas fluorescentes, retificadores e equipamentos eletrônicos (CREDER, 2007).

O fator de potência é uma relação entre potência ativa e potência reativa, indica qual porcentagem da potência total fornecida (VA) é utilizada como potência ativa (W).

A Resolução Normativa nº 418 da ANEEL (2010) estabeleceu que o fator de potência indutivo ou capacitivo dos consumidores do grupo A deve ser igual ou superior a 0,92. Valores inferiores a 0,92 revertem na cobrança do excedente de energia reativa nas contas mensais de energia elétrica.

Para as modalidades tarifárias horárias as concessionárias faturam a quantidade de energia ativa que poderia ser transportada mas que foi destinada ao transporte de energia para consumo de reativo, sendo aplicadas tarifa de consumo de ativos, tanto no horário de ponta quanto fora de ponta. Entre seis horas da manhã até as vinte e quatro horas, o fator de potência deve ser no mínimo 0,92 para a energia e demanda de potência reativa indutiva. Das

vinte e quatro horas até as seis horas deve ser no mínimo 0,92 para energia e demanda de potência reativa capacitiva.

2.8.3.1 Correção do fator de potência

A correção do fator de potência representa uma preocupação contínua dos profissionais responsáveis pela manutenção, operação e gerenciamento de instalações industriais, comerciais e residenciais.

A figura 2.16 ilustra o triângulo de potências, demonstrando que a soma vetorial das potências ativa (P) e reativa (Q) resulta na potência aparente (S), segundo um ângulo ϕ de defasagem.

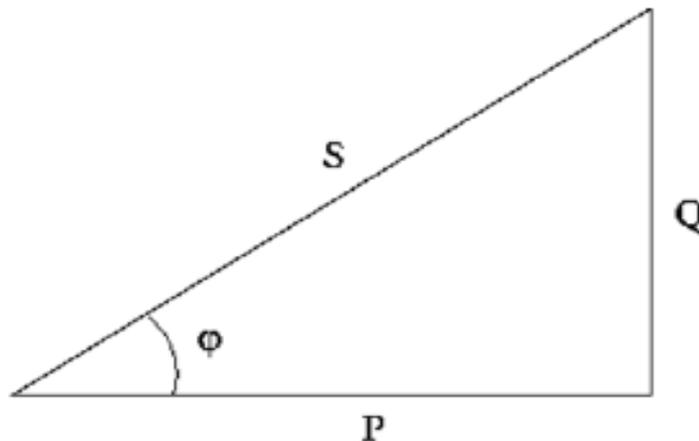


Figura 2.16 – Triângulo de potências.
Fonte: Elaborado pelo autor.

O fator de potência é descrito pela Equação 2.4 (CREDER, 2007):

$$FP = \cos\left(\arctg \frac{Q}{P}\right) \quad (2.4)$$

Onde:

FP = fator de potência;

Q = potência reativa em VAR;

P = potência ativa em W.

A correção do fator de potência é um procedimento que tem por objetivo a especificação da potência reativa necessária para elevação do fator de potência, de forma a evitar a ocorrência de cobrança pela concessionária dos valores excedentes de demanda e consumo reativo.

O excedente de reativo indutivo ou capacitivo é cobrado utilizando-se tarifas de fornecimento de energia ativa, sob o conceito de energia ativa reprimida, ou seja, a cobrança pela circulação do excedente de reativo no sistema elétrico.

2.8.4 Tensão

A Resolução Normativa da ANEEL nº 505, de 6 de novembro de 2001 estabelece que para tensão nominal igual ou inferior a 1kV, ligação trifásica, esta é considerada adequada quando está dentro da faixa de 116V a 133V.

2.9 Tarifação de Energia Elétrica

Compreender a estrutura tarifária e os cálculos dos valores demonstrados nas faturas de energia elétrica é regra essencial para tomar a decisão acertada nos projetos de conservação de energia.

A fatura de energia é um indicador de consumo que retrata a forma como ela está sendo utilizada. A análise histórica, com no mínimo doze faturas, apresenta um quadro relevante de informações e torna-se a base de comparações para futuras alterações, procurando avaliar os potenciais de economia de energia. A análise da estrutura tarifária promove o ajuste às necessidades do consumidor, permitindo assim que o instrumento contratual da energia venha reduzir as despesas com a energia elétrica.

2.9.1 Definições

A Resolução Normativa da ANEEL nº 414 de 9 de setembro de 2010 estabelece as Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica no Brasil. Desta forma apresenta-se as definições dos principais termos técnicos:

Demanda – é a média das potências elétricas ativas ou reativas que são solicitadas do sistema elétrico pela parcela da carga instalada em operação na unidade consumidora durante um

determinado intervalo de tempo, expressa em quilowatts (kW) e quilovolt-ampère-reactivo (kVAr), respectivamente. Pode ser calculada dividindo-se a energia elétrica absorvida pela carga em determinado intervalo de tempo pelo intervalo de tempo adotado. Os medidores instalados no Brasil operam com intervalo de tempo de quinze minutos.

Demanda contratada – é a demanda de potência ativa a ser obrigatória e continuamente disponibilizada pela distribuidora, no ponto de entrega, conforme valor e período de vigência fixados em contrato, que deve ser integralmente paga, seja ou não utilizada durante o período de faturamento, expressa em quilowatts (kW).

Demanda faturável - é valor da demanda de potência ativa, considerada para fins de faturamento, com aplicação da respectiva tarifa, expressa em quilowatts (kW).

Demanda medida – é a maior demanda de potência ativa, verificada por medição, integralizada em intervalos de 15 (quinze) minutos durante o período de faturamento, expressa em quilowatts (kW).

Demanda de ultrapassagem – parcela da demanda medida que excede o valor da demanda contratada, expressa em quilowatts (kW).

Energia elétrica ativa – é expresso em quilowatt-hora (kWh) e representa o uso da potência ativa durante qualquer intervalo de tempo.

Energia elétrica reativa – é a energia elétrica que circula continuamente entre os diversos campos elétricos e magnéticos de um sistema de corrente alternada, sem produzir trabalho, expressa em quilovolt-ampère-reactivo-hora (kVArh).

Fator de potência - é a razão entre potência ativa e potência aparente. Indica qual porcentagem da potência total fornecida (kVA) é efetivamente utilizada como potência ativa (kW), mostra o grau de eficiência do uso dos sistemas elétricos. Valores altos de fator de potência, próximos à unidade, indicam uso eficiente da energia elétrica, enquanto valores baixos evidenciam seu mau aproveitamento, além de sobrecarga para todo o sistema elétrico.

Horário de ponta - corresponde ao intervalo de três horas consecutivas, definido pela concessionária, compreendido entre 17 e 22 horas, de segunda à sexta-feira, com exceção feita aos feriados nacionais. O horário é atribuído pela distribuidora considerando a curva de carga de seu sistema elétrico, aprovado pela ANEEL para toda a área de concessão, conforme definido na Resolução Normativa nº 414/2010. A Elektro considera o posto horário de ponta das 17h30 às 20h30 e como média mensal de horas utilizadas, adota 66 horas.

Horário fora de ponta: corresponde ao período composto pelo conjunto das horas diárias consecutivas e complementares àquelas definidas no horário de ponta, acrescido ao total das horas dos sábados e domingos.

Grupo B - unidades consumidoras com fornecimento em tensão inferior a 2,3kV, caracterizado pela tarifa monômnia. Subgrupo B1 – residencial, subgrupo B2 – rural, subgrupo B3 – comercial/industrial.

Grupo A - unidades consumidoras com fornecimento de energia elétrica em tensão igual ou superior a 2,3 KV. É subdividida por tensões de fornecimento, no qual a classe de tensão A4 varia de 2,3 kV a 25 kV.

Modalidade tarifária - é o conjunto de tarifas aplicáveis às componentes de consumo de energia elétrica e demanda de potência ativa, considerando as diversas modalidades citadas a seguir.

Modalidade tarifária convencional monômnia - aplicada às unidades consumidoras do grupo B, caracterizada por tarifas de consumo de energia elétrica, independentemente das horas de utilização do dia.

Modalidade tarifária convencional binômnia - aplicada às unidades consumidoras do grupo A, caracterizada por tarifas de consumo de energia elétrica e demanda de potência, independentemente das horas de utilização por dia.

Modalidade tarifária horária verde - aplicada às unidades consumidoras do grupo A, caracterizada por tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia, assim como de uma única tarifa de demanda de potência.

Modalidade tarifária horária azul - aplicada às unidades consumidoras do grupo A, caracterizada por tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica e de demanda de potência, de acordo com as horas de utilização do dia.

Tarifa de ultrapassagem – é a tarifa aplicada à parcela de demanda medida que superar o valor da demanda contratada, no caso das tarifas horárias, respeitados os respectivos limites de tolerância.

Bandeiras tarifárias - O sistema de bandeiras tarifárias é representado pelas cores verde, amarela e vermelha, no qual a bandeira verde significa baixo custo para gerar energia, a amarela indica sinal de atenção pois o custo de geração está aumentando e a bandeira vermelha indica que a situação está se agravando e a oferta de energia para atender a demanda é feita com maiores custos de geração, através do acionamento das termelétricas por exemplo, cujo custo de produção é superior ao das hidrelétricas. O ano de 2014 foi adotado como período de teste para simular os resultados obtidos caso fossem aplicadas as bandeiras amarela e vermelha e foi divulgado aos consumidores os procedimentos de aplicação do sistema de bandeiras.

2.9.2 Tarifas de energia

Nas tabelas 2.5 e 2.6 estão apresentados os valores das tarifas, sem os impostos ICMS, PIS e COFINS, constantes na Resolução Homologatória nº 1.858, de 27 de Fevereiro de 2015, da Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, que define os valores das tarifas de fornecimento de energia da Elektro Eletricidade e Serviços S/A - Elektro.

Tabela 2.5 – Tarifas de consumo e demanda Elektro

TIPO	Demanda (R\$/kW)		Consumo (R\$/kWh)	
	Horário de ponta	Horário fora de ponta	Horário de ponta	Horário fora de ponta
AZUL	29,01	9,77	0,48554	0,32614
VERDE		9,71	1,18914	0,32567
CONVENCIONAL A4		29,29		0,33570
CONVENCIONAL B3		-		0,51134

Fonte: Resolução nº 1.858, de 27 de Fevereiro de 2015

Tabela 2.6 – Tarifas de ultrapassagens de demanda

TIPO	Demanda (R\$/kW)	
	Horário de ponta	Horário fora de ponta
AZUL	58,02	19,54
VERDE		19,42
CONVENCIONAL A4		58,58
CONVENCIONAL B3		-

Fonte: Resolução nº 1.858, de 17 de Fevereiro de 2015

O acréscimo na tarifa de consumo em decorrência da bandeira tarifária em vigência no mês de abril de 2015 corresponde a R\$ 0,025 por kWh para bandeira amarela e R\$0,055 por kWh para bandeira vermelha. Os meses de janeiro a abril de 2015 foram sinalizados como bandeira vermelha.

Nas modalidades tarifárias Azul e Verde os valores das tarifas de consumo no horário de ponta são elevados, assim o consumidor enquadrado numa destas tarifas deve reduzir ao máximo o consumo no período de três horas do horário de ponta.

A partir da Resolução ANEEL 414/2010 o faturamento sem cobrança de ultrapassagem de demanda é efetuado quando a medição ficar até 5% (cinco por cento) superior ao valor contratado. Assim, há uma tolerância de 5% sobre a demanda contratada, acima deste valor o cálculo do faturamento é calculado pela equação 2.5:

$$\text{Faturamento} = (\text{dem medida} \times \text{tarifa}) + (\text{dem medida} - \text{dem contratada}) \times 2 \times \text{tarifa} \quad (2.5)$$

Onde: dem = demanda.

2.10 Prazo de recuperação do investimento

Há ocasiões em que é interessante avaliar a conveniência da substituição de um determinado equipamento, sendo as principais razões de substituição segundo Hirschfeld (2007):

- custo de operação e manutenção elevado devido a desgaste físico;
- demanda atual atendida de forma inadequada;
- surgimento no mercado de equipamentos tecnologicamente melhores e mais eficientes.

Nos estudos de substituição de equipamentos, os insumos passados de operação e manutenção não devem ser incluídos, deve-se considerar exclusivamente do instante da substituição para frente.

Conforme Hirschfeld (2007) o prazo de retorno é o intervalo de tempo necessário para que os benefícios advindos de um investimento possam cobrir seus custos, fornece um número de períodos do fluxo de caixa nos quais o somatório dos benefícios se iguala ao somatório dos custos.

As análises de viabilidade econômica tem utilizado o critério de tempo de retorno de capital, termo na língua inglesa *payback*, pela facilidade de aplicação. O *payback* não descontado é um procedimento de cálculo onde não se leva em consideração o custo de capital, ou seja, a taxa de juros, sendo a análise efetuada dividindo-se o custo de implantação do empreendimento pelo benefício auferido, mostrando quanto tempo é necessário para que os benefícios se igualem ao investimento. O tempo de retorno descontado utiliza a taxa de juros para atualizar o custo de capital.

Assim, para tempo de retorno simples o período de tempo é dado pela equação 2.6:

$$n = I / A \quad (2.6)$$

Onde:

n = período de tempo;

I = investimento;

A = retorno do investimento.

Para tempo de retorno descontado o período de tempo é dado pela equação 2.7:

$$n = -[\ln(1-I/A*i)] / \ln(1+i) \quad (2.7)$$

Onde:

n = período de tempo;

I = investimento;

A = retorno do investimento.

i = taxa de juros (centesimal)

Neste trabalho foi adotado o tempo de retorno não descontado também denominado *payback* simples. Quando é analisada a comparação entre alternativas de aquisição de bens ou serviços, é determinada a época em que as alternativas se igualam, sendo esta época chamada de prazo de retorno e comumente se exprime tal instante dizendo que neste prazo o bem “se paga”.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Foi realizado o diagnóstico energético da instalação visando a redução dos custos e otimização do consumo de energia elétrica das instalações do campus II da UFMS em Três Lagoas - MS. Para a elaboração deste trabalho foram realizados levantamentos de dados em campo que permitiram a identificação dos pontos onde há necessidade de atuar de forma a aprimorar a utilização de energia.

O estudo foi baseado em simulações com o intuito de encontrar o enquadramento tarifário que reduza a fatura de energia elétrica da instituição, com base nas faturas dos últimos doze meses; análise da memória de massa com a finalidade de avaliar a curva de carga e análise do fator de potência horário bem como levantamento das cargas existentes. Foi elaborado um estudo comparativo entre duas salas de aula dotadas com luminárias com lâmpadas fluorescentes 40W e lâmpadas LED.

3.1 Roteiro do diagnóstico energético

Para execução do diagnóstico energético foram efetuados os seguintes procedimentos:

- levantamento de todas as cargas da instalação;
- verificação do horário de funcionamento e rotina de utilização da instalação;
- obtenção das últimas doze faturas de energia elétrica;
- instalação de equipamentos analisadores de energia;

A partir dos dados obtidos, são analisados:

- modalidade tarifária atual e comparação com demais modalidades;
- contabilização da participação das diversas cargas no consumo final;
- viabilidade de utilização de geração própria no horário de ponta;
- viabilidade de utilização de equipamentos eficientes;
- viabilidade de substituição de equipamentos com baixa eficiência energética por equipamentos eficientes;
- recomendações quanto a manutenção de equipamentos;
- recomendações quanto a medidas educativas para uso racional de energia;
- análise do investimento e tempo de retorno de todas as propostas

3.2 UFMS Campus de Três Lagoas

O Campus de Três Lagoas teve origem com a criação em 1967, pelo Governo do Estado do Mato Grosso, do Instituto de Ciências Humanas e Letras em Três Lagoas, juntamente com o Instituto Superior de Pedagogia em Corumbá. Em 1969 foi instituída a Universidade Estadual de Mato Grosso (UEMT) integrando os Institutos de Campo Grande, Corumbá e Três Lagoas. Com a divisão do Estado de Mato Grosso a instituição foi federalizada em 1979 e denominada Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul que, além de Campo Grande, conta atualmente com campus nas seguintes cidades: Aquidauana, Bonito, Chapadão do Sul, Corumbá, Coxim, Naviraí, Nova Andradina, Paranaíba, Ponta Porã e Três Lagoas.

O Campus de Três Lagoas possui duas unidades denominadas CPTL I e CPTL II. No Campus I de Três Lagoas são ministrados os cursos de graduação em Letras e Pedagogia, com trezentos alunos. O Campus II possui um mil e oitocentos alunos nos cursos de graduação em Administração, Ciências Biológicas, Ciências Contábeis, Direito, Enfermagem, Engenharia de Produção, Geografia, História, Matemática, Sistemas de Informação e Medicina. Conta também com os cursos de pós-graduação Mestrado em Letras, Geografia e Matemática e Especialização em História.

O presente estudo foi realizado no Campus II de Três Lagoas - (CPTL II), situado na Avenida Ranulpho Marques Leal número 3.220, Jardim Angélica em Três Lagoas – MS, com as seguintes coordenadas geográficas: Latitude $-20^{\circ}46'57,69''$ (S), Longitude $-51^{\circ}39'56,02''$ (O), Altitude 324m. Suas instalações vem sendo contempladas com novas edificações ao longo dos últimos anos, possui terreno de área total de 97.199m^2 e área total construída de $8.290,95\text{m}^2$, assim distribuída:

- Unidade 1 – $3.261,43\text{m}^2$;
- Unidade Padrão – $2.025,75\text{m}^2$;
- Enfermagem – $594,00\text{m}^2$;
- História e Geografia – $1.660,31\text{m}^2$;
- Anatomia Humana – $306,88\text{m}^2$;
- Curso de Direito – $331,69\text{m}^2$
- Depósito – $14,20\text{m}^2$;
- Subestação – $14,80\text{m}^2$;
- Caixa d'água – $6,00\text{m}^2$;
- Outros – $1,45\text{m}^2$;

- Quiosques – 10,64m²;
- Biotério – 10,50m²;
- Garagem – 53,30m²;

As obras das seguintes edificações encontram-se em andamento no presente momento, com previsão de início de funcionamento em 2015:

- Salas de Aula primeira etapa - 889,69m² ;
- Biblioteca primeira etapa - 479,94m² ;
- Anfiteatro - 2.027,39m².
- Cantina – 227m².

Previsão de obras para execução nos próximos dois anos:

- Guarita no acesso posterior - 17,05m²;
- Salas de Aula segunda etapa – 739,39m²;
- Biblioteca segunda etapa - 263,52m².

A figura 3.1 apresenta a fachada principal do CPTL II.



Figura 3.1 – Fachada principal do CPTL II

3.3 Levantamento de carga instalada

Efetuada levantamento de todas as cargas existentes nas edificações e área externa, conforme descrito a seguir:

- iluminação interna, externa, existência de sensores, fotocélulas, temporizadores;
- ar condicionado: potência e dados de placa, existência de selo Procel, local de instalação;
- refrigeração: tipo de equipamento (geladeira, freezer, bebedouro), se possui selo Procel, dados de placa;
- aquecedores: tipo de equipamento, potência;
- motores, com identificação dos dados de placa, tipo de partida, corrente por fase;
- demais equipamentos: microcomputadores, televisores, etc

3.4 Medidas de parâmetros elétricos

3.4.1 Analisador de energia

Foi utilizado o Analisador de Energia RE 2000 da marca EMBRASUL Indústria Eletrônica, com escala de tensão até 500VC e corrente de 10A a 1000A, para o registro de medições de grandezas elétricas como corrente elétrica, tensão, potência ativa, potência reativa, potência aparente e fator de potência. Os registros podem ser armazenados em diversos intervalos de tempo, variando de segundos a minutos, conforme o ajuste do equipamento. O equipamento pode ser observado na figura 3.2.



Figura 3.2 – Analisador de energia modelo RE2000 fabricação Embrasul.

3.4.2 Luxímetro

O aparelho utilizado para medição de iluminância foi o luxímetro TES modelo 1332 que possui as escalas de trabalho de 0 a 200 lux, 200 a 2.000 lux, 2.000 a 20.000 lux e de 20.000 a 200.000 lux, conforme ilustrado na figura 3.3.



Figura 3.3 –. Luxímetro TES modelo 1332

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Levantamento da carga instalada

4.1.1 Iluminação

A tabela 4.1 apresenta a relação luminárias instaladas por prédio.

Tabela 4.1 – Luminárias instaladas por prédio.

n° de lâmpadas por luminária	Unidade 1 (un)	Anatomia Humana (un)	Curso de Direito (un)	Unidade Padrão (un)	Enfermagem (un)	História e Geografia (un)	total (un)	Potência instalada (W)
2 x 16W						13	13	611
2 x 20W	4	3			8	15	30	1.650
1x40W	4						4	240
2x40W	201	15	27	239			482	48.200
4x40W	16						16	3.200
2x32W	92	21	24		36	175	348	29.232
4x32W	3						3	504
compacta 15W	19						19	285
compacta 20W			9				9	180
VM 125W				7			7	980
VS 70W					8	13	21	1.764
							potência instalada total =	86.846

Fonte: Elaborado pelo autor.

Potência de cada luminária instalada, conforme levantamento no local:

- luminária 2 x 16W = 47W
- luminária 2 x 20W = 55W
- luminária 1 x 40W = 60W
- luminária 2 x 40W = 100W
- luminária 4 x 40W = 200W
- luminária 2 x 32W = 84W
- luminária 4 x 32W = 168W
- Vapor de sódio (VS) 70W = 84
- Vapor de mercúrio 125W = 140W

4.1.2 Condicionadores de ar

O tipo, quantidade de equipamentos condicionadores de ar e potência instalada são apresentados na tabela 4.2. Os equipamentos modelo split existentes são de alta eficiência enquanto os modelos de janela são de baixa eficiência.

Tabela 4.2 – Equipamentos de ar condicionado instalados.

Descrição do equipamento de condicionamento de ar	Quantidade	Potência nominal (kW)	Potência Instalada (kW)
modelo de janela 7.500BTU/h	19	1.080	20,52
modelo de janela 9.000BTU/h	1	1.200	1,20
modelo de janela 10.000BTU/h	20	1.350	27,00
modelo de janela 12.000BTU/h	6	1.700	10,20
modelo de janela 15.000BTU/h	4	1.900	7,60
modelo de janela 18.000BTU/h	13	2.100	27,30
modelo de janela 21.000BTU/h	23	2.700	62,10
modelo de janela 24.000BTU/h	3	3.000	9,00
modelo de janela 30.000BTU/h	10	4.500	45,00
split 7.500BTU/h	5	700	3,50
split 9.000BTU/h	26	800	20,80
split 12.000BTU/h	5	1.150	5,75
split 18.000BTU/h	5	1.700	8,50
split 30.000BTU/h	17	2.900	49,30
split 36.000BTU/h	11	3.880	42,68
split 48.000BTU/h	6	5.000	30,00
split 60.000BTU/h	1	6.200	6,20
Potência total instalada →			376,65

Fonte: Elaborada pelo autor

4.1.3 Equipamentos de aquecimento

A relação de equipamentos de aquecimento instalados é apresentada na tabela 4.3.

Tabela 4.3 – Equipamentos de aquecimento

	potência (W)	Unidade 1	Unidade Padrão	História e Geografia	Potência instalada (KW)
microondas	1.200	5	1	1	8,40
estufa bacteriológica	250	2			0,50
incubadora	750	2			1,50
banho-maria	500	4			2,00
banho-maria	200	1			0,20
estufa	900	1			0,90
câmara de germinação	1.000	1			1,00
câmara incubadora	1.000	1			1,00
destilador 5l/h	3.500	1			3,50
destilador 2,5l/h	1.800	1			1,80
estufa sec. esteriliz.	2.000	4			8,00
autoclave	4.000	1			4,00
fogão elétrico	2.000	1			2,00
evaporador rotativo	500	1			0,50
agitador	1.000	1			1,00
agitador aquecedor	180	1			0,18
chuveiro	5.500	3			16,50
manta aquecedora	500	1			0,50
incubadora	30	1			0,03
agitador temp. constante	500	1			0,50
total potência instalada →					54,01

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.4 Refrigeração

Os equipamentos de refrigeração estão relacionados na tabela 4.4.

Tabela 4.4 - Equipamentos de refrigeração

	potência (W)	Unidade 1	Anatomia Humana	Curso de Direito	Unidade Padrão	História e Geografia	Potência instalada (KW)
geladeira	250	12	1		3	1	4,25
frigobar	70	7		1			0,56
bebedouro	250	6		1	4	3	3,50
freezer horizontal	500	6					3,00
freezer vertical	300	5					1,50
máquina de fazer gelo	380	1					0,38
câmara de refrigeração	800	1					0,80
total potência instalada →							13,99

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.5 Computadores e periféricos

Os computadores e periféricos estão relacionados na tabela 4.5.

Tabela 4.5 – Computadores e periféricos

	potência (W)	Unidade 1	Anatomia Humana	Curso de Direito	Unidade Padrão	Enfermagem	História e Geografia	Potência instalada (KW)
computadores	400	165	1	3	93	4	26	116,80
impressora	50	24		1	8	3	2	1,90
scanner	100	2						0,20
total potência instalada →								118,90

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.6 Motores elétricos

Motores elétricos instalados relacionados na tabela 4.6.

Tabela 4.6 – Motores elétricos

	potência (W)	Unidade 1	Anatomia Humana	Curso de Direito	Unidade Padrão	Enfermagem	História e Geografia	Potência instalada (KW)
plataforma de percurso vertical	1.470				1			1,47
bomba água	1.500	1						1,50
compressor	550	1						0,55
compressor	1.100	1						1,10
total potência instalada →								4,62

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.7 Equipamentos diversos

Demais equipamentos instalados relacionados na tabela 4.7.

Tabela 4.7 – Equipamentos diversos

	potência (W)	Unidade 1	Anatomia Humana	Curso de Direito	Unidade Padrão	Enfermagem	História e Geografia	Potência instalada (KW)
ventilador	150	19	3	7	20	6		8,25
exaustor	150		4					0,60
televisor	200	11			2		4	3,40
projektor	310				1		2	0,93
microcentrífuga	450	2						0,90
centrífuga	180	2						0,36
balança	50	1						0,05
copiadora	650	4						2,60
total potência instalada →								17,09

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.8 Resumo da carga instalada

A tabela 4.8 apresenta a carga instalada no campus e a figura 4.1 representa a parcela em porcentagem de cada grupo de carga instalada.

Tabela 4.8 – Potência instalada.

	potência instalada (kW)	
iluminação	86,85	13%
condicionamento de ar	376,65	56%
aparelhos de aquecimento	54,01	8%
refrigeração	13,99	2%
motores	4,62	1%
computadores e periféricos	118,90	18%
equipamentos	17,09	3%
total da potência instalada →	672,11	

Fonte: Elaborado pelo autor.

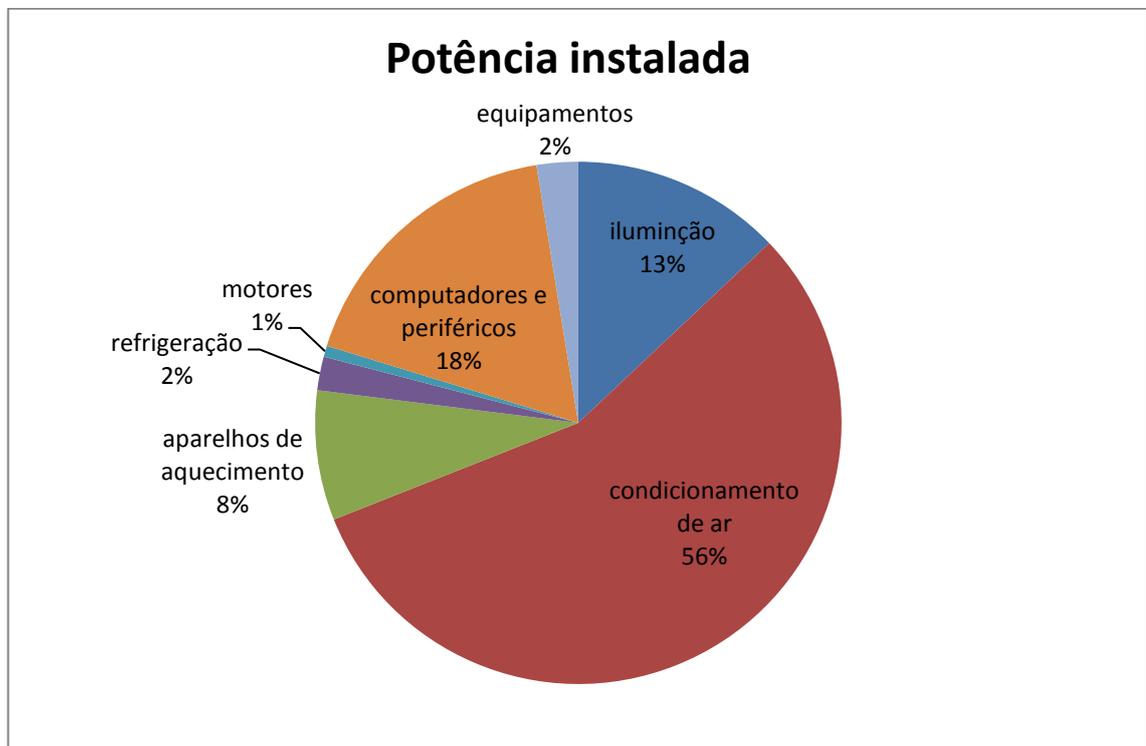


Figura 4.1 – Contribuição de cada segmento na potência instalada no campus.

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2 Histórico de Consumo e Demanda

Através das contas de energia dos meses de fevereiro de 2014 a janeiro de 2015 foi possível avaliar o consumo e demanda média do período. A concessionária de energia elétrica que atende o município é a Elektro Eletricidade e Serviços S.A.

A instituição está enquadrada na modalidade tarifária horária verde subgrupo A4. O faturamento é realizado considerando o consumo de energia ativa (kWh) no horário de ponta e fora de ponta e demanda (kW) única definida em contrato. O campus II da UFMS em Três Lagoas possui atualmente demanda contratada de 700 kW. Os custos com energia elétrica são calculados utilizando os valores de tarifas constantes na Resolução Homologatória nº1778 com vigência de 27 de agosto de 2014, da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) que homologa os valores das tarifas de fornecimento de energia da Elektro – Eletricidade e Serviços S.A.

É aplicado sobre os valores 17% (dezessete por cento) de Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços - ICMS.

Os tributos federais denominados Programa de Integração Social – PIS (1,65%) e Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social – COFINS (7,6%) são apurados de forma não cumulativa e a alíquota média lançada na fatura varia com o volume de créditos apurados mensalmente pela concessionária, variando mensalmente. O Art. 93. da Resolução Nº 414, de 9 de setembro de 2010 (ANEEL) estabelece que o limite de ultrapassagem é de no máximo 5% da demanda contratada..

O período de atendimento da instituição é das 7 h até 23 h, portanto, parte da cobrança na conta de energia está relacionada com o consumo no horário de ponta (17:30 horas às 20:30 horas).

A Tabela 4.9 apresenta o histórico de consumo de fevereiro de 2014 a janeiro de 2015, de acordo com as faturas de energia elétrica da concessionária Elektro.

Tabela 4.9 – Valores de consumo de energia e demanda.

Mês	Consumo ponta (kWh)	Consumo fora ponta (kWh)	demanda ponta (kW)	demanda fora de ponta (kW)	demanda faturada (kW)	demanda ultrapassagem faturada (kW)	Valor da fatura (R\$)
fev-14	3.184,70	37.627,20	85,53	201,31	230,00		12.704,83
mar-14	7.738,99	47.772,00	201,02	229,82	230,00		18.865,02
abr-14	8.333,71	51.681,60	220,89	264,96	264,96	34,96	21.354,22
mai-14	6.768,86	41.911,20	162,72	193,53	230,00		19.413,23
jun-14	4.639,50	30.153,60	132,76	144,86	230,00		14.464,94
jul-14	4.279,82	27.662,40	115,20	154,94	230,00		12.262,51
ago-14	4.904,13	33.350,40	149,47	183,74	230,00		14.441,49
set-14	9.589,32	58.492,80	212,00	248,00	248,00		34.733,46
out-14	9.909,43	63.136,80	242,78	284,25	284,25		41.832,67
nov-14	11.816,06	69.508,80	245,37	307,58	307,58		49.883,95
dez-14	6.546,09	43.329,60	159,84	216,86	230,00		26.056,85
jan-15	4.022,78	41.773,75	93,31	158,97	700,00		32.643,57
média	6.811,12	45.533,35	168,41	215,74			24.888,06

Fonte: faturas de energia da concessionária ELEKTRO Eletricidade e Serviços S.A.

A figura 4.2 apresenta o histórico de consumo ao longo dos meses analisados.

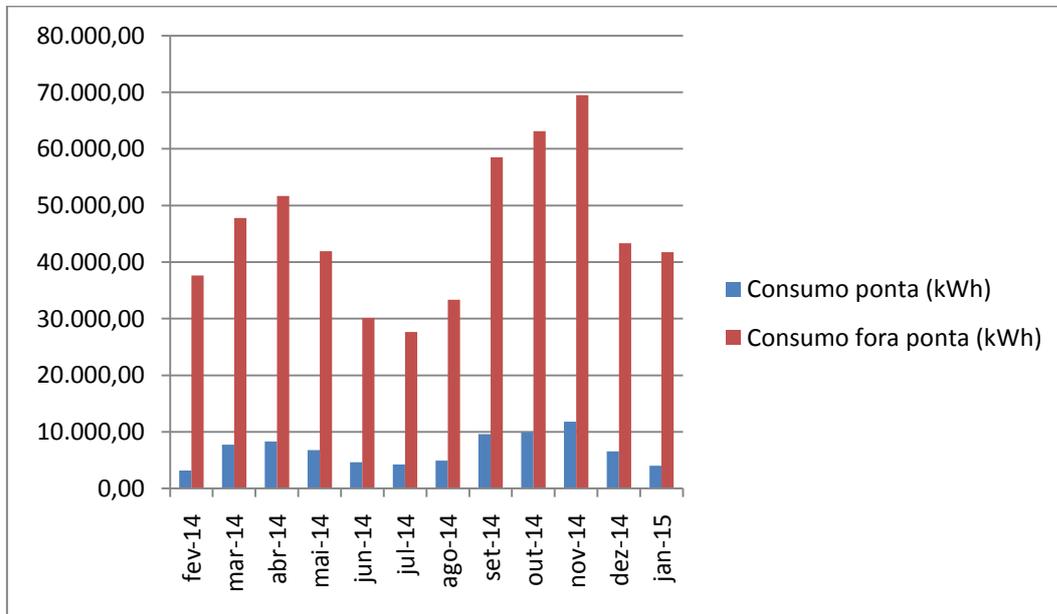


Figura 4.2 – Histórico de consumo de energia elétrica

Fonte: Elaborado pelo autor.

A figura 4.3 apresenta o histórico de demanda registrada ao longo dos meses analisados.

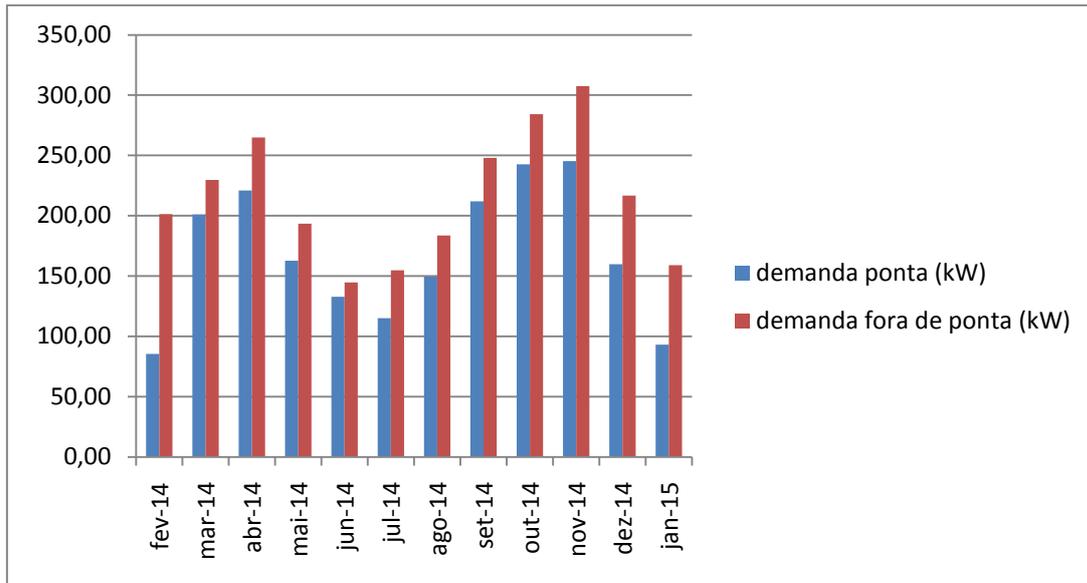


Figura 4.3 – Histórico de demanda na ponta e fora da ponta.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Tabela 4.10 apresenta o histórico de consumo de energia reativa excedente no horário de ponta e fora de ponta dos meses de fevereiro de 2014 a janeiro de 2015, de acordo com as faturas de energia elétrica da concessionária Elektro.

Tabela 4.10 – Valores de consumo de energia reativa excedente no horário de ponta e fora de ponta

Mês	Energia reativa excedente na ponta registrada (kWh)	Valor na fatura referente ao consumo excedente de energia reativa na ponta (R\$)	Energia reativa excedente fora da ponta registrada (kWh)	Valor na fatura referente ao consumo excedente de energia reativa fora de ponta (R\$)
fevereiro 2014	24,41	3,64		0,00
março 2014	4,39	0,65	345,60	51,48
abril 2014	7,48	1,11	626,40	93,31
maio 2014	10,94	1,63	885,60	131,93
junho 2014	33,12	4,93	871,20	129,78
julho 2014	75,31	11,22	1.180,80	175,90
agosto 2014	18,43	2,75	1.123,20	167,32
setembro 2014		0,00	1.836,09	425,54
outubro 2014	1.601,52	375,75	15.400,80	3.613,34
novembro 2014	1.140,76	267,65	16.610,40	3.897,13
dezembro 2014	273,24	64,11	3.412,80	800,71
janeiro 2015	2.373,84	556,95	18.299,08	4.293,33
total (R\$)		1.290,38		13.779,79
total geral (R\$)				15.070,17
valor médio mensal (R\$)				1.255,85

Fonte: Elaborado pelo autor a partir das faturas de energia da Elektro.

4.2.1 Comparação entre Modalidades Tarifárias

A modalidade convencional para consumidor Grupo A pode ser adotada para demanda inferior a 300kW. Considerando que esta demanda já foi atingida no mês de novembro de 2014 e que a perspectiva do campus é aumentar a demanda pela entrada em funcionamento de prédios em construção, a modalidade tarifária convencional está descartada.

Simulou-se a utilização da modalidade tarifária horária azul em substituição à opção tarifária atual horária verde.

A partir dos valores encontrados na tabela 4.11, para o período de doze meses compreendido entre fevereiro de 2014 a janeiro de 2015, o valor de demanda fora de ponta de 240kW é o que resultou no menor faturamento para modalidade tarifária horária azul.

Tabela 4.11 – Tarifa horária azul – verificação da demanda fora de ponta a ser contratada em kW

Tarifa horária azul - Verificação da melhor demanda fora de ponta a ser contratada em kW							
mês	220	230	240	250	300	400	700
fev-14	2.149,40	2.247,10	2.344,80	2.442,50	2.931,00	3.908,00	6.839,00
mar-14	2.245,34	2.247,10	2.344,80	2.442,50	2.931,00	3.908,00	6.839,00
abr-14	3.467,18	3.271,78	3.076,38	2.880,98	2.931,00	3.908,00	6.839,00
mai-14	2.149,40	2.247,10	2.344,80	2.442,50	2.931,00	3.908,00	6.839,00
jun-14	2.149,40	2.247,10	2.344,80	2.442,50	2.931,00	3.908,00	6.839,00
jul-14	2.149,40	2.247,10	2.344,80	2.442,50	2.931,00	3.908,00	6.839,00
ago-14	2.149,40	2.247,10	2.344,80	2.442,50	2.931,00	3.908,00	6.839,00
set-14	2.970,08	2.774,68	2.422,96	2.442,50	2.931,00	3.908,00	6.839,00
out-14	4.032,57	3.837,17	3.641,77	3.446,37	2.931,00	3.908,00	6.839,00
nov-14	4.716,37	4.520,97	4.325,57	4.130,17	3.005,06	3.908,00	6.839,00
dez-14	2.149,40	2.247,10	2.344,80	2.442,50	2.931,00	3.908,00	6.839,00
jan-15	2.149,40	2.247,10	2.344,80	2.442,50	2.931,00	3.908,00	6.839,00
total	32.477,34	32.381,39	32.225,07	32.440,01	35.246,06	46.896,00	82.068,00

Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir dos valores encontrados na tabela 4.12, para o período de doze meses entre fevereiro de 2014 a janeiro de 2015, o valor de demanda no horário de ponta de 210kW é o que resultou no menor faturamento para modalidade tarifária horária azul.

Tabela 4.12 – Tarifa horária azul – verificação da demanda na ponta a ser contratada em kW

Tarifa horária azul - Verificação da melhor demanda na ponta a ser contratada em kW							
	190	200	210	220	230	240	250
fev-14	5.511,90	5.802,00	6.092,10	6.382,20	6.672,30	6.962,40	7.252,50
mar-14	6.470,97	5.831,59	6.092,10	6.382,20	6.672,30	6.962,40	7.252,50
abr-14	8.200,26	7.620,06	7.039,86	6.408,02	6.672,30	6.962,40	7.252,50
mai-14	5.511,90	5.802,00	6.092,10	6.382,20	6.672,30	6.962,40	7.252,50
jun-14	5.511,90	5.802,00	6.092,10	6.382,20	6.672,30	6.962,40	7.252,50
jul-14	5.511,90	5.802,00	6.092,10	6.382,20	6.672,30	6.962,40	7.252,50
ago-14	5.511,90	5.802,00	6.092,10	6.382,20	6.672,30	6.962,40	7.252,50
set-14	7.426,56	6.846,36	6.150,12	6.382,20	6.672,30	6.962,40	7.252,50
out-14	10.105,34	9.525,14	8.944,94	8.364,74	7.784,54	7.043,05	7.252,50
nov-14	10.330,75	9.750,55	9.170,35	8.590,15	8.009,95	7.118,18	7.252,50
dez-14	5.511,90	5.802,00	6.092,10	6.382,20	6.672,30	6.962,40	7.252,50
jan-15	5.511,90	5.802,00	6.092,10	6.382,20	6.672,30	6.962,40	2.442,50
total	81.117,18	80.187,70	80.042,07	80.802,71	82.517,49	83.785,23	82.220,00

Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir dos valores encontrados na tabela 4.13, para o período de doze meses compreendido entre fevereiro de 2014 a janeiro de 2015, o valor de demanda de 240kW é o que resultou no menor faturamento para modalidade tarifária horária verde.

Tabela 4.13 – Tarifa horária verde – verificação da demanda a ser contratada em kW

Tarifa horária Verde - Verificação da melhor demanda a ser contratada em kW							
	230	240	250	260	300	350	700
fev-14	2.233,30	2.330,40	2.427,50	2.524,60	2.913,00	3.398,50	6.797,00
mar-14	2.233,30	2.330,40	2.427,50	2.524,60	2.913,00	3.398,50	6.797,00
abr-14	3.244,69	3.052,49	2.860,29	2.572,76	2.913,00	3.398,50	6.797,00
mai-14	2.233,30	2.330,40	2.427,50	2.524,60	2.913,00	3.398,50	6.797,00
jun-14	2.233,30	2.330,40	2.427,50	2.524,60	2.913,00	3.398,50	6.797,00
jul-14	2.233,30	2.330,40	2.427,50	2.524,60	2.913,00	3.398,50	6.797,00
ago-14	2.233,30	2.330,40	2.427,50	2.524,60	2.913,00	3.398,50	6.797,00
set-14	2.754,04	2.408,08	2.427,50	2.524,60	2.913,00	3.398,50	6.797,00
out-14	3.802,75	3.610,55	3.418,35	3.226,15	2.913,00	3.398,50	6.797,00
nov-14	4.477,69	4.285,49	4.093,29	3.901,09	2.986,60	3.398,50	6.797,00
dez-14	2.233,30	2.330,40	2.427,50	2.524,60	2.913,00	3.398,50	6.797,00
jan-15	2.233,30	2.330,40	2.427,50	2.524,60	2.913,00	3.398,50	6.797,00
total	32.145,57	31.999,81	32.219,43	32.421,40	35.029,60	40.782,00	81.564,00

Fonte: Elaborado pelo autor.

A tabela 4.14 apresenta a simulação para tarifa horária verde com demanda de 240kW e a tabela 4.15 apresenta a simulação para tarifa horária azul com demanda na ponta de 210kW e fora de ponta 240kW.

Tabela 4.14 – Simulação para tarifa horária verde para demanda contratada 240kW e 700kW

	consumo fora de ponta (R\$)	consumo ponta (R\$)	demanda contratada 240kW (R\$)	fatura total tarifa horária verde demanda contratada 240kW (R\$)	demanda contratada 700kW (R\$)	fatura total tarifa horária verde demanda contratada 700kW (R\$)
fev-14	12.254,05	3.787,05	2.330,40	18.371,50	6.797,00	22.838,10
mar-14	15.557,91	9.202,74	2.330,40	27.091,05	6.797,00	31.557,65
abr-14	16.831,15	9.909,95	3.052,49	29.793,59	6.797,00	33.538,09
mai-14	13.649,22	8.049,12	2.330,40	24.028,74	6.797,00	28.495,34
jun-14	9.820,12	5.517,02	2.330,40	17.667,54	6.797,00	22.134,14
jul-14	9.008,81	5.089,31	2.330,40	16.428,52	6.797,00	20.895,12
ago-14	10.861,22	5.831,70	2.330,40	19.023,32	6.797,00	23.489,92
set-14	19.049,35	11.403,04	2.408,08	32.860,47	6.797,00	37.249,39
out-14	20.561,76	11.783,70	3.610,55	35.956,01	6.797,00	39.142,46
nov-14	22.636,93	14.050,95	4.285,49	40.973,37	6.797,00	43.484,88
dez-14	14.111,15	7.784,22	2.330,40	24.225,77	6.797,00	28.692,37
jan-15	13.604,46	4.783,65	2.330,40	20.718,51	6.797,00	25.185,11
total	177.946,14	97.192,44	31.999,81	307.138,39	81.564,00	356.702,58
			média mensal=	25.594,87	média mensal=	29.725,22

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 4.15 – Simulação para tarifa horária azul demanda fora de ponta 240kW e demanda no horário de ponta 210kW

fev-14	12.271,74	1.546,30	2.344,80	6.092,10	22.254,93
mar-14	15.580,36	3.757,59	2.344,80	6.092,10	27.774,85
abr-14	16.855,44	4.046,35	3.076,38	7.039,86	31.018,02
mai-14	13.668,92	3.286,55	2.344,80	6.092,10	25.392,37
jun-14	9.834,30	2.252,66	2.344,80	6.092,10	20.523,86
jul-14	9.021,82	2.078,02	2.344,80	6.092,10	19.536,74
ago-14	10.876,90	2.381,15	2.344,80	6.092,10	21.694,95
set-14	19.076,84	4.656,00	2.422,96	6.150,12	32.305,92
out-14	20.591,44	4.811,42	3.641,77	8.944,94	37.989,57
nov-14	22.669,60	5.737,17	4.325,57	9.170,35	41.902,69
dez-14	14.131,52	3.178,39	2.344,80	6.092,10	25.746,80
jan-15	13.624,09	1.953,22	2.344,80	6.092,10	24.014,21
total	178.202,94	39.684,83	32.225,07	80.042,07	330.154,92

Fonte: Elaborado pelo autor.

A modalidade tarifária horária verde, contratada para esta unidade consumidora, é a mais vantajosa. Há previsão de entrada em funcionamento de um prédio de salas de aula, um anfiteatro e o prédio do curso de medicina, que deverão aumentar consideravelmente a potência demandada. No entanto, atualmente, o valor ideal para a demanda contratada é de 240kW. A economia mensal média para o período, comparando a demanda contratada de 700kW e a sugerida de 240kW é de R\$4.130,35.

4.2.2 Correção do Fator de Potência

Para correção do fator de potência da instalação devem ser instalados três bancos de capacitores trifásicos, com proteção e comando horário, sendo um para cada quadro geral de baixa tensão correspondente a cada um dos transformadores existentes. Para o transformador de potência nominal 112,5kVA é prevista a instalação de banco de capacitores de 3kVAr no valor de R\$549,75, para o transformador de potência nominal 150kVA é prevista a instalação de banco de capacitores de 5kVAr no valor de R\$817,20 e para o transformador de 300kVA o valor de banco de capacitores a ser usado, de potência 7,5kVAr, é de R\$928,61. Assim o custo total estimado para correção do fator de potência é de R\$2.295,56.

A economia mensal média é de R\$1.255,56, com retorno do investimento a partir do terceiro mês de instalação.

4.3 Medição dos parâmetros elétricos

O abastecimento de energia é feito na tensão 13,8kV pela concessionária Elektro Eletricidade e Serviços S.A. Após a medição, três transformadores atendem das edificações, com as seguintes potências: 150kVA, 300kVA e 112,5kVA.

O equipamento Analisador de Energia foi instalado no quadro geral de baixa tensão correspondente a cada transformador existente, para aferição e o registro em intervalos de trinta segundos das grandezas elétricas: tensões e correntes por fase, potência monofásica ativa e reativa. O levantamento foi efetuado entre os dias 05 de junho a 11 de junho de 2013 sendo que as condições de funcionamento permanecem inalteradas para este início de 2015.

Os dados obtidos a partir desta amostra temporal que cobre o período de uma semana é representativa do perfil de consumo da unidade considerando que houve funcionamento

regular, em época de aulas, sem feriado. Pode-se observar pelas curvas de carga que o transformador 1 que atende prédios que contém laboratórios e salas com atividades administrativas do campus apresentam as maiores demandas nos horários compreendidos entre 13h00 e 17h, que correspondem ao horário de funcionamento da área administrativa e período mais quente do dia. Os transformadores 2 e 3, que possuem salas de aula com funcionamento no período diurno e noturno, apresentam curva com demanda elevada no período vespertino e noturno. Nos meses com temperaturas mais elevadas, os níveis de demanda registrada se elevam a maiores patamares porém respeitando os horários de maior consumo registrados, devido a ligação de equipamentos de refrigeração de ar.

4.3.1 Análise do transformador número 1 – potência 150KVA

Nas Figuras A.1 a A.7 do Anexo A, pode-se observar que a potência ativa e aparente são praticamente iguais. Este fato se deve aos valores de potência reativa ser muito menores em relação aos da potência ativa. A baixa demanda de potência reativa indutiva solicitada pela instalação indica a predominância de cargas resistivas e também cargas com alto fator de potência. A instalação não possui bancos de capacitores para correção do fator de potência.

As máximas demandas de potência ativa, reativa e aparente foram respectivamente 67,63kW, 8,25kVAr (indutivo) e 68,82kVA registradas no dia 05/06/2013, quarta-feira às 16h00.

Desta forma constata-se que o transformador de potencia nominal 150kVA opera com folga de aproximadamente 65% de sua potência nominal, no instante em que foi registrada a maior potência aparente.

Os fatores de carga diários mantiveram-se entre 0,42 a 0,82. Fator de carga próximo ao valor unitário indica que as cargas elétricas foram utilizadas racionalmente ao longo do tempo. Um fator de carga de carga baixo indica que houve concentração de consumo em um curto período de tempo.

O fator de carga semanal relacionado ao transformador número 1 foi de 0,34, indicando que a otimização deste parâmetro pode ser efetuada, através do levantamento de cargas e agendamento de funcionamento das mesmas, quando possível.

O fator de potência medido para o transformador número 1, conforme se observa no Anexo B, Figuras B.1 a B.7, ocorrem valores abaixo de 0,92 indutivo.

Conforme as curvas de tensão no Anexo C, Figuras C.1 a C.7, verifica-se que o maior valor atingido foi registrado na fase B (129,73V) e o menor valor na fase C (119,79V), dentro dos limites recomendados.

As curvas de corrente são apresentadas no Anexo D Figuras D.1 a D.7, sendo a maior corrente registrada de 223,81A na fase B e o menor valor na fase C de 20,95A.

4.3.2 Análise do transformador número 2 – potência 300KVA

Nas Figuras E.1 a E.7 do Anexo E pode-se observar que a potência ativa e aparente são praticamente iguais. As máximas demandas de potência ativa, reativa e aparente foram respectivamente 60,71kW, 7,08kVAr (indutivo) e 61,47kVA registradas no dia 10/06/2013, segunda-feira às 19h45.

O transformador de potencia nominal 300kVA opera com folga de aproximadamente 80% de sua potência nominal, no instante em que foi registrada a maior potência aparente.

Os fatores de carga diários mantiveram-se entre 0,43 a 0,56.

O fator de carga semanal relacionado ao transformador número 2 foi de 0,29.

No período não foi encontrado valor de fator de potência abaixo de 0,92, conforme Anexo F, Figuras F.1 a F.7.

Curvas de tensão são apresentadas no Anexo G através das Figuras G.1 a G.7. O maior valor de tensão atingido foi registrado na fase B (134,29V) e o menor valor na fase A (126,45V), o valor máximo acima dos limites recomendados.

Conforme Anexo H, Figuras H.1 a H.7, a maior corrente registrada foi de 181,18A na fase A e o menor valor na fase C de 5,27A.

As considerações aplicadas ao transformador número 1 no item 4.2.1 também se aplicam ao transformador número 2, no que se refere a potência e fator de carga.

4.3.3 Análise do transformador número 3 – potência 112,5KVA

As curvas de carga são apresentadas no Anexo I, nas Figuras I.1 a I.7.

As máximas demandas de potência ativa, reativa e aparente foram respectivamente 40,71kW, 3,25kVAr (indutivo) e 40,74kVA.

O transformador de potencia nominal 112,5kVA opera com folga de aproximadamente 63% de sua potência nominal, no instante em que foi registrada a maior potência aparente.

Os fatores de carga diários mantiveram-se entre 0,26 a 0,45.

O fator de carga semanal relacionado ao transformador número 3 foi de 0,19.

No período foi encontrado valor de fator de potência abaixo de 0,92, conforme Anexo J Figuras J.1 a J.7.

As curvas de tensão são apresentadas no Anexo K Figuras K.1 a K.7. O maior valor de tensão atingido foi registrado na fase C (129,83V) e o menor valor na fase A (121,46V), o valor máximo acima dos limites recomendados.

As curvas de corrente são apresentadas no Anexo L Figuras L.1 a L.7. A maior corrente registrada foi de 125,88A na fase B e o menor valor na fase C de 0,15A.

As considerações aplicadas ao transformador número 1 no item 4.2.1 também se aplicam ao transformador número 3, no que se refere a potência e fator de carga.

4.4 Potencial de economia no sistema de iluminação

A iluminação representa 13% da potência total instalada, sendo relevante a utilização eficiente com a finalidade de racionalização do uso de energia.

Devido à característica de funcionamento no período diurno e noturno, todos os prédios tem sido utilizados em período integral, sendo considerada utilização da iluminação no horário de tarifação fora de ponta por dez horas e no horário de ponta por três horas diariamente.

A primeira proposta para economia de energia em ilumina o constitui-se na substitui o das lâmpadas fluorescentes de 32W e 40W por lâmpadas fluorescentes de 28W e utiliza o de reatores eletrônicos, que representam para luminária 2 x 28W potência de 56W.

Quantidade de conjuntos existentes 2 x 40W = 514, potência instalada = 51,4kW.

Quantidade de conjuntos existentes 2 x 32W = 354, potência instalada = 29,736kW.

Potência total instalada, para conjuntos de 40W e 32W = 81,136kW.

Quantidade de conjuntos 2 x 28W a instalar = 868, potência instalada = 48,608kW.

A potência instalada com altera o para lâmpadas de 28W   40% inferior   potência instalada utilizando as lâmpadas atuais.

Caso a substitui o seja efetuada com lâmpadas LED tubulares de 20W, a potência instalada passa a 34,72kW, 57% inferior   potência instalada utilizando as lâmpadas atuais.

Para efeito de cáculo de economia na fatura, consideramos somente as luminárias substituídas e a tarifaço horária verde, com horário de ponta das 17:30 às 20:30h, conforme tabela 4.16. A economia mensal média com a substitui o das luminárias existentes por

luminárias com lâmpadas de 28W é de R\$5.199,30. A economia mensal média para a substituição por lâmpadas LED é de R\$7.419,16.

Tabela 4.16 – Comparativo dos sistemas de iluminação

	Sistema de iluminação existente (40W/32W)	Sistema de iluminação com lâmpada fluorescente 28W	Sistema de iluminação com lâmpada LED 20W
Consumo fora da ponta (R\$)	5.813,18	3.482,64	2.487,60
Consumo na ponta (R\$)	6.367,82	3.814,91	2.724,94
Demanda (R\$)	787,83	471,98	337,13
Total (R\$)	12.968,83	7.769,53	5.549,67
Porcentagem de economia em relação ao sistema de iluminação existente	-	40%	57%

Fonte: Elaborado pelo autor.

A análise econômica do período de retorno para substituição de lâmpadas existentes por lâmpadas fluorescente de 28W foi efetuada considerando a substituição das luminárias existentes por luminárias com refletor de alumínio e sem consideração da mão de obra para este serviço, uma vez que a UFMS tem contratada empresa que realiza serviços de manutenção. Para a substituição das lâmpadas existentes por lâmpadas LED, não foi considerada a substituição das luminárias, pois as dimensões das lâmpadas são idênticas.

Os preços médios dos materiais foram obtidos através de cotações em Campo Grande:

Luminária 2 x 28W, refletor em facetado em alumínio anodizado – R\$74,85

Reator eletrônico para duas lâmpadas fluorescentes 28W – R\$75,20

Lâmpada fluorescente 28W, vida útil 16.000 horas – R\$7,15

Lâmpada LED 20W completa com driver, vida útil 30.000 horas - R\$50,00

Lâmpada fluorescente 32W, vida útil 7.500 horas, R\$5,50

Lâmpada fluorescente 40W , vida útil 7.500 horas, R\$3,90

Não foi considerada a substituição de luminárias e reatores devido a vida útil ser superior a 50.000 horas.

Foram computados os seguintes valores:

- aquisição de luminária para duas lâmpadas fluorescentes de 28W, reator e lâmpada;
- aquisição de lâmpada LED 20W com driver;
- custo com consumo e demanda de energia elétrica;
- substituição das lâmpadas após a vida útil.

Conforme tabela 4.17, o retorno para substituição por lâmpadas LED virá aos doze meses, enquanto para as lâmpadas de 28W o retorno inicia em vinte e oito meses.

Tabela 4.17 – Tempo de retorno do investimento para substituição de luminárias e lâmpadas

mês	Valor acumulado mensal de consumo e demanda para sistema de iluminação existente (40W/32W) (R\$)	Valor acumulado mensal de consumo e demanda para sistema de iluminação com lâmpada fluorescente 28W (R\$)	Valor acumulado mensal de consumo e demanda para sistema de iluminação com lâmpada LED 20W (R\$)
	Investimento inicial →	142.655,80	86.800,00
1	12.968,83	150.425,33	92.349,67
2	25.937,66	158.194,87	97.899,33
3	38.906,49	165.964,40	103.449,00
6	77.812,98	189.273,00	120.098,00
11	142.657,13	228.120,67	147.846,34
12	155.625,96	235.890,21	153.396,00
13	168.594,79	243.659,74	158.945,67
18	233.438,94	282.507,41	186.694,01
22	285.314,26	313.585,54	208.892,67
23	298.283,09	321.355,08	214.442,34
24	311.251,92	329.124,61	219.992,01
26	337.200,58	344.663,68	231.091,34
27	350.169,41	352.433,21	236.641,01
28	363.138,24	360.202,75	242.190,68
29	376.107,07	367.972,28	247.740,34
30	389.075,91	375.741,81	253.290,01

Nota: aos 26 meses substituição das lâmpadas de 32W e 40W

Fonte: elaborado pelo autor.

4.4.1 Comparativo de aplicação de luminárias com fluorescentes e LED

O Departamento de Economia e Administração em sua mais recente ampliação através do bloco intitulado 10 B, situado no campus de Campo Grande às margens do Lago do Amor, proporcionou um estudo comparativo entre as características das lâmpadas fluorescentes de 40W e lâmpadas LED 20W.

Foram realizadas medições de iluminância nas salas de aula número 4 e 6 que são dotadas de luminárias para duas lâmpadas fluorescentes, possuindo fundo refletor em alumínio. Foram tomadas duas salas de aula de dimensões idênticas com área de 81,5m², cada qual possui três janelas de 3,10m de comprimento e 1,00m de altura, com orientação sul, cada qual com vinte luminárias para duas lâmpadas. A sala número 4 contemplada com lâmpadas fluorescentes de 40W fabricação Osram “Luz do Dia Especial” e a sala número 6 com

lâmpadas tubulares T8 LED de 20W da Luminati, cor 6000K, bivolt (110-240V), IRC>70, 1700 lumens, ângulo 120°.

As medições foram realizadas no dia 27 de novembro de 2014 no período matutino a partir das 9h30min em dia ensolarado, porém devido à orientação das salas, não havia incidência direta de raios solares. No mesmo dia foram efetuadas medições no período noturno entre 19 e 20:30 horas. Foram utilizados os seguintes materiais: trena, barbante, fita adesiva e luxímetro. O comprimento das salas é de 11,84m e a largura 6,99m, cada sala possui três janelas de dimensões altura 1,00m e comprimento 3,3m e peitoril 1,50m, a altura do plano de trabalho é 0,70m que corresponde à altura da carteira utilizada.

Conforme a Tabela B.1 da ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013, a malha para verificação da iluminância é de um metro. Foi elaborado croqui do local, com dimensões do ambiente, localização das luminárias e a localização dos pontos de medição, conforme figuras 4.4 e 4.5.

As medições foram executadas para três situações: iluminação natural, iluminação natural e artificial e somente iluminação artificial, sempre à altura do plano de trabalho.

O valor médio de iluminância para iluminação natural na sala contemplada com lâmpadas LED foi 22% superior à sala com lâmpada fluorescente 40W. Considerando as medições efetuadas durante o dia, com iluminação natural e artificial concomitantes, a sala com LED apresentou valor 0,8% inferior à sala com fluorescente 40W. E finalmente, a média do nível de iluminância somente com iluminação artificial foi 16,3% inferior para a sala com lâmpadas LED. Para o período noturno, a média da iluminância para sala com lâmpada fluorescente 40W foi de 998 lux enquanto para a sala com LED o valor médio foi 873 lux, ambos valores acima do valor requerido para a atividade que é de 500 lux. Para utilização durante dez horas no horário fora ponta e três horas no horário de ponta, a economia mensal para utilização das vinte luminárias com duas lâmpadas LED 20W em relação a vinte luminárias com duas lâmpadas fluorescentes 40W é de R\$127,88, economia anual de R\$1.619,92, conforme tabela 4.18.

Tabela 4.18 – Comparativo do custo mensal entre lâmpadas fluorescentes 40W e LED 20W

mês	20 unidades de luminárias fluorescentes 2 x 40W	20 unidades de luminárias LED 2 x 20W
	consumo acumulado (R\$)	consumo acumulado (R\$)
1	255,75	127,87
2	511,49	247,98
3	767,24	368,08
6	1.534,47	728,40
12	3.068,94	1.449,02

Fonte: elaborado pelo autor.

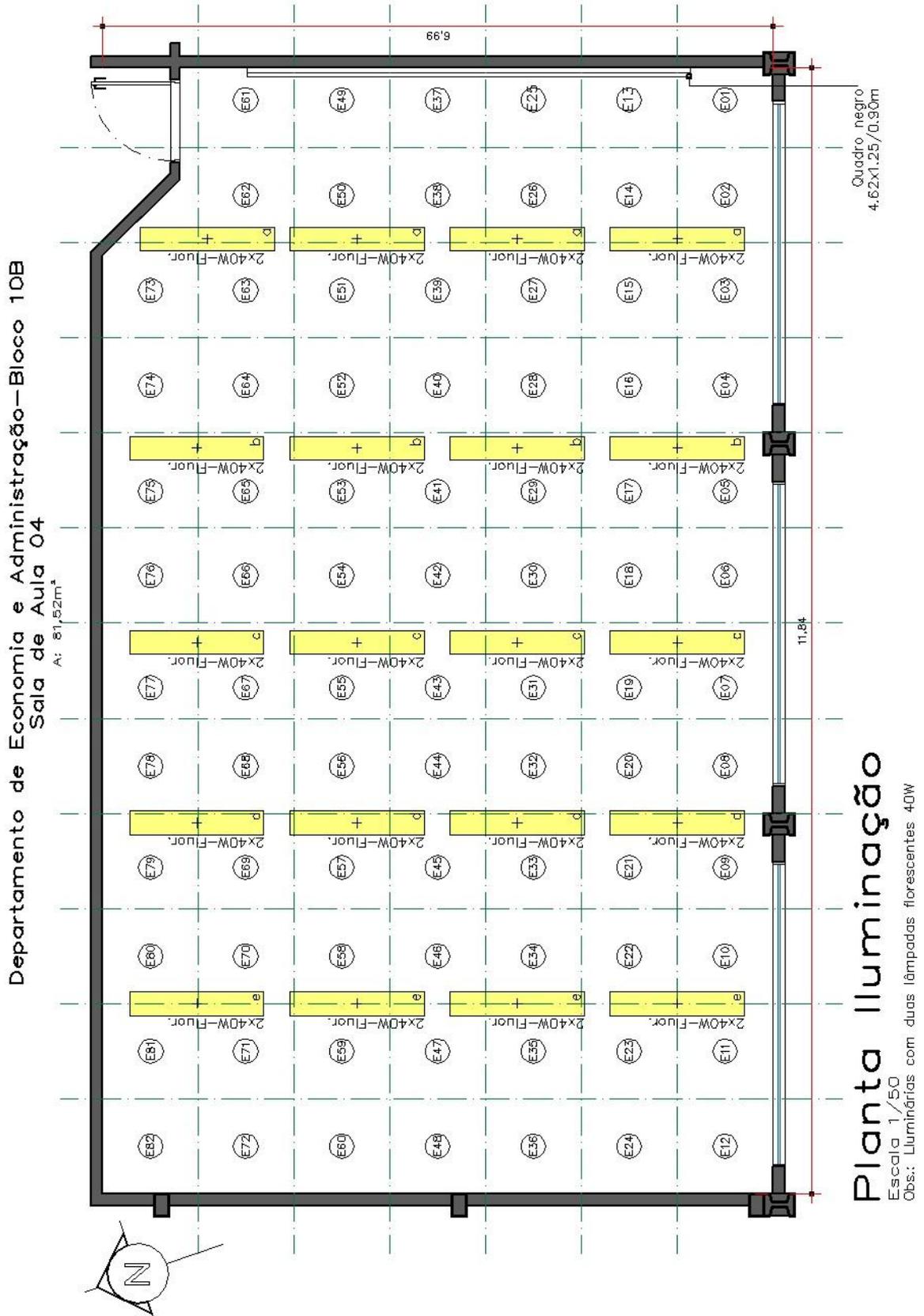


Figura 4.4 – Identificação dos pontos de medição do nível de iluminância da sala de aula 4 equipada com luminárias com duas lâmpadas fluorescentes 40W.

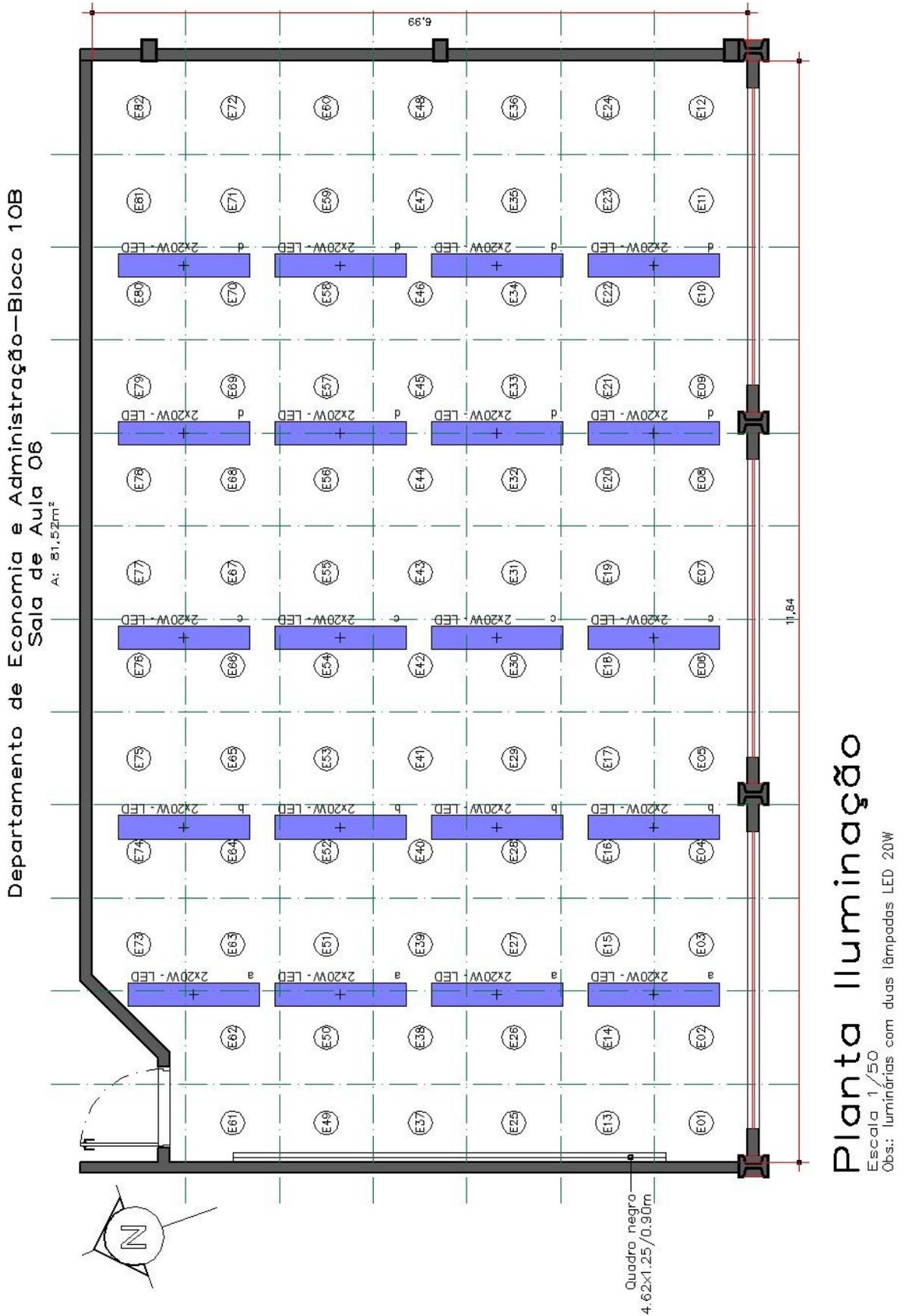


Figura 4.5 – Identificação dos pontos de medição do nível de iluminância da sala de aula 6 equipada com luminárias com duas lâmpadas LED 20W.

Tabela 4.19 - Medições com analisador de energia em 27/11/2014 - 15 horas

Grandeza	Com lâmpada fluorescente 40W	Com lâmpada Led
Tensão A (V)	129,50	129,55
Tensão B (V)	129,26	129,07
Tensão C (V)	128,77	128,61
Tensão AB (V)	221,38	221,42
Tensão BC (V)	222,00	221,70
Tensão CA (V)	228,56	228,40
Corrente fase A (A)	0,69	0,00
Corrente fase B (A)	0,00	0,36
Corrente fase C (A)	0,70	0,36
Fase A		
Tensão (V)	129,50	129,55
Corrente (A)	0,68	0,00
Potência ativa (W)	76,30	0,00
Fator de potência	0,854i	1,00
Fase B		
Tensão (V)	129,30	129,07
Corrente (A)	0,00	0,36
Potência ativa (W)	0,00	35,60
Fator de potência	1,000i	0,764c
Fase C		
Tensão (V)	128,86	128,61
Corrente (A)	0,69	0,36
Potência ativa (W)	74,70	42,90
Fator de potência	0,839c	0,922i
Potência Ativa		
fase A (W)	76,80	0,00
fase B (W)	0,00	35,50
fase C (W)	75,30	42,90
total (W)	152,10	78,40
Potência Reativa		
fase A (Var)	46,60	0,00
fase B (Var)	0,00	30,20
fase C (Var)	49,10	17,70
total (Var)	2,50	12,50
Potência Aparente		
fase A (VA)	89,70	0,00
fase B (VA)	0,00	46,70
fase C (VA)	89,70	46,30
total (VA)	151,90	79,30
Fator de Potência		
fase A	0,854i	1,000i
fase B	1,000i	0,763c
fase C	0,839c	0,926i
total	1,000	0,988c
DHT tensão		
fase A (%)	1,30	1,28
fase B (%)	1,10	1,12
fase C (%)	1,08	1,07
frequência (Hz)	59,93	60,00
DHT corrente		
fase A (%)	25,12	0,00
fase B (%)	0,00	16,58
fase C (%)	24,58	16,69
frequência (Hz)	60,00	60,00

As medições de potência apresentados na tabela 4.19 confirmam que o consumo das luminárias LED 20W correspondem a 50% do consumo das luminárias com lâmpadas fluorescente 40W. A distorção harmônica para ambos casos tem valores inferiores a 1,5%.

A previsão é de que as salas de aula deste bloco sejam utilizadas tanto no período diurno quanto noturno, portanto treze horas por dia, dez horas na tarifa fora da ponta e três horas na tarifa de ponta.

A tabela 4.20 demonstra que o retorno financeiro para a substituição das luminárias com duas lâmpadas fluorescentes 40W por duas lâmpadas LED 20W é alcançado em quinze meses.

Tabela 4.20 – Tempo de retorno para substituição de lâmpadas fluorescentes por LED

mês	20 unidades de luminárias fluorescentes 2 x 40W	20 unidades de luminárias LED 2 x 20W
	consumo acumulado (R\$) investimento inicial →	consumo acumulado (R\$)
		2.000,00
1	255,75	2.127,87
2	511,49	2.247,98
3	767,24	2.368,08
6	1.534,47	2.728,40
12	3.068,94	3.449,02
13	3.324,69	3.569,13
14	3.580,43	3.689,23
15	3.836,18	3.809,34
16	4.091,92	3.929,44
17	4.347,67	4.049,54

Fonte: Elaborada pelo autor

4.5 Potencial de economia no sistema de ar condicionado

A quantidade, potência nominal e consumo de equipamentos condicionadores de ar existentes antigos, de baixa eficiência, que são passíveis de substituição, são apresentados na tabela 4.21. Os equipamentos modelo split atualmente instalados nas edificações com capacidade inferior a 30.000BTU/h são novos e classificação A Procel.

Foi considerada a utilização dos equipamentos de refrigeração de ar durante seis horas diárias no horário fora de ponta e duas horas no horário de ponta.

Tabela 4.21 – Consumo estimado para condicionadores de ar tipo janela existentes de baixa eficiência.

Descrição do equipamento de condicionamento de ar	Quantidade	Potência nominal (kW)	Consumo mensal estimado no horário fora de ponta (kWh)	Consumo estimado no horário de ponta (kWh)
modelo de janela 7.500BTU/h	19	1.080	2.708,64	902,88
modelo de janela 9.000BTU/h	1	1.200	158,40	52,80
modelo de janela 10.000BTU/h	20	1.350	3.564,00	1.188,00
modelo de janela 12.000BTU/h	6	1.700	1.346,40	448,80
modelo de janela 15.000BTU/h	4	1.900	1.003,20	334,40
modelo de janela 18.000BTU/h	13	2.100	3.603,60	1.201,20
modelo de janela 21.000BTU/h	23	2.700	8.197,20	2.732,40
modelo de janela 24.000BTU/h	3	3.000	1.188,00	396,00
modelo de janela 30.000BTU/h	10	4.500	5.940,00	1.980,00
Total consumo no horário fora de ponta e na ponta →			27.709,44	9.236,48

Fonte: Elaborado pelo autor.

A tabela 4.22 apresenta a demanda estimada dos condicionadores de ar tipo janela de baixa eficiência existentes no campus com possibilidade de serem substituídos por modelos mais eficientes (classe A). Para obtenção da potência demandada foi considerada 30% da potência instalada, de acordo com o regime de funcionamento do local.

Tabela 4.22– Demanda estimada para condicionadores de ar tipo janela existentes de baixa eficiência.

Demanda para condicionadores de ar tipo janela existentes de baixa eficiência			
Capacidade	quantidade	potência (W)	potência total (W)
7.500BTU/h	19	1.080	20.520
9.000BTU/h	1	1.200	1.200
10.000BTU/h	20	1.350	27.000
12.000BTU/h	6	1.700	10.200
15.000BTU/h	4	1.900	7.600
18.000BTU/h	13	2.100	27.300
21.000BTU/h	23	2.700	62.100
24.000BTU/h	3	3.000	9.000
30.000BTU/h	10	4.500	45.000
Potência instalada total (W)			209.920
Demanda 30% (kW)		62,98	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para redução do consumo de energia é proposto que os equipamentos listados na Tabela 4.22 sejam substituídos por modelos classificação A do Procel, modelo janela.

A tabela 4.23 apresenta o consumo estimado no horário fora de ponta e de ponta para a opção de utilização de condicionadores de ar tipo janela de alta eficiência.

Tabela 4.23 – Consumo estimado para condicionadores de ar tipo janela classe A Procel.

Descrição do equipamento de condicionamento de ar existente	Descrição do equipamento de condicionamento de ar a ser instalado	Quantidade	Potência nominal (kW)	Consumo mensal para equipamento a ser instalado no horário de ponta (kWh)	Consumo mensal para equipamento a ser instalado no horário fora de ponta (kWh)
modelo de janela 7.500BTU/h	modelo de janela 7.500BTU/h classe A	19	750	1.881,00	627,00
modelo de janela 9.000BTU/h	modelo de janela 9.000BTU/h classe A	1	960	126,72	42,24
modelo de janela 10.000BTU/h	modelo de janela 10.000BTU/h classe A	20	1.000	2.640,00	880,00
modelo de janela 12.000BTU/h	modelo de janela 12.000BTU/h classe A	6	1.150	910,80	303,60
modelo de janela 15.000BTU/h	modelo de janela 18.000BTU/h classe A	4	1.800	950,40	316,80
modelo de janela 18.000BTU/h	modelo de janela 18.000BTU/h classe A	13	1.800	3.088,80	1.029,60
modelo de janela 21.000BTU/h	modelo de janela 21.000BTU/h classe A	23	2.180	6.618,48	2.206,16
modelo de janela 24.000BTU/h	modelo de janela 21.000BTU/h classe A	3	2.180	863,28	287,76
modelo de janela 30.000BTU/h	modelo de janela 30.000BTU/h classe A	10	3.040	4.012,80	1.337,60
Total consumo no horário fora de ponta e na ponta →				21.092,28	7.030,76

Fonte: Elaborado pelo autor.

A tabela 4.24 apresenta a demanda estimada dos condicionadores de ar tipo janela classe A.

Tabela 4.24 – Demanda estimada para condicionadores de ar tipo janela classe A Procel.

Demanda para condicionadores de ar tipo janela classe A			
Capacidade	quantidade	potência (W)	potência total (W)
7.500BTU/h	19	750	14.250
9.00BTU/h	1	960	960
10.000BTU/h	20	1.000	20.000
12.000BTU/h	6	1.150	6.900
18.000BTU/h	17	1.800	30.600
21.000BTU/h	26	2.180	56.680
30.000BTU/h	10	3.040	30.400
Potência instalada total (W)			159.790
Demanda 30% (kW)		47,94	

Fonte: Elaborado pelo autor.

A tabela 4.25 apresenta o consumo estimado no horário fora de ponta e de ponta para a opção de utilização condicionadores de ar tipo split classe A Procel em substituição aos modelos de janela existentes.

Tabela 4.25 – Consumo estimado para condicionadores de ar tipo Split classe A Procel.

Descrição do equipamento de condicionamento de ar existente	Descrição do equipamento de condicionamento de ar a ser instalado	Quantidade	Potência nominal (kW)	Consumo mensal para equipamento a ser instalado no horário de ponta (kWh)	Consumo mensal para equipamento a ser instalado no horário fora de ponta (kWh)
modelo de janela 7.500BTU/h	split 7.500BTU/h	19	700	1.755,60	585,20
modelo de janela 9.000BTU/h	split 9.000BTU/h	1	800	105,60	35,20
modelo de janela 10.000BTU/h	split 9.000BTU/h	20	800	2.112,00	704,00
modelo de janela 12.000BTU/h	split 12.000BTU/h	6	1.150	910,80	303,60
modelo de janela 15.000BTU/h	split 18.000BTU/h	4	1.600	844,80	281,60
modelo de janela 18.000BTU/h	split 18.000BTU/h	13	1.700	2.917,20	972,40
modelo de janela 21.000BTU/h	split 22.000BTU/h	23	2.000	6.072,00	2.024,00
modelo de janela 24.000BTU/h	split 24.000BTU/h	3	2.100	831,60	277,20
modelo de janela 30.000BTU/h	split 30.000BTU/h	10	2.900	3.828,00	1.276,00
Total consumo no horário fora de ponta e na ponta →				19.377,60	6.459,20

Fonte: Elaborado pelo autor.

A tabela 4.26 apresenta a demanda estimada dos condicionadores de ar split classe A.

Tabela 4.26 – Demanda estimada para condicionadores de ar split classe A Procel.

Demanda para condicionadores de ar tipo split classe A			
Capacidade	quantidade	potência (W)	potência total (W)
split 7.500BTU/h	19	700	13.300
split 9.000BTU/h	21	800	16.800
split 12.000BTU/h	6	1.150	6.900
split 18.000BTU/h	17	1.700	28.900
split 22.000BTU/h	23	2.000	46.000
split 24.000BTU/h	3	2.100	6.300
split 30.000BTU/h	10	2.900	29.000
Potência instalada total (W)			147.200
Demanda 30% (kW)		44,16	

Fonte: Elaborado pelo autor.

A tabela 4.27 apresenta o valor esperado da fatura de energia em reais para os condicionadores de ar existentes e as opções tipo janela classe A e Split classe A.

Tabela 4.27 – Valores esperados da fatura de energia para as três opções de equipamentos.

	Equipamentos de refrigeração tipo janela existentes de baixa eficiência	Equipamentos de refrigeração de janela classe A	Equipamentos de refrigeração tipo split classe A
Consumo mensal horário fora de ponta (kWH/mês)	27.709,44	21.092,28	19.377,60
Consumo mensal no horário de ponta (kWH/mês)	9.236,48	7.030,76	6.459,20
Demanda (kWH)	62,98	47,94	44,16
Fatura mensal devida ao consumo no horário fora de ponta (R\$)	9.024,13	6.869,12	6.310,70
Fatura mensal devida ao consumo no horário de ponta (R\$)	10.983,47	8.360,56	7.680,89
Fatura mensal devida à demanda (R\$)	611,54	465,50	428,79
Total mensal (R\$)	20.619,14	15.695,18	14.420,39

Fonte: Elaborado pelo autor.

A tabela 4.28 apresenta o valor referente à aquisição dos equipamentos de ar condicionado tipo janela classe A, obtidos através de Ata de Registro de Preços da UFMS.

Tabela 4.28 – Preço de condicionador de ar tipo janela classe A.

Descrição do equipamento de condicionamento de ar a ser instalado	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Preço total(R\$)
ac janela 7.500BTU/h	19	827,00	15.713,00
ac janela 9.000BTU/h	1	983,00	983,00
ac janela 10.000BTU/h	20	1.050,00	21.000,00
ac janela 12.000BTU/h	6	1.294,00	7.764,00
ac janela 18.000BTU/h	17	1.698,00	28.866,00
ac janela 21.000BTU/h	26	2.209,00	57.434,00
ac janela 30.000BTU/h	10	2.997,00	29.970,00
Custo total de aquisição dos condicionadores de ar de janela classe A			161.730,00

Fonte: Elaborado pelo autor.

A tabela 4.29 apresenta o valor referente à aquisição dos equipamentos de ar condicionado tipo split classe A, obtidos através de Ata de Registro de Preços da UFMS.

Tabela 4.29– Preço de condicionador de ar tipo split classe A.

Descrição do equipamento de condicionamento de ar a ser instalado	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)
split 7.500BTU/h	19	1244,00	23.636,00
split 9.000BTU/h	21	1.099,00	23.079,00
split 12.000BTU/h	6	1.399,00	8.394,00
split 18.000BTU/h	17	1.950,00	33.150,00
split 22.000BTU/h	23	2.199,00	50.577,00
split 24.000BTU/h	3	2.859,00	8.577,00
split 30.000BTU/h	10	3.556,00	35.560,00
Custo total de aquisição dos condicionadores de ar split classe A			182.973,00

Fonte: Elaborado pelo autor.

A tabela 4.30 apresenta o tempo de retorno do investimento considerando a substituição dos aparelhos de ar condicionado de janela existentes por equipamentos classe A, tipo janela e opcionalmente tipo split. Para equipamento tipo split, o retorno é obtido em trinta meses, já para os equipamentos tipo janela o retorno acontece aos trinta e três meses.

Tabela 4.30– Tempo de retorno do investimento para opções de condicionador de ar classe A, de janela e split.

	Valor mensal acumulado referente ao Condicionador existente (R\$)	Valor mensal acumulado referente a condicionador de ar Classe A Procel (R\$)	Valor mensal acumulado referente a condicionador de ar tipo Split (R\$)
mês	investimento inicial →	161.730,00	182.973,00
6	123.714,84	255.901,08	269.495,34
12	247.429,68	350.072,16	356.017,68
18	371.144,52	444.243,24	442.540,02
24	494.859,36	538.414,32	529.062,36
25	515.478,50	554.109,50	543.482,75
26	536.097,64	569.804,68	557.903,14
27	556.716,78	585.499,86	572.323,53
28	577.335,92	601.195,04	586.743,92
29	597.955,06	616.890,22	601.164,31
30	618.574,20	632.585,40	615.584,70
31	639.193,34	648.280,58	630.005,09
32	659.812,48	663.975,76	644.425,48
33	680.431,62	679.670,94	658.845,87
34	701.050,76	695.366,12	673.266,26

Fonte: Elaborado pelo autor.

A economia mensal média quando da substituição dos condicionadores de ar existentes por tipo janela classe A é de R\$4.923,96 e para utilização do modelo split a economia mensal é de R\$6.198,75, conforme tabela 4.27.

4.6 Viabilidade de utilização de grupo gerador na ponta

Para suprimir gastos com energia no horário de ponta, a proposta é a instalação de três grupo geradores diesel, constituídos por gerador síncrono trifásico, brushless, com as potências citadas a seguir, tensão 220/127 VCA, frequência 60 Hz, dotados de quadro de comando automático com chave de transferência, montados em container, cada grupo gerador acionado por um motor diesel.

Considerando as medições efetuadas e as faturas de energia disponíveis, a potência demandada no horário de ponta de cada transformador é de no máximo 60% da potência nominal. Assim, foram adotadas as seguintes capacidades de grupo geradores:

- transformador de potência 150kVA → grupo gerador de 115/106kVA, consumo de combustível 24,0 l/h, motor MWM, gerador WEG, custo para implantação R\$84.500,00;
- transformador de 300kVA → grupo gerador de 200/180kVA, consumo de combustível 39,5 l/h, motor MWM, gerador WEG, custo para implantação R\$105.000,00;
- transformador de 112,5kVA → grupo gerador de 81/78kVA, consumo de combustível 16,2 l/h, motor IVECO, gerador WEG, custo para implantação R\$69.300,00.

O valor de potência considerado para regime de utilização em horário de ponta, ou seja, três horas diárias, chamado de potência prime, é o segundo número indicado na especificação do grupo gerador.

O custo operacional total dos três grupo geradores é de R\$0,7806331/kWh. Para obtenção do valor para operação e manutenção do grupo gerador foi considerada troca do óleo lubrificante a cada 200 horas conforme previsto no manual de operação e manutenção, custo do diesel R\$3,19 por litro e informações obtidas no estudo apresentado por Soares (2000) que relata que o custo típico de manutenção é de U\$0,34/hora, incluindo trocas de óleo lubrificante. O custo para operacional dos grupo geradores foi obtido conforme considerações apresentadas a seguir.

Consumo de óleo diesel indicado pelo fabricante:

200/180kVA – 39,5l/h

115/106kVA - 24l/h

81/73kVA – 16,2 l/h

Consumo total de óleo diesel é de 79,71/h.

O consumo médio mensal no horário de ponta da instalação é de 6.811,12kWh. Para obter o consumo médio por hora foi considerado vinte e dois dias de utilização do grupo gerador por período de três horas por dia, resultando em 103,20kWh em média.

Para obtenção do custo de operação e manutenção do grupo gerador tendo como unidade o quilowatt-hora produzido tem-se:

$$\begin{aligned} \text{Potência aparente disponível para os três grupo geradores propostos} &= \\ &= 180 + 106 + 73 = 359\text{kVA} \end{aligned}$$

$$\text{Fator de potência} = 0,92, \text{ assim: potência ativa} = 359 \times 0,92 = 330 \text{ kW}$$

Custo de manutenção conforme Soares (2000) é de U\$0,34/h, ou R\$1,122/h para cada grupo gerador, ou R\$3,366/h para os três equipamentos.

$$\text{Consumo de combustível diesel } 79,71/h \times R\$3,19/l = R\$254,243/h$$

$$\begin{aligned} \text{Custo do combustível} + \text{custo de manutenção} &= R\$254,243/h + R\$3,366/h = \\ &= R\$ 257,609/h \text{ para produzir } 330\text{kW} \text{ ou } R\$0,780633/\text{kWh}. \end{aligned}$$

O valor obtido para produção de energia pelos três grupo geradores está compatível com estudos apresentados por Moreira (2010) e Pinheiro Filho (2012).

As tarifas de energia e custo operacional do grupo gerador são apresentados na tabela 4.31.

Tabela 4.31 –Tarifa de energia concessionária Elektro.

Tarifa conforme Resolução Homologatória nº 1858 da Aneel com vigência de 02/03/2015				
Demanda	Tarifa Azul	Fora de Ponta	comum 9,77	
			ultrapassagem 19,54	
	Tarifa Verde	Ponta	comum 29,01	
			ultrapassagem 58,02	
			comum	9,71
			ultrapassagem	19,42
Consumo	Tarifa Azul	Fora de Ponta	0,32614	
		Ponta	0,48554	
	Tarifa Verde	Fora de Ponta	0,32567	
		Ponta	1,18914	
Grupo gerador no horário de ponta			0,780633	

Fonte: elaborada pelo autor com dados da Elektro.

Considerando que o valor recomendado para contratação de demanda para tarifa horária verde é de 240kW e os valores recomendados para a opção tarifária azul são fora de ponta 240kW e na ponta 210kW, bem como os valores médios de consumo obtidos nas faturas de energia dos meses de fevereiro de 2014 a janeiro de 2015, são obtidos os valores de fatura em reais para o consumo médio de energia, conforme apresentado nas tabelas 4.32 a 4.35, tanto para tarifa horária verde como azul, com e sem utilização de grupo gerador no horário de ponta.

Tabela 4.32 – Fatura mensal média Tarifa Horária Verde para demanda 240kW

Horário	Consumo médio mensal (kWh)		Demanda média mensal (kW)		Total mensal médio (R\$)
	Consumo (kWh)	Custo (R\$)	Demanda (kW)	Custo (R\$)	
Fora de Ponta	45.533,35	14.828,85	240	2.330,40	25.258,62
Ponta	6.811,12	8.099,38			

Fonte: elaborada pelo autor

Tabela 4.33 – Fatura mensal média Tarifa Horária Verde, demanda 240kW e grupo gerador no horário de ponta.

Horário	Consumo médio mensal (kWh)		Demanda média mensal (kW)		Total mensal médio (R\$)
	Consumo (kWh)	Custo (R\$)	Demanda (kW)	Custo (R\$)	
Fora de Ponta	45.533,35	14.828,85	240	2.330,40	22.476,23
Ponta	6.811,12	5.316,99			

Fonte: elaborada pelo autor

Tabela 4.34 – Fatura mensal média Tarifa Horária Azul para demanda 240kW fora da ponta e 210kW na ponta.

Horário	Consumo médio mensal (kWh)		Demanda média mensal (kW)		Total mensal médio (R\$)
	Consumo (kWh)	Custo (R\$)	Demanda (kW)	Custo (R\$)	
Fora de Ponta	45.533,35	14.850,25	240	2.344,80	26.594,22
Ponta	6.811,12	3.307,07	210	6.092,10	

Fonte: elaborada pelo autor

Tabela 4.35 – Fatura mensal média Tarifa Horária Azul, demanda 240kW fora da ponta e grupo gerador no horário de ponta.

Horário	Consumo médio mensal (kWh)		Demanda média mensal (kW)		Total mensal médio (R\$)
	Consumo (kWh)	Custo (R\$)	Demanda (kW)	Custo (R\$)	
Fora de Ponta	45.533,35	14.850,25	240	2.344,80	22.512,03
Ponta	6.811,12	5.316,99	0	0,00	

Comparando os valores obtidos nas tabelas 4.32 e 4.33, verifica-se que a utilização de grupo gerador no horário de ponta, com contratação de demanda de 240kW, na tarifa horária verde, apresenta economia de R\$2.782,39 mensais em média para a instalação quando confrontado ao mesmo regime de contratação e mesma demanda, ou seja, tarifa horária verde e demanda 240kW sem utilização de grupo gerador no horário de ponta.

Quando a análise é efetuada para tarifa horária azul, a economia com a utilização de grupo gerador na ponta é de R\$4.082,19 mensais em média, conforme tabelas 4.34 e 4.35.

O retorno do investimento referente à instalação de três grupo geradores para operar no horário de ponta, quando considerada a contratação da tarifa horária verde e demanda 240kW, se dará em noventa e quatro meses, conforme Tabela 4.36.

O retorno do investimento com instalação de três grupo geradores, considerando contratação de tarifa horária azul, se dará em sessenta e quatro meses.

Tabela 4.36 –Retorno do investimento grupo gerador

mês	tarifa horária verde demanda 240kW	tarifa horária verde demanda 240kW com gerador	tarifa horária azul demanda fora ponta=240kW e ponta=210kW	tarifa horária azul demanda fora ponta=240kW e ponta=210kW, com grupo gerador
	investimento inicial →	258.800,00		258.800,00
1	25.258,62	281.276,23	26.594,04	281.312,03
2	50.517,24	303.752,46	53.188,08	303.824,06
6	151.551,72	393.657,38	159.564,24	393.872,18
12	303.103,44	528.514,76	319.128,48	528.944,36
24	606.206,88	798.229,52	638.256,96	799.088,72
36	909.310,32	1.067.944,28	957.385,44	1.069.233,08
48	1.212.413,76	1.337.659,04	1.276.513,92	1.339.377,44
60	1.515.517,20	1.607.373,80	1.595.642,40	1.609.521,80
63	1.591.293,06	1.674.802,49	1.675.424,52	1.677.057,89
64	1.616.551,68	1.697.278,72	1.702.018,56	1.699.569,92
65	1.641.810,30	1.719.754,95	1.728.612,60	1.722.081,95
93	2.349.051,66	2.349.089,39	2.473.245,72	2.352.418,79
94	2.374.310,28	2.371.565,62	2.499.839,76	2.374.930,82

Fonte: elaborada pelo autor

Em geral os consumidores com autoprodução de energia por grupo geradores optam pela tarifação horária verde devido a possibilidade de pane no sistema de geração e neste caso a unidade continua sendo abastecida pela concessionária sem acréscimos e multas na fatura de

energia, pois o valor da demanda contratada no horário de ponta e fora de ponta tem o mesmo valor.

4.6.1 Emissões do grupo gerador diesel

De acordo com os procedimentos estabelecidos em 2.6.1, a quantidade de gases de efeito estufa emitidos em decorrência da utilização dos três grupo geradores é calculada com a equação 2.1, onde:

GEE_{GP} = quantidade de gases de efeito estufa emitidos (ton CO₂e)

P = Potência aparente do grupo gerador (kVA) = 359kVA

FP = Fator de potência do grupo gerador (adimensional) = 0,92

FC = Fator de carga do grupo gerador (adimensional) = 0,6

t = tempo de operação (horas) = 3 x 22 dias x 12 meses = 792

FE = Fator de emissão de gases de efeito estufa = 884,4 kg CO₂/MWh_{elétrico}

$$GEE_{GP} = \frac{359 \times 0,92 \times 0,5 \times 0,6 \times 792 \times 884,4}{10^6}$$

$$GEE_{GP} = 69,40 \text{ ton CO}_2\text{e}$$

O número de espécies arbóreas a serem plantadas é determinado pela equação 2.2, onde:

N é o número de árvores a serem plantadas;

Et = Emissão total de gases de efeito estufa (tCO₂e) = 69,40 ton CO₂e

Ff = Fator de fixação de carbono em biomassa no local de plantio do projeto = 0,18

1,2 = Fator de compensação para possíveis perdas de mudas

0,5 = Fator de imprecisão do fator de emissão

$$N = [(69,4 / 0,18) \times 1,2] \times 0,5 = 231 \text{ espécies arbóreas.}$$

4.7 Recomendações

Reduzir despesas com energia elétrica é uma tarefa que envolve vários fatores: é necessário utilização de equipamentos com comprovada eficiência energética, monitoramento das faturas de energia e contratação da modalidade tarifária que melhor se enquadre à instalação, informação aos usuários das instalações sobre a necessidade do uso racional de energia e adoção de postura de combate ao desperdício e uso consciente deste recurso. Importante enfatizar que a conservação e uso racional de energia são obtidos também por medidas de caráter operacional, de ordem administrativa, sem qualquer investimento, implementadas por intermédio de mudanças de procedimento e medidas educativas que podem gerar ótimos resultados.

Devem ser difundidas informações que contribuam com o uso eficiente de energia, tais como:

- Em caso de equipamentos já contemplados com o selo do PROCEL, adquirir aqueles identificados como classe A;
- Reduzir utilização de energia elétrica no horário de ponta, entre 17:30 e 20:30 horas;
- Dimensionar adequadamente os condutores da instalação, evitando emendas e uso de adaptador tipo “benjamim”;
- fazer manutenção periódica dos equipamentos em geral, evitando perdas por vazamento, obstrução por sujeira.
- adotar medidas educacionais e de controle visando conscientizar a comunidade universitária sobre o desperdício de energia elétrica dentro do campus, abrangendo a utilização racional dos demais recursos como água, gás e materiais de consumo;
- para otimização da energia no uso de computadores, é necessário determinar que os monitores sejam programados para desligamento automático quando estiverem sem utilização, já que o consumo dos computadores é de 400W e os monitores são responsáveis por oitenta por cento do consumo;
- a água utilizada no campus é obtida através de poço, havendo despesas com energia elétrica para bombeamento. É necessário promover medidas para uso racional da água tanto em ações educativas sobre utilização do recurso natural como o reaproveitamentos de água de chuva para limpeza de áreas externas, vasos sanitários e jardinagem. Além de proporcionar economia no faturamento devido ao menor tempo de bombeamento, permite

minimizar o escoamento de água nas redes pluviais, sendo a água posteriormente infiltrada na terra preservando seu ciclo natural.

No CPTL II, os sistemas de condicionamento de ar respondem por 56% da potência instalada, portanto devem ser implementadas, sempre que possível, medidas que otimizem sua utilização, tais como apresentadas abaixo:

- fazer campanhas de conscientização sobre a necessidade de manter portas e janelas fechadas quando os condicionadores de ar estiverem em funcionamento e para que os equipamentos não permaneçam ligados sem necessidade;
- sendo possível, solicitar que os condicionadores de ar sejam ligados uma hora após o início do expediente e desligados uma hora antes do seu término;
- controlar as fontes externas de calor, promovendo ventilação natural e evitando incidência direta de raios solares no ambiente climatizado;
- realizar manutenção periódica incluindo limpeza de filtros;
- evitar que objetos sejam colocados em frente ao aparelho obstruindo a circulação de ar;
- regular o termostato no verão para 23°C com recomendação de não utilização de temperaturas mais baixas;
- desligar os aparelhos de ar condicionado em horários pré-determinados.

Para o sistema de iluminação, as recomendações são as seguintes:

- durante o dia, quando possível, utilizar melhor a iluminação natural abrindo as janelas, persianas e cortinas;
- ambientes desocupados devem permanecer com iluminação apagada;
- utilizar cores claras para paredes internas e teto, que refletem melhor a luz e diminuem a necessidade de iluminação artificial;
- fazer limpeza periódica das luminárias;
- durante a limpeza do ambiente, manter acesas somente a iluminação necessária;
- quando possível, utilizar sensores de presença, setorizar o comando da iluminação e utilizar sistemas de iluminação com tecnologias eficientes.
- há preocupação mundial com o uso eficiente de energia elétrica e as pesquisas neste sentido vão trazer inovações tecnológicas a serem utilizadas em todos os setores, inclusive nas instituições de ensino. São propostas que podem originar novos trabalhos com a finalidade de verificar a viabilidade técnica-econômica de implantação destas inovações.

Pode-se citar como exemplo o “Controle Digital de Sistemas de Iluminação – Sistemas Dali” do inglês *Digital Addressable Lighting Interface*, que tem grande potencial de eficiência energética. Constitui-se num sistema de gerenciamento de equipamentos de iluminação com interface inteligente e utilização de sensores de luz e presença. Através da detecção do nível de iluminamento tanto de luz natural como artificial pelos sensores de luz Dali, os grupos de luminárias são controlados para que atinjam o nível de iluminamento predefinido. Este é um sistema de controle digital de iluminação baseado na norma IEC 62386 que contém os requisitos técnicos para esta interface. Outro tema para estudo é a utilização de painéis solares, que podem ser uma boa solução numa região onde há muita incidência de sol e se houver possibilidade de cobrir os telhados e áreas de estacionamento.

5. CONCLUSÃO

Com a execução do diagnóstico energético foi verificada a possibilidade de adoção de medidas para redução do consumo de energia elétrica e do valor da fatura de energia. A alteração do valor de demanda contratada de 700kW para 240kW, mantendo a modalidade tarifária horária verde, resulta numa economia mensal média de R\$4.130,35. Anualmente a economia é de R\$49.564,20.

A correção do fator de potência da instalação possibilita a economia mensal média de R\$1.255,56, com investimento de R\$2.295,56 e retorno em dois meses. Anualmente a economia é de R\$15.066,72.

Foi proposta a substituição de 1028 (hum mil e vinte e oito) lâmpadas fluorescentes de 40W e 708 (setecentas e oito) lâmpadas fluorescentes de 32W por lâmpadas fluorescentes de 28W, sendo necessária a substituição das luminárias e reatores. A redução de consumo de energia em iluminação é de 40%, com retorno em vinte e oito meses e economia mensal média de R\$5.199,30, anual R\$62.391,60.

Alternativamente, foi proposta a substituição de 1028 (hum mil e vinte e oito) lâmpadas fluorescentes de 40W e 708 (setecentas e oito) lâmpadas fluorescentes de 32W por lâmpadas LED 20W, sem substituição das luminárias. A redução de consumo de energia é de 57% com retorno em doze meses. A economia mensal média para a substituição por lâmpadas LED é de R\$7.419,16.

A substituição de antigos equipamentos condicionadores de ar de parede por equipamentos similares classe A, num total de noventa e nove condicionadores de ar de capacidade entre 7.500Btu/h e 30.000Btu/h, representa economia de 23,88% do consumo em refrigeração de ar e retorno em trinta e três meses, com economia mensal de R\$4.923,96.

Estes mesmos condicionadores de ar, quando substituídos por splits classe A convencionais representam redução em 30,08% do consumo de energia em refrigeração, retorno em trinta meses e economia mensal de R\$6.198,75

A utilização de grupo gerador no horário de ponta, com contratação de demanda de 240kW, na tarifa horária verde, apresenta economia de R\$2.782,39 mensais em média. O retorno se dá em noventa e quatro meses.

Quando a análise é efetuada para tarifa horária azul, a economia com a utilização de grupo gerador na ponta é de R\$4.082,19 mensais em média e retorno em sessenta e quatro meses.

Portanto considerando todas as intervenções mencionadas, há potencial de economia mensal de R\$21.786,21, valor anual R\$261.434,52 e o retorno do investimento se dará num prazo médio de dezoito meses. O valor da fatura de energia em janeiro de 2015 é R\$32.643,57 e a maior fatura registrada no ano de 2014 é R\$49.883,85, valores que à partir da implantação das medidas propostas podem ser reduzidos conforme citado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução nº 414 de 09/09/2010: Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica.** Brasília: ANEEL, 2010.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução nº 418 de 23/11/2010: Retifica a Resolução Normativa nº 414.** Brasília: ANEEL, 2010.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução homologatória nº 1.858, de 27/02/2015:** Homologa os resultados da revisão tarifária extraordinária das Concessionárias de Distribuição de Energia Elétrica, fixa as Tarifas de Energia – TEs e as Tarifas de Uso dos Sistemas de Distribuição – TUSDs. Brasília: ANEEL, 2015.

AGÊNCIA UNIVERSITÁRIA DE NOTÍCIAS USP. **“Empresa júnior da USP cria projeto de redução do efeito estufa.”** Disponível em: <http://www.usp.br/aun/exibir.php?id=5553>
Acesso em: 04 abr. 2015.

ALVAREZ, A. L. M. **Uso racional e eficiente de energia elétrica:** metodologia para a determinação dos potenciais de conservação dos usos finais em instalações de ensino e similares. São Paulo, 1998. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

ARAÚJO, W.R.; MOREIRA, S. G.; SILVA JUNIOR, A.R.; NISHIMURA, R. **Projeto Luminotécnico no Contexto da Eficiência Energética - Estudo de Caso.** In: II Congresso Brasileiro de Eficiência Energética, 2007, Vitória-ES.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Iluminância de Interiores, NBR5413.** Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14417:2011: **Reatores eletrônicos alimentados em corrente alternada para lâmpadas fluorescentes tubulares:** Requisitos gerais e de segurança. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 50001: 2011 – **Sistemas de gestão da energia:** Requisitos com orientações para uso. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO/CIE 8995-1:2013– **Iluminação de ambientes de trabalho Parte 1:** Interior. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 50002:2014 – **Diagnósticos energéticos:** Requisitos com orientação para uso. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

AZEVEDO, M. F. C.; QUINTINO, I. **Manual técnico: Um programa de compensação ambiental que neutraliza emissões de carbono através de projetos socioambientais de plantio de mudas nativas.** Macaé, RJ, 2010. Disponível em:
<http://www.ambientalcompany.com.br/Arquivos/Manual%20T%C3%A9cnico%20-%20Pegada%20Verde.pdf> Acesso em: 04 abr. 2015.

BARBOSA, E. B.; SOUZA, A.M.O. **Inventário de emissão de gases do efeito estufa – GEE**. VI FIAM, 2011. Disponível em: <http://www.suframa.gov.br/fiam/arquivos/inventario-emissoes-gee-vi-fiam.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2015

BEN 2014. **Balanco Energético Nacional de 2014: Ano base 2013**. Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro:EPE, 2014.

BERMANN, C.; MARTINS, O. S. **Sustentabilidade Energética no Brasil – Limites e possibilidades para uma estratégia sustentável e democrática**. 1ª ed. Rio de Janeiro: FASE, 2000.

BRASIL. **Decreto Lei de 3818 de 15 de maio de 2001**. Dispõe sobre as medidas emergenciais de redução do consumo de energia elétrica no âmbito da Administração Pública Federal. Disponível em: <http://www.jusbrasil.com.br/legislacao/100587/decreto-3818-01>>. Acesso em: 12 jan. 2013.

BRASIL. **Lei nº 10.295 de 17 de outubro de 2001**. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de energia e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/L10295.htm>. Acesso em: 15 mai.2014.

BRASIL. **Decreto nº 4.059 de 19 de dezembro de 2001**. Regulamenta a Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, e dá outras providências. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2001/decreto-4059-19-dezembro-2001-429009-publicacaooriginal-1-pe.html>>. Acesso em: 15 mai. 2014.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia, Ministério da Ciência e Tecnologia e Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. **Portaria Interministerial nº 1.007 de 31 de dezembro de 2010**. Disponível em: http://www.abilux.com.br/portal/pdf/legislacao/Portaria_Interministerial_nx_1007_2010.pdf>. Acesso em: 15 mai. 2014.

BRASIL. **Decreto nº 7983 de 8 de abril de 2013**. Estabelece regras e critérios para elaboração do orçamento de referência de obras e serviços de engenharia, contratados e executados com recursos dos orçamentos da União, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2013/Decreto/D7983.htm. Acesso em 21 mai. 2014.

BUENO, C. **Avaliação de desempenho ambiental de edificações habitacionais**: Análise comparativa dos sistemas de certificação no contexto brasileiro. São Carlos, 2010. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Escola de Engenharia de São Carlos da USP. Disponível em: < <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18141/tde-05012011-100311/pt-br.php>>. Acesso em 12 jan. 2015.

COSTA, F. R., GONCALVES, A. C. L. C., CARTAXO, E. F. *et al.* **Programa de eficiência energética através da troca de condicionadores de ar no setor residencial de Manaus: uma experiência concreta**. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 5., 2004, Campinas, 2007. Disponível em:

<http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC0000000022004000200038&script=sci_arttext>. Acesso em: 31 jan. 2015.

CREDER, H. **Instalações Elétricas**. 15^a ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

CRISTÓVÃO, S. G. **Cartilha do Clima: Aquecimento Global e Mudanças Climáticas**. São Paulo: Incentivo Sol Soluções Solidárias, 2009.

DIAS, M. P., CASAGRANDE, C.G., BRAGA, H. A. C. “**Avaliação da geometria de arranjo de leds e do uso de lentes colimadoras para a eficiência da iluminação**”. In: IV Congresso Brasileiro de Eficiência Energética, Juiz de Fora, MG, 2011.

FANGER, P. O. **Human requirements in future air-conditioned environments**. International Journal of Refrigeration; Vol. 24; Elsevier; 2001.

FREEMAN, R. E. **Strategic management: A stakeholder approach**. Boston: Pitman Publishing, 1984.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. Centro de Estudos em Sustentabilidade da EAESP. **Guia para a elaboração de inventários corporativos de emissões de gases do efeito estufa/realização GVCes** Centro de Estudos em Sustentabilidade da Fundação Getúlio Vargas; organização GVCes, Ministério do Meio Ambiente, CEBDS, WBCSD, WRI; apoio Embaixada Britânica, USAID, CETESB, Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo; edição e revisão Ricardo Barreto, Juarez Campos. - - São Paulo: FGV, 2009. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/proclima> e <http://www.fgv.br/ces/ghg>>. Acesso em: 04 abr. 2015.

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL. **Boletim de Serviço nº 4673 de 29 de outubro de 2009 IS nº 301 de 24 de agosto de 2009**.

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL. **Boletim de Serviço nº 5023 de 6 de abril de 2011 Anexo à Resolução nº 52 apresentando elementos que compõem os históricos da UFMS**.

GARCIA, A.G.P, 2003. **Impacto da Lei de Eficiência Energética para Motores Elétricos no Potencial de Conservação de Energia na Indústria**. Dissertação de Mestrado, Programa de Planejamento Energético, COPPE, UFRJ

HIRSCHFELD, H. **Engenharia Econômica e Análise de Custos**. 7^a ed. São Paulo: Editora Atlas, 2007.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA (INMETRO). **Tabelas de consumo/eficiência energética**. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/condicionadores.asp>> Acesso em 21 mar. 2015.

JANNUZZI, G.; SWISHER, J., 1997. **Planejamento Integrado de Recursos Energéticos**. Campinas: Editora Autores Associados, 1997.

KRÜGER, E. L.; MORI, F. **Análise da eficiência energética da envoltória de um projeto padrão de uma agência bancária em diferentes zonas bioclimáticas brasileiras.** Ambient. Constr. Vol.12 no.3 Porto Alegre jul./set. 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212012000300007&lng=en&nrm=iso&tlng=pt> Acesso em: 12 jan. 2014.

LABEEE – Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. **Regulamentação para Etiquetagem Voluntária de Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos.** Disponível em: <<http://www.labee.ufsc.br/>> Acesso em: 2 de Nov. 2014.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. **Eficiência Energética na Arquitetura.** São Paulo: PW, 1997.

LEVINE, M.; PRICE, L.; MARTIN, N. **Energy and energy efficiency in buildings: a global analysis.** Anais do 1998 ACEEE Summer study on energy efficiency in buildings, 1998.

MAGALHÃES, M. A. **Tempo de degradação de materiais descartados no meio ambiente.** Jornal do Centro Mineiro para Conservação da Natureza (CMCN). Viçosa–MG, ano 08, n.37, jan/fev/mar 2001.

MAMEDE FILHO, J. **Instalações Elétricas Industriais.** 6^a ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

MARQUES, M. C. S.; HADAD, J.; MARTINS, A. R. S. (Coordenadores). **Conservação de energia: Eficiência energética de equipamentos e instalações.** Itajubá: Eletrobrás/Procel Educação e Universidade Federal de Itajubá/FUPAI, 2006.

MOREIRA, S. G.; ARAÚJO, W. R.; SILVA JUNIOR, A. R.; LARA, G. S.; OKUMOTO, J. C.; NISHIMURA, R.; MARTOS, E. A.; KARMOUCHE, A. R. **Utilização de controlador de demanda e gerador diesel em uma universidade.** Disponível em <http://www.eficiencia.ufms.br/publicacoes/Utilizacao_de_controlador_de_demanda_e_gerador_diesel_em_universidade.pdf> Acesso em: 04 abr. 2015.

OSRAM – **Luz, Lâmpadas, Reatores e Sistemas de Iluminação.** Disponível em: <<http://www.osram.com.br/>>. Acesso em: 01 nov. 2013.

PERES, L. A. P.; NOGUEIRA, L. A. H.; TORRES, G. L. **Impactos das emissões atmosféricas provocadas por geradores diesel em estudos de fontes de energia no meio rural.** In: Encontro de energia no meio rural, 2000, Campinas. Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC00000002200000200007&lng=en&nrm=abn>. Acesso em: 25 mar. 2015.

PROCEN – **Metodologia de Diagnóstico Energético.** Disponível em <<http://www.procen.ufc.br/wp-content/uploads/Metodologia-de-Diagn%C3%B3stico-Energ%C3%A9tico-vers%C3%A3o-2.pdf>>. Acesso em 02 fev. 2015.

QUINTINO, I.; AZEVEDO, M. F. de C. **Um programa de compensação ambiental que neutraliza emissões de carbono através de projetos socioambientais de plantio de mudas nativas.** Manual técnico. Macaé, RJ, 2010. Disponível em

<<http://www.ambientalcompany.com.br/Arquivos/Manual%20T%C3%A9cnico%20-%20Pegada%20Verde.pdf>>. Acesso em: 04 de abr. 2015.

REIS, L. B.; SILVEIRA, S. **Energia elétrica para o desenvolvimento sustentável: Introdução de uma visão multidisciplinar**. São Paulo: Edusp, 2000.

ROCHA, M. L. **Modelo para Determinar a Neutralização dos Gases do Efeito Estufa com Custo Mínimo Usando Árvores Nativas do Cerrado Tocantinense**. Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. Salvador, 2014. Disponível em:
<<http://www.din.uem.br/sbpo/sbpo2014/pdf/arq0222.pdf>> Acesso em: 04 abr. 2015.

SANTOS, A.H.M.; SIMÕES, A. A.; MARTINS, A. R. S.; VIANA, A. N. C. **Conservação de Energia: Eficiência Energética de Equipamentos e Instalações**. 3º ed. Itajubá: Eletrobrás/PROCEL EDUCAÇÃO e UNIFEI, 2006.

SOARES, G. F. W.; VIEIRA, L. S. R.; NASCIMENTO, M. V. G. **Operação de um grupo gerador diesel utilizando óleo vegetal bruto como combustível**. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 3., 2000, Campinas. Disponível em:
<http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC0000000022000002000048&lng=en&nrm=abn>. Acesso em: 25 mar. 2015.

SOUZA, A.; SILVA, C. L.; KRUGER, E. L.; GUERRA, J. C. C. **Gestão da eficiência energética em edificações das instituições públicas de ensino: um estudo aplicado ao sistema de iluminação da UTFPR sob a ótica técnica e econômica**. Revista de Gestão Social e Ambiental – RGSA, v.6, n.1, pp.109-209, 2012.

STOECKER, W.; JONES, J. **Refrigeração e ar condicionado**. São Paulo: McGraw-Hill, 1985.

SZKLO A.S.; SOARES, J. B; TOLMASQUIM M.T.: **Strategic cogeneration – fresh horizon for the development of cogeneration in Brazil**. Applied Energy, v. 69, n. 4, p.257-268, ago. 2001.

TRIFUNOVIC, J.; MIKULOVIC, J.; DJURISIC, Z.; KOSTIC, M. **Reductions in electricity consumption and power demand in case of the mass use of compact fluorescent lamps**. Energy. N.34,p.1355-1363, 2009.

VARGAS JR, R. H. **Análise do Potencial de Conservação de energia Elétrica em Hospitais Públicos de Pequeno Porte no Brasil: Sistemas de Iluminação e Ar Condicionado do Tipo Janela**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2006. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético) – Programa de Pós-Graduação de Engenharia da UFRJ, UFRJ, Rio de Janeiro, 2006.

VIANA, N. C. V. et al. **Eficiência Energética: Fundamentos e aplicações**. 1ª ed. Campinas: Elektro, Universidade Federal de Itajubá, Excen, Fupai, 2012.

VICENT, D.; PRADALIER, A. **Impact sanitaire de 121ê climatisation: qu'em est-il 121ê syndrome 121ês «bâtiments malsains»? Ver. Méd. Interne; Vol. 18; Elsevier; Paris; mar. 1997.**

ANEXOS

ANEXO A CURVAS DE CARGA DO TRANSFORMADOR NÚMERO 1 – POTÊNCIA 150kVA

ANEXO B FATOR DE POTÊNCIA TRANSFORMADOR NÚMERO 1 – POTÊNCIA 150kVA

ANEXO C CURVAS DE TENSÃO TRANSFORMADOR NÚMERO 1 – POTÊNCIA 150kVA

ANEXO D CURVAS DE CORRENTE TRANSFORMADOR NÚMERO 1 – POTÊNCIA 150kVA

ANEXO E CURVAS DE CARGA DO TRANSFORMADOR NÚMERO 2 – POTÊNCIA 300kVA

ANEXO F FATOR DE POTÊNCIA TRANSFORMADOR NÚMERO 2 – POTÊNCIA 300kVA

ANEXO G CURVAS DE TENSÃO TRANSFORMADOR NÚMERO 2 – POTÊNCIA 300kVA

ANEXO H CURVAS DE CORRENTE TRANSFORMADOR NÚMERO 2 – POTÊNCIA 300kVA

ANEXO I CURVAS DE CARGA DO TRANSFORMADOR NÚMERO 3 – POTÊNCIA 112,5kVA

ANEXO J FATOR DE POTÊNCIA TRANSFORMADOR NÚMERO 3 – POTÊNCIA 112,5kVA

ANEXO K CURVAS DE TENSÃO TRANSFORMADOR NÚMERO 3 – POTÊNCIA 112,5kVA

ANEXO L CURVAS DE CORRENTE TRANSFORMADOR NÚMERO 3 – POTÊNCIA 112,5kVA

ANEXO M MEDIÇÃO DA ILUMINÂNCIA DAS SALAS DE AULA DO DEA.

ANEXO A

CURVAS DE CARGA DO TRANSFORMADOR NÚMERO 1 – POTÊNCIA 150kVA

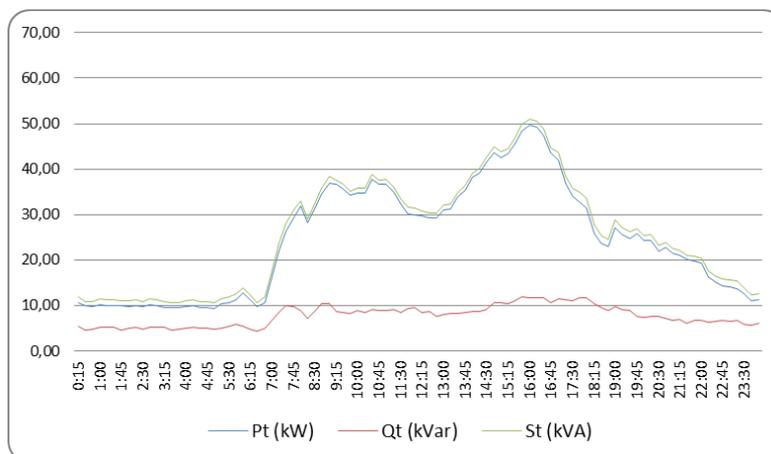


Figura A.1 – Curvas de Carga – 05/06/2013 (quarta-feira)

Tabela A.1 – Potências máximas e mínimas e fator de carga em 05/06/2013.

Grandezas	Valor máximo	Horário	Valor mínimo	Horário
P (kW)	49,60	16:00	9,39	5:00
Q (kVar)	11,99	15:45	4,39	6:30
S (kVA)	50,96	16:00	10,49	5:00
Fator de Carga	0,49			

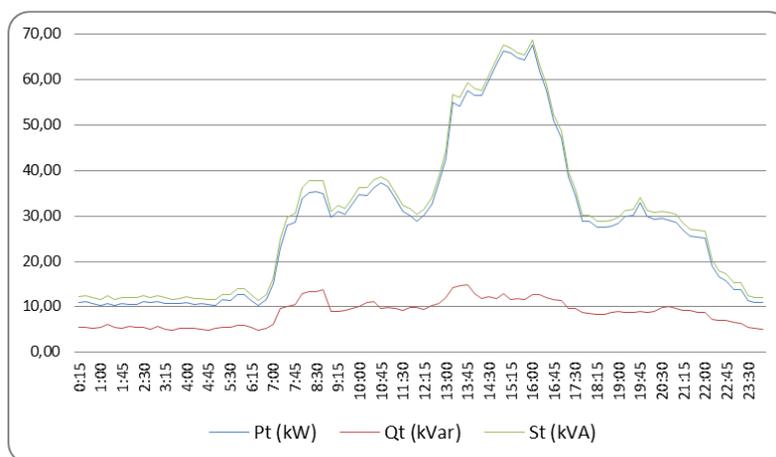


Figura A.2 – Curvas de Carga – 06/06/2013 (quinta-feira)

Tabela A.2 – Potências máximas e mínimas e fator de carga em 06/06/2013.

Grandezas	Valor máximo	Horário	Valor mínimo	Horário
P (kW)	67,63	16:00	10,22	6:30
Q (kVar)	14,84	13:45	4,86	3:30
S (kVA)	68,82	16:00	11,33	6:30
Fator de Carga	0,42			

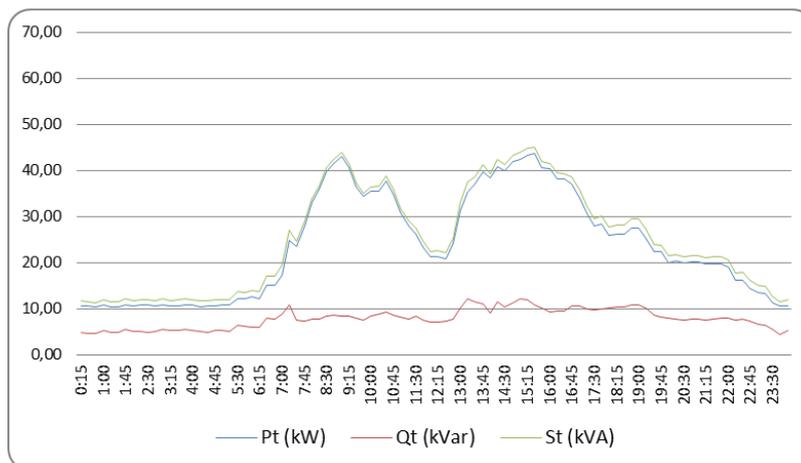


Figura A.3 – Curvas de Carga – 07/06/2013 (sexta-feira)

Tabela A.3 – Potências máximas e mínimas e fator de carga em 07/06/2013.

Grandezas	Valor	Horário	Valor mínimo	Horário
P (kW)	43,77	15:30	10,45	0:45
Q (kVar)	12,22	15:00	4,52	23:45
S (kVA)	45,11	15:30	11,44	0:45
Fator de Carga		0,54		

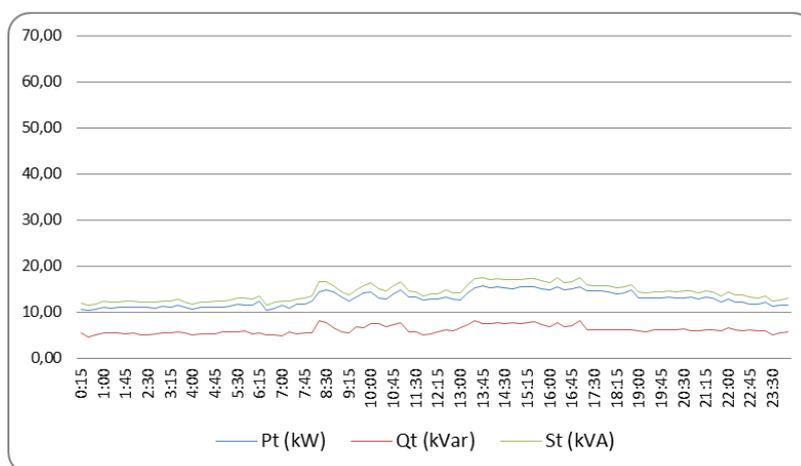


Figura A.4 – Curvas de Carga – 08/06/2013 (sábado)

Tabela A.4 – Potências máximas e mínimas e fator de carga em 08/06/2013.

Grandezas	Valor	Horário	Valor mínimo	Horário
P (kW)	15,84	13:45	10,45	6:30
Q (kVar)	8,25	17:00	4,72	0:30
S (kVA)	17,60	17:00	11,56	0:30
Fator de Carga		0,82		

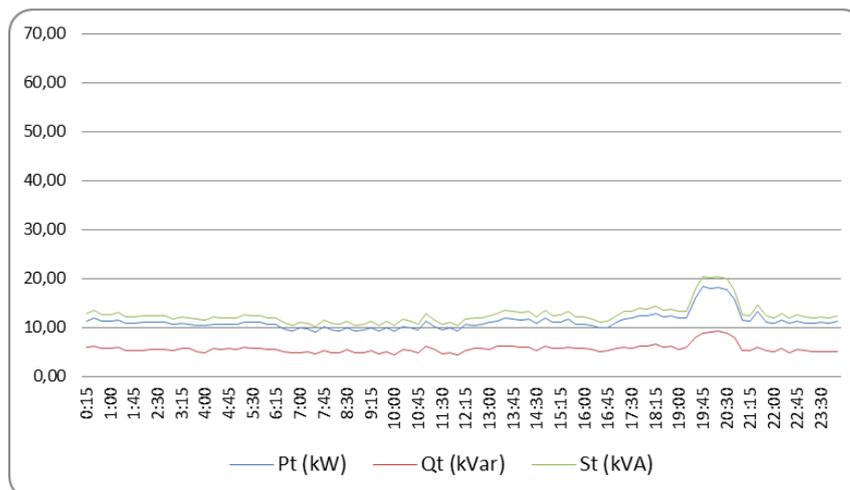


Figura A.5– Curvas de Carga – 09/06/2013 (domingo).

Tabela A.5– Potências máximas e mínimas e fator de carga em 09/06/2013.

Grandezas	Valor	Horário	Valor mínimo	Horário
P (kW)	18,37	19:45	9,07	7:30
Q (kVar)	9,29	20:15	4,38	12:00
S (kVA)	20,52	20:15	10,23	7:30
Fator de Carga	0,61			

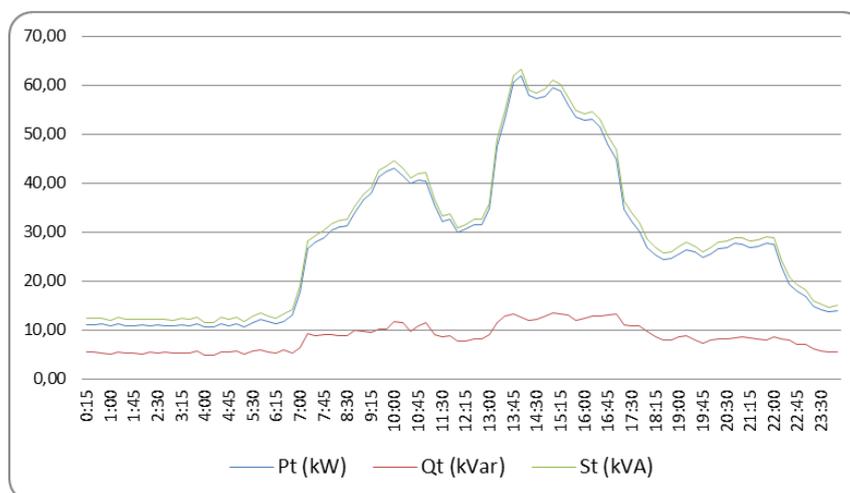


Figura A.6 – Curvas de Carga – 10/06/2013 (segunda-feira).

Tabela A.6 – Potências máximas e mínimas e fator de carga em 10/06/2013.

Grandezas	Valor	Horário	Valor mínimo	Horário
P (kW)	62,10	14:00	10,58	4:00
Q (kVar)	13,46	15:00	4,89	4:00
S (kVA)	63,38	14:00	11,66	4:00
Fator de Carga	0,45			

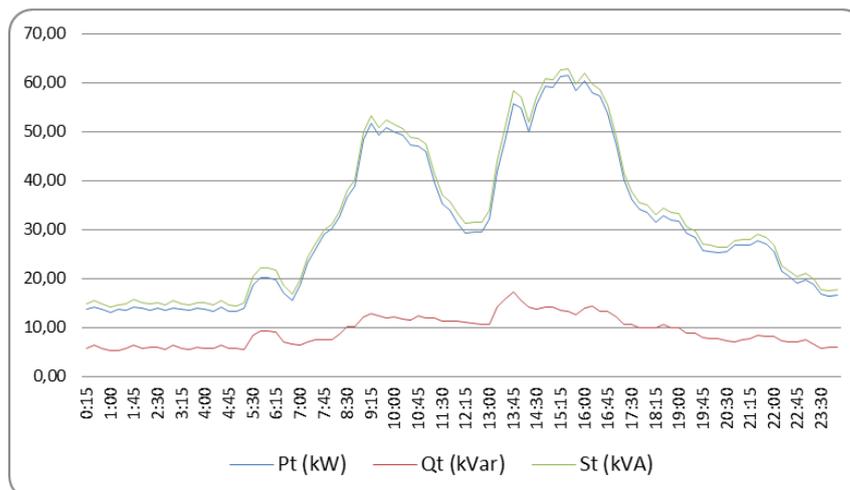


Figura A.7 – Curvas de Carga – 11/06/2013 (terça-feira).

Tabela A.7 – Potências máximas e mínimas e fator de carga em 11/06/2013.

Grandezas	Valor	Horário	Valor mínimo	Horário
P (kW)	61,61	15:30	13,15	1:00
Q (kVAr)	17,33	13:45	5,31	1:15
S (kVA)	63,02	15:30	14,20	1:00
Fator de Carga		0,50		

ANEXO B

FATOR DE POTÊNCIA TRANSFORMADOR NÚMERO 1 – POTÊNCIA 150kVA

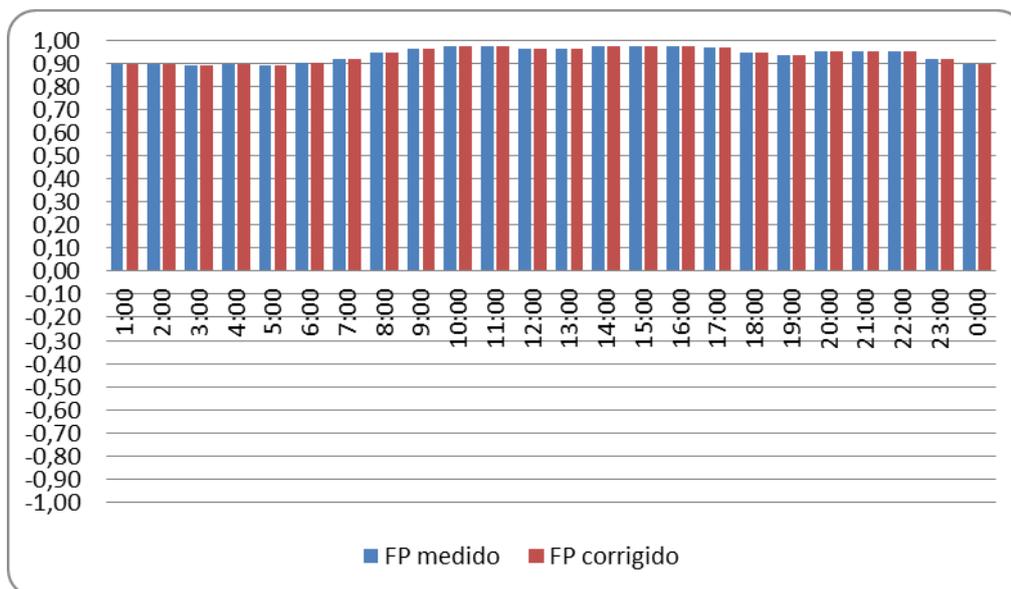


Figura B.1 – Curvas de Fator Potência, 05/06/2013 (quarta-feira).

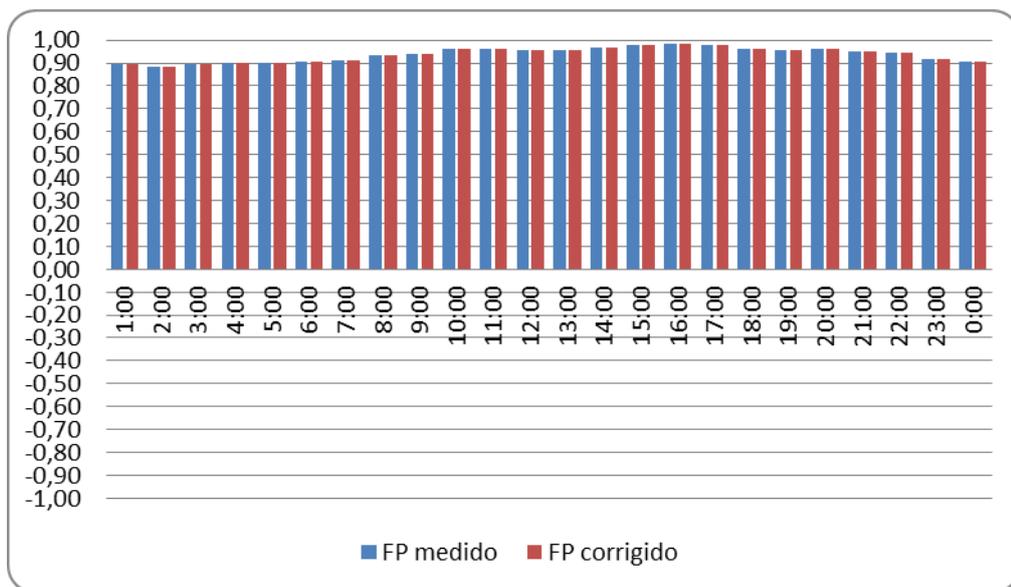


Figura B.2 – Curvas de Fator Potência, 06/06/2013 (quinta-feira).

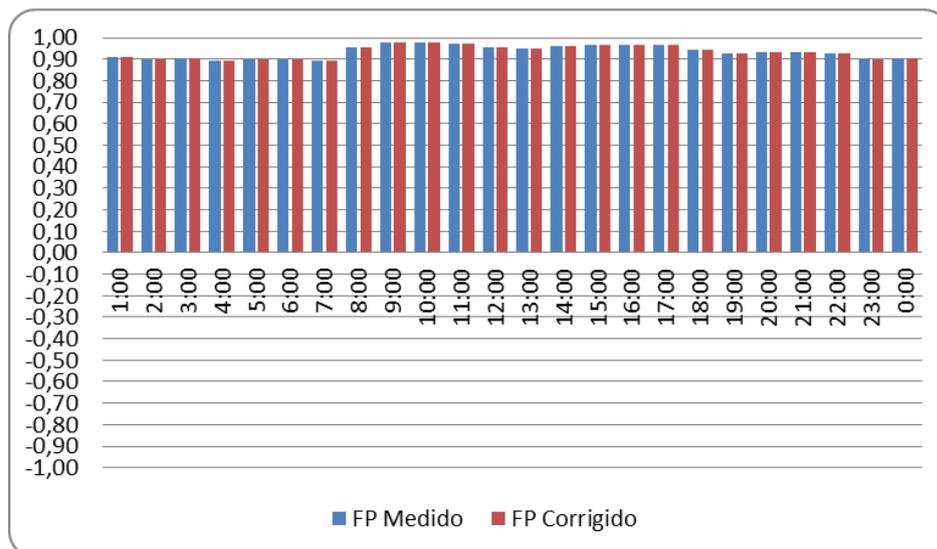


Figura B.3 – Curvas de Fator Potência, 07/06/2013 (sexta-feira).

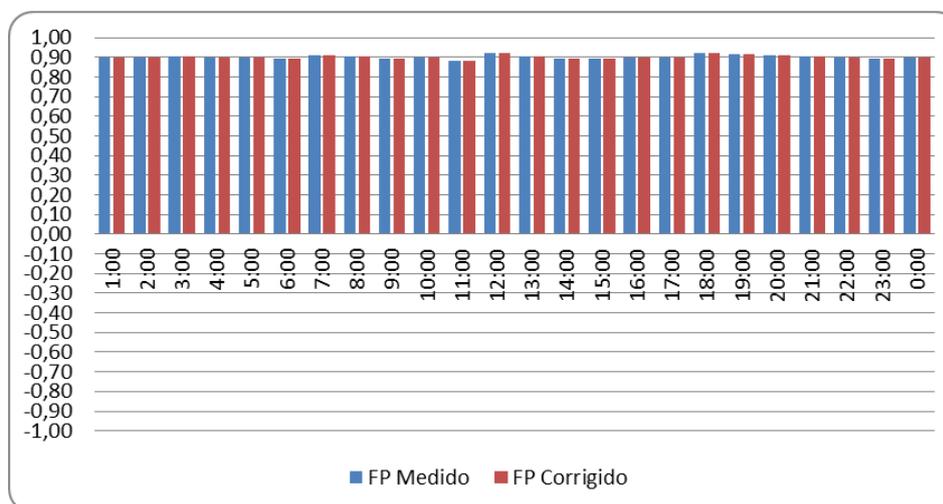


Figura B.4 – Curvas de Fator Potência, 08/06/2013 (sábado).

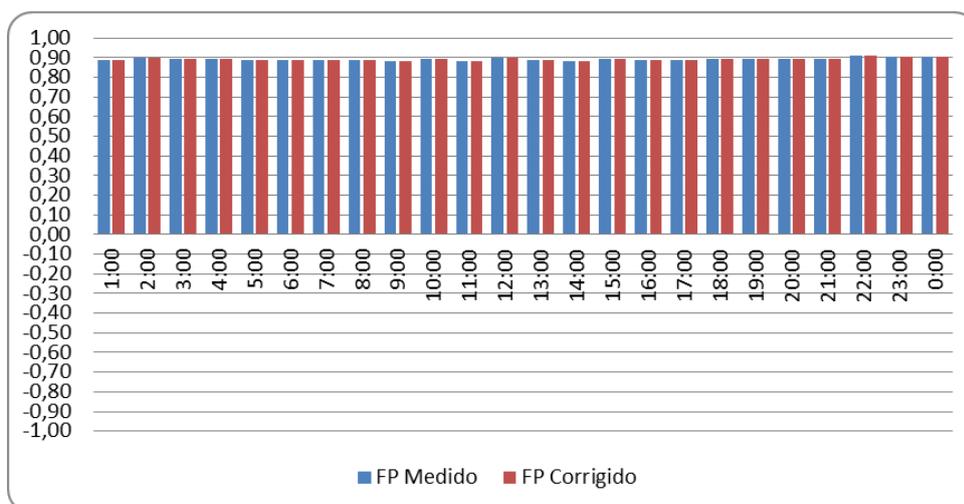


Figura B.5 – Curvas de Fator Potência, 09/06/2013 (domingo).

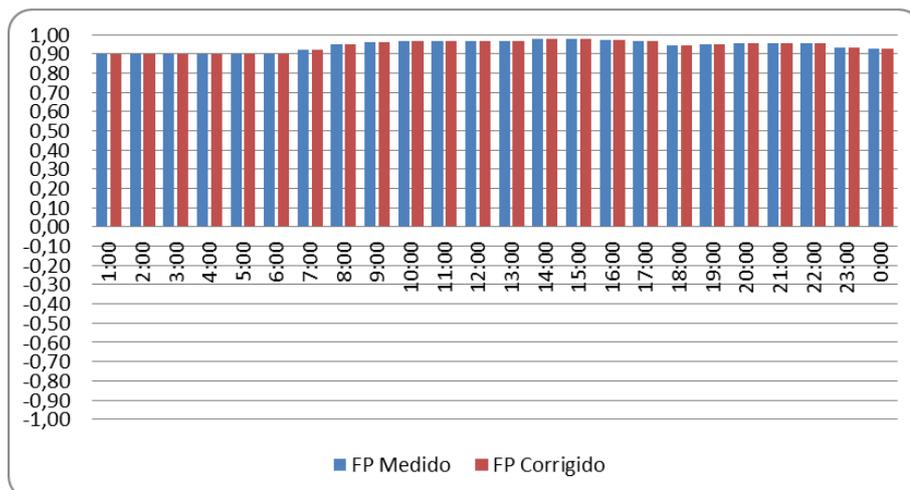


Figura B.6 – Curvas de Fator Potência, 10/06/2013 (segunda-feira).

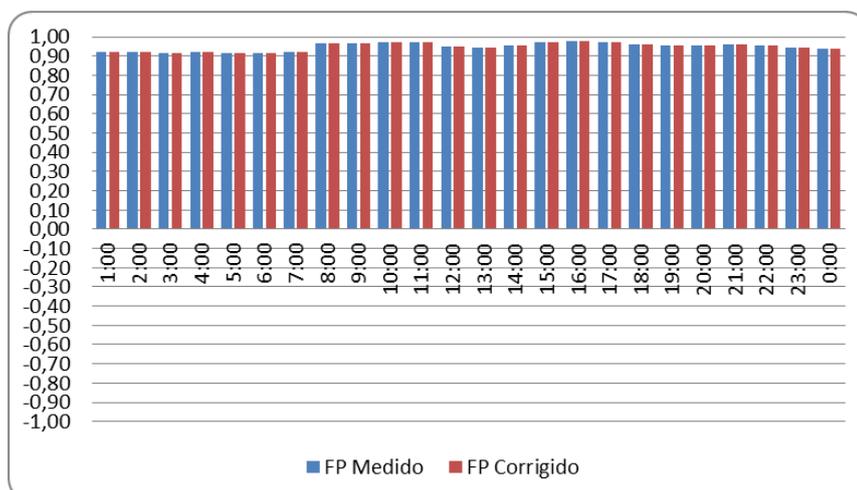


Figura B.7 – Curvas de Fator Potência, 11/06/2013 (terça-feira).

ANEXO C

CURVAS DE TENSÃO TRANSFORMADOR NÚMERO 1 – POTÊNCIA 150kVA

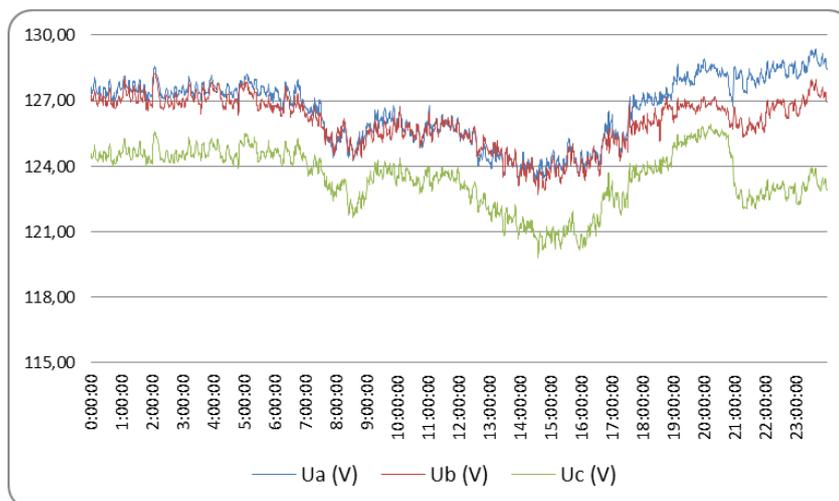


Figura C.1 – Tensão das fases, 05/06/2013 (quarta-feira).

Tabela C.1 – Tensão das fases em 05/06/2013, valores máximos e mínimos.

Tensão (V)	Valor Máximo	Horário	Valor Mínimo	Horário
Ua	129,38	23:38	123,15	13:56
Ub	128,25	2:05	122,72	14:34
Uc	125,92	20:12	119,79	14:34

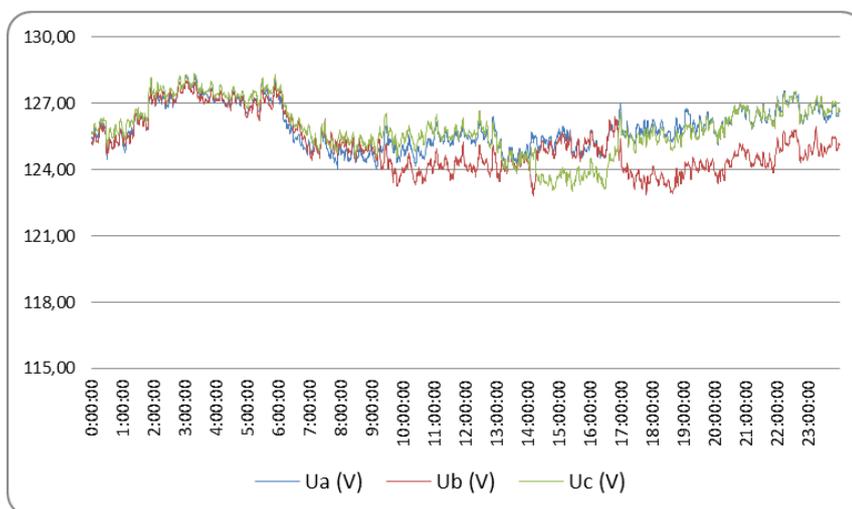


Figura C.2 – Tensão das fases no dia 06/06/2013 (quinta-feira).

Tabela C.2 – Tensão das fases em 06/06/2013, valores máximos e mínimos.

Tensão (V)	Valor Máximo	Horário	Valor Mínimo	Horário
Ua	129,36	0:10	122,37	14:10
Ub	128,35	2:55	120,92	14:10
Uc	126,76	23:50	120,86	8:43

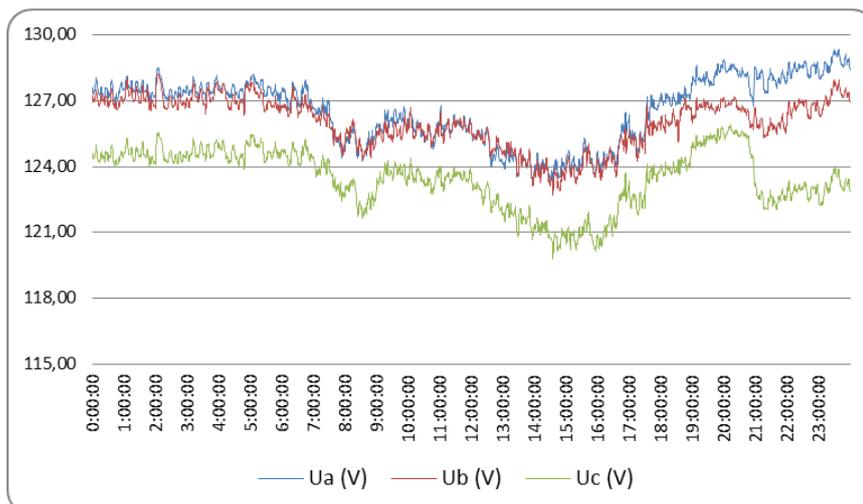


Figura C.3 – Tensão das fases no dia 07/06/2013 (sexta-feira).

Tabela C.3 – Tensão das fases em 07/06/2013, valores máximos e mínimos.

Tensão (V)	Valor Máximo	Horário	Valor Mínimo	Horário
Ua	128,27	3:01	124,02	7:53
Ub	128,04	3:04	122,80	14:10
Uc	128,35	3:18	123,01	15:25

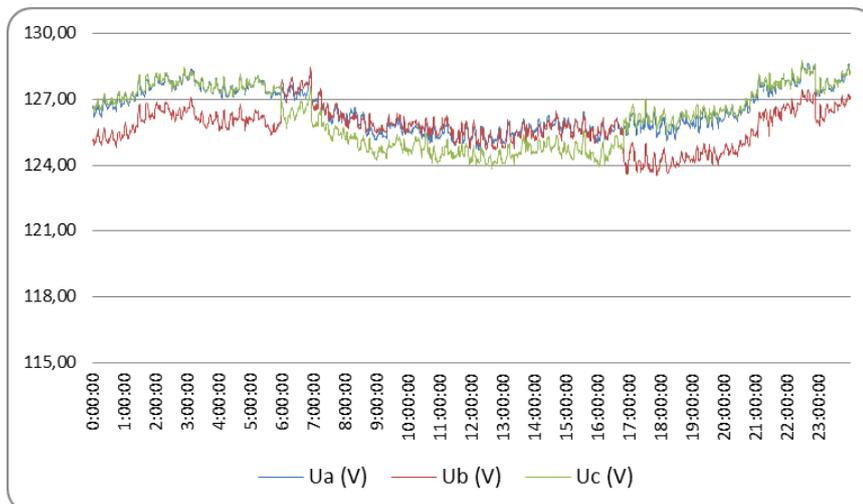


Figura C.4 – Tensão das fases no dia 08/06/2013 (sábado).

Tabela C.4 – Tensão das fases em 08/06/2013, valores máximos e mínimos.

Tensão (V)	Valor Máximo	Horário	Valor Mínimo	Horário
Ua	128,72	22:28	124,68	12:13
Ub	128,49	6:54	123,52	17:52
Uc	128,78	22:27	123,81	12:38

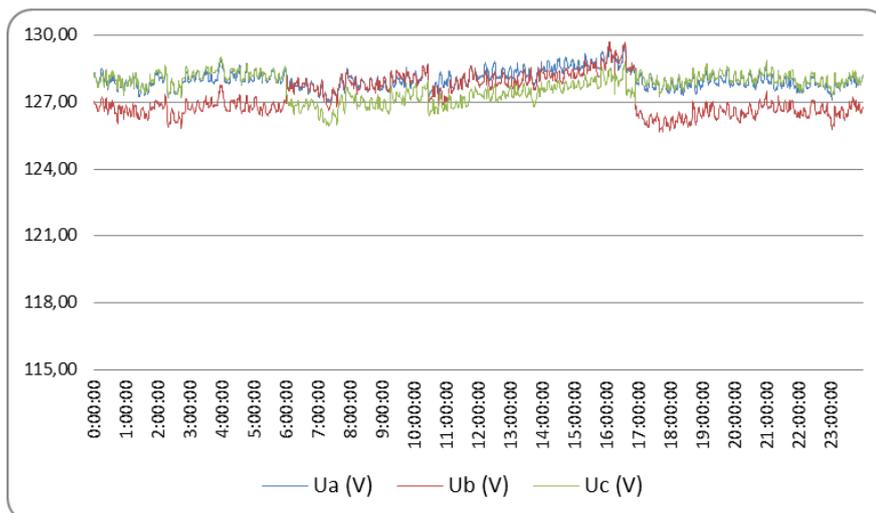


Figura C.5 – Tensão das fases no dia 09/06/2013 (domingo).

Tabela C.5 - Tensão das fases em 09/06/2013, valores máximos e mínimos.

Tensão (V)	Valor Máximo	Horário	Valor Mínimo	Horário
Ua	129,65	16:35	126,93	7:35
Ub	129,73	16:05	125,65	17:45
Uc	129,03	3:57	125,92	7:19

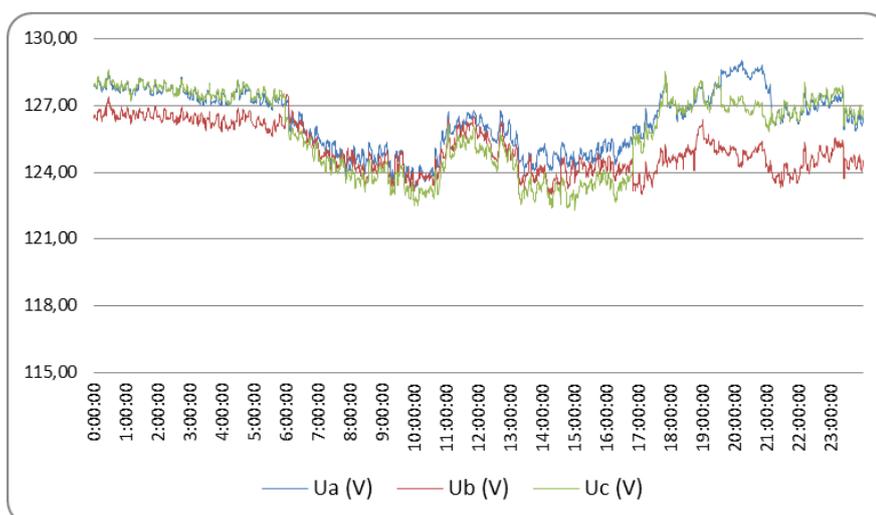


Figura C.6 – Tensão das fases no dia 10/06/2013 (segunda-feira).

Tabela C.6 – Tensão das fases em 10/06/2013, valores máximos e mínimos.

Tensão (V)	Valor Máximo	Horário	Valor Mínimo	Horário
Ua	129,03	20:13	123,19	10:00
Ub	127,52	6:00	122,90	14:13
Uc	128,64	0:27	122,31	15:01

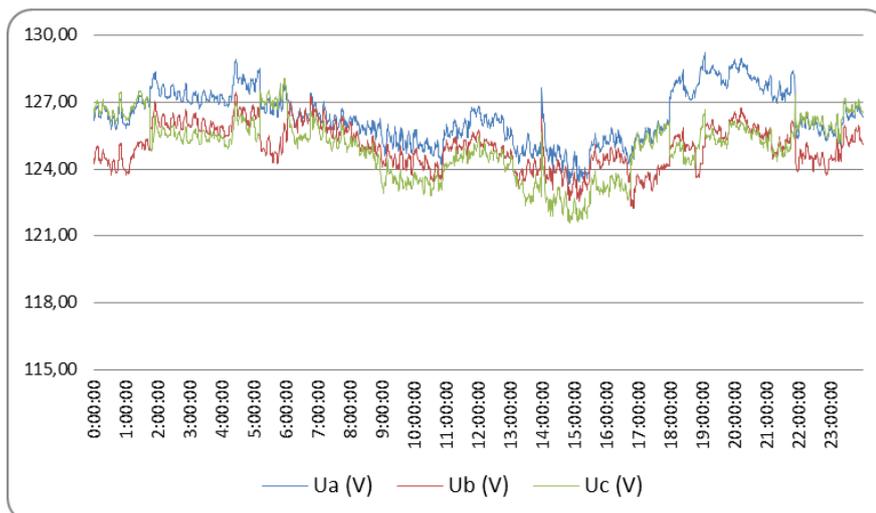


Figura C.7 – Tensão das fases no dia 11/06/2013 (terça-feira).

Tabela C.7 – Tensão das fases em 11/06/2013, valores máximos e mínimos.

Tensão (V)	Valor Máximo	Horário	Valor Mínimo	Horário
Ua	129,24	19:04	123,34	14:50
Ub	127,48	4:26	122,24	16:50
Uc	128,10	5:56	121,56	14:50

ANEXO D

CURVAS DE CORRENTE TRANSFORMADOR NÚMERO 1 – POTÊNCIA 150kVA

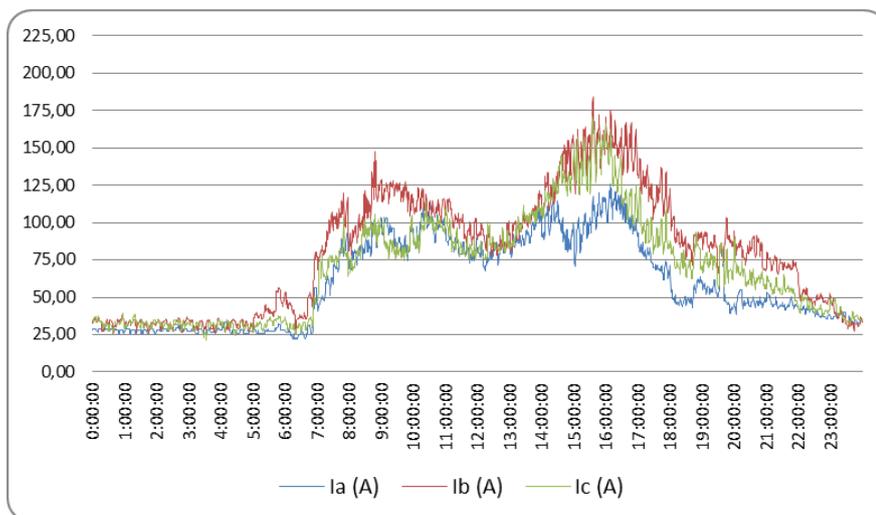


Figura D.1 – Corrente das fases no dia 05/06/2013 (quarta-feira).

Tabela D.1 – Corrente das fases em 05/06/2013, valores máximos e mínimos.

Corrente (A)	Valor Máximo	Horário	Valor Mínimo	Horário
Ia	125,69	16:08	22,17	6:17
Ib	183,87	15:35	25,97	0:38
Ic	170,89	15:33	21,56	3:33

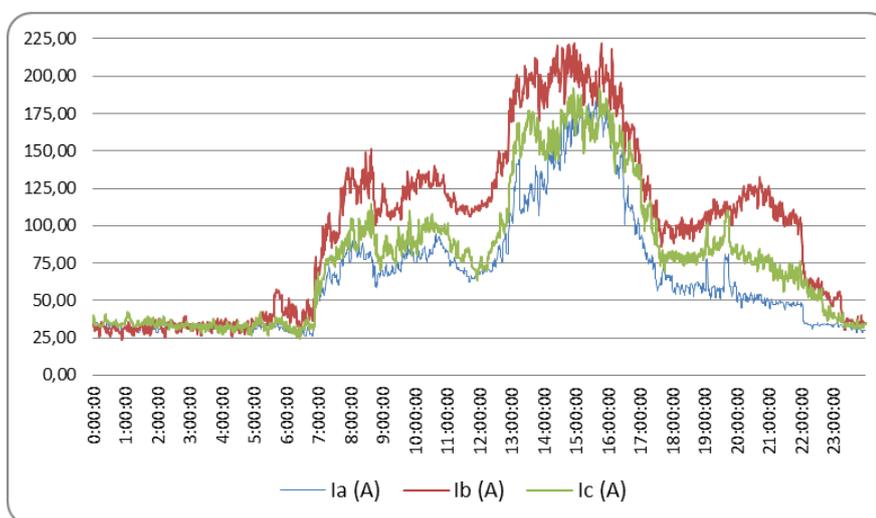


Figura D.2 – Corrente das fases no dia 06/06/2013 (quinta-feira).

Tabela D.2– Corrente das fases em 06/06/2013, valores máximos e mínimos.

Corrente (A)	Valor Máximo	Horário	Valor Mínimo	Horário
Ia	188,77	15:38	25,97	6:36
Ib	221,73	14:56	23,89	0:54
Ic	192,20	14:56	24,26	6:25

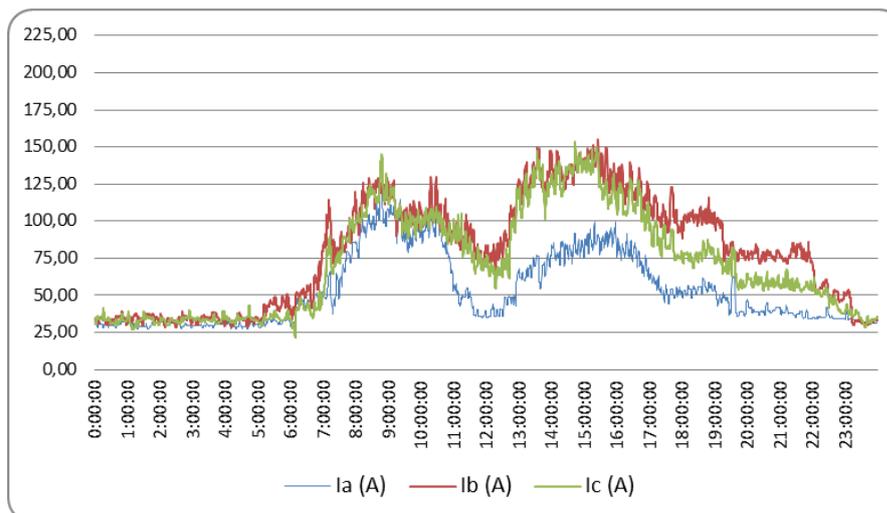


Figura D.3 – Corrente das fases no dia 07/06/2013 (sexta-feira).

Tabela D.3 – Corrente das fases em 07/06/2013, valores máximos e mínimos.

Corrente (A)	Valor Máximo	Horário	Valor Mínimo	Horário
Ia	128,87	8:48	27,44	1:17
Ib	154,72	15:25	28,42	2:10
Ic	153,49	14:43	21,44	6:09

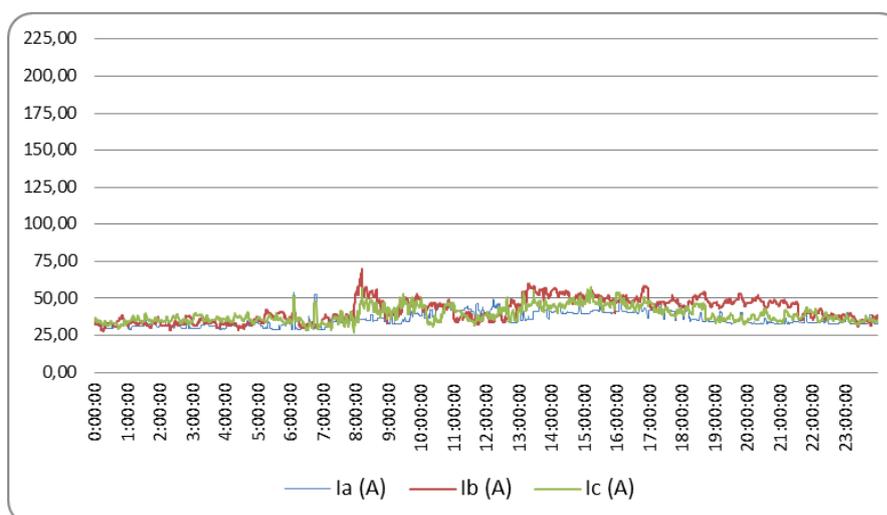


Figura D.4 – Corrente das fases no dia 08/06/2013 (sábado).

Tabela D.4 – Corrente das fases em 08/06/2013, valores máximos e mínimos.

Corrente (A)	Valor Máximo	Horário	Valor Mínimo	Horário
Ia	54,02	6:06	28,67	6:18
Ib	70,07	8:11	27,56	0:15
Ic	57,70	15:12	27,32	7:56

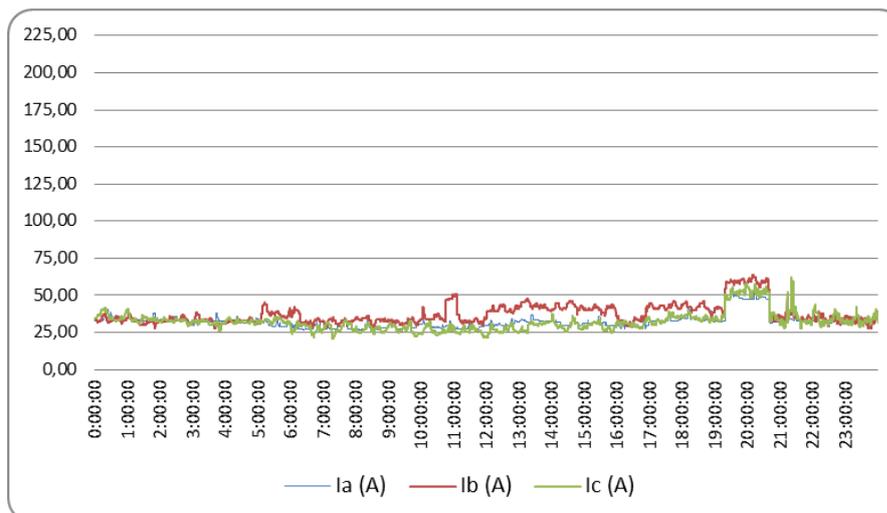


Figura D.5 – Corrente das fases no dia 09/06/2013 (domingo).

Tabela D.5– Corrente das fases em 09/06/2013, valores máximos e mínimos.

Corrente (A)	Valor Máximo	Horário	Valor Mínimo	Horário
Ia	55,49	19:33	26,58	6:23
Ib	63,70	20:08	27,07	8:32
Ic	62,35	21:20	20,95	7:17

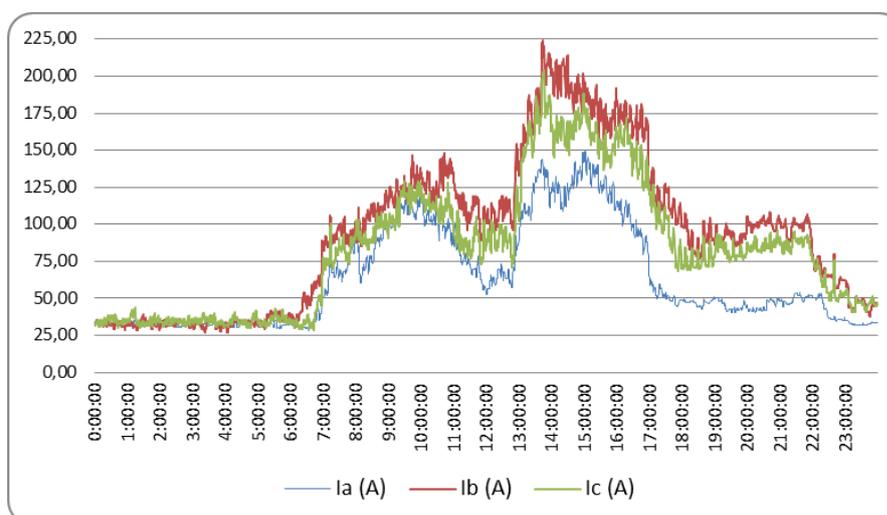


Figura D.6 – Corrente das fases no dia 10/06/2013 (segunda-feira).

Tabela D.6 – Corrente das fases em 10/06/2013, valores máximos e mínimos.

Corrente (A)	Valor Máximo	Horário	Valor Mínimo	Horário
Ia	149,33	15:01	28,42	6:34
Ib	223,81	13:43	26,83	3:22
Ic	204,33	13:46	28,67	6:42

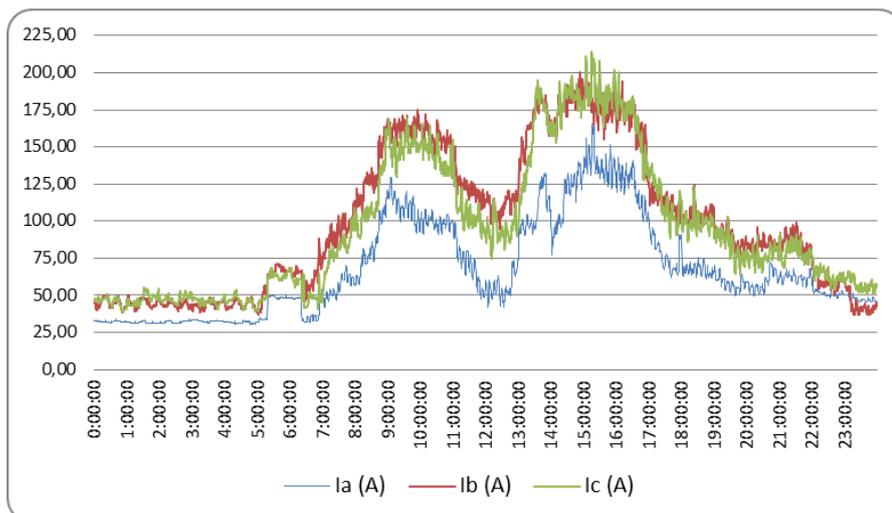


Figura D.7 – Corrente das fases no dia 11/06/2013 (segunda-feira).

Tabela D.7 – Corrente das fases em 11/06/2013, valores máximos e mínimos.

Corrente (A)	Valor Máximo	Horário	Valor Mínimo	Horário
Ia	125,69	16:08	22,17	6:17
Ib	183,87	15:35	25,97	0:38
Ic	170,89	15:33	21,56	3:33

ANEXO E

CURVAS DE CARGA DO TRANSFORMADOR NÚMERO 2 – POTÊNCIA 300kVA

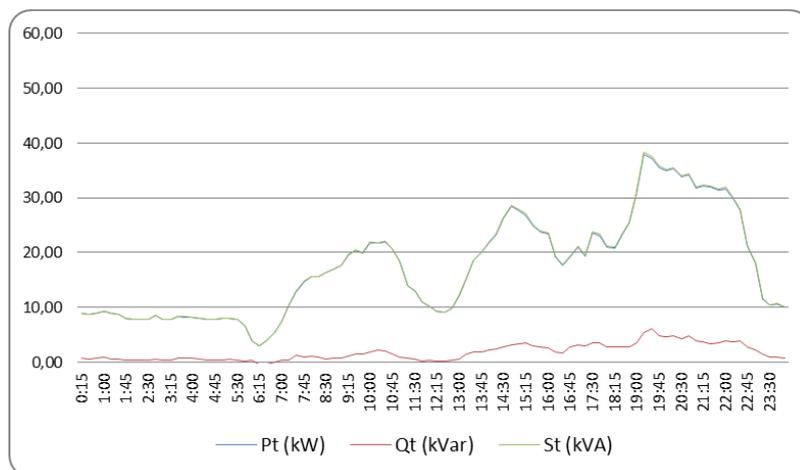


Figura E.1 – Curvas de Carga – 05/06/2013 (quarta-feira)

Tabela E.1 – Potências máximas e mínimas e fator de carga em 05/06/2013.

Grandezas	Valor máximo	Horário	Valor mínimo	Horário
P (kW)	37,93	19:15	2,87	6:15
Q (kVar)	6,08	19:30	-0,42	6:30
S (kVA)	38,31	19:15	2,90	6:15
Fator de Carga	0,46			

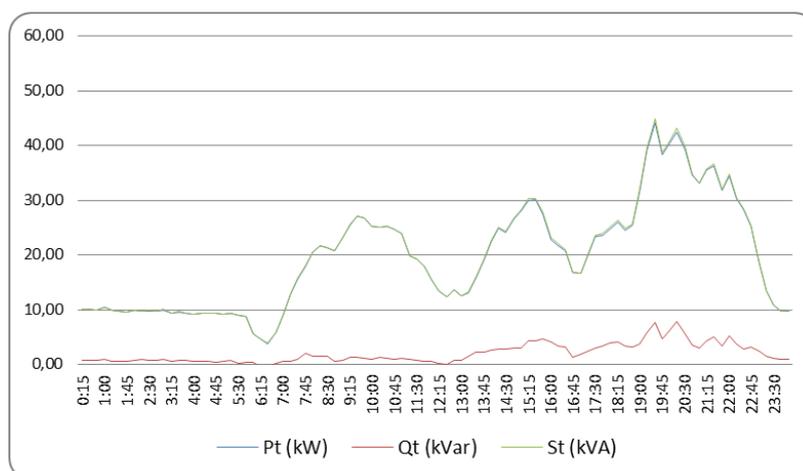


Figura E.2 – Curvas de Carga – 06/06/2013 (quinta-feira)

Tabela E.2 – Potências máximas e mínimas e fator de carga em 06/06/2013.

Grandezas	Valor	Horário	Valor mínimo	Horário
P (kW)	44,23	19:30	3,87	6:30
Q (kVar)	7,87	20:15	-0,42	6:30
S (kVA)	44,90	19:30	3,89	6:30
Fator de Carga	0,44			

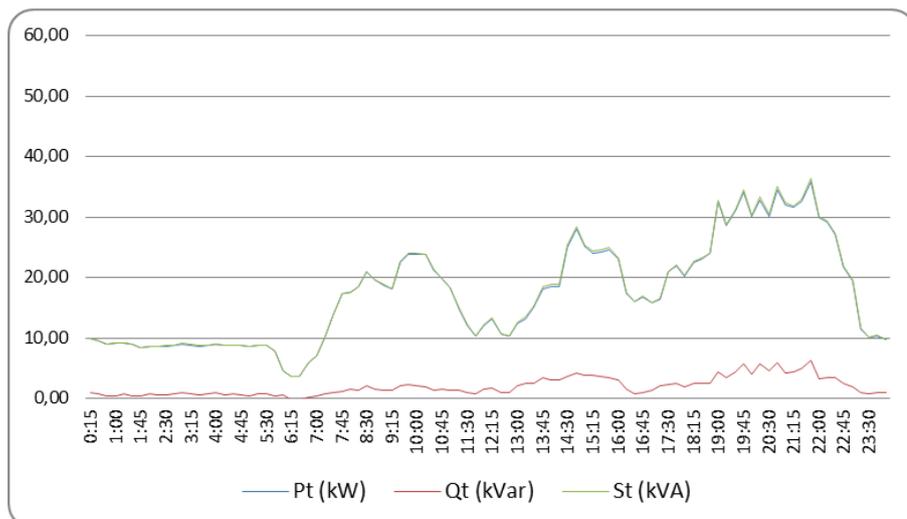


Figura E.3 – Curvas de Carga – 07/06/2013 (sexta-feira)

Tabela E.3 – Potências máximas e mínimas e fator de carga em 07/06/2013.

Grandezas	Valor	Horário	Valor mínimo	Horário
P (kW)	35,92	21:45	3,53	6:15
Q (kVar)	6,31	21:45	-0,22	6:15
S (kVA)	36,47	21:45	3,53	6:15
Fator de Carga		0,48		

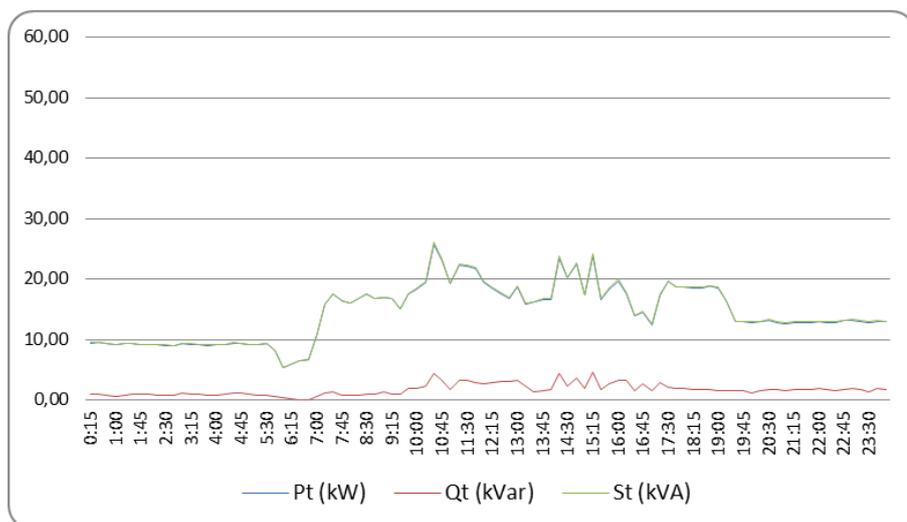


Figura E.4 – Curvas de Carga – 08/06/2013 (sábado)

Tabela E.4 – Potências máximas e mínimas e fator de carga em 08/06/2013.

Grandezas	Valor	Horário	Valor mínimo	Horário
P (kW)	25,76	10:30	5,31	6:00
Q (kVar)	4,49	15:15	-0,06	6:45
S (kVA)	26,11	10:30	5,33	6:00
Fator de Carga		0,56		

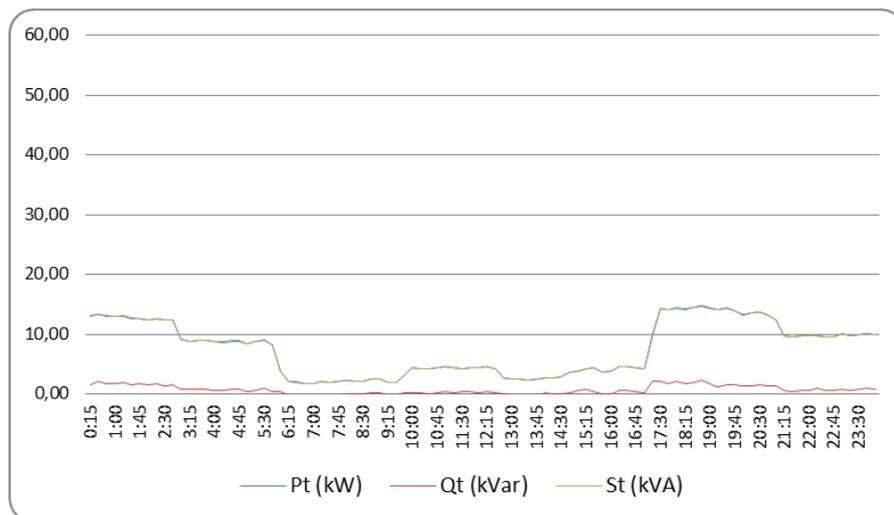


Figura E.5 – Curvas de Carga – 09/06/2013 (domingo)

Tabela E.5 – Potências máximas e mínimas e fator de carga em 09/06/2013.

Grandezas	Valor	Horário	Valor mínimo	Horário
P (kW)	14,74	19:45	1,78	6:45
Q (kVar)	2,26	18:45	-0,32	13:30
S (kVA)	14,91	18:45	1,80	7:00
Fator de Carga	0,51			

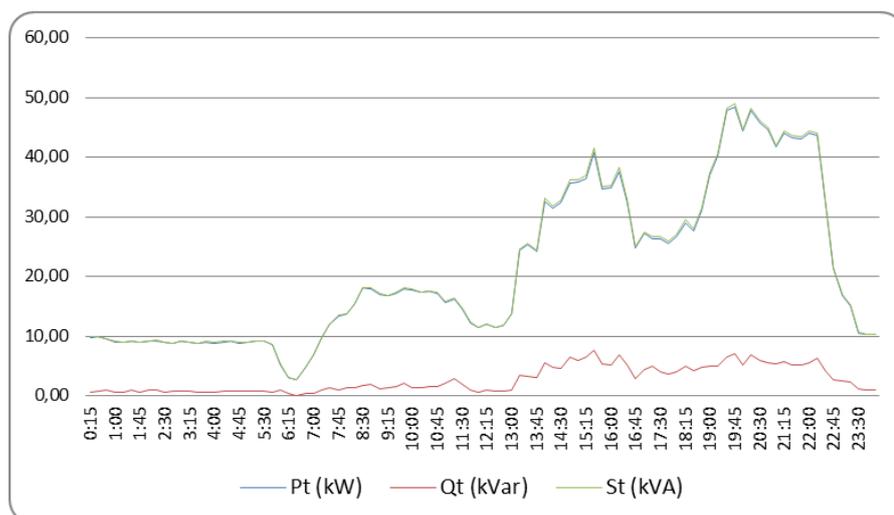


Figura E.6 – Curvas de Carga – 10/06/2013 (segunda-feira)

Tabela E.6 – Potências máximas e mínimas e fator de carga em 10/06/2013.

Grandezas	Valor	Horário	Valor mínimo	Horário
P (kW)	48,47	19:45	2,70	6:30
Q (kVar)	7,68	15:30	-1,02	6:30
S (kVA)	49,98	19:45	2,70	6:30
Fator de Carga	0,44			

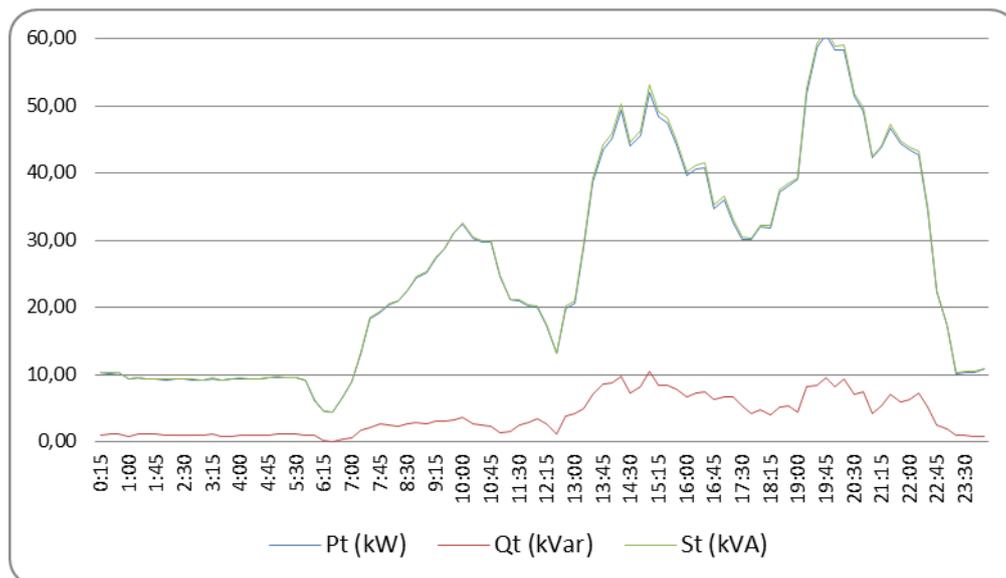


Figura E.7 – Curvas de Carga – 11/06/2013 (terça-feira)

Tabela E.7 – Potências máximas e mínimas e fator de carga em 10/06/2013.

Grandezas	Valor	Horário	Valor mínimo	Horário
P (kW)	60,71	19:45	4,30	6:30
Q (kVAr)	10,43	15:00	-0,08	6:30
S (kVA)	61,47	19:45	4,30	6:30
Fator de Carga	0,43			

ANEXO F

FATOR DE POTÊNCIA TRANSFORMADOR NÚMERO 2 – POTÊNCIA 300kVA

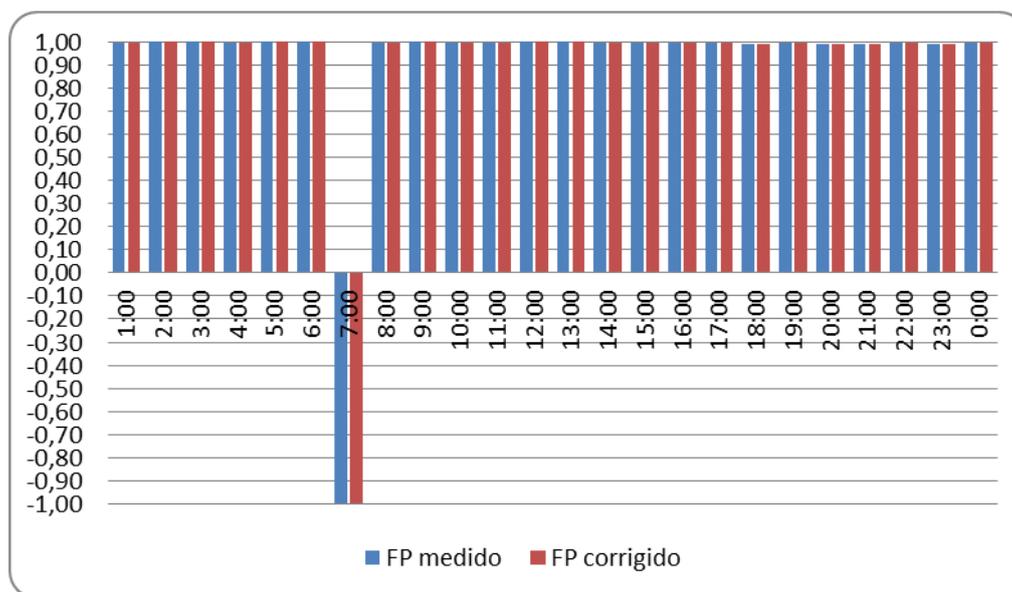


Figura E.1– Curvas de Fator Potência no dia 05/06/2013 (quarta-feira).

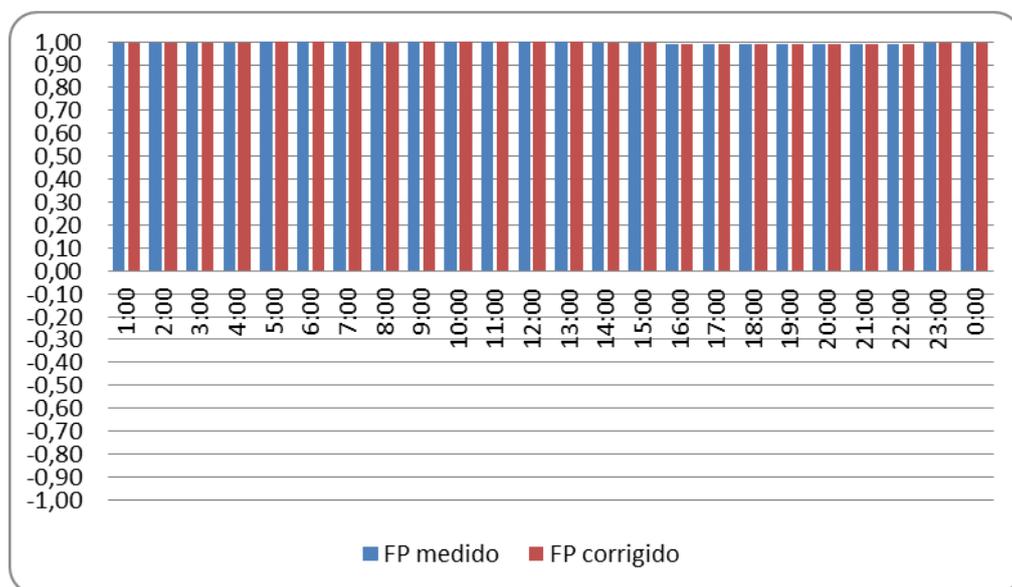


Figura E.2 – Curvas de Fator Potência no dia 06/06/2013 (quinta-feira).

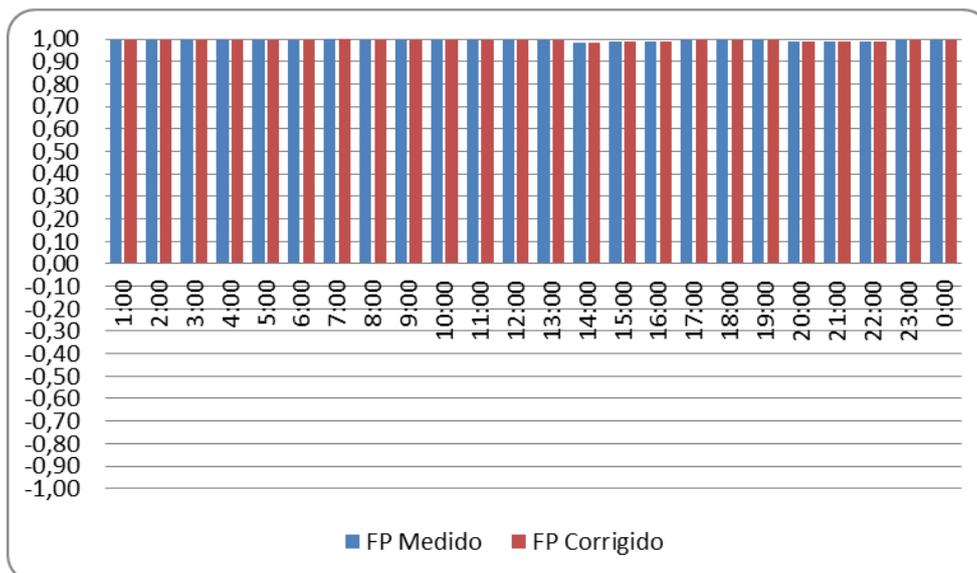


Figura E.3 – Curvas de Fator Potência no dia 07/06/2013 (sexta-feira).

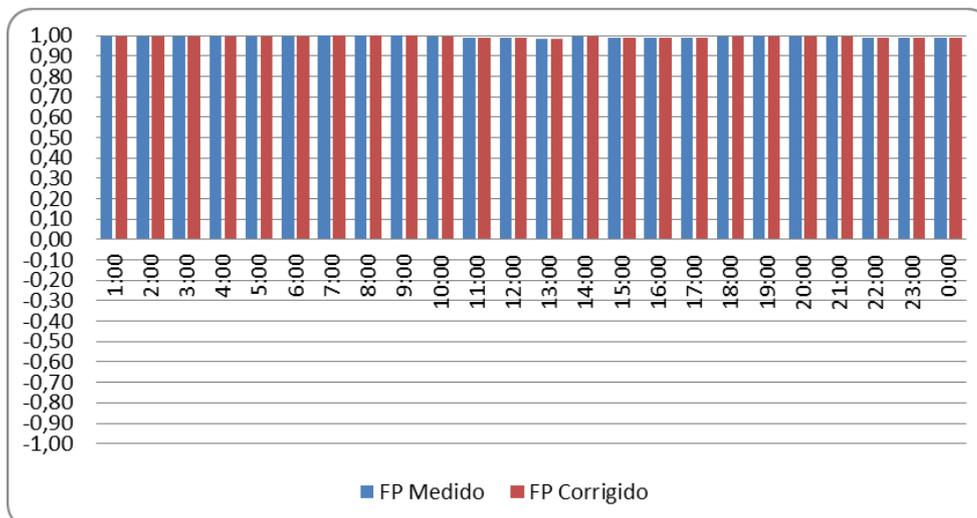


Figura E.4 – Curvas de Fator Potência no dia 08/06/2013 (sábado).

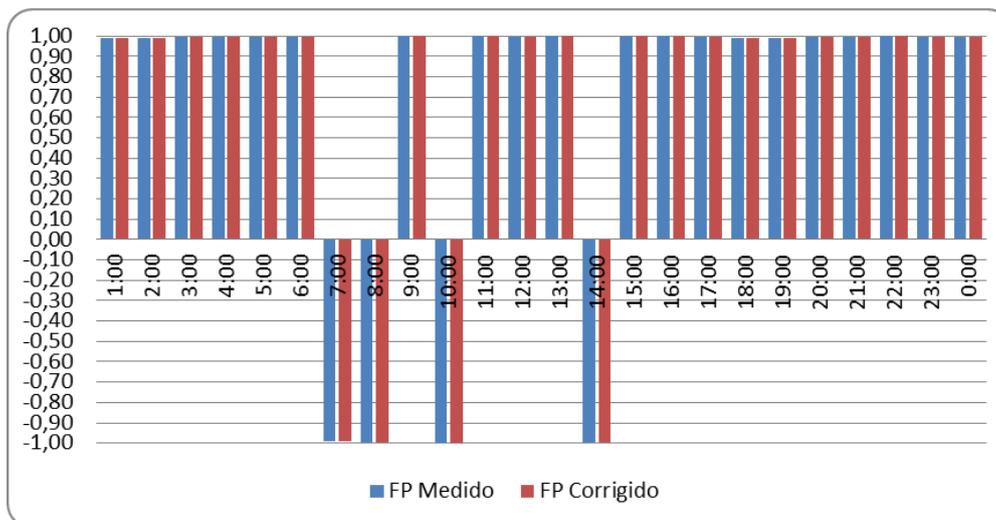


Figura E.5 – Curvas de Fator Potência no dia 09/06/2013 (domingo).

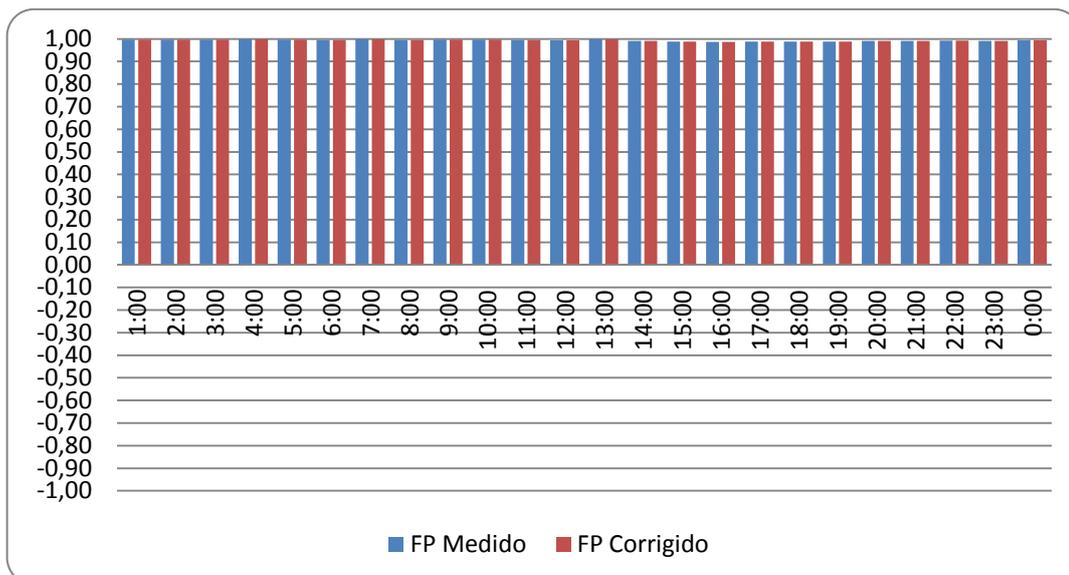


Figura E.6 – Curvas de Fator Potência no dia 10/06/2013 (segunda-feira).

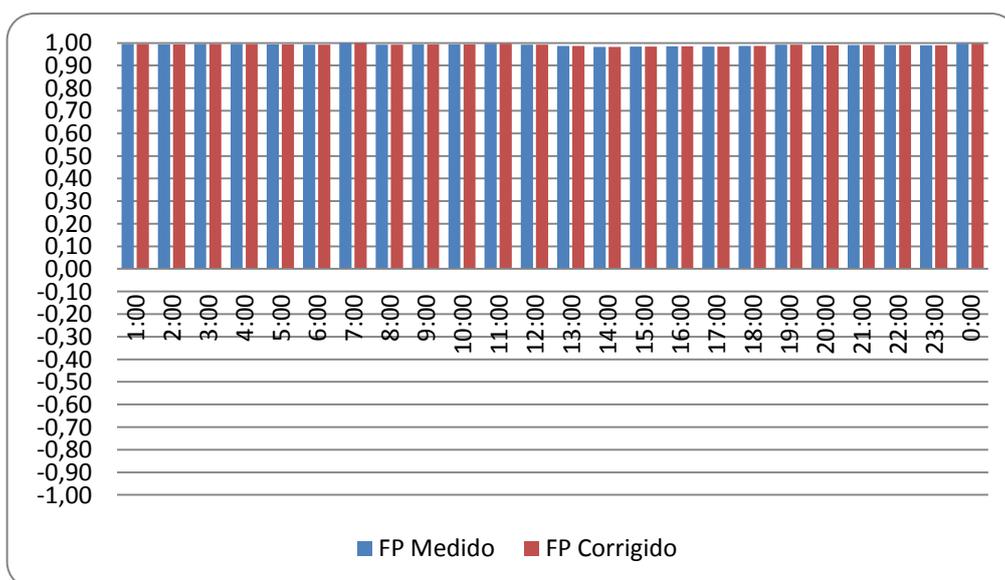


Figura E.7 – Curvas de Fator Potência no dia 11/06/2013 (terça-feira).

ANEXO G

CURVAS DE TENSÃO TRANSFORMADOR NÚMERO 2 – POTÊNCIA 300kVA

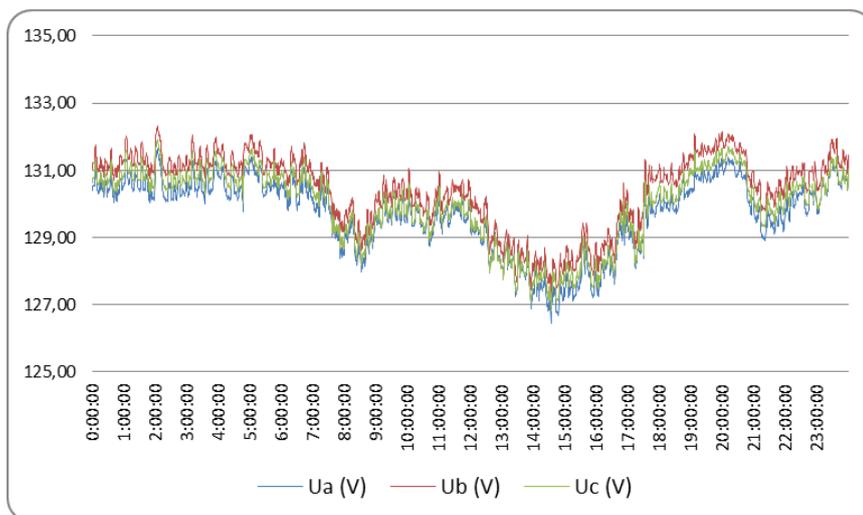


Figura G.1 – Tensão das fases no dia 05/06/2013 (quarta-feira).

Tabela G.1 – Tensão das fases em 05/06/2013, valores máximos e mínimos.

Tensão (V)	Valor Máximo	Horário	Valor Mínimo	Horário
Ua	131,67	2:04	126,45	14:33
Ub	132,33	2:04	127,22	14:33
Uc	131,94	2:04	126,82	14:33

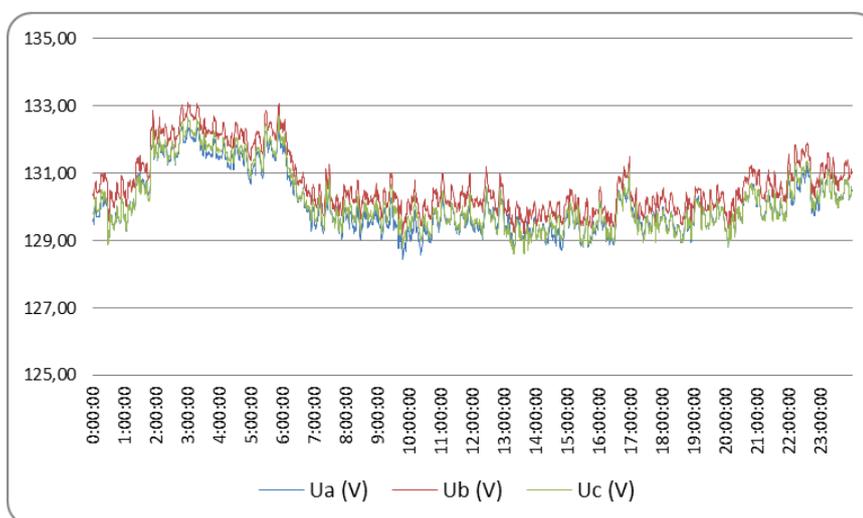


Figura G.2 – Tensão das fases no dia 06/06/2013 (quinta-feira).

Tabela G.2 – Tensão das fases em 06/06/2013, valores máximos e mínimos.

Tensão (V)	Valor Máximo	Horário	Valor Mínimo	Horário
Ua	131,73	2:05	126,70	14:07
Ub	132,45	2:05	127,44	14:07
Uc	131,96	2:05	126,78	14:07

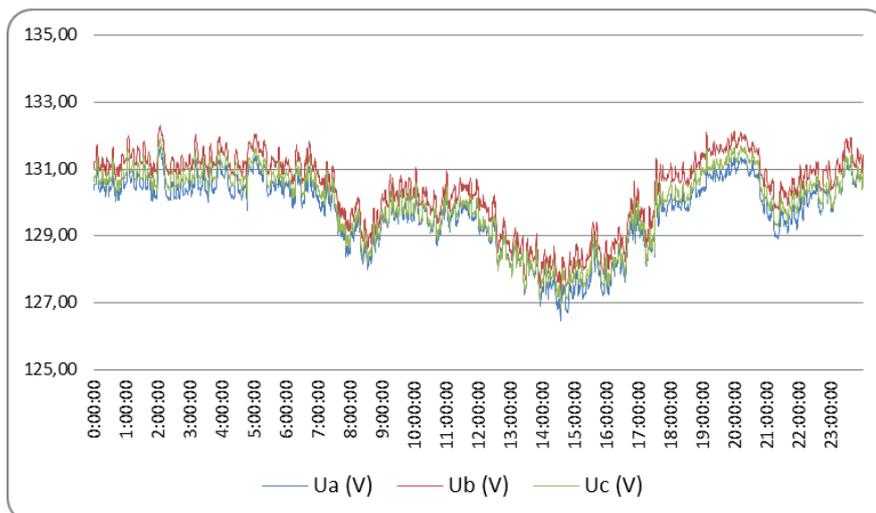


Figura G.3 – Tensão das fases no dia 07/06/2013 (sexta-feira).

Tabela G.3 – Tensão das fases em 07/06/2013, valores máximos e mínimos.

Tensão (V)	Valor Máximo	Horário	Valor Mínimo	Horário
Ua	132,47	5:52	128,43	9:47
Ub	133,11	3:00	129,15	9:47
Uc	132,70	5:52	128,60	13:19

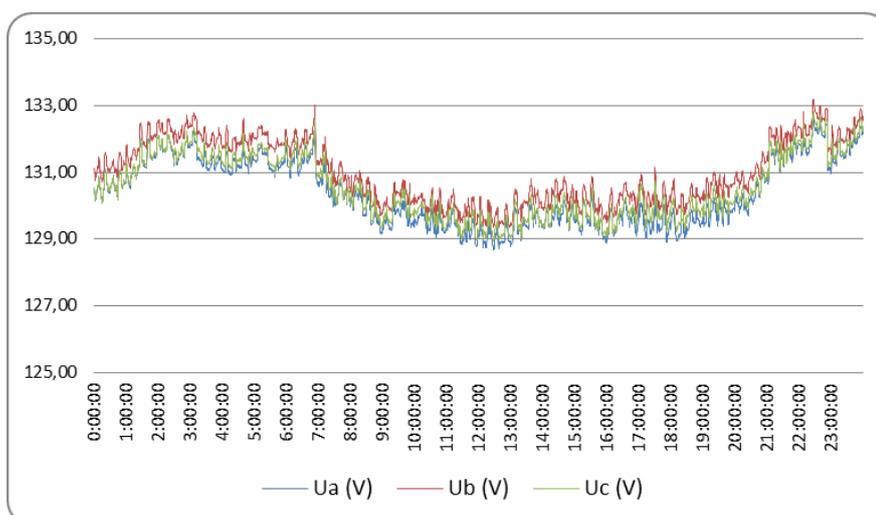


Figura G.4 – Tensão das fases no dia 08/06/2013 (sábado).

Tabela G.4 – Tensão das fases em 08/06/2013, valores máximos e mínimos.

Tensão (V)	Valor Máximo	Horário	Valor Mínimo	Horário
Ua	132,66	22:27	128,66	12:28
Ub	133,22	22:27	129,34	12:37
Uc	132,83	22:27	128,93	12:37

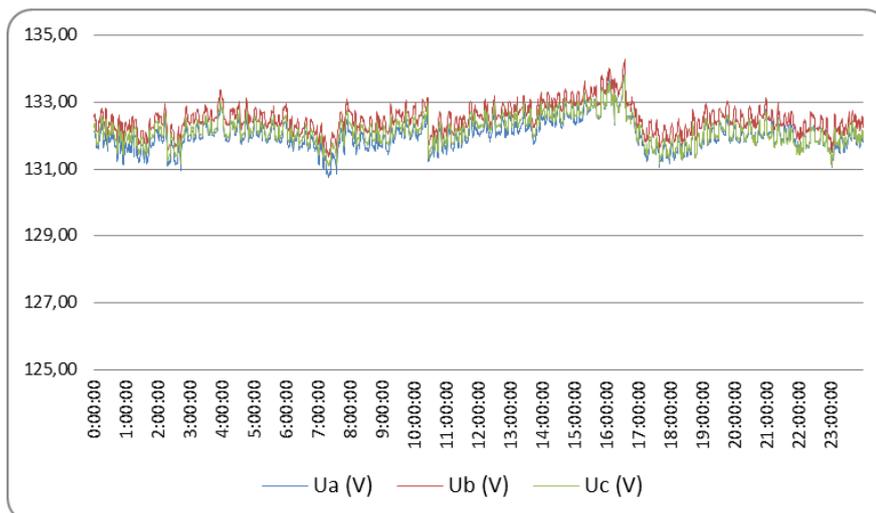


Figura G.5 – Tensão das fases no dia 09/06/2013 (sábado).

Tabela G.5 – Tensão das fases em 09/06/2013, valores máximos e mínimos.

Tensão (V)	Valor Máximo	Horário	Valor Mínimo	Horário
Ua	133,96	16:34	130,76	7:18
Ub	134,29	16:34	131,38	7:18
Uc	133,82	16:34	131,09	7:18

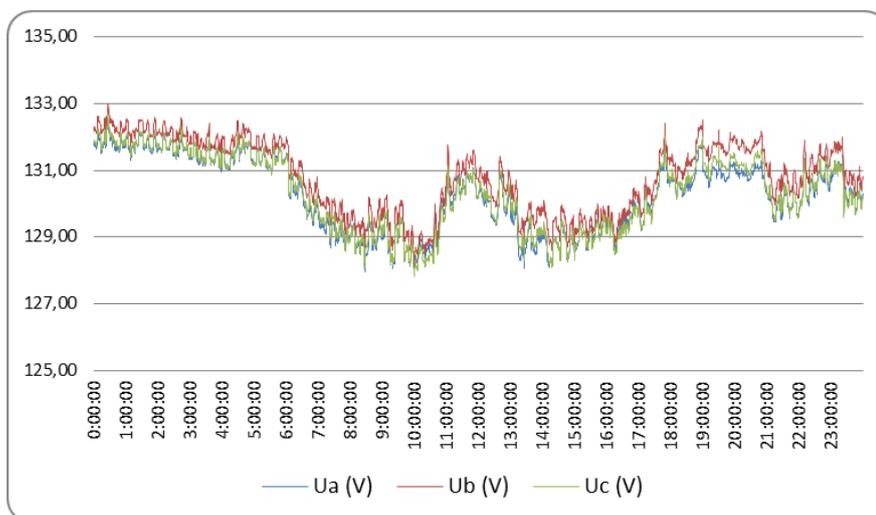


Figura G.6 – Tensão das fases no dia 10/06/2013 (domingo).

Tabela G.6 – Tensão das fases em 10/06/2013, valores máximos e mínimos.

Tensão (V)	Valor Máximo	Horário	Valor Mínimo	Horário
Ua	132,58	0:26	127,96	8:27
Ub	133,01	0:26	128,21	10:00
Uc	132,68	0:26	127,83	10:00

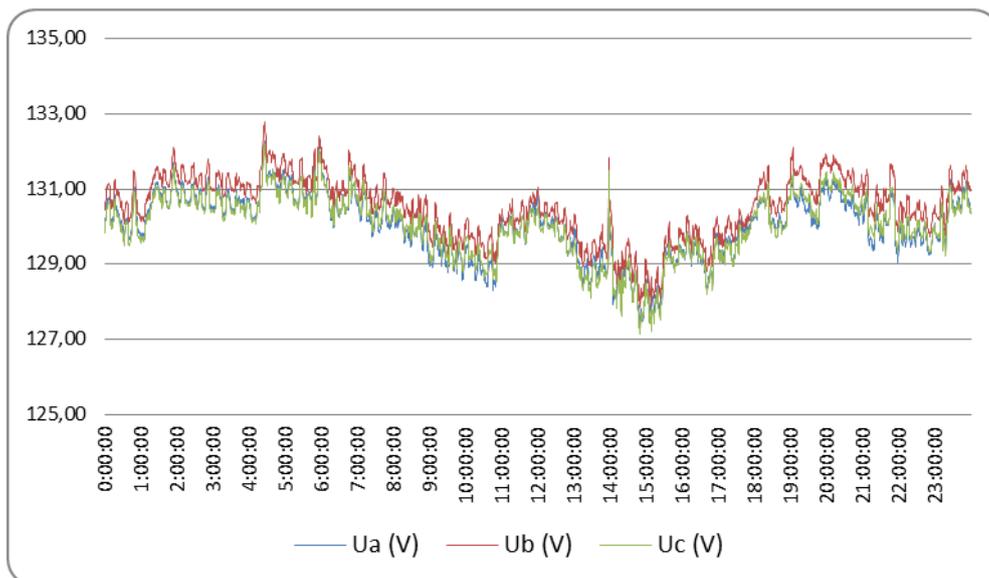


Figura G.7 – Tensão das fases no dia 11/06/2013 (segunda-feira).

Tabela G.7 – Tensão das fases em 11/06/2013, valores máximos e mínimos.

Tensão (V)	Valor Máximo	Horário	Valor Mínimo	Horário
Ua	132,29	4:25	127,30	14:48
Ub	132,80	4:25	127,85	14:48
Uc	132,23	4:25	127,13	14:48

ANEXO H

CURVAS DE CARGA TRANSFORMADOR NÚMERO 3 - POTÊNCIA 112,5kVA

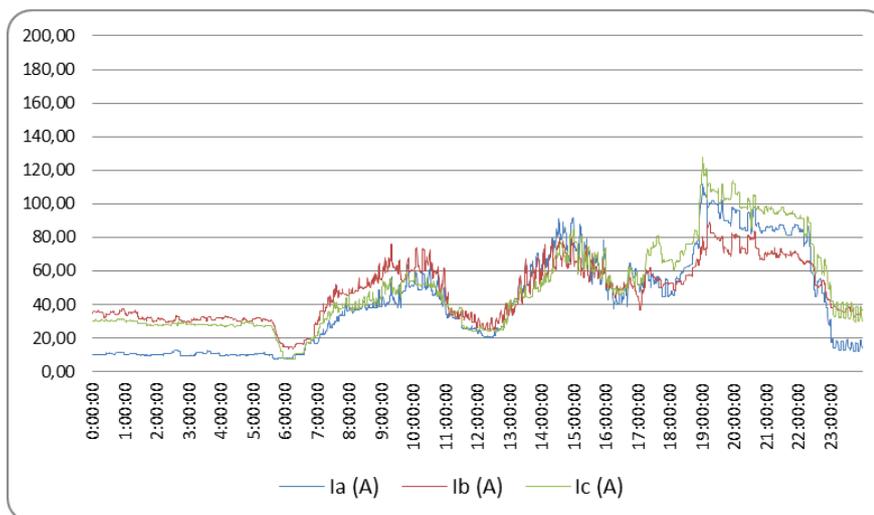


Figura H.1 – Corrente das fases no dia 05/06/2013 (quarta-feira).

Tabela H.1 – Corrente das fases em 05/06/2013, valores máximos e mínimos.

Corrente (A)	Valor Máximo	Horário	Valor Mínimo	Horário
Ia	125,69	16:08	22,17	6:17
Ib	183,87	15:35	25,97	0:38
Ic	170,89	15:33	21,56	3:33

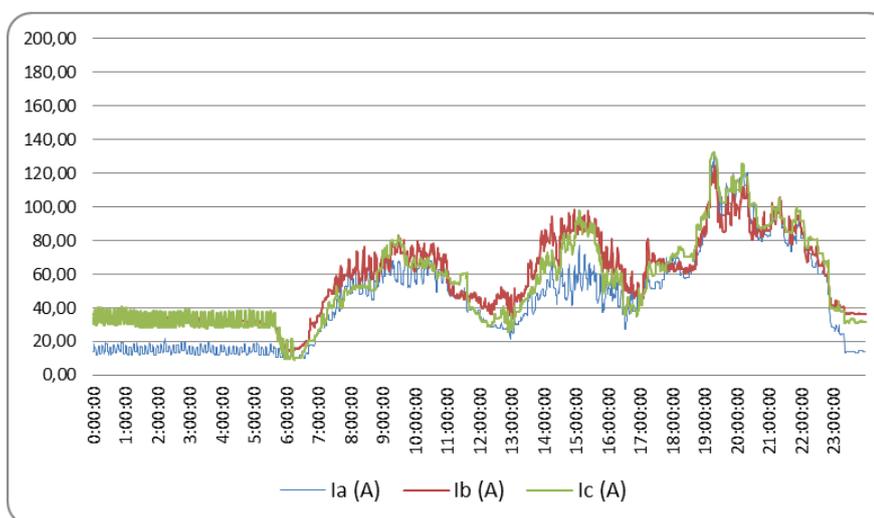


Figura H.2 – Corrente das fases no dia 06/06/2013 (quinta-feira).

Tabela H.2 – Corrente das fases em 06/06/2013, valores máximos e mínimos.

Corrente (A)	Valor Máximo	Horário	Valor Mínimo	Horário
Ia	188,77	15:38	25,97	6:36
Ib	221,73	14:56	23,89	0:54
Ic	192,20	14:56	24,26	6:25

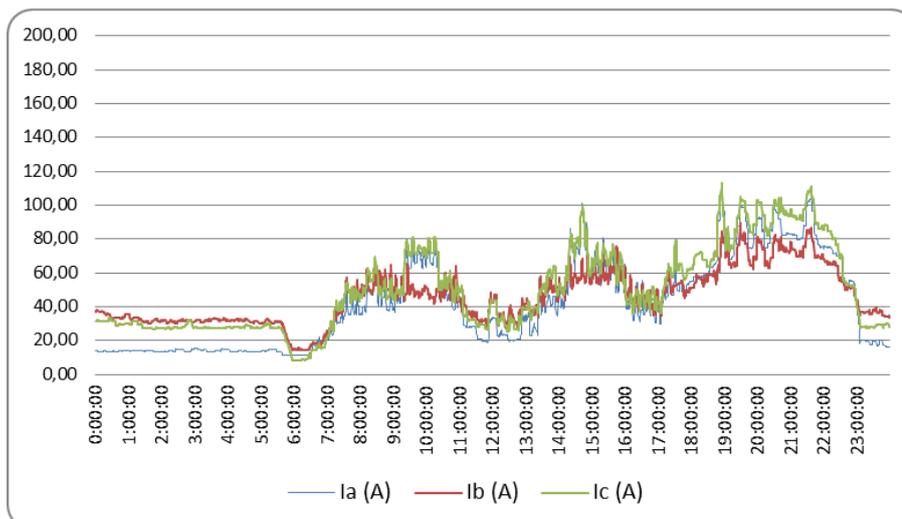


Figura H.3 – Corrente das fases no dia 07/06/2013 (sexta-feira).

Tabela H.3 – Corrente das fases em 07/06/2013, valores máximos e mínimos.

Corrente (A)	Valor Máximo	Horário	Valor Mínimo	Horário
Ia	128,87	8:48	27,44	1:17
Ib	154,72	15:25	28,42	2:10
Ic	153,49	14:43	21,44	6:09

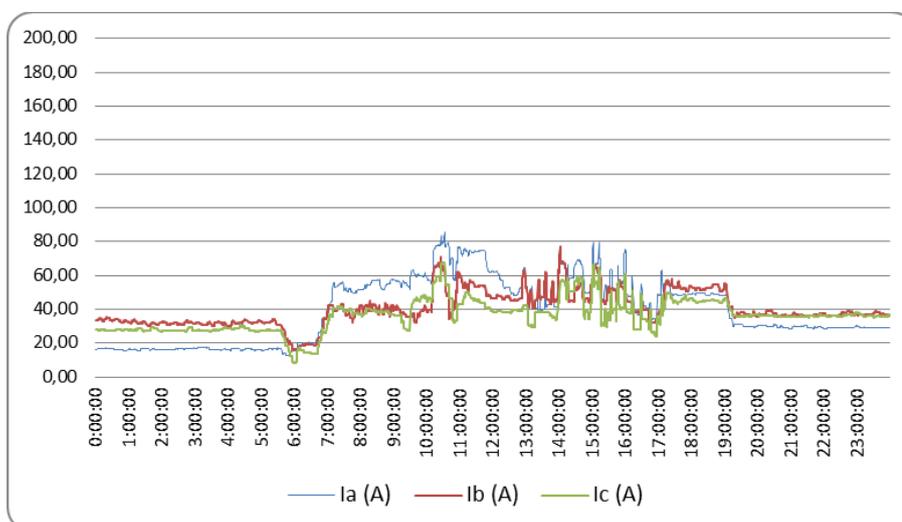


Figura H.4 – Corrente das fases no dia 08/06/2013 (sábado).

Tabela H.4 – Corrente das fases em 08/06/2013, valores máximos e mínimos.

Corrente (A)	Valor Máximo	Horário	Valor Mínimo	Horário
Ia	54,02	6:06	28,67	6:18
Ib	70,07	8:11	27,56	0:15
Ic	57,70	15:12	27,32	7:56

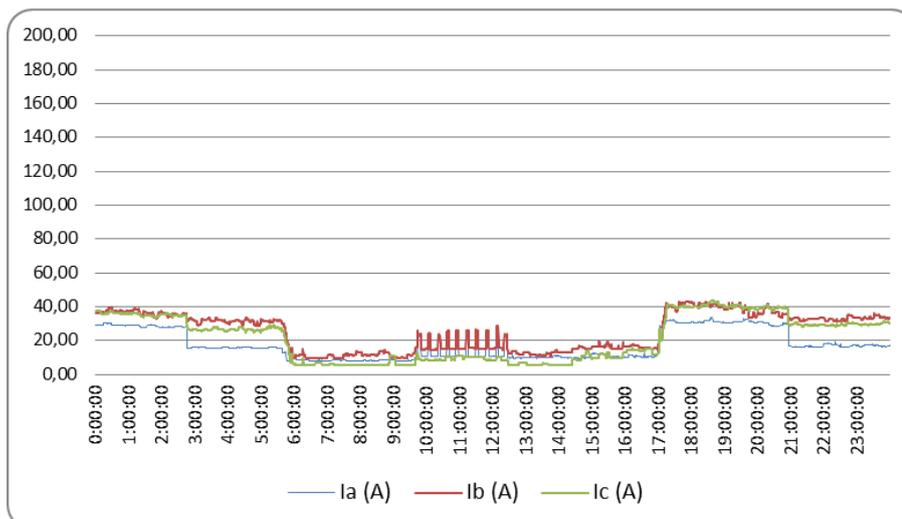


Figura H.5 – Corrente das fases no dia 09/06/2013 (domingo).

Tabela H.5 – Corrente das fases em 09/06/2013, valores máximos e mínimos.

Corrente (A)	Valor Máximo	Horário	Valor Mínimo	Horário
Ia	55,49	19:33	26,58	6:23
Ib	63,70	20:08	27,07	8:32
Ic	62,35	21:20	20,95	7:17

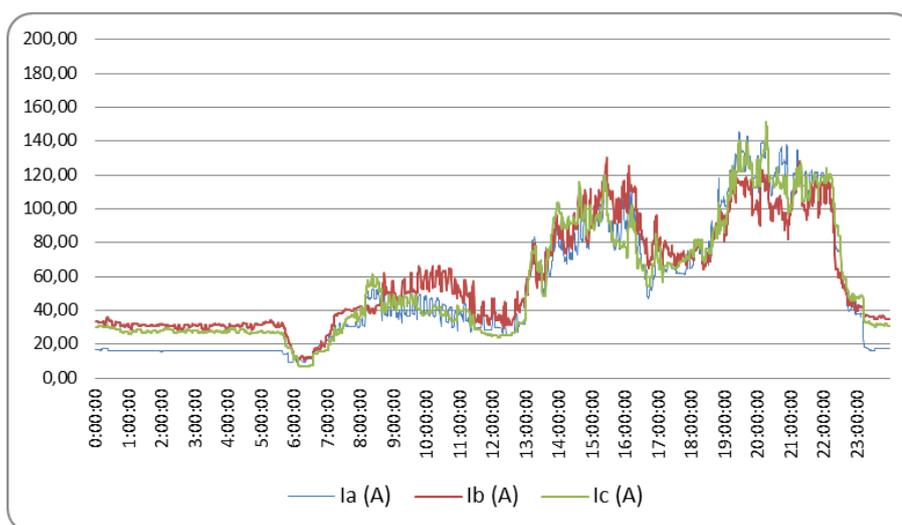


Figura H.6 – Corrente das fases no dia 10/06/2013 (segunda-feira).

Tabela H.6 – Corrente das fases em 10/06/2013, valores máximos e mínimos.

Corrente (A)	Valor Máximo	Horário	Valor Mínimo	Horário
Ia	149,33	15:01	28,42	6:34
Ib	223,81	13:43	26,83	3:22
Ic	204,33	13:46	28,67	6:42

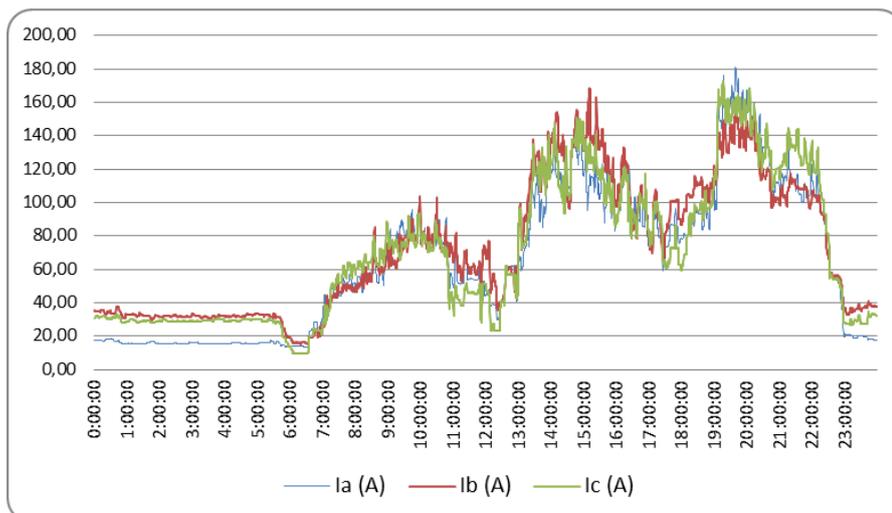


Figura H.7 – Corrente das fases no dia 11/06/2013 (terça-feira).

Tabela H.7 – Corrente das fases em 1106/2013, valores máximos e mínimos.

Corrente (A)	Valor Máximo	Horário	Valor Mínimo	Horário
Ia	125,69	16:08	22,17	6:17
Ib	183,87	15:35	25,97	0:38
Ic	170,89	15:33	21,56	3:33

ANEXO I

CURVA DE CARGA TRANSFORMADOR NÚMERO 3 - POTÊNCIA 112,5kVA

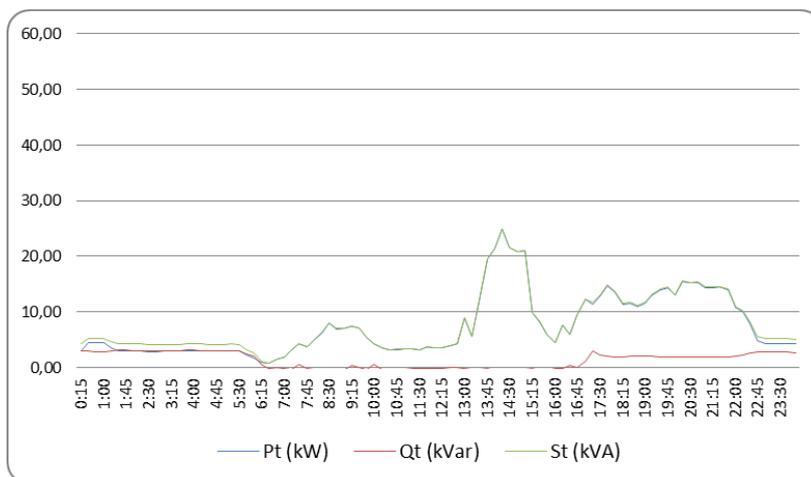


Figura I.1 – Curvas de Carga – 05/06/2013 (quarta-feira)

Tabela I.1 – Potências máxima e mínima e fator de carga 05/06/2013.

Grandezas	Valor máximo	Horário	Valor mínimo	Horário
P (kW)	24,82	14:15	0,71	6:30
Q (kVAr)	3,13	1:45	-0,87	14:15
S (kVA)	24,83	14:15	0,75	6:30
Fator de Carga	0,30			

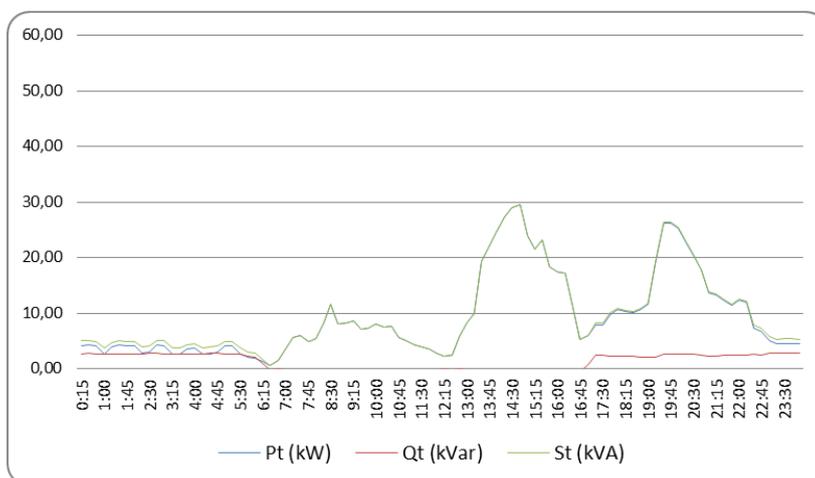


Figura I.2 – Curvas de Carga – 06/06/2013 (quinta-feira)

Tabela I.2 – Potências máxima e mínima e fator de carga em 06/06/2013.

Grandezas	Valor máximo	Horário	Valor mínimo	Horário
P (kW)	29,53	14:45	0,61	6:30
Q (kVAr)	2,90	23:45	-0,93	14:15
S (kVA)	29,53	14:45	0,62	6:30
Fator de Carga	0,32			

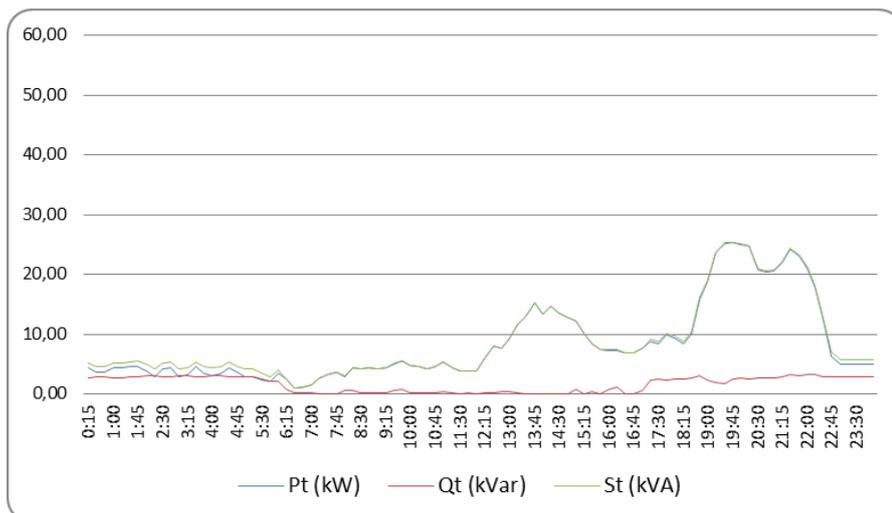


Figura I.3 – Curvas de Carga – 07/06/2013 (sexta-feira)

Tabela I.3 – Potência máxima e mínima e fator de carga em 07/06/2013.

Grandezas	Valor	Horário		
P (kW)	25,32	19:45	0,89	6:30
Q (kVar)	3,23	22:15	-0,05	16:45
S (kVA)	25,45	19:45	0,90	6:30
Fator de Carga			0,33	

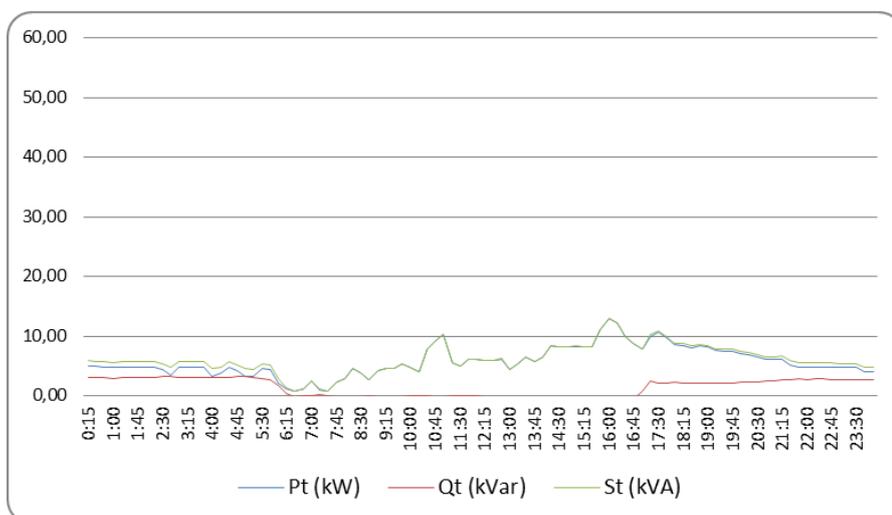


Figura I.4 – Curvas de Carga – 08/06/2013 (sábado)

Tabela I.4 – Potência máxima e mínima e fator de carga em 08/06/2013.

Grandezas	Valor	Horário		
P (kW)	12,94	16:00	0,73	6:30
Q (kVar)	3,24	2:45	-0,59	14:15
S (kVA)	12,95	16:00	0,75	7:30
Fator de Carga			0,44	

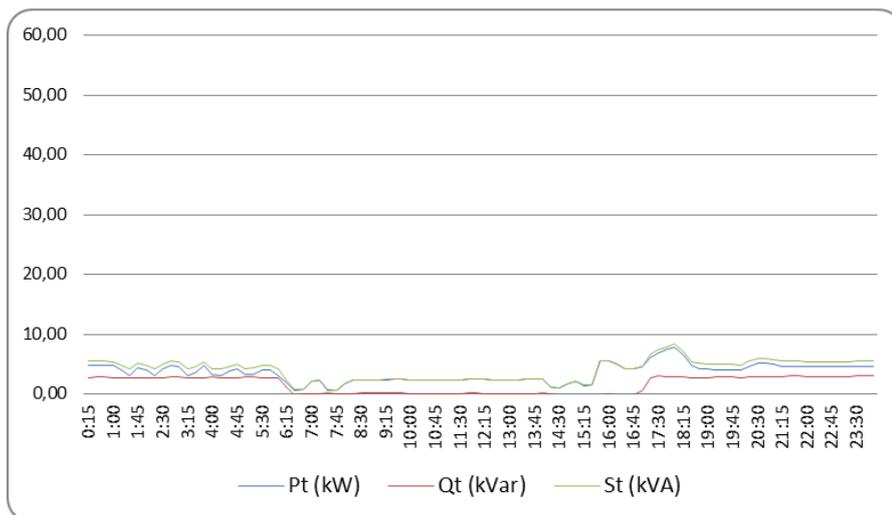


Figura I.5 – Curvas de Carga – 09/06/2013 (domingo)

Tabela I.5 – Potência máxima e mínima e fator de carga em 09/06/2013.

Grandezas	Valor	Horário		
P (kW)	7,87	18:00	0,59	7:45
Q (kVar)	3,08	21:30	-0,29	16:45
S (kVA)	8,37	18:00	0,59	7:45
Fator de Carga			0,45	

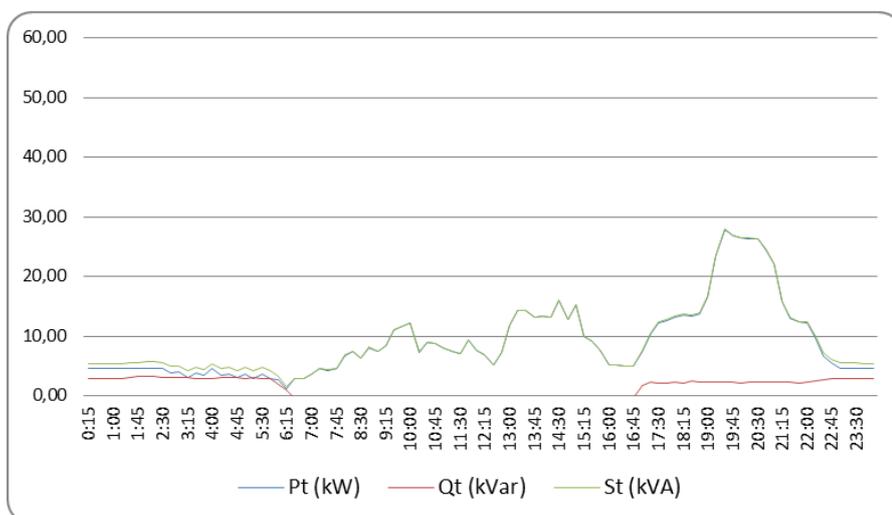


Figura I.6 – Curvas de Carga – 10/06/2013 (segunda-feira)

Tabela I.6 – Potência máxima e mínima e fator de carga em 10/06/2013.

Grandezas	Valor	Horário		
P (kW)	27,94	19:30	1,21	6:15
Q (kVar)	3,25	2:00	-0,77	8:15
S (kVA)	28,03	19:30	1,59	6:15
Fator de Carga			0,32	

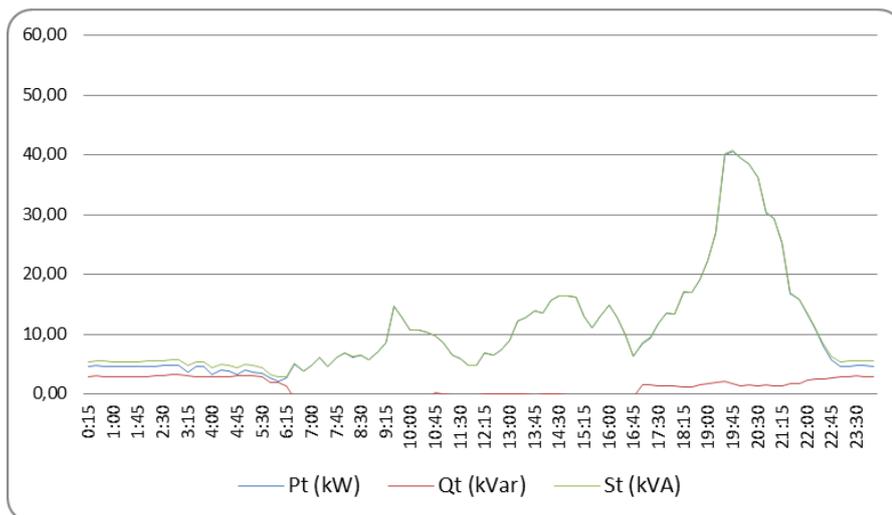


Figura I.7 – Curvas de Carga – 11/06/2013 (terça-feira)

Tabela I.7 – Potência ativa, reativa e aparente máxima e mínima e fator de carga em 10/06/2013.

Grandezas	Valor	Horário		
P (kW)	40,71	19:45	2,03	6:00
Q (kVAr)	3,20	2:45	-0,80	6:30
S (kVA)	40,74	19:45	2,77	6:00
Fator de Carga			0,26	

ANEXO J

FATOR DE POTÊNCIA TRANSFORMADOR NÚMERO 3 - POTÊNCIA 112,5kVA

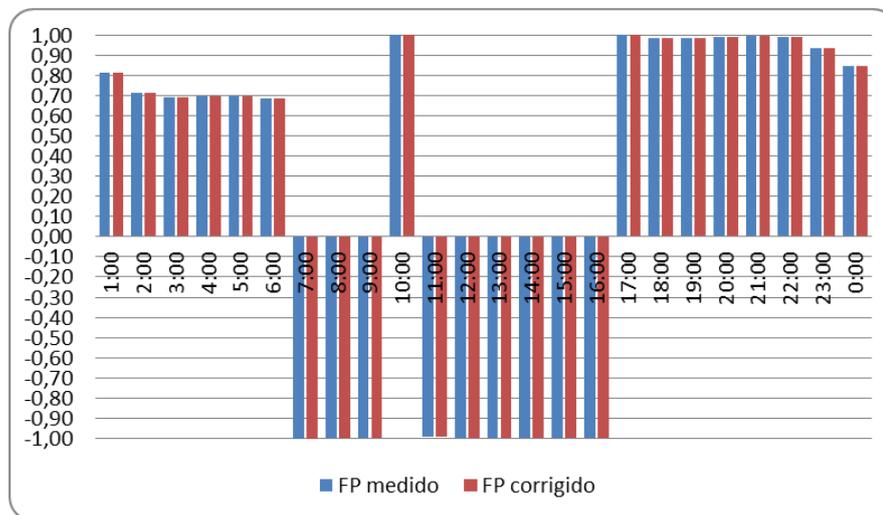


Figura J.1 – Curvas de Fator Potência no dia 05/06/2013 (quarta-feira).

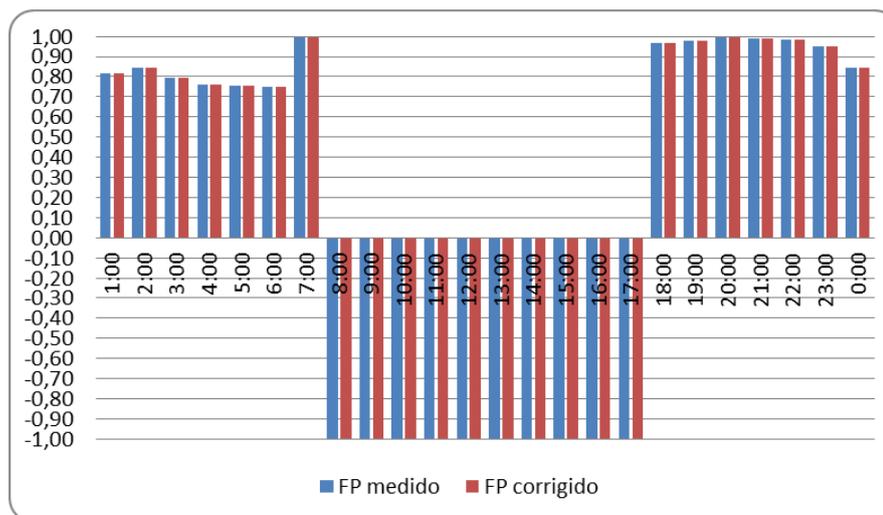


Figura J.2 – Curvas de Fator Potência no dia 06/06/2013 (quinta-feira).

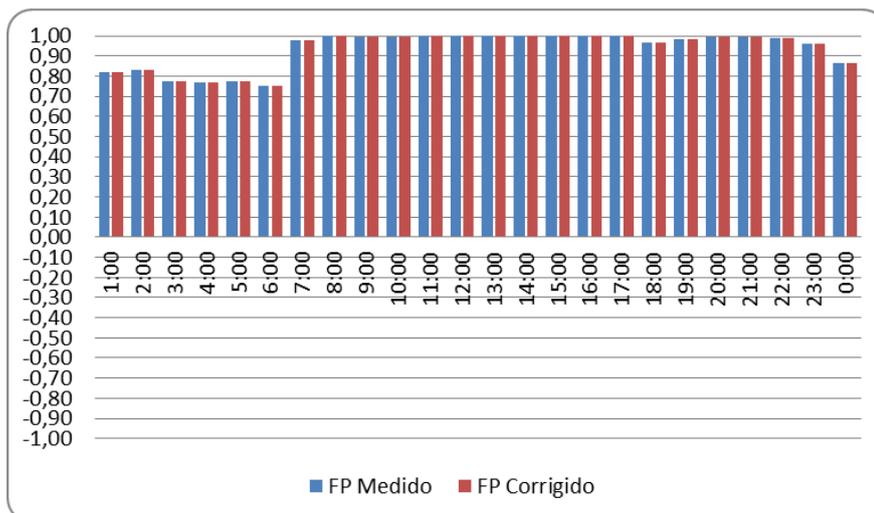


Figura J.3 – Curvas de Fator Potência no dia 07/06/2013 (sexta-feira).

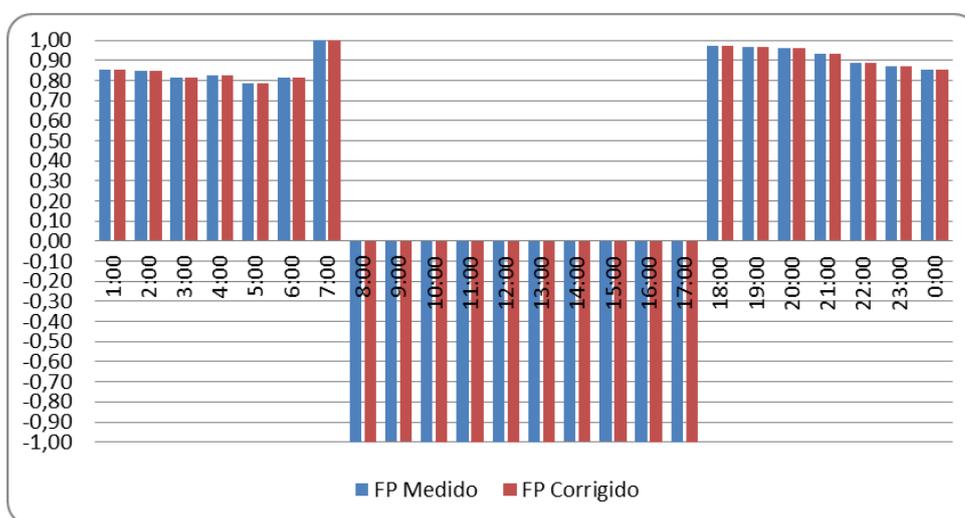


Figura J.4 – Curvas de Fator Potência no dia 08/06/2013 (sábado).

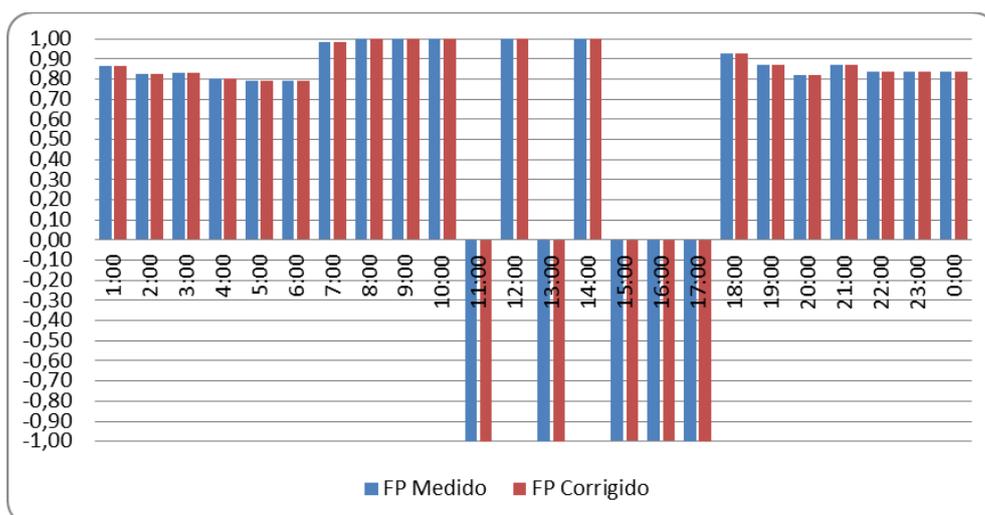


Figura J.5 – Curvas de Fator Potência no dia 09/06/2013 (domingo).

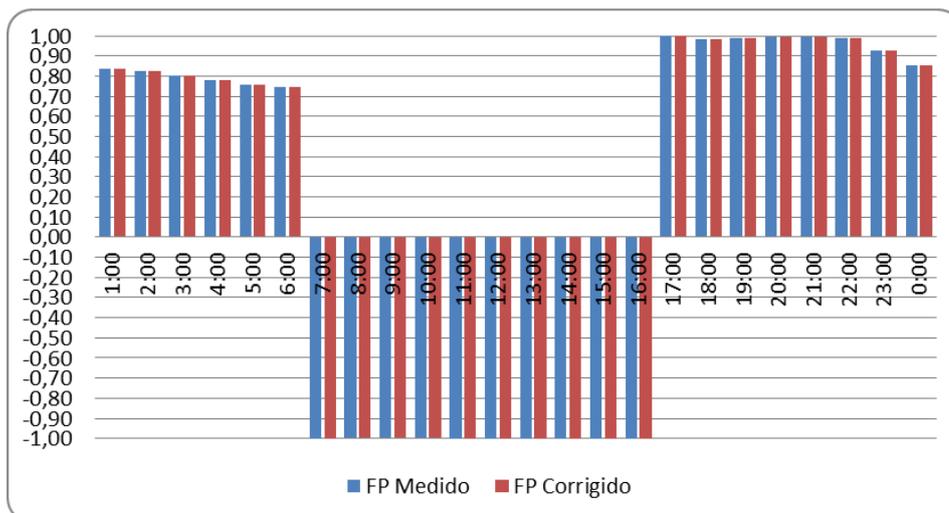


Figura J.6 – Curvas de Fator Potência no dia 10/06/2013 (segunda-feira).

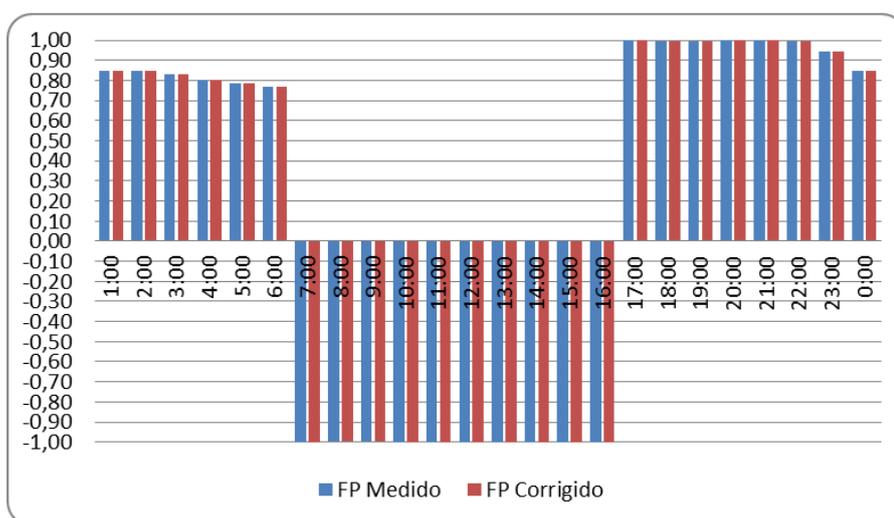


Figura J.7 – Curvas de Fator Potência no dia 11/06/2013 (terça-feira).

ANEXO K

CURVAS DE TENSÃO TRANSFORMADOR NÚMERO 3-POTÊNCIA 112,5kVA

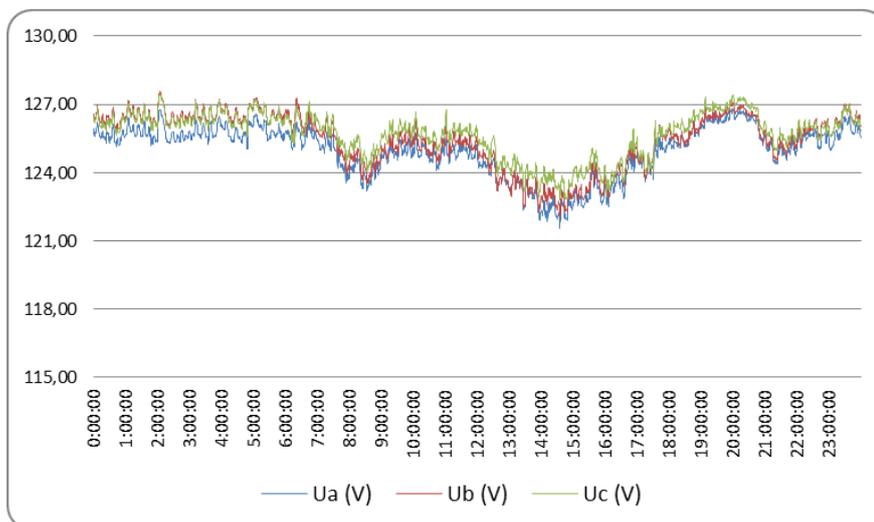


Figura K.1 – Tensão das fases no dia 05/06/2013 (quarta-feira).

Tabela K.1 – Tensão das fases em 05/06/2013, valores máximos e mínimos.

Tensão (V)	Valor Máximo	Horário	Valor Mínimo	Horário
Ua	126,82	19:58	121,54	14:34
Ub	127,59	2:05	122,00	14:34
Uc	127,48	2:05	122,78	14:34

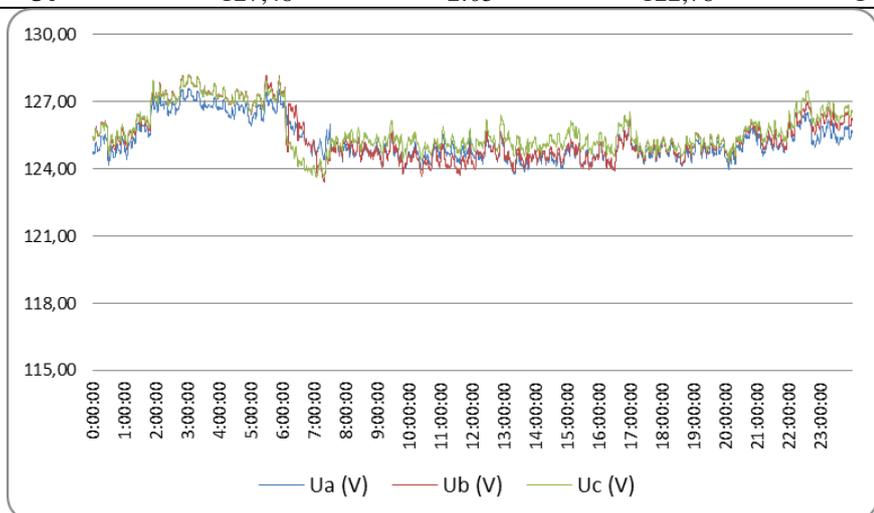


Figura K.2 – Tensão das fases no dia 06/06/2013 (quinta-feira).

Tabela K.2 – Tensão das fases em 06/06/2013, valores máximos e mínimos.

Tensão (V)	Valor Máximo	Horário	Valor Mínimo	Horário
Ua	126,95	2:06	121,46	14:08
Ub	127,57	2:06	122,12	14:08
Uc	127,50	2:06	122,68	14:08

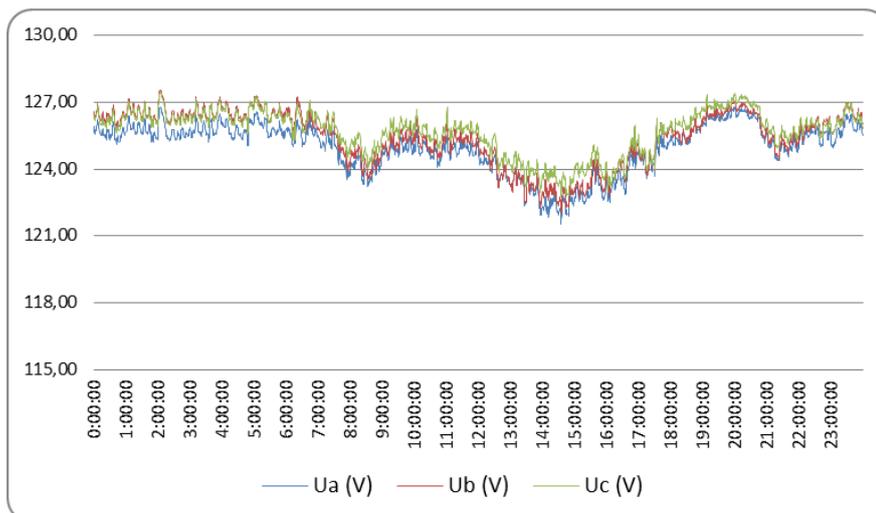


Figura K.3 – Tensão das fases no dia 07/06/2013 (sexta-feira).

Tabela K.3 – Tensão das fases em 07/06/2013, valores máximos e mínimos.

Tensão (V)	Valor Máximo	Horário	Valor Mínimo	Horário
Ua	127,61	3:01	123,75	13:19
Ub	128,23	3:01	123,42	7:18
Uc	128,21	3:01	123,61	7:18

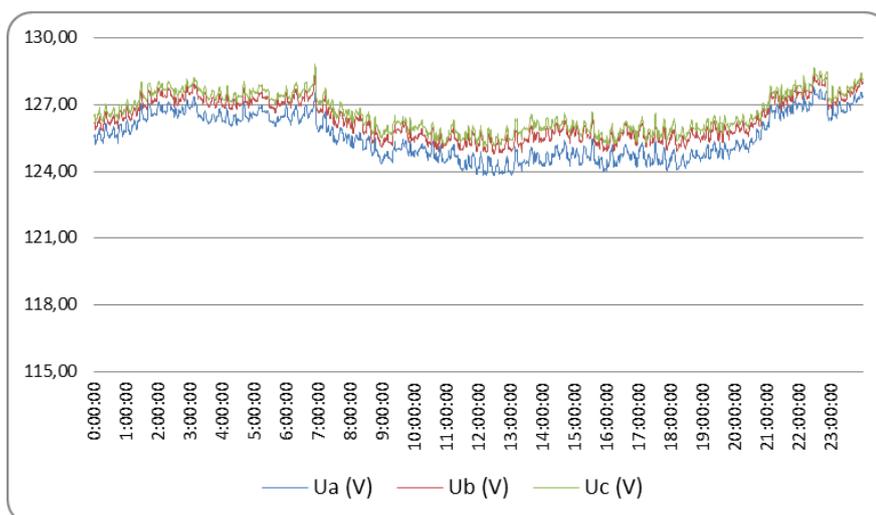


Figura K.4 – Tensão das fases no dia 08/06/2013 (sábado).

Tabela K.4 – Tensão das fases em 08/06/2013, valores máximos e mínimos.

Tensão (V)	Valor Máximo	Horário	Valor Mínimo	Horário
Ua	127,83	22:27	123,81	12:28
Ub	128,39	22:28	124,82	12:28
Uc	128,82	6:54	125,13	12:09

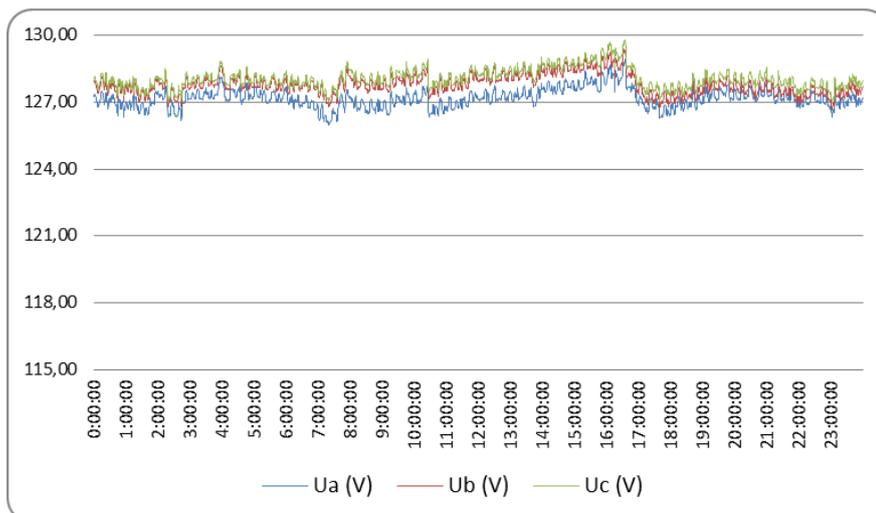


Figura K.5 – Tensão das fases no dia 09/06/2013 (sábado).

Tabela K.5– Tensão das fases em 09/06/2013, valores máximos e mínimos.

Tensão (V)	Valor Máximo	Horário	Valor Mínimo	Horário
Ua	128,93	16:35	125,98	7:19
Ub	129,42	16:32	126,66	23:02
Uc	129,83	16:34	126,97	23:02

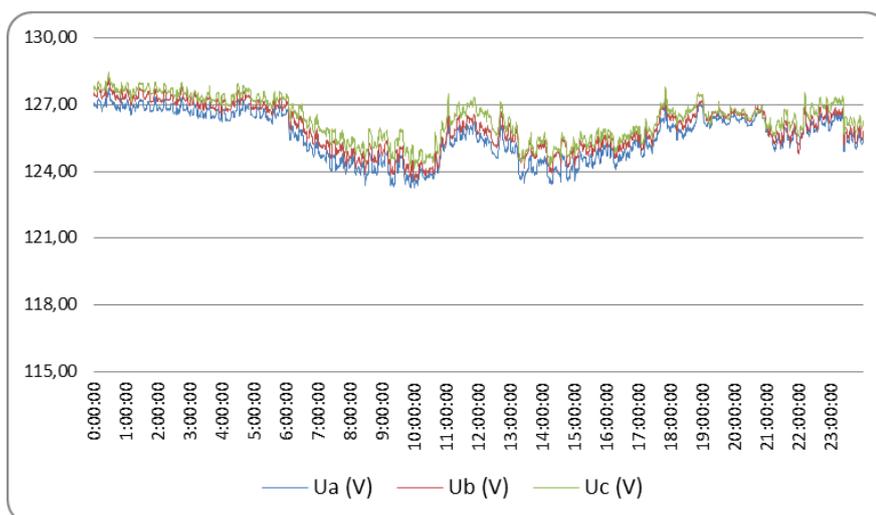


Figura K.6 – Tensão das fases no dia 10/06/2013 (domingo).

Tabela K.6– Tensão das fases em 10/06/2013, valores máximos e mínimos.

Tensão (V)	Valor Máximo	Horário	Valor Mínimo	Horário
Ua	127,75	0:27	123,28	9:52
Ub	128,27	0:27	123,59	10:00
Uc	128,47	0:27	124,16	10:00

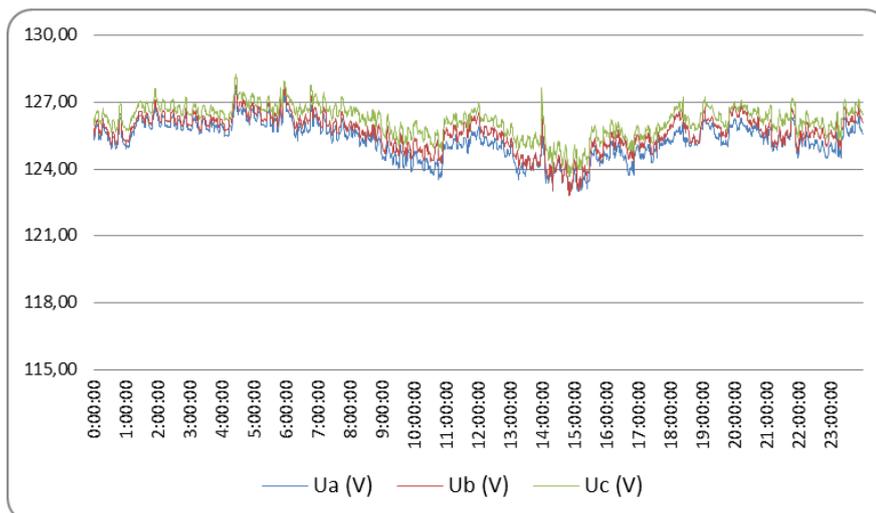


Figura K.7 – Tensão das fases no dia 11/06/2013 (segunda-feira).

Tabela K.7 – Tensão das fases em 11/06/2013, valores máximos e mínimos.

Tensão (V)	Valor Máximo	Horário	Valor Mínimo	Horário
Ua	127,55	4:26	122,88	14:50
Ub	127,79	4:26	122,82	14:50
Uc	128,27	4:26	123,67	14:50

ANEXO L

CURVAS DE CORRENTE TRANSFORMADOR NÚMERO 3-POTÊNCIA 112,5kVA

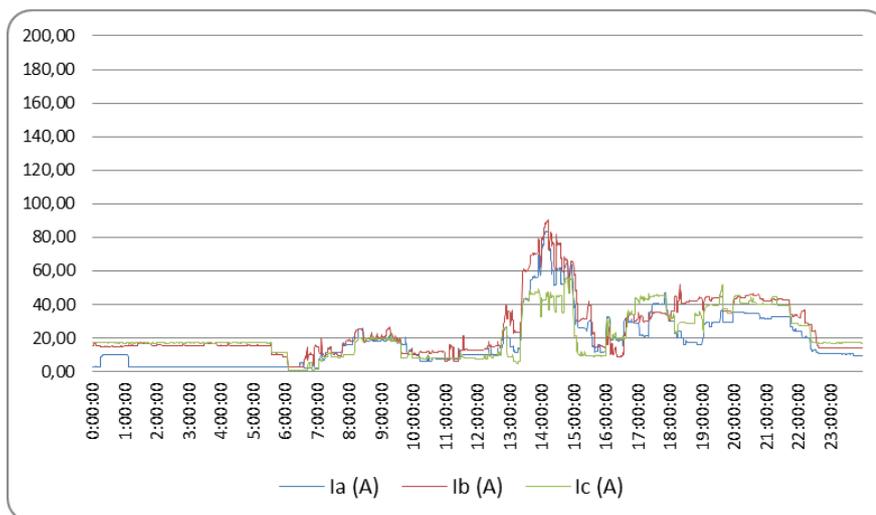


Figura L.1 – Corrente das fases no dia 05/06/2013 (quarta-feira).

Tabela L.1 – Corrente das fases em 05/06/2013, valores máximos e mínimos.

Corrente (A)	Valor Máximo	Horário	Valor Mínimo	Horário
Ia	83,72	14:11	2,08	6:42
Ib	90,36	14:11	2,84	6:18
Ic	56,62	14:47	1,08	6:09

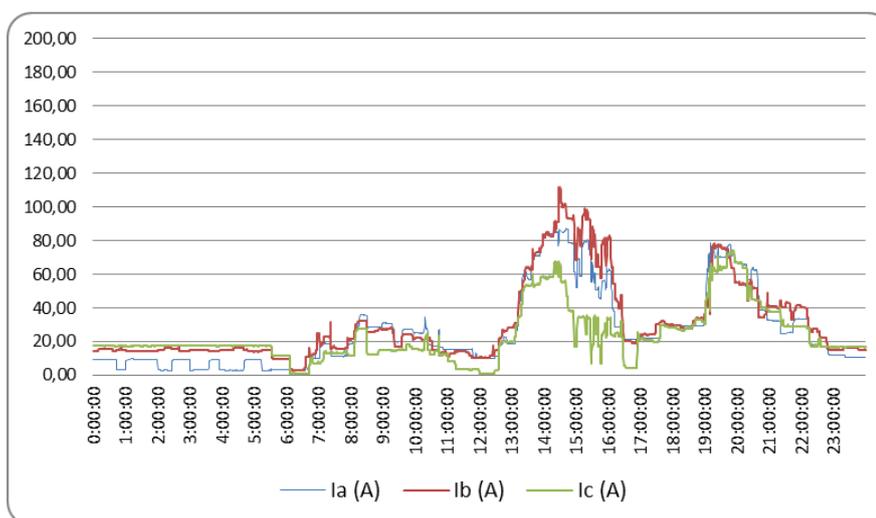


Figura L.2 – Corrente das fases no dia 06/06/2013 (quinta-feira).

Tabela L.2 – Corrente das fases em 06/06/2013, valores máximos e mínimos.

Corrente (A)	Valor Máximo	Horário	Valor Mínimo	Horário
Ia	3,69	14:21	2,38	6:23
Ib	111,52	14:31	2,60	6:16
Ic	74,43	19:53	1,10	12:09

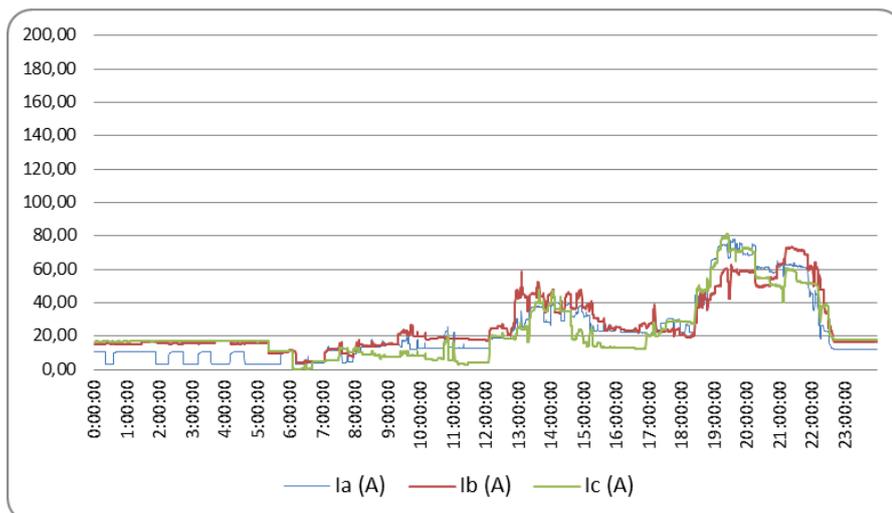


Figura L.3 – Corrente das fases no dia 07/06/2013 (sexta-feira).

Tabela L.3 – Corrente das fases em 07/06/2013, valores máximos e mínimos.

Corrente (A)	Valor Máximo	Horário	Valor Mínimo	Horário
Ia	78,20	19:36	3,19	1:53
Ib	73,79	21:22	3,65	6:25
Ic	81,39	19:24	0,15	6:17

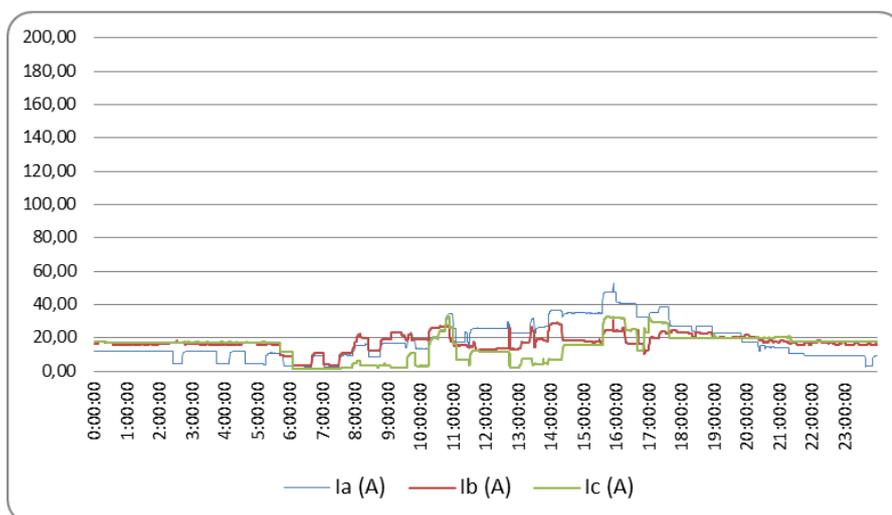


Figura L.4 – Corrente das fases no dia 08/06/2013 (sábado).

Tabela L.4 – Corrente das fases em 08/06/2013, valores máximos e mínimos.

Corrente (A)	Valor Máximo	Horário	Valor Mínimo	Horário
Ia	53,26	15:54	2,72	7:02
Ib	30,43	15:54	3,21	6:08
Ic	32,88	10:51	1,42	6:35

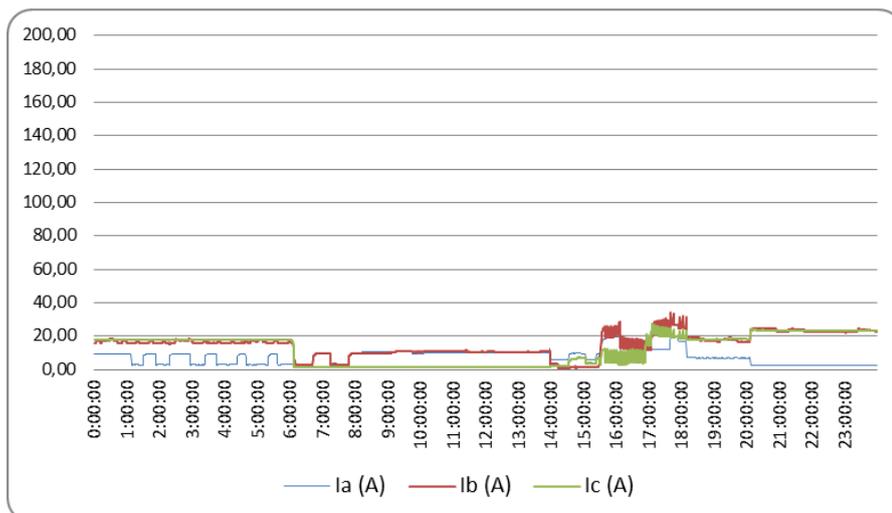


Figura L.5 – Corrente das fases no dia 09/06/2013 (domingo).

Tabela L.5 – Corrente das fases em 09/06/2013, valores máximos e mínimos.

Corrente (A)	Valor Máximo	Horário	Valor Mínimo	Horário
Ia	21,12	17:45	2,11	7:15
Ib	34,28	17:40	0,78	14:28
Ic	27,69	17:06	1,37	7:04

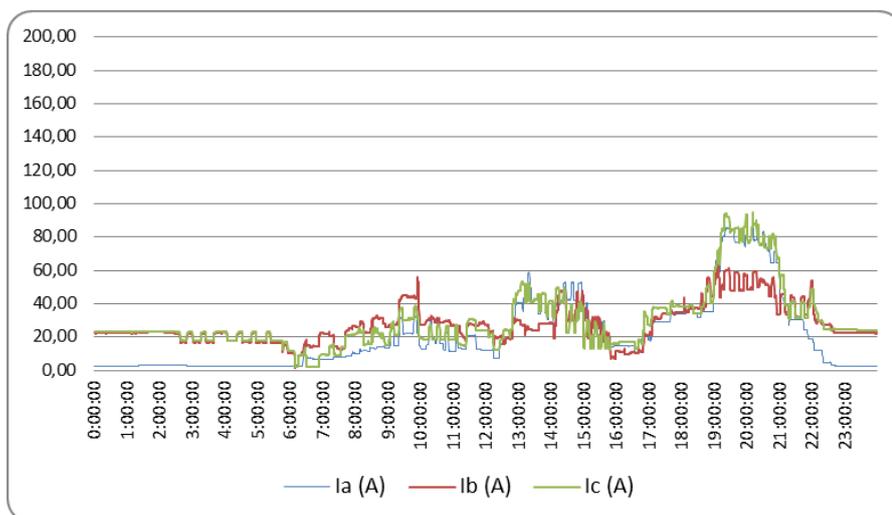


Figura L.6 – Corrente das fases no dia 10/06/2013 (segunda-feira).

Tabela L.6 – Corrente das fases em 10/06/2013, valores máximos e mínimos.

Corrente (A)	Valor Máximo	Horário	Valor Mínimo	Horário
Ia	85,77	19:22	2,21	22:43
Ib	64,12	19:07	1,42	6:09
Ic	94,67	20:11	2,11	6:30

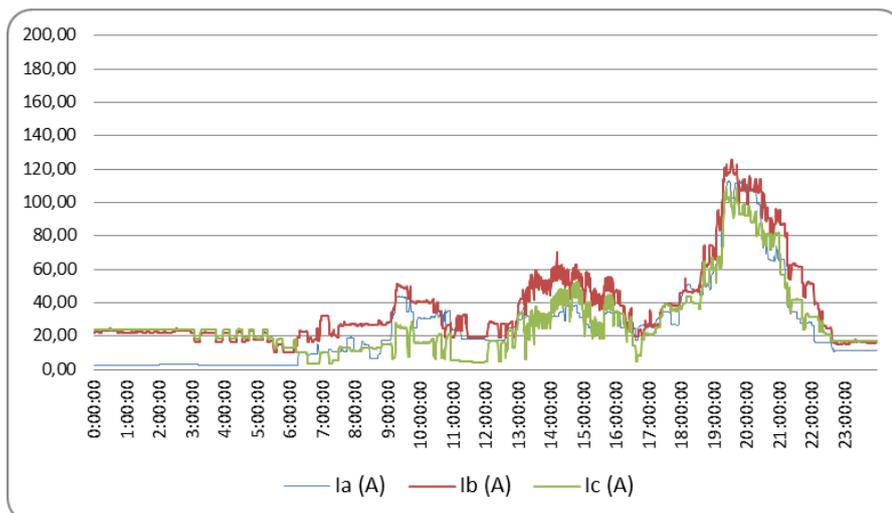


Figura L.7 – Corrente das fases no dia 11/06/2013 (terça-feira).

Tabela L.7 – Corrente das fases em 1106/2013, valores máximos e mínimos.

Corrente (A)	Valor Máximo	Horário	Valor Mínimo	Horário
Ia	113,58	19:46	2,23	0:51
Ib	125,88	19:32	10,36	5:30
Ic	108,76	19:22	3,21	6:47

ANEXO M

Tabela M.1 - Medição da iluminância das salas de aula do DEA

	Sala 04 iluminação natural (lux)	Sala 04 iluminação natural e artificial	Sala 04 iluminação artificial (lux)	Sala 06 iluminação natural (lux)	Sala 06 iluminação natural e artificial (lux)	Sala 06 iluminação artificial (lux)
E01	443	1068	546	410	880	463
E02	610	1375	715	610	1398	589
E03	619	1479	847	624	1764	757
E04	511	1393	914	532	1509	808
E05	490	1445	932	369	1303	900
E06	637	1608	912	513	1648	867
E07	650	1560	870	584	1700	887
E08	557	1412	866	540	1553	858
E09	500	1312	844	309	1198	865
E10	623	1358	762	406	1305	772
E11	622	1277	660	404	1292	714
E12	490	953	489	469	900	526
E13	383	918	573	298	883	647
E14	420	1273	829	594	1458	864
E15	427	1485	1029	707	1815	933
E16	409	1548	1091	723	1796	1031
E17	487	1612	1100	573	1718	1023
E18	508	1617	1092	591	1860	1052
E19	490	1552	1035	679	1905	1015
E20	380	1448	1024	642	1940	1037
E21	518	1548	1009	506	1650	934
E22	585	1511	929	505	1743	885
E23	505	1293	814	565	1720	673
E24	418	959	586	440	1409	438
E25	207	852	610	120	700	478
E26	245	1191	930	139	1016	757
E27	260	1404	1135	161	1258	1004
E28	271	1497	1216	160	1235	1071
E29	296	1525	1207	152	1360	1182
E30	293	1530	1205	208	1355	1159

Fonte: Elaborado pelo autor

continua

Medição da iluminância das salas de aula do DEA

Continuação

	Sala 04 iluminação natural (lux)	Sala 04 iluminação natural e artificial	Sala 04 iluminação artificial (lux)	Sala 06 iluminação natural (lux)	Sala 06 iluminação natural e artificial (lux)	Sala 06 iluminação artificial (lux)
E31	292	1470	1145	200	1346	1212
E32	277	1450	1134	204	1320	1162
E33	349	1506	1116	186	1350	1159
E34	365	1453	1031	195	1256	1038
E35	307	1264	894	201	1190	961
E36	252	943	628	179	928	672
E37	137	800	622	141	636	494
E38	156	1139	924	202	960	810
E39	160	1340	1153	240	1215	1050
E40	177	1465	1250	236	1299	1107
E41	178	1440	1232	216	1414	1221
E42	184	1457	1227	290	1402	1212
E43	187	1414	1186	278	1458	1263
E44	195	1410	1156	250	1410	1212
E45	209	1408	1148	214	1398	1208
E46	204	1325	1069	184	1270	1085
E47	202	1151	941	163	1211	1016
E48	175	875	687	143	940	706
E49	106	733	620	133	635	500
E50	128	1100	940	179	935	831
E51	140	1324	1150	174	1215	1057
E52	153	1398	1220	208	1268	1105
E53	157	1375	1198	204	1367	1212
E54	156	1379	1190	198	1342	1188
E55	162	1326	1145	188	1383	1246
E56	165	1331	1126	180	1327	1190
E57	167	1307	1113	183	1361	1195
E58	162	1225	1026	176	1231	1071
E59	160	1070	907	196	1179	1007
E60	155	822	652	155	887	712
E61	97	662	571	131	582	468
E62	120	956	828	166	888	779
E63	140	1203	1049	186	1170	1011
E64	147	1270	1112	192	1225	1060

Fonte: Elaborado pelo autor

continua

Quadro – Medição da iluminância das salas de aula do DEA

Continuação

	Sala 04 iluminação natural (lux)	Sala 04 iluminação natural e artificial	Sala 04 iluminação artificial (lux)	Sala 06 iluminação natural (lux)	Sala 06 iluminação natural e artificial (lux)	Sala 06 iluminação artificial (lux)
E65	149	1239	1088	194	1304	1146
E66	150	1255	1091	198	1291	1138
E67	153	1222	1052	168	1328	1180
E68	150	1185	1038	165	1268	1116
E69	152	1179	1016	173	1265	1120
E70	147	1103	957	188	1152	1016
E71	146	989	834	198	1100	930
E72	140	775	620	187	820	670
E73	133	1067	894	170	1055	896
E74	142	1098	931	171	1100	942
E75	141	1080	910	169	1155	987
E76	139	1080	917	170	1140	989
E77	139	1050	896	181	1135	1008
E78	139	1057	889	181	1100	966
E79	139	1031	861	178	1009	957
E80	139	966	802	175	924	878
E81	139	859	712	168	868	804
E82	129	680	531	156	710	585
Média	277	1240	941	284	1256	936