

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**DIAGNÓSTICO INFORMATIZADO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA:
UMA PROPOSTA ÀS AGROINDÚSTRIAS**

FÉLIX ABRÃO NETO

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para a obtenção do título de Doutor em Agronomia – Área de Concentração em Energia na Agricultura.

**BOTUCATU - SP
Dezembro/2004**

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**DIAGNÓSTICO INFORMATIZADO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA:
UMA PROPOSTA ÀS AGROINDÚSTRIAS**

FÉLIX ABRÃO NETO

ORIENTADOR PROF. DR. ODIVALDO JOSÉ SERAPHIM

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para a obtenção do título de Doutor em Agronomia – Área de Concentração em Energia na Agricultura.

**BOTUCATU – SP
Dezembro/2004**

A meus pais

Aziz Abrão

Odila de Arruda Abrão

Ofereço

A minha esposa

Maria Jose Ramos Abrão

E aos meus filhos

Rhasla e Felix

Dedico

AGRADECIMENTOS

Primeiro a Deus pelo dom da vida e realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Odivaldo José Seraphim pela orientação, colaboração e amizade durante o curso e na realização deste trabalho.

Ao Prof. Nelson Miguel Teixeira pelo apoio e amizade.

Ao Prof. Angelo Cagnon pelo apoio e amizade

Aos amigos Jair de Jesus Fiorentino, Anísio da Silva Neto e Isidoro Casal Caminha pela amizade, respeito e colaboração na realização deste trabalho.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Rural e, em particular Silvio e Gilberto.

À Faculdade de Ciências Agronômicas e ao curso de Pós-Graduação.

Aos funcionários da Produsoja, em especial aos Srs. Gustavo e Jaime, pela colaboração ao permitir que este trabalho se desenvolvesse nas instalações da empresa.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	VIII
LISTA DE FIGURAS.....	IX
LISTA DE FÓRMULAS.....	XII
1.RESUMO.....	1
SUMMARY.....	3
2.INTRODUÇÃO.....	5
3.REVISÃO DE LITERATURA.....	9
3.1.Política Energética.....	9
3.2.Eficiência Energética.....	13
3.3.Estruturas Tarifárias.....	20
3.4.Fator de Potência.....	29
3.5.Fator de Carga.....	34
3.6.Transformadores.....	37
3.7.Geradores.....	40
3.8.Motores Elétricos.....	41
3.9.Superdimensionamento de Motores.....	48
3.10 Motores de Alto Rendimento.....	50
3.11.Inversores de Frequência.....	54
3.12 Agroindústrias.....	62
3.13.Secador e Armazenagem de Grãos.....	65
3.13.1 Máquinas de Pré-limpeza.....	65
3.13.2 Secadores de Cereais.....	69
3.13.3.Elevadores de Caçambas.....	71

	VI
3.13.4.Fitas ou Correias Transportadoras	74
3.13.5.Roscas Transportadoras	77
3.13.6.Silos	79
4.MATERIAIS E MÉTODOS	81
4.1 Descrição da Agroindústria	81
4.2 Coleta dos Dados e Medições Elétricas.....	87
4.2.1 Memória de Massa.....	87
4.2.2.Medições com Analisador de Energia	89
4.3.Desenvolvimento de Software para Análise de Energia Elétrica - ANAEEL.....	91
4.3.1 Análise de Aplicação da Melhor Tarifa.....	93
4.3.2 Tarifa Convencional	95
4.3.3 Tarifa Horo-Sazonal Verde.....	95
4.3.4 Tarifa Horo-Sazonal Verde com Uso de Gerador	96
4.3.5 Tarifa Horo-Sazonal Azul.....	96
4.3.6 Tarifa Horo-Sazonal Azul com Uso do Gerador	97
4.4.Cadastro dos Transformadores por Setor	97
4.5.Carga Instalada por Setor.....	97
4.6.Reversão de Carga	98
4.7.Correção do Fator de Potência.....	98
4.8.Ajuste de Taps dos Transformadores	100
4.9.Analise do Carregamento dos Motores.....	100
4.10.Motores de Alto Rendimento.....	101
4.11.Aplicação de Inversores de Frequência	102
4.12 Verificação do Dimensionamento dos Circuitos dos Motores.	103

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	104
5.1 Coleta de Dados e Medições Elétricas.....	104
5.2 Apresentação da Aplicação do Software - ANAEEL.....	107
5.2.1. Análise da Melhor Tarifação	109
5.2.2. Cadastro dos Transformadores por Setores	113
5.2.3. Reversão de Carga	117
5.2.4 Correção do Fator de Potência.....	119
5.2.5. Ajuste dos Taps	123
5.2.6 Superdimensionamento de Motores	124
5.2.7. Motores de Alto Rendimento	126
5.2.8. Inversor de Frequência	127
5.2.9. Redimensionamento do Circuito de Alimentação	129
6. CONCLUSÃO	132
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	135
8. APÊNDICE.....	145
8.1. Instalação do Anaeel.....	147
8.2. Informações Técnicas	147
8.2.1 Diretórios (Pastas) Utilizados :.....	147
8.2.2 Arquivos Acrescidos no Windows:	147
8.3. Requisitos do Sistema.....	147
8.4. Desinstalação	148
8.5. Possíveis Problemas.....	148
8.5.1 Instalação	148
8.5.2 Impressão.....	149

LISTA DE TABELAS

Tabela.....	Página
01 Perspectiva de conservação de energia em GWh.....	17
02 Dados práticos de perdas em transformadores.....	39
03 Fatores de correção a e b utilizados nos cálculos de capacidade e potência dos transportadores helicoidais	79
04 Valores das tarifas de consumo e demanda.....	94
05 Custo do KWh gerado por grupo motor diesel/gerador.....	94
06 Potência do capacitor para suprir o consumo de energia reativa do transformador operando sem carga	99
07 Potência do capacitor para suprir o consumo de energia reativa do motor operando sem carga.....	100
08 Valor mensal registrado no horário fora de ponta para maior demanda medida.	104
09 Valor mensal registrado no horário de ponta para maior demanda medida...	105
10 Parâmetros elétricos médios medidos nas oito etapas.....	106

LISTA DE FIGURAS

Figuras	Página
01 Curva de carga do sistema no dia	21
02 Comportamento do consumo/demanda de energia ao longo do ano.....	23
03 Gráfico da demanda em função do tempo durante um dia.....	35
04 Secador em perspectiva.....	69
05 Diagrama do fluxo de ar de um secador	70
06 Elevador de caçamba	72
07 Fluxograma das etapas operacionais.....	82
08 Diagrama unifilar da entrada de energia	88
09 Analisador de energia instalado	90
10 Fluxograma das telas do software.....	92
11 Tela inicial de apresentação do software	107
12 Entrada de dados para cadastro do cliente	108
13 Relação dos clientes cadastrados	108
14 Análise com a Tarifação Convencional	109
15 Análise com a Tarifação Horo-Sazonal Verde.	110
16 Análise com a Tarifação Horo-Sazonal Verde com uso do Gerador no Horário de Ponta.....	110
17 Análise com a Tarifação Horo-Sazonal Azul.	111
18 Análise da Tarifação Horo-Sazonal Azul com uso do Gerador no Horário de Ponta.	111
19 Relatório Resumido das Análises da Tarifação.	112
20 Cadastro dos Transformadores por Setores.	113

21	Entrada de Dados das Medições Locais e Cargas Instaladas no Transformador.	114
22	Relatório da Carga Instalada em todos os Transformadores do Sistema	
	Página 1.....	115
23	Relatório da Carga Instalada em Todos os Transformadores do Sistema	
	Página 2.....	116
24	Entrada de Dados para ver a Economia de Energia com a Reversão de Carga.	117
25	Verificação da Economia em kWh Através da Aplicação de Reversão de Carga para outro Transformador.	118
26	Relatório da Economia de Energia em kWh Através da Reversão de Carga para Vários Transformadores.	118
27	Cálculo da Potência do Banco Geral de Capacitores para Suprir a Demanda da Energia Reativa da Carga e do Banco Fixo para Suprir a Demanda de Energia Reativa do Transformador 01.....	119
28	Cálculo da Potência do Banco Geral de Capacitores para Suprir a Demanda da Energia Reativa da Carga e do Banco Fixo para Suprir a Demanda de Energia Reativa do Transformador 02.....	120
29	Cadastro da Correção do Fator de Potência por Transformador.....	120
30	Apresentação da Correção Individual para os Motores e do Banco Automático de Capacitores para Suprir a Demanda de Energia Reativa do Restante da Carga do Transformador 1	121
31	Apresentação da Correção Individual para os Motores e do Banco Automático de Capacitores para Suprir a Demanda de Energia Reativa do Restante da Carga do Transformador 2	121

32	Relatório Resumido Referente à Instalação dos Bancos de Capacitores	122
33	Análise do Nível de Tensão.	123
34	Relatório da Análise do Nível de Tensão.	124
35	Verificação de Carregamento do Motor.....	125
36	Relatório da Verificação do Carregamento para Vários Motores.....	125
37	Aplicação de Motores de Alto Rendimento.....	126
38	Relatório de Vários Estudo de Aplicação de Motores de Alto Rendimento.....	127
39	Aplicação de Inversor de Frequência e a Economia de Energia Gerada em kWh..	128
40	Relatório da Aplicação de Inversor de Frequência para Vários Motores.	129
41	Verificação da Qualidade do Circuito.....	130
42.	Relatório da Verificação da Qualidade de Vários Circuito.....	130

LISTA DE FÓRMULAS

Formulas	Pagina
01 Faturamento de consumo para tarifa convencional.....	24
02 Faturamento de demanda para tarifa convencional.....	25
03 Faturamento de consumo para tarifa horo-sazonal Azul.....	25
04 Faturamento de demanda para tarifa horo-sazonal Azul.....	26
05 Faturamento de consumo para tarifa horo-sazonal Verde.....	27
06 Faturamento de demanda para tarifa horo-sazonal Verde.....	27
07 Fator de Potência.....	30
08 Fator de Carga.....	34
09 Fator de carga para tarifa convencional	34
10 Fator de carga para tarifa horo-sazonal.....	34
11 Fator de carga no horário de ponta	34
12 Fator de carga no horário fora de ponta	34
13 Preço médio da tarifa de energia elétrica	37
14,15,16 e 17 Pré-limpeza	68
18 Potência do motor do exaustor.....	71
19,20 e 21 Elevadores de caçambas.....	73
22,23,24 e 25 Fitas ou correias transportadoras.....	76
26 e 27 Roscas Transportadoras.....	78
28 Faturamento de energia elétrica para tarifa convencional.....	95
29 Faturamento de energia elétrica para tarifa horo-sazonal verde	95
30 Faturamento de energia elétrica para tarifa horo-sazonal verde com o uso de gerador.....	96

31 Faturamento de energia elétrica para tarifa horo-sazonal azul.....	96
32 Faturamento de energia elétrica para tarifa horo-sazonal azul com o uso de gerador.....	97
33 Reversão de carga	98
34 e 35 Correção de fator de potência.....	98
36,37 e 38 Carregamento do motor.....	101
39 e 40 Motor de alto rendimento.....	102
41 Desequilíbrio de tensão.....	103

1.RESUMO

A conservação de energia elétrica na agroindústria necessita de uma melhor avaliação, considerando suas características e os tipos de atividades desenvolvidas, visto que, outros segmentos industriais, já estão há algum tempo se preocupando, instalando controladores de demanda, motores de alto rendimento, banco de capacitores automatizados e quando necessário redimensionando os motores elétricos. Tendo em vista o aprimoramento e a necessidade de se dispor de uma ferramenta computacional que agilizasse a realização de diagnóstico energético nas instalações.

Este trabalho tem como objetivo desenvolver um software para avaliar o consumo de energia de uma agroindústria, observando o custo da eficiência energética em cada etapa, fazendo de maneira prática e de fácil aplicação para o usuário. Foi testado em uma empresa de secagem e armazenamento de cereais, denominada Produtoja Cereais Ltda, situada no município de São Gabriel do Oeste - MS.

Foram obtidos em relatório de memória de massa fornecido pela concessionária de energia os dados de consumo no horário de ponta, consumo horário fora de ponta, demanda em horário de ponta, demanda em horário fora de ponta. Os dados de tensão,

corrente, demanda, e fator de potência, através de medições locais com auxílio de um analisador portátil de energia. Estes dados serviram para alimentar o software, com a finalidade de se analisar a eficiência energética da agroindústria.

Com a aplicação do software pode-se determinar o índice total de energia consumida para o processamento completo de um produto ou serviço, sendo um dos parâmetros de maior importância em estudo que desenvolve o uso racional e a conservação de energia, estabelecendo uma comparação da eficiência energética e identificando na unidade onde existem potenciais de redução de consumo de energia.

Destacando qual a melhor opção tarifária baseada nos critérios da estrutura tarifária vigente, adequação de força motriz baseada no índice de carregamento e hora de funcionamento para verificar motores superdimensionado, a utilização de inversor de frequência, e a utilização de banco de capacitores fixos e automáticos de acordo com o critério de funcionamento, análise do nível de tensão fornecido pelos transformadores e concessionárias de energia e utilização de motores de alto rendimento adequados à situação de carga.

INFORMATIZED DIAGNOSIS OF ENERGY EFFICIENCY: A PROPOSAL TO THE AGROINDUSTRIES. Botucatu, 2004. 149p. Tese (Doutorado em Agronomia / Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciência Agronômicas, Universidade Estadual Paulista

Author: FELIX ABRAO NETO

Adviser: Prof. Dr. ODIVALDO JOSE SERAPHIM

SUMMARY

Electric energy conservation in industry requires a better evaluation due to its features and the kind of activities developed, considering that other industry segments have been concerned with the installation of demand control, engines of high performance, automatized capacitor data bases and when necessary, correction the dimension of electric engines. Having in mind the improvement and necessity of computer tool which could speed the accomplishment of energy diagnoses in installations.

This study aims at developing a software to evaluate the energy consumption in the agroindustry, observing the energy efficiency costs in each phase, in a practical way and of easy applicability to the user. It was tested in a drier and storage cereal company named Produtoja Cereais Ltda, located in São Gabriel city- MS

In mass memory reports provided by the energy concessionaire were obtained consume data in the tip schedule, consume in the out of pick, demands in and out the pick schedule, and the tension data, corrent, demand and powerfactor, were obtainde trthrough local measurements with help of energy portable analyser. These data were used to feed the software aiming at analysing the energy efficiency in the agroindustry.

With the applicability of the software, it was verified which is the best fee option based on the criteria of the fee structure in practice; proposing the adequacy of motor force based on the index of energy loading in order to verify highly dimentioned engines, the use of frequency invertors, the use of fix and authomatic databases capacitors according to the criterium of operation, tension level analysis provided by transformer and energy concessionaires and the use of engines of high perfomance proper to the charge and schedule situation of meaningful operation.

Key words: Key words: energy efficiency, industry energy, software to save.

2.INTRODUÇÃO

No meio das grandes transformações do setor energético com a privatização da maior parte das concessões de distribuição de energia elétrica e da geração, com a criação de novas agências reguladoras e a entrada rápida do gás natural, especialmente para a geração termelétrica, o assunto da eficiência energética ficou em segundo plano. No entanto com a crise de abastecimento no início de 2001 a eficiência energética é mais importante do que nunca como elemento de política energética do Brasil.

Houve algumas tendências promissoras antes da crise eclodir, como o aumento dos recursos para eficiência energética e novas iniciativas do PROCEL, e o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) começou a atuar articulando a integração necessária para definir e implementar uma política eficaz de eficiência energética.

Desde a criação do PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, em 1985 até o começo de 2001, conseguiu economizar 10 mil GWh, ou seja, com investimento em torno de R\$ 300 milhões, o programa evitou a construção de cerca de 2.000MW de potência instalada, em usinas que exigiriam investimentos em torno de R\$ 3,5 bilhões para serem construídas.

Apesar de serem expressivos o volume de energia economizada e as cifras envolvidas, os resultados ainda são tímidos frente a um levantamento do próprio PROCEL, que estima que 12% de toda a eletricidade produzida no País, o equivalente a 7500 MW de capacidade instalada, são desperdiçados. Um volume significativo, pois esta energia seria suficiente para suprir 40% do consumo residencial do País. Para instalar usinas capazes de produzir 7500 MW são necessários investimentos médios da ordem de R\$ 12 bilhões - isto é, o PROCEL tem mercado para triplicar o volume de energia conservado até aqui. Segundo dados de um relatório intitulado "Energia e desenvolvimento da sustentabilidade", elaborado pela Organização das Nações Unidas (ONU) e conselho mundial de energia nos países em desenvolvimento ou em transição pode resultar em redução de até 40% do consumo atual.

A longo prazo, as metas do Procel prevêem redução de demanda da ordem de 130 mil GWh em 2015, evitando a instalação de 25000 MW (cerca de duas usinas de Itaipú). O ganho líquido estimado para o País será de R\$ 34 bilhões.

Seraphim & Teixeira (1997), conservar energia implica na transformação da sociedade do desperdício numa sociedade mais racional na utilização de seus recursos globais, especialmente os insumos energéticos. Além disso a conservação pode conduzir à redução da necessidade de novas centrais de geração de energia elétrica, contribuindo para a preservação do meio ambiente. Basicamente podemos mencionar dois estágios diferentes de conservação: a eliminação dos desperdícios e a introdução de técnicas que aumentem a eficiência no uso da energia. Na maioria dos casos a eliminação dos desperdícios requer um investimento mínimo ou nulo e os resultados são obtidos através da conscientização dos consumidores e usuários. No segundo nível há necessidade de realização de investimentos, seja na substituição de equipamentos e processos por outro de maior

rendimento, seja na disposição de controle e operação, investimentos estes com retorno garantido.

No setor industrial, os sistemas de acionamento são responsáveis por aproximadamente a metade do consumo de energia elétrica. Sua eficiência pode ser aumentada de diversas maneiras, incluindo o uso de motores de alta eficiência, acionamentos de velocidade variável, reposição e redução da potência de motores superdimensionados, e melhorando o suprimento de energia nos casos de tensão inadequada, fases não balanceadas, etc. Estudos de campo mostraram que aproximadamente 24% dos motores elétricos no Brasil estão operando com menos de 50% da sua capacidade nominal.

Considerando a realidade apresentada, esta pesquisa oferece parâmetros para orientar consumidores agroindustriais a identificar oportunidades de conservação de energia e implantar projetos de redução de consumo, através de um diagnóstico de eficiência energética elaborado de uma maneira prática, dentro das normas e padrões recomendados por órgãos oficiais, contribuindo para a eficiência econômica diminuindo o consumo de energia necessária por unidade de produto e garantindo que a mesma produção possa ser obtida com menos energia, melhorando a proteção ambiental, permitindo um crescimento de demanda de energia elétrica sem que a oferta seja ampliada na mesma proporção.

A conservação de energia elétrica na agroindústria necessita de uma melhor avaliação, considerando suas características e os tipos de atividades desenvolvidas, visto que, outros segmentos industriais, já estão a algum tempo se preocupando, instalando controladores de demanda, motores de alto rendimento, banco de capacitores automatizados e quando necessário redimensionando os motores elétricos. Tendo em vista como

aprimoramento e a necessidade de se dispor de uma ferramenta computacional que agilizasse a realização de diagnóstico energético nas instalações.

Este trabalho tem como objetivo desenvolver um software para avaliar o consumo de energia de uma agroindústria, observando o custo da eficiência energética em cada etapa, fazendo de maneira prática e de fácil aplicação para o usuário. Foi testado em uma empresa de secador e armazenamento de cereais, denominada Produsoja Cereais Ltda, situada no município de São Gabriel do Oeste - MS.

3.REVISÃO DE LITERATURA

3.1.Política Energética

Segundo Poole & Geller (1997), durante muito tempo o preço da energia elétrica foi um fator inibidor da adoção de medidas de conservação. Sucessivos governos reduziram as tarifas de energia elétrica como parte de políticas para baixar a inflação a curto prazo. O preço médio da energia elétrica no Brasil caiu quase 50% desde o início da década de 70 até 1993, quando ficou abaixo de US\$35/MWh. Entretanto, este processo não foi contínuo. Ocasionalmente predominava uma política contrária, que buscava o realismo tarifário, o que resultou em grandes oscilações na tarifa média. Estas oscilações, somadas à alta inflação, criaram problemas adicionais de planejamento, tanto para os fornecedores de energia como para os consumidores.

A política de preços tomou um novo rumo em 1993, como parte do início da reforma do setor energético. Esta reforma vem tomando impulso e será de longo alcance, considerando tanto o aspecto de regulamentação do setor energético quanto às questões de sua propriedade.

Um dos primeiros passos foi a descentralização da fixação e do controle de tarifas. De 1974 a 1993, havia uma tabela única para todo o país, nas diferentes categorias de consumo. Desde 1993, as tarifas passaram a serem diferenciadas ao nível das concessionárias. Muito embora as conseqüências até agora tenham sido pequenas, em termos das diferenças entre concessionárias, a tendência é que estas diferenças aumentem.

O consumo de eletricidade teve um crescimento médio anual de somente 2,6% no período 1985-95. Esta pequena taxa de crescimento reflete a estagnação econômica do final da década de 80 e no início da década de 90. No entanto, com o início da estabilização econômica em 1994, as taxas de crescimento da economia e da demanda elétrica aumentaram. A taxa média de crescimento anual da demanda elétrica entre 1993 e 1996 foi de 5,1%.

Brasil (2000, pg 19), no período 2000/2009, a previsão de crescimento do consumo total de energia elétrica das concessionárias adotado como referência para todo o país é de 4,7% ao ano. A oferta de energia elétrica deverá crescer de 64.300 MW para 109.400 MW incluindo as parcelas de energia importadas através de interligação com países vizinhos. A participação termoelétrica crescerá de 9,2% para 25% no período. Serão instaladas cerca de 49 mil km de linhas de transmissão em todo o país e cerca de 92 mil MVA em subestações. Este reforço exigirá nos primeiros cinco anos, investimentos totais de ordem de R\$ 8,5 bilhões por ano.

De acordo com o relatório do INEE (2001), o setor energético vem passando por profunda mudança desde meados dos anos noventa. Privatizou-se as maiores partes das concessões de distribuição de energia elétrica, gás natural e uma parte crescente da geração. Ao mesmo tempo, iniciou-se a transição para um novo marco institucional, abrindo a

geração e a comercialização da eletricidade para a concorrência, criando novas agências reguladoras e outras medidas de liberalização que mudam a dinâmica do mercado energético.

Brasil (2001), o programa nacional de energia elétrica PROCEL, originalmente instituído pela portaria interministerial nº 1877, de 30.12.85, e posteriormente mantido pelo decreto de 18/07/91, é uma iniciativa do governo federal para promover o uso eficiente e o combate ao desperdício de energia elétrica no país. A secretaria executiva do PROCEL está a cargo da Eletrobrás, que é responsável pelo planejamento e por sua execução. Em 2001, o PROCEL apresentou resultados que contribuíram para uma economia no consumo de energia da ordem de 2500 GWh, e uma correspondente redução de 690 MW na demanda de ponta do sistema. A economia obtida equivale a geração de uma usina hidrelétrica de 580 MW que, se fosse construída, custaria R\$ 2,17 bilhões.

Eletricidade Moderna (2001a), destaca que o racionamento e conservação movido por um surto de civismo ou pela ameaça de pagar a energia em dobro e ainda tê-la cortada (ou as duas coisas juntas), a sociedade brasileira vem respondendo positivamente à conclamação de reduzir o consumo elétrico. Nunca se conseguiu conservar tanta energia como agora, nem os consumidores brasileiros estiveram tão conscientes da importância que tem a eletricidade para suas atividades. A redução do consumo total de junho a dezembro deste ano deve situar-se na casa dos 25% nas regiões Sudeste e nordeste.

Analisando o consumo setorial de eletricidade no Brasil, conforme dados colhidos do Banco de Dados da Eletrobrás, verifica-se que o setor que mais consome energia é o industrial (42,3%), seguido do Residencial (28%) e do Comercial (13,3%). No setor industrial, o maior consumidor de energia são os motores elétricos, que contribuem com 51% do consumo total de energia deste segmento. (BRASIL, 2000).

De 1996 a 2002, a tarifa média total de energia elétrica subiu mais de 140% no País. E só até fevereiro de 2003, segundo os últimos dados disponibilizados pela ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, a tarifa média nacional aumentou mais 8,2%, sendo que o grosso das tarifas só começaria a ter definidos índices de revisão ou autorizações de reajustes a partir do mês de abril. Tomada apenas a tarifa média residencial, o aumento aparece ainda mais expressivo: 195% entre dezembro de 1995 e fevereiro de 2003. A título de comparação, dois dos principais índices que medem a inflação e o custo de vida, o IPC-A (Índice de Preços ao Consumidor – Amplo) do IBGE e o IPC (Índice de Preços do Consumidor) da Fipe, variaram no mesmo período, respectivamente 70,2% e 56,2%.

Olhando esses números, alguém poderá imaginar que, embora certamente os consumidores estejam descontentes, as concessionárias fornecedoras estejam contentes com os reajustes acima da inflação. Nada mais equivocado, no entanto. O ano 2003 pega as companhias elétricas mergulhadas numa das maiores (se não a maior) crises financeiras de sua história. Até o final de maio último, a dívida dessas empresas já somava R\$56,8 bilhões. Hoje as geradoras queixam-se dos prejuízos com as sobras de energia, que têm que vender a preços baixos, quando vendem, e as distribuidoras reclamam que o governo não cumpre o que está previsto nos contratos para garantir-lhes equilíbrio econômico-financeiro.

3.2.Eficiência Energética

De acordo com Januzzi, (1997), a constatação das possibilidades técnicas de se continuar a oferecer os serviços necessários dependendo de menores quantidades de energia, e de que crescimento econômico não está necessariamente atrelado a maior consumo energético, colocou em xeque os fundamentos do planejamento dominante até meados da década de 70. No entanto, talvez a mais convincente vantagem da eficiência energética é de que ela é quase sempre mais barata que a produção de energia. Não resta dúvida de que investir em tecnologia eficiente para os vários usos finais requererá também maiores gastos de capital. Sistemas e equipamentos eficientes são geralmente mais caros que as tecnologias que eles substituem. Entretanto, o custo de conservar 1 kWh é geralmente mais barato que a sua produção. Ainda, em muitas aplicações, o custo da eficiência é uma pequena fração dos custos da produção de energia. Mas tradicionalmente esses custos são contabilizados por agentes diferentes, sendo ora debitados ao consumidor, à companhia de energia ou ao próprio governo.

De acordo com Januzzi (2000), a preocupação com aspectos de interesse público da indústria de eletricidade estão presentes na Lei 8.987/95, que dispõe sobre o regime de concessão e permissão da prestação de serviços públicos previsto no artigo 175 da Constituição federal. O artigo 29, inciso X da referida lei estabelece ao Poder Concedente a obrigatoriedade de estimular o aumento da qualidade, produtividade, preservação do meio ambiente e conservação. Existe, portanto, o reconhecimento de que essa indústria deve manter características de interesse público mesmo sob gerenciamento privado.

Esse dispositivo possibilitou que a Agência Nacional de Energia Elétricas – ANEEL – criasse a Resolução 242/98 estabelecendo a obrigatoriedade da aplicação de 1% da receita operacional líquida das empresas privatizadas em programas de conservação

de energia e pesquisa e desenvolvimento. Anualmente, a ANEEL publica uma Resolução e um Manual que regulamenta a aplicação dos recursos regulados (1% da receita operacional líquida das empresas) conforme previsto nos contratos de concessão. Assim, para o ciclo 1998/1999 foi publicada a Resolução 242/98 e para o ciclo 1999/2000, foi publicada a Resolução 261/99, que introduziu alguns ajustes relacionados a prioridades e limites de investimentos segundo tipos de programas.

Durante 1995-1998, antes portanto da resolução da ANEEL, algumas iniciativas para garantir investimentos em preservação ambiental e eficiência energética foram colocadas como cláusulas em contratos de concessão. Em muitos casos, essas cláusulas eram muitas genéricas e de difícil verificação, e na verdade não havia interesse do próprio setor público em torná-las mais específicas uma vez que se temia com isso a desvalorização das empresas a serem privatizadas”.

Russomano (1987), afirmou que a conservação de eletricidade é, genericamente, conseguida apenas pelo controle do seu consumo. Entretanto, como seu custo depende de outros fatores (fator de carga e fator de potência), é importante adequá-los aos parâmetros de eficiência. Afirmou que a quantidade de potência elétrica é um elemento fundamental ao controle de consumo. Porém, a simples determinação de seu valor não seria suficiente, face às variações no consumo causado pelas mudanças na produção ou na tipificação dos produtos. Para contornar esse problema desenvolveram conceitos de potência específica e consumo específico de energia. A potência específica é a razão entre o consumo de eletricidade (kWh) e a produção (t). O consumo específico é a razão entre o consumo de energia (kJ) e a produção (t). Sugeriu os seguintes métodos para a redução da potência específica:

- a) Utilização de equipamentos de alta eficiência;

- b) Melhoria nos processos;
- c) Redução nas interrupções dos equipamentos;
- d) Utilização de matéria prima de melhor qualidade.

Energia (1996), no conteúdo do plano 2015 o projeto n° 3 trata da perspectiva do mercado e da conservação de energia elétrica. Analisa o papel da energia elétrica nos diferentes setores de consumo, caracteriza os fatores determinantes de sua evolução futura e discute as metas para uma política de conservação de energia elétrica. Finalmente, apresenta os cenários do mercado de energia elétrica no horizonte 2015, de modo a balizar as estratégias de expansão do sistema elétrico. No projeto n° 14 trata da eficiência energética global do país com base nas alterações da matriz energética e da economia brasileira. Apresenta as tendências tecnológicas dos usos finais da energia e fornece subsídios para identificar estratégias voltadas para o aumento da eficiência energética do país.

A energia mais cara é aquela que não está disponível, por essa razão a inteligência fará o homem entender que a economia e a discricção no uso deste bem favorecerá a sua disponibilidade e diminuirá os riscos de escassez, segundo Teixeira (1999).

Para Teixeira (2001), a falta de investimento no setor energético aliado à escassez de recursos naturais, faz da racionalização do uso de energia elétrica uma ferramenta de apoio imprescindível para o crescimento do país.

A conservação de energia elétrica, não se restringe apenas ao acionamento de máquinas elétricas. Outro setor que merece atenção é o da iluminação que surge como um dos mais relevantes, já que é responsável por cerca de 20% de toda a energia consumida no país e por mais de 40% da energia elétrica consumido pelo setor de comércio e serviços, segundo ABILUX (1992).

Brasil (2000,pg 46), apresenta o cenário das previsões de conservação de energia elétrica, baseadas nos valores dos períodos de 1993/1998, somando um total de 7.091 GWh. Tais economias ocorreram em função das melhorias de eficiência tanto do lado da demanda como do lado da oferta de energia elétrica. Estima-se que a economia no uso final foi de 5.126 GWh e, na geração adicional de 1.965 GWh. Os resultados de conservação previstos estão apoiados em ações a serem implementadas pelas concessionárias em suas áreas de atuação, bem como ações induzidas diretamente pelo PROCEL por meio de linhas de financiamento junto à sociedade, através de programas de promoção e difusão, e às entidades de ensino e pesquisa.

Freqüentemente não percebemos que conservar energia é, na realidade, introduzir mais uma opção de suprimento e que a política de conservação é uma atividade muito diferente da geração, são as considerações de Goldemberg (1985). No Brasil, principalmente, o usual é que as pessoas estão acostumadas a discutir opções de suprimento e se limitam a examinar a substituição de energéticos, em vez de falar em conservação. A grande parte dos energéticos utilizados no Brasil são financiados pelo governo, o que cria uma situação em que as decisões são centralizadas e, por isso, acabam-se tornando extremamente simples. Mas, em torno destas decisões, o sistema acabou criando uma lógica própria, onde há um conjunto de interesses, em particular os das grandes empresas, envolvendo poucas pessoas e, sobretudo, dinheiro do governo. Já a conservação é uma fonte de energia, onde milhares de decisões precisam ser tomadas para que a conservação torne-se significativa, Isto é, uma decisão descentralizada que envolve a conscientização das pessoas.

As premissas de conservação para o período 1999/2009, foram elaboradas por técnicos do PROCEL, com cooperação do CTEM, tendo como referência o cenário macroeconômico de Crescimento Sustentado. A seguir são apresentadas as

perspectivas de conservação de energia para o próximo período. A tabela 01 apresenta a premissas de conservação para o Brasil nos anos de 2004 e 2009.

Tabela 01: Perspectiva de conservação em GWh

ANO	ENERGIA CONSERVADA
1999	9.190
2004	23.288
2009	32.828

Aneel (2003), no período compreendido entre setembro de 1998 e julho de 2002, os programas de eficiência energética foram responsáveis pela economia de 5,87 mil Gigawatts –hora (GWh), graças a investimentos de R\$ 776 milhões. Baseado no consumo mensal médio de uma família, de 175 quilowatts- hora (kWh), essa energia abasteceria todo o Ceará durante um ano. Ou seja, durante esse período, economizou-se a energia equivalente à que seria gerada por uma usina de 1.330 MW, do porte da Usina Serra da Mesa, localizada no Tocantins.

Brasil (2002), a coordenação de um programa de conservação de energia torna-se mais fácil com a implantação de uma comissão interna de conservação de energia CICE. As CICE's foram instituídas na administração pública federal pelo Decreto 99.656 de 26/10/90 e têm o encargo de propor, implementar e acompanhar as medidas efetivas de conservação de energia, bem como controlar e divulgar as informações mais relevantes e embora dirigida a prédios federais, sua concepção aplica-se a todo prédio, seja ele federal, municipal, estadual ou até mesmo privado.

Com a visível crise de energia elétrica no início de 2001, vemos que a eficiência energética é hoje um importante elemento da política energética do Brasil. Esta preocupação o INEE – Instituto Nacional de eficiência, fundado em 1993, traz em suas

citações que ainda falta uma política de Eficiência Energética coerente com o novo marco institucional e o mercado emergente de energia.

Guerreiro (2001), considera como novo parâmetro no exercício da cidadania a utilização da energia com responsabilidade, e para combater o desperdício é fundamental a mudança dos hábitos. O consumo de energia elétrica no Brasil, teve um aumento de 49% em apenas 10 anos, em 1990 foi de 205 bilhões de MWh e em 2000 de 306 bilhões de MWh. Para mobilizar a sociedade da importância do combate ao desperdício de energia, o governo federal, por intermédio do ministério de Minas e Energia criou o PROCEL, Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, cuja secretaria executiva encontra-se atualmente na Eletrobrás.

Maciel (2001), “políticas de expansão dos sistemas, assim como programas voltados para a eficiência energética, medidas de combate ao desperdício de energia e pesquisa e desenvolvimento, são deveres indeclináveis do Estado.”

Brasil (2002), o selo PROCEL de economia de energia foi instituído no dia 8 de dezembro de 1993, através do Decreto Presidencial, com o objetivo de estimular a fabricação e a comercialização de equipamentos e eletrodomésticos mais eficientes, e competitivos no país. Ao longo de 1994 foram estabelecidos, em conjunto com fabricantes, consumidores (representado pelo Instituto Brasileiro de defesa do Consumidor IDEC) e o Instituto Nacional de Metrologia, normatização e qualidade industrial INMETRO, os critérios para concessão do selo, sua marca e as bases para a realização de todo esse processo.

Haddad (2002), ressalta que a Lei nº 10.295 vem preencher uma lacuna e ao mesmo tempo contribuir no combate ao desperdício de energia no Brasil. Apesar das circunstâncias atuais, é importante que a eficiência energética não esteja vinculada apenas a questões conjunturais, mas deve ser uma prática da política energética nacional ações

que visem, por exemplo, agregar valor e desenvolver tecnologia, preservando o meio ambiente e introduzindo, no mercado nacional, produtos de maior eficiência energética.

Pereira et al (2002), ressalta que os equipamentos eletrorurais apresentam um desempenho energético incompatível com o momento atual. Estes equipamentos são comercializados sem informações claras quanto ao regime de operação, levando os produtores rurais a superdimensionarem o conjunto máquina-motor, acarretando evidentes desperdícios. Sugere a formação de um grupo técnico composto por diferentes setores da sociedade, tais como: fabricantes, usuários, pesquisadores, para montar uma metodologia adequada para a avaliação energética destas máquinas. Podendo utilizar órgãos de pesquisas como a Fazenda Energética da CEMIG, a UFV, a UFU e outros órgãos poderão fornecer subsídios para o desenvolvimento desta metodologia destinada ao atendimento da Lei de Eficiência Energética.

3.3.Estruturas Tarifárias

Aneel (2000) A estrutura tarifária foi estabelecida em 1986. As tarifas são definidas por nível de tensão de rede elétrica e estão organizadas em dois grandes grupos: alta tensão (Grupo A) e baixa tensão (Grupo B). O Grupo A é formado por subgrupos tarifários para as tensões de atendimento que variam de 2,3 kV a 230 kV e contempla majoritariamente as grandes indústrias. O Grupo B é dividido em categorias de consumo: residencial, residencial de baixa renda, rural, pequena indústria, iluminação pública.. As concessões prevêem reajustes tarifários anuais, nas datas de aniversário da celebração dos contratos com a ANEEL. Para efeitos de cálculo, os contratos determinam a utilização de uma fórmula paramétrica conhecida com índice de Reajuste Tarifário (IRT), que leva em conta a receita da concessionária, dividida em parcelas segundo a capacidade das empresas em gerir a evolução de cada uma delas.

Haddad & Ramalho (2001) Compreender a estrutura tarifária e como são calculados os valores expressos nas notas fiscais de energia elétrica é um parâmetro importante para correta tomada de decisão em projeto envolvendo conservação de energia. Uma análise histórica com no mínimo doze meses apresenta um quadro rico em informações e torna-se base de comparação para futuras mudanças, visando mensurar os potenciais de economia. Neste sentido, o estudo e o acompanhamento de custo de energia tornam-se ferramentas importantes para execução de um gerenciamento energético e implantação de medidas de efficientização e otimização.

O comportamento médio do mercado de eletricidade, ao longo do dia conforme Figura 1, revela uma curva de carga típica do sistema elétrico brasileiro mostrando que a maior demanda ocorre no horário compreendido entre 17:00e 22:00. Com o intuito de adequar a oferta de energia à solicitação de carga do sistema elétrico, foi concebida a estrutura

tarifária horo-sazonal (tarifas azul e verde), de modo a compreender a sistemática de aplicação de tarifas a preços diferenciados, de acordo com o horário do dia (ponta e fora de ponta) e períodos do ano (úmido e seco). Essa estrutura tarifária tem como objetivo a prorrogação da necessidade de ampliação do sistema elétrico nacional (ENERSUL, 1998).

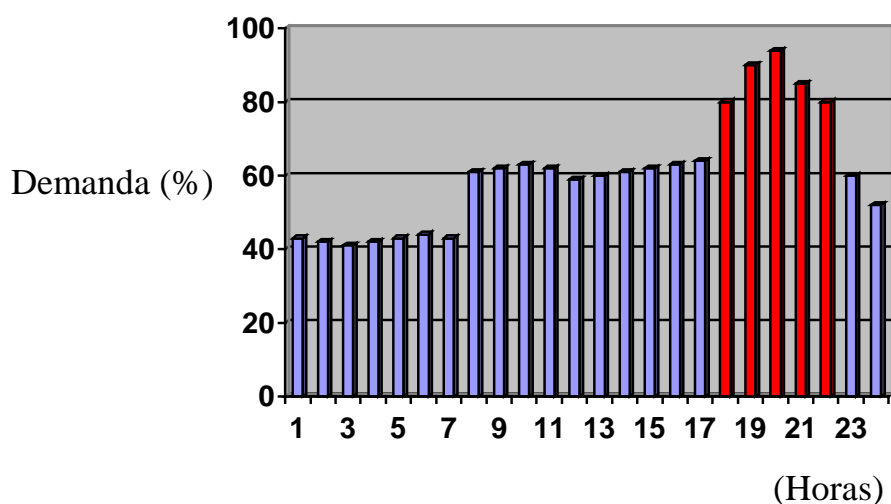


Figura 01: Curva de carga do sistema em um dia

Esse comportamento resulta das influências individuais das varias classes de consumo que normalmente compõe o mercado, ou seja: industriais, comerciais, residencial, iluminação pública, rural e outras. O horário de maior uso, é denominado "horário de ponta" do sistema elétrico, e é justamente o período em que as redes de distribuição assumem maior carga , atingindo seu valor máximo aproximadamente às dezenove horas, variando pouco este horário de região para região.

Devido ao maior carregamento das redes de distribuição nesse horário, verifica-se que um novo cliente a ser atendido pelo sistema custará mais à concessionária

nesse período de maior solicitação do que em qualquer outro horário do dia, tendo em conta a necessidade de ampliação do sistema para atender a carga no horário de ponta.

Da mesma forma, o comportamento do mercado de eletricidade ao longo do ano tem características próprias. O atendimento do mercado no período seco só é possível em virtude da capacidade de acumulação dos reservatórios das usinas que estocam água afluyente durante o ano. Assim o fornecimento de energia no período seco tende, também, a ser mais oneroso, pois leva a necessidade de se construir grandes reservatórios e eventualmente, operar usinas térmicas alimentadas por energéticos importados.

Segundo Enersul (1995), o comportamento da oferta de eletricidade ao longo do ano tem características próprias, que podem ser visualizadas na Figura 02.

Na Figura 02, a curva “**A**” representa a disponibilidade média de água nos mananciais a ser represada nos reservatórios das usinas hidrelétricas, constituindo o potencial predominante de geração de eletricidade.

A curva “**B**” representa o comportamento médio do mercado de energia elétrica, assumindo um valor máximo justamente no período em que a disponibilidade de água fluente nos mananciais é mínima.

Esse fato permite identificar um “**período seco**”, compreendido entre os meses de maio e novembro, e um “**período úmido**”, compreendido entre os meses de dezembro de um ano até abril do ano seguinte.

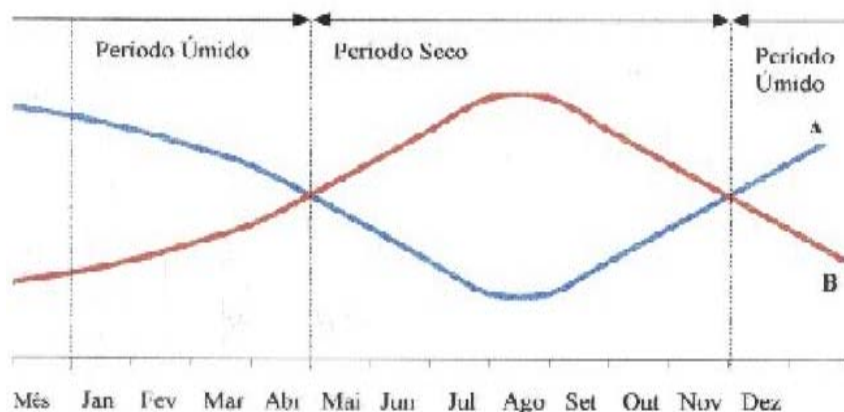


Figura 02: Comportamento do consumo/demanda de energia ao longo do ano.

Fonte: ENERSUL (1995)–Tarifas Horo-Sazonais Azul e Verde, Manual de orientação ao cliente.

O atendimento do mercado no período seco só é possível em virtude da capacidade de acumulação dos reservatórios das usinas, que estocam a água afluyente durante o período das chuvas.

Assim, o fornecimento de energia elétrica no período seco tende a ser mais oneroso, pois está associado a um maior risco de “déficit” decorrente da probabilidade da ocorrência de períodos com pouca precipitação pluviométrica.

Devidos a esses fatos típicos do comportamento da carga ao longo do dia, e ao longo do ano em relação à disponibilidade de água, foi concebida a estrutura tarifária horo-sazonal, tarifas Azul e Verde, que compreende a sistemática de aplicação de tarifas e preços diferenciados de acordo com o horário do dia (ponta e fora de ponta) e períodos do ano (seco e úmido).

A finalidade da atribuição de preços diferenciados se justifica principalmente por motivos originados no sistema elétrico, tendo em vista a necessidade de:

- a) Estimular o deslocamento de parte da carga para os horários em que o sistema elétrico estiver menos carregado;

b) Orientar o consumo de energia para períodos do ano em que houver maior disponibilidade de água nos reservatórios das usinas. Isto levará o mercado a utilizar mais racionalmente a energia, compatível portanto, com o potencial de produção existente no sistema elétrico interligado. A médio e longo prazo, a entrada no sistema elétrico de novos clientes acarretará menores investimentos unitários, já que a conseqüente liberação da capacidade de atendimento, oriunda do deslocamento da carga e consumo, poderá ser usada no suprimento do novo mercado. Os preços diferenciados também permitirão ao cliente reduzir suas despesas com eletricidade, tendo em vista, eventual possibilidade de menor utilização de energia elétrica no horário de ponta e no período seco. Assim, o cliente passa a ter a sua disposição este novo sistema tarifário além do convencional, usualmente aplicado, o qual não leva em conta os aspectos de diferenciação de preços considerados, de acordo com a resolução 456.

A – Tarifa Convencional:

O faturamento de consumo total será obtido pelo produto de consumo medido pela respectiva tarifa, conforme a Equação 01.

$$FC = C * TC \quad (01)$$

Onde:

FC - valor em reais relativo ao faturamento de consumo;

C - consumo medido durante o ciclo de faturamento;

TC - tarifa de consumo;

O faturamento da demanda será obtida pelo produto da demanda faturada pela tarifa de demanda, conforme a Equação 02.

$$FD = Dfat * TD \quad (02)$$

Onde:

FD - valor em reais relativo ao faturamento da demanda;

Dfat demanda faturada;

TD - tarifa de demanda;

- a) Um preço único para demanda de potência (kW);
- b) Um preço único para consumo de energia (kWh).

B – Tarifa Azul:

O faturamento de consumo total será obtido pela soma dos produtos dos consumos medidos em cada segmento horo-sazonal, pelas respectivas tarifas de cada segmento, conforme a Equação 03.

$$FC = Cp * TCp + Cfp * TCfp \quad (03)$$

Onde:

FC - valor em reais relativo ao faturamento de consumo total

Cp - consumo medido no horário de ponta, durante o ciclo do faturamento.

TCp - tarifa de consumo no horário de ponta

Cfp - consumo medido no horário fora de ponta, durante o ciclo de faturamento.

TCfp - tarifa de consumo no horário fora de ponta

Para o faturamento da demanda, conforme a Equação 04.

$$FD = D(fat)p * TDp + D(fat)fp * TDfp \quad (04)$$

Onde:

FD - valor em reais relativo ao faturamento da demanda

D(fat)p - demanda faturável no horário de ponta

TDp - tarifa de demanda no horário de ponta

D(fat)fp - demanda faturável no horário fora de ponta

TDfp - tarifa de demanda fora do horário de ponta

a) Um preço para demanda de potência (kW) no horário ponta e um preço para demanda de potência (kW) no horário fora da ponta;

b) Um preço para o consumo de energia (kWh), referente ao horário de ponta em período úmido; um preço para o consumo de energia (kWh), referente ao horário de ponta em período seco; um preço para o consumo de energia (kWh), referente a fora de ponta em período úmido; um preço para o consumo de energia (kWh), referente a fora de ponta em período seco;

C – Tarifa Verde:

O faturamento de consumo total será obtido pela soma dos produtos dos consumos medidos em cada segmento horo-sazonal, pelas respectivas tarifas de cada segmento, conforme a Equação 05.

$$FC = Cp * TCp + Cfp * TCfp \quad (05)$$

Onde:

FC	- valor em reais relativo ao faturamento de consumo total
Cp	- consumo medido no horário de ponta, durante o ciclo de faturamento.
TCp	- tarifa de consumo no horário de ponta
Cfp	- consumo medido no horário fora de ponta, durante o ciclo de faturamento.
$TCfp$	- tarifa de consumo no horário fora de ponta

Para o faturamento da demanda, conforme a Equação 06.

$$FD = Dfat * TD \quad (06)$$

Onde:

FD	- valores em reais relativo ao faturamento da demanda
$Dfat$	- demanda faturável
TD	- tarifa de demanda

- a) Um preço único para Demanda de potência (kW);
- b) Um preço de consumo de energia (kWh), referente ao horário de ponta em período úmido; um preço de consumo de energia (kWh), referente ao horário fora de ponta em período úmido; um preço de consumo de energia (kWh), referente ao horário ponta em período seco; um preço de consumo de energia (kWh), referente ao horário fora de ponta em período seco;

Aneel (2000), através da resolução n 456 de 29 de novembro de 2000, estabelece de forma atualizada e consolidada, as condições gerais de fornecimento de energia elétrica, visando aprimorar as disposições vigentes relativas ao fornecimento de energia

elétrica, com tarifas diferenciadas para a demanda de potência e consumo de energia, conforme os períodos do ano, os horários de utilização e a estrutura tarifária horo-sazonal.

Cardin (2001), projetou e desenvolveu um sistema computacional para analisar o faturamento do consumo de energia elétrica e demanda de potência ativa e reativa de empresas frigoríficas abatedoras de bovinos, verificando o uso racional e eficiente de energia elétrica, e comparou a eficiência e a racionalidade da utilização de energia elétrica entre duas empresas.

Camargo et al (2003), verificou a avaliação de qualidade de energia elétrica nas instalações de uma indústria no interior de São Paulo. Constatou que as instalações estavam em desacordo com as normas técnicas vigentes, que de certa forma garantem a operação satisfatória dos equipamentos. O desequilíbrio de carga, tão fácil de ser resolvido chegou a provocar desligamentos de disjuntores de entrada por sobrecarga de uma das fases. Ressaltou também que devido as empresas não terem técnicos para acompanhar as instalações, fazendo com que ocorra paradas constantes gerando prejuízos, e muitas vezes por desconhecerem o assunto tentam responsabilizar as concessionárias dos prejuízos.

Moura et al (2003), apresenta os benefícios alcançados com a instalação de um controlador de demanda na fábrica de fogões da Esmaltec. A relação custo versus benefício foi extremamente satisfatória, a ponto de se ter o retorno do investimento em cerca de apenas 11 dias.

Oliveira (2003), apresenta como a CEMIG está informando e apresentando, a seus consumidores, as características do desempenho operacional de seus sistemas supridores. É dever da concessionária fazer um trabalho de esclarecimento aos consumidores e a compilação das diversas informações disponíveis na concessionária em relatórios concisos e que podem ser facilmente interpretados pelos consumidores e seus

consultores devem fazer parte dos programas de qualidade de energia da empresa. Isto faz com que alguns consumidores industriais reduzam significativamente o número de desligamentos.

3.4.Fator de Potência

Creder (2002), conceitua basicamente que qualquer equipamento que transforme a energia elétrica diretamente em outra forma de energia útil (térmica, luminosa, etc.) sem necessitar energia intermediária na transformação, é um consumidor de energia ativa. Qualquer equipamento (motores, transformadores, reatores, etc) que necessita de energia magnetizante como intermediária na utilização de energia ativa, é um consumidor de energia ativa reativa.

Para Kosow (1982), o fator de potência a vazio corresponde a um baixo valor, sendo que nestas circunstâncias quase toda a corrente absorvida é empregada para a magnetização do motor requerido para produzir o campo girante do estator. Ao aumentar a potência fornecida, precisa-se então de mais potência ativa absorvida, que é aquela transformada em potência útil, e conseqüentemente, melhora o fator de potência.

Dentre as vantagens oferecidas pela melhoria do fator de potência é a liberação da capacidade do sistema, cita (COTRIM 2003).

A liberação de capacidade é importante para a concessionária ao dispor de uma energia adicional e para o consumidor ao diminuir custos, afirma SALES (1998).

ENERSUL (1994), a maioria das cargas das unidades consumidoras consome energia reativa indutiva, como motores, transformadores, lâmpadas de descarga,

fornos de indução entre outros. As cargas indutivas necessitam de campo eletromagnético para seu funcionamento, por isso sua operação requer dois tipos de potência: Potência ativa, medida em kW, a que efetivamente realiza trabalho gerando calor, luz, movimento, etc, e potência reativa, medida em kVAr, usada apenas para criar e manter os campos eletromagnéticos das cargas indutivas. Assim, enquanto a potência ativa é sempre consumida na execução de trabalho, a potência reativa, além de não produzir trabalho, circula entre a carga e a fonte de alimentação, ocupando um espaço no sistema elétrico que poderia ser utilizado para fornecer mais energia ativa.

As potências ativa e potência reativa juntas constituem a potência aparente, medida em kVA, que é a potência total gerada e transmitida à carga.

A razão entre a potência ativa e a potência aparente de qualquer instalação se constitui no "fator de potência", conforme a Equação 07.

$$FP = \frac{kW}{kVA} \quad (07)$$

Onde:

FP: fator de potência;

kW: potência ativa;

kVA: potência total (ou aparente);

kVAr: potência reativa.

O fator de potência indica qual porcentagem da potência total fornecida (kVA) é efetivamente utilizada como potência ativa (kW). Assim o fator de potência mostra o grau de eficiência do uso dos sistemas elétricos, valores altos de fator de potência (próximo de 1,0) indicam uso eficiente de energia elétrica, enquanto valores baixos

evidenciam seu mau aproveitamento, além de representar uma sobrecarga para todo sistema elétrico.

Com a diminuição do fator de potência, ocorre a redução do aproveitamento da energia ativa. A portaria nº 1569/DNAEE, de 23/12/93, aumentou o limite mínimo do fator de potência de 0,85 para 0,92 a partir de março de 1994. A energia reativa excedente é faturada como consumo e a partir de março de 1996, o período de avaliação do fator de potência passou de média mensal para média horária.

As principais causas do baixo fator de potência são:

- a) Motores e transformadores superdimensionados;
- b) Motores ou transformadores operando “em vazio” ou com pequenas cargas;
- c) Grande quantidade de motores de pequena potência;
- d) Máquinas de solda;
- e) Lâmpadas de descarga, utilização de reatores de baixo fator de potência;
- f) Excesso de energia reativa capacitiva. Para algumas estruturas tarifárias identificar a quantidade necessária de capacitores no período das 06:00 às 24:00 e no período das 0:00 às 06:00 horas.

As principais conseqüências do baixo fator de potência são:

- a) Flutuação de tensão, podendo ocasionar a queima de motores;
- b) Perdas na rede em forma de calor proporcional ao quadrado da corrente;

- c) Queda de tensão provocando sobrecarga dos equipamentos;
- d) Desgaste nos dispositivos de proteção e manobra;
- e) Aumento de investimento em condutores e equipamentos elétricos sujeitos a limitação térmica;
- f) Sub-utilização da capacidade instalada, impedindo a instalação de novas cargas.

Para a correção do fator de potência através de capacitores:

A correção pode ser feita instalando os capacitores de cinco maneiras diferentes, tendo como objetivos a conservação de energia e a relação custo/benefício:

- a) Correção na entrada da energia de alta tensão, corrige o fator de potência visto pela concessionária, permanecendo internamente todos os inconvenientes citados pelo baixo fator de potência.
- b) Correção na entrada da energia de baixa tensão: permite uma correção bastante significativa, normalmente com bancos automáticos de capacitores. Utiliza-se este tipo de correção em instalações elétricas com elevado número de cargas com potências diferentes e regimes de utilização pouco uniformes. A principal desvantagem consiste em não haver alívio sensível dos alimentadores de cada equipamento.
- c) Correção por grupos de cargas: o capacitor é instalado de forma a corrigir um setor ou um conjunto de pequenas máquinas (< 10 cv). É instalado junto ao quadro de distribuição que alimenta esses equipamentos. Tem como desvantagem não diminuir a corrente dos alimentadores de cada equipamento.
- d) Correção localizada: é obtida instalando-se os capacitores junto ao equipamento que se pretende corrigir o fator de potência. Representa do ponto de vista

técnico, a melhor solução, apresentando as seguintes vantagens: reduz as perdas energéticas em toda a instalação; diminui a carga nos circuitos de alimentação dos equipamentos; pode-se utilizar um sistema único de acionamento para a carga e o capacitor, economizando-se um equipamento de manobra; gera potência reativa somente onde é necessário.

e) Correção mista, com correção localizada através de bancos de capacitores fixos para cargas de consumo significativo e com correção através de bancos de capacitores automáticos para grupos de cargas menores.

3.5.Fator de Carga

ENERSUL (1998), o fator de carga é um índice que informa se a energia está sendo consumida de maneira racional. O seu valor varia entre 0,0 e 1,0, podendo indicar a relação entre o consumo de energia e a demanda de potência em um determinado período Figura 03, conforme a Equação 08.

$$FC = \frac{kWh}{tempo(T) \times kW} \quad (08)$$

Onde:

FC: fator de carga;

kWh: consumo de energia

kW: demanda de potência

T: número médio de horas do mês.

O fator de carga é determinado de maneira diferente para cada tipo de tarifa, conforme as Equações 09, 10, 11 e 12.

$$\text{Tarifa Convencional: } FC = \frac{kWh}{730 * kW} \quad (09)$$

$$\text{Tarifa Verde: } FC = \frac{kWhp + kWhfp}{730 * kW} \quad (10)$$

Tarifa Azul

$$\text{Fator de Carga no Horário de Ponta } FCp = \frac{kWhp}{66 * kWp} \quad (11)$$

$$\text{Fator de Carga no Horário fora de Ponta } FCfp = \frac{kWhfp}{664 * kWfp} \quad (12)$$

Onde:

kWh_p	consumo no horário da ponta
kWh_{fp}	consumo fora da ponta
kW_p	demanda na ponta
kW_{fp}	demanda fora da ponta
66	horas do seguimento no horário de ponta
664	horas do seguimento no horário fora de ponta
730	número médio de horas do mês

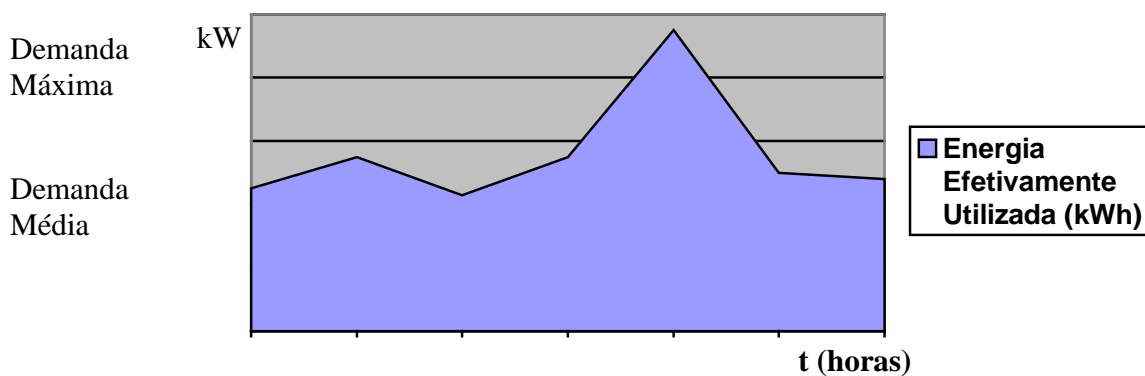


Figura 03: Gráfico de demanda em função do tempo, durante um dia.

Fonte: ENERSUL, (1998).

É assim denominado a relação entre a demanda média verificada num determinado intervalo de tempo e a demanda máxima registrada neste mesmo período.

O fator de carga é calculado pelas concessionárias do setor elétrico para avaliar o comportamento operacional dos seus consumidores tarifados pelo sistema convencional e mede o grau de uniformidade da utilização de energia elétrica de uma

determinada planta. É o fator mais característico de avaliação de racionalidade operativa de uma instalação, principalmente industrial. Manter um elevado fator de carga no sistema significa obter os seguintes benefícios:

- a) Otimização dos investimentos da instalação elétrica;
- b) Aproveitamento racional e aumento da vida útil da instalação elétrica, incluindo os motores e equipamentos;
- c) Redução e/ou deslocamento da demanda de ponta;
- d) Introdução de novas modalidades tarifárias (amarela, binômia, ou outra);
- e) Prestação de serviços adicionais ao consumidor na redução de seu consumo ou no deslocamento da sua demanda

Dentre as práticas que merecem maior atenção, num estudo global de economia de energia elétrica, está a melhoria do fator de carga, que pode ser resumida em dois itens:

- a) Conservar o atual consumo de energia, mas reduzindo a parcela correspondente à demanda. Isto se consegue diversificando o funcionamento das máquinas, realizando cronogramas de operação, diminuindo os picos de demanda.
- b) Conservar a demanda e aumentar o consumo de energia. Para tanto, deve-se aumentar a produção, sem o acréscimo de novos equipamentos, mas ampliando o período de operação. E a utilização de substituição de equipamentos antigos por novos de alto rendimento.

Russomano (1987), conceituou a demanda como sendo a potência máxima solicitada dentro de um determinado tempo, e o consumo como a quantidade de

energia efetivamente utilizada neste mesmo período que, em geral, é de um mês. A tarifa de energia elétrica, em uma empresa, pode ser estimada conforme a Equação 03.

$$PM = \frac{td \times dp}{FC \times 1000 + tc \times ce} \quad (13)$$

Onde:

PM: Preço médio de eletricidade, R\$;

td: Tarifa para a demanda, R\$/kW;

dp: Demanda de potência, kW;

tc: Tarifa para consumo de energia elétrica, R\$/ kWh;

ce: Consumo de energia elétrica, kWh;

FC: Fator de carga.

3.6.Transformadores

Brasil (1988), os transformadores são equipamentos estáticos que transferem energia elétrica de um circuito para o outro, variando os valores de corrente e tensão. Nesta transferência de energia ocorrem perdas, que dependem da construção do transformador e do seu regime de funcionamento. As perdas são de dois tipos: em vazio (no ferro) e em carga (no cobre).

As perdas em vazio correspondem às ocorridas no circuito magnético, por histerese e correntes de Foucault.

As perdas em carga são provocadas por efeito Joule, ocasionando aquecimento. O rendimento dos transformadores é, em geral, elevado, principalmente se o equipamento é de boa qualidade. O conjunto de suas perdas pode parecer desprezível quando comparado à sua potência nominal, tornando-se significativo, porém, quando comparado com o consumo total da instalação, uma vez que estes equipamentos permanecem em funcionamento, praticamente o tempo todo. Apesar do transformador ser projetado para operar adequadamente em condições de carga nominal, é evidente que, quanto maior for a carga do transformador, maior será o aquecimento do equipamento, provocando uma redução em sua vida útil. Por isso, pode-se utilizá-lo com carregamento de 30 a 80% de sua potência nominal, obtendo-se rendimento e vida útil satisfatórios.

Veja a seguir outros pontos importantes:

- Eliminar progressivamente os transformadores muito antigos, substituindo-os, quando ocorrerem avarias, por outros mais modernos.
- Quando um transformador é mantido sob tensão e não fornece nenhuma potência, suas “perdas no cobre” são praticamente nulas, enquanto que as “perdas no ferro” ocorrem sempre. Assim, é aconselhável deixar os transformadores desligados da rede quando não estão em serviço, durante prazos relativamente curtos (períodos não superiores a uma semana), evitando-se problemas decorrentes da absorção de umidade.
- Fazer manutenção preventiva nos transformadores, visando eliminar paralisações de emergência. A manutenção de transformadores é relativamente simples e se constitui basicamente dos seguintes itens: detecção de vazamentos, ensaio de rigidez dielétrica do óleo, inspeção das partes metálicas, testes de isolamento e limpeza geral.

- Comprar equipamentos de boa qualidade, observando sempre as normas brasileiras.

Tabela 02 – Valores Práticos das perdas internas em transformadores.

POTÊNCIA (kVA)	PERDAS NO FERRO (W)	PERDAS TOTAIS (W)
15	120	460
30	200	770
45	260	1.040
75	390	1.530
112,5	520	2.070
150	640	2.550
225	900	3.600
300	1.120	4.480
500	1.0350	6.700
750	1.500	13.500
1.000	1.900	16.500
1.500	2.500	25.000
2.000	3.900	25.100
3.000	4.900	31.700

Wilhanson (2003), ressalta que a vida útil do transformador de potência, geralmente projetada para quarenta anos, é determinada pela condição da celulose do isolamento de papel. A taxa de degradação do papel e a suportabilidade do óleo isolante são influenciadas significativamente pela contaminação da umidade, e analisa o uso de novos materiais esponjosos moleculares de alta temperatura, para remover de forma contínua a umidade do óleo do transformador, reduzindo sua taxa de envelhecimento.

3.7. Geradores

Delaiba Et Al (2003), estudou o comportamento elétrico e mecânico de geradores síncronos quando submetidos a situações em que cargas desequilibradas e não lineares estão presentes nos sistemas elétricos. Os resultados obtidos evidenciaram os efeitos das distorções e de desequilíbrio sobre o gerador. Deve-se destacar que os enrolamentos de armadura e amortecedores, sobretudo estes últimos foram os mais afetados. Isto sem dúvida, caracteriza problemas, uma vez que enrolamentos amortecedores foram projetados para suportar correntes somente na partida. Em regime permanente poderá ocorrer um aquecimento excessivo nas sapatas polares e uma conseqüente redução da vida útil da máquina.

Starosta (2003), em função da diversidade, é importante que se conheça bem o processo e as cargas que se pretende alimentar por um desses sistemas antes da encomenda de grupo geradores. Não instalar por acaso, devido ao grande volume de grupos recentemente instalados seja para o racionamento, como forma eficiente de cumprir a “meta” estipulada pelo governo no “apagão” ou de fornecer energia quando da falta da concessionária, seja como importante elemento em sistemas de geração ou co-geração própria viabilizada pela atual estrutura tarifária, tem-se verificado a operação inadequada de grupos geradores, que poderia ser evitada.

3.8.Motores Elétricos

De acordo com Brasil (2000), dentro do setor das indústrias, onde há a maior demanda de energia elétrica (49%), os motores são responsáveis por aproximadamente 49% deste consumo. Isto significa que a participação deles, só dentro deste setor, no consumo global do país, pode ser estimada em $0,49 \times 0,49 = 0,24$, ou seja, 24%.

Já no setor residencial, os equipamentos mais significativos correspondem aos refrigeradores e aparelhos de ar condicionado e representam cerca de 32% do consumo de energia deste setor. Evidentemente, como estes eletrodomésticos são acionados por motores elétricos e o setor consome 24%, a participação deles no consumo global é a ordem de 8 %.

Por outro lado, no setor comercial, os aparelhos de ar condicionado e refrigeração representam cerca de 15% da demanda do setor. Então, pela mesma razão anterior, os motores elétricos participam do consumo global com aproximadamente 2%.

Considerando os dois setores restantes, rural e governamental (que apresentam juntos demanda de 15%) e ainda diversas outras aplicações, podemos afirmar que no Brasil os motores elétricos são responsáveis por, no mínimo, 35% do consumo global de energia do país.

Isto é um resultado bastante expressivo. Ao mesmo tempo que se constata a grande importância dos motores elétricos, por serem responsáveis pelo processamento de mais de 1/3 da nossa energia elétrica, torna-se claro que medidas a serem adotadas, para um aumento da eficiência do seu processo de operação, provocarão uma razoável economia de energia.

Se considerar que o consumo global de energia elétrica no Brasil durante o ano de 1992 foi de 213,3 bilhões de kWh, podemos estimar que só os motores elétricos processaram mais 74 bilhões de kWh.

São mais de 10.000.000 de motores de indução trifásicos operando no nosso país. Uma utilização adequada destes motores trará benefícios imediatos aos usuários e à toda sociedade brasileira, na medida em que para os primeiros, reduzir-se-ão os custos da produção e, para o país, haverá uma considerável economia.

O avanço da eletrônica de potência dos últimos anos resulta no surgimento de novos equipamentos e de novas topologias, destinados a modernizar as técnicas convencionais de acionamentos elétricos para motores de indução. Cita Oliveira (2000), que as chaves estáticas de partidas (soft starter) apresentam as seguintes características de funcionamento: suaviza o choque mecânico, diminuir o índice de manutenção, reduz golpes de aríete e desgaste da correia, realiza comutação automática de ajustes conforme grandes variações de cargas e outros casos em que a aplicação da chave convencional não possa ser utilizada.

Rezek et al. (2000), concluiu em seu trabalho que com a utilização de soft starter em um ensaio com motor trifásico de potência 1,86 kW, 220 V e corrente nominal de 7,5 A, foi possível obter para a condição de carga leve, com corrente de operação de 2,75 A, uma economia de 5,76% para o motor ensaiado.

A WEG (2002), cita em seu guia de aplicação que um dispositivo de partida suave (soft starter), que inclua características de otimização de energia, simplesmente altera o ponto de operação do motor. Esta função, quando ativada, reduz a tensão aplicada aos terminais do motor de modo que a energia necessária para suprir o campo seja proporcional à

demanda da carga. Porém este tipo de otimização de energia possui alguns inconvenientes, principalmente, a geração de tensões e correntes harmônicas e variações no fator de potência.

Trabalho realizado por Sá et al. (1990), apresentam o equacionamento utilizado para elaboração de um programa digital em microcomputadores que permite a determinação do rendimento de motores de indução trifásicos através da medição de corrente e tensão de operação do motor. A medição é feita através de placa de aquisição de dados que está diretamente conectada ao microcomputador, permitindo-se desta forma a determinação imediata do rendimento do motor.

Conforme a publicação do Catálogo Geral de Motores Elétricos da WEG (2000) o motor elétrico é a máquina destinada a transformar energia elétrica em energia mecânica. É o mais usado de todos os tipos de motores, pois combina as vantagens da utilização de energia elétrica – baixo custo, facilidade de transporte, limpeza e simplicidade de comando – com sua construção simples, custo reduzido, grande versatilidade de adaptação às cargas dos mais diversos tipos e melhores rendimentos.

De todos os tipos de motores, o motor de indução de rotor de gaiola de esquilo é o mais simples no aspecto construtivo, segundo Kosow (1982), pois não tem comutador, nem anéis coletores, nem quaisquer contatos móveis entre o rotor e o estator. Esse tipo de construção leva muitas vantagens, inclusive a uma operação isenta de manutenção, indicando-se sua aplicação em localizações remotas, e sua operação em situações severas de trabalho, onde a poeira e outros materiais abrasivos sejam fatores considerados

Brasil (1995), o resultado apresentado no relatório de avaliação de desempenho de motores elétricos trifásicos, possibilita uma avaliação tecnológica de desempenho dos motores testados em função das grandezas que o define, ou seja, corrente a vazio, rendimento, perdas, fator de potência, etc. Nos testes realizados verifica-se a

possibilidade de redução das perdas nos motores sem o envolvimento de grandes investimentos, através de reavaliação de projetos, do maior controle de qualidade dos materiais utilizados e do processo de fabricação.

Cogo (1998), através de testes em 32 motores de indução trifásico com potências nominais compreendidas entre 3 a 100 cv, de quatro fabricantes brasileiros. Afirma a necessidade de revisar as normas brasileiras de especificação de motores e permitiu desenvolver modelos para determinação das perdas, a partir da corrente absorvida pelo motor com bastante precisão.

Segundo Shindo & Soares (1998), a medição da potência de entrada é o melhor método de determinação do carregamento de motores de indução trifásicos. Comparando os resultados de avaliação do carregamento por métodos de medida da corrente, da potência de entrada e do escorregamento, pôde-se verificar que em 78% dos motores estudados a medição da potência de entrada, demonstrou precisão superior aos demais métodos, apresentando um erro máximo de 5%.

Motores elétricos são equipamentos que dentro de certos limites técnicos fornecem a quantidade de energia mecânica demandada pela carga (Filtzgerald et al 1977). Isto significa que o rendimento do motor poderá ser insatisfatório e seu funcionamento poderá ser otimizado. Dentre os fatores que afetam o desempenho dos motores elétricos citam-se: dimensionamento incorreto, desequilíbrio entre fases e variação da tensão de alimentação em relação a nominal.

Uma das perturbações a que estão sujeitos os circuitos elétricos, denomina-se desequilíbrio de tensão, e é causada geralmente por:

a) Perda total ou parcial na isolação ou na continuidade de um condutor;

- b) Por desbalanceamento de potências nas fases em dado momento;
- c) Utilização de cabos com bitolas diferentes.

Em motores de indução a operação desequilibrada das tensões nas fases ocorre quando as tensões aplicadas ao estator não constituem um conjunto polifásico simétrico, ou quando os enrolamentos do estator ou rotor não constituem um conjunto polifásico simétrico relativo as fases (Fitzgerald et al 1977).

No Brasil, a NBR 7094, define como desequilibrado o sistema trifásico que opera com a componente seqüência zero acima de 1% da seqüência positiva, ou ainda, componente de seqüência negativa acima de 1% e 1,5% da seqüência positiva durante períodos prolongados e curtos, respectivamente. Em motores elétricos o desequilíbrio de tensão causa, dentre outras:

- a) Redução da eficiência;
- b) Redução do conjugado disponível para carga;
- c) Redução do fator de potência;
- d) Aumento da temperatura,
- e) Redução da vida útil.

Para motores operando a plena carga um desequilíbrio das tensões de 3 % causa um desequilíbrio de corrente na faixa de 20% a 25%. Um desequilíbrio da ordem de 3,5% na tensão pode aumentar as perdas do motor em 20%, BRASIL (2000). A tensão da rede deve ser regularmente monitorada e um desequilíbrio maior do que 1% deve ser corrigido.

Lacerda Filho (1998), em uma unidade de beneficiamento de sementes de milho com base nas potências instalada e estimada e nas características operacionais, verificou-se a existência de inadequação dimensional entre a capacidade horária dos equipamentos e a potência dos motores utilizados.

Na seleção de motores elétricos para acionar os mais variados tipos de máquinas e equipamentos usados em fazendas, os itens destacados por Arrudas (1971), foram as características mecânicas da máquina a ser acionada e sua maior ou menor inércia.

Para Martignoni (1978), a escolha e a utilização de motores elétricos obedecem aos seguintes critérios: tipo de ligação do estator; tensão de alimentação; elevação de temperatura que o motor alcança quando esta com carga normal; classe de isolamento que indicam quais as elevações de temperatura que o motor pode suportar e tipo de regime para o qual foi construído.

Landsdorf (1979) considera que alterações na tensão produzem variações proporcionais na corrente e na potência. No conjugado, essa variação é proporcional ao quadrado da tensão.

As variações das tensões de alimentação modificam as curvas de conjugado, afirmam Soderholm et al. (1973), e verificaram também que ocorria aumento gradual da temperatura causado por efeito Joule.

Particular atenção deverá ser dada às condições de partida no tocante à inércia a ser acionada e à frequência de partidas. Na medida em que as características dos motores de indução são interdependentes, limitações à corrente de partida impõem severas restrições ao conjugado máximo e também ao conjugado de partida, conforme Lobosco & Dias (1988). Citam também que qualquer método de partida em que ocorre a utilização de redução de tensão também ocorrerá uma redução do conjugado motor, aproximadamente com o quadrado da variação da tensão para o conjugado máximo, e com a potência 2,2 da variação de tensão para o conjugado na partida. Pode-se em primeira aproximação, admitir que a curva de conjugado motor varia em toda sua extensão com o quadrado da variação de tensão.

Veshenevsky (1972) afirma que valores diferentes de conjugado e de corrente de partida são características do motor que dependem do tipo de seus enrolamentos, sendo a categoria um dos itens que permitem a escolha de motores, tais como os de gaiola de esquilo que são os mais utilizados no meio rural.

Kasatkin & Nemtsov (1986) constataram que a relação entre o conjugado de partida e o conjugado nominal de um motor deve ser escolhida de tal forma que a uma sobrecarga momentânea não exceda seu conjugado máximo.

Segundo Nau (1997), a norma NBR 7094/1996 "Máquinas elétricas girantes - motores de indução - especificação", que substituiu a edição de 1981, é um importante documento referencial para a negociação entre clientes e fabricantes, pois altera o termo placa de identificação por marcação, permitindo inclusive a marcação das informações técnicas diretamente sobre a carcaça do motor e relata também sobre os acréscimos de informações tais como: modelo, designação da carcaça da máquina, grau de proteção, sobrevelocidade admissível, temperatura ambiente mínima admissível, fator de serviço, massa total, número dos rolamentos, capacitância e tensão do capacitor.

3.9. Superdimensionamento de Motores

Em pesquisa realizada por Moraes et al. (1985), em conjunto com a CEPEL - Centro de Pesquisas de Energia Elétrica, detectou-se o problema de superdimensionamento de motores elétricos em nível acentuado em equipamentos agrícolas, onde as condições de funcionamento são mais precárias e que exigem na maioria das vezes dos fabricantes de máquinas agrícolas o uso de motores com grande reserva de potência.

Segundo Brasil (1998), quando em regime contínuo, deve-se especificar o motor para operar entre 75% e 100% da potência nominal, o que corresponde a faixa de melhor rendimento. No dimensionamento de motores elétricos não basta medir a corrente consumida e substituir o motor por um de menor potência baseado na proporção de corrente absorvida versus corrente nominal. Além da curva de corrente não ser totalmente linear em função da potência fornecida, deve-se avaliar as condições de partida do motor. Existem vários fatores que podem provocar o superdimensionamento de motores elétricos, entre os quais podem ser citados: 1) Falta de informação sobre métodos de dimensionamento; 2) Desconhecimento das características da própria carga; 3) Sucessivos fatores de segurança nas diversas etapas de projeto; 4) Expectativa de futuro aumento de carga.

Na seleção de motores a serem utilizados em acionamentos de máquinas, devem ser utilizados critérios técnicos para que o mesmo não seja sobredimensionado, funcionando com carga parcial, que segundo Kuznetsov (1979), resultam em baixo fator de potência, devido a quase toda corrente absorvida ser utilizada para a magnetização do motor, e nem subdimensionado, a ponto de uma sobrecarga momentânea exceder seu torque máximo, saindo de seu ponto de funcionamento e estabilidade. Segundo Lobosco (1988), este fato tem como consequência o aparecimento de um conjugado freante que reduzirá a velocidade do sistema até a completa parada.

O motor deve satisfazer os seguintes critérios citados por Lopes et al. (1977): fornecer o máximo conjugado exigido pela carga, não atingir temperaturas inadmissíveis quando em operação contínua, e acelerar a carga em tempo suficiente curto para que o aquecimento não venha a danificar as características físicas dos materiais isolantes.

Segundo Marach (2001), observou-se que de um universo de 6.108 motores avaliados 37.75% encontravam-se superdimensionados para a carga que acionavam, ou seja, com carregamento abaixo de 70% da potência nominal, esta análise foi feita em 200 unidades industriais pertencentes a grupos tarifários A1, com demandas na faixa de 200 a 2500 kW. Também traz que do consumo total de energia elétrica do estado do Paraná, 44% é empregada no uso industrial e desta, 87% é utilizada em motores elétricos, sugerindo aos fabricantes que para desenvolverem uma máquina deveriam sempre considerar o binômio máquina-motor.

Ocácia et al (2002), constatou que nas instalações de bombeamento utilizadas para irrigação de arroz na região Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul, um grande potencial de conservação de energia, pois para uma potência total instalada nos sistemas analisados de 8757 kW, verifica-se uma potência líquida requerida de 4155 kW, representando 47,44% da potência instalada. Os principais motivos de perdas são tubulações mal dimensionadas, utilização de bombas de baixa eficiência, falta de manutenção, super dimensionamento de bombas, bombas mal instaladas e baixo fator de potência.

Em grande número de situações reais, a maior dificuldade, por parte do especificador do acionamento é a correta interpretação do valor numérico a ele apresentado como inércia. É bastante freqüente que tal informação venha do fabricante ou fornecedor do equipamento mecânico acionado, e muitas vezes, motores são selecionados a partir de premissas falsas, resultando em aplicações inadequadas, que solicitam o motor além de sua

capacidade térmica, ocasionando a queima do mesmo, ou em motores superdimensionados com a conseqüente operação em potência muito abaixo da nominal, ocasionando operação com baixo rendimento e baixo fator de potência, citam Lobosco & Dias (1988).

3.10 Motores de Alto Rendimento

Há pelo menos, três modos de otimizar os sistemas mecânicos de potência nas indústrias, de acordo com Contant et al. (1997):

- substituir todos os motores padronizados por motores de alto rendimento;
- utilizar controle de velocidade variável nos sistemas mecânicos de potência; e
- realizar manutenções regulares e preventivas nos equipamentos.

A substituição dos motores por modelos de alto rendimento justifica-se pelo fato de que apresentando a mesma potência útil que outros tipos de motores, venham a consumirem menos energia elétrica da rede. Apresentam as seguintes características: chapas magnéticas de melhor qualidade, maior volume de cobre, enrolamentos especiais, rotores tratados termicamente, altos fatores de enchimento das ranhuras, anéis de curto circuito dimensionado para reduzir perdas Joule e projetos de ranhuras do motor otimizados para incrementar o rendimento.

A adoção de motores de alto rendimento nas indústrias tem sido lenta devido à indisponibilidade de informações quantitativas confiáveis sobre os motores em operação e, conseqüentemente, sobre os benefícios a serem obtidos, relatam Lewis et al (1997), pois a falta de meios para quantificar o rendimento dos motores existentes dificulta a

justificativa de custos adicionais de capital para investir em trocas por motores de indução de alto rendimento.

Lobosco & Dias (1988), citam que a substituição de motores deve levar em consideração também, o critério do retorno do capital, que se dará pela redução do consumo de energia resultante da utilização do motor de melhor rendimento.

A manutenção periódica dos motores elétricos se faz necessária para evitar diminuição na vida útil do motor.e queda de rendimento. Deve-se verificar os seguintes itens: níveis de isolamento, elevação de temperatura, desgastes excessivos, correta lubrificação dos rolamentos e exames no ventilador, para o correto fluxo de ar.

De acordo com o diagnóstico do potencial de conservação de energia na indústria realizada por Latorre et al. (1990), sob coordenação da Companhia Energética de Minas Gerais - CEMIG, em uma análise preliminar de custo/benefício, apresenta-se viável, indicando retorno de investimento que variam de 2,8 a 5,1 anos, considerando-se um cenário otimista e um pessimista respectivamente.

Soares et al (2000), mostra um perfil do setor de motores elétricos no Brasil e compara com as realidades norte-americanas e canadenses, considerando aspectos como rendimento, número de fabricantes, e volume de vendas, entre outros. Mostra ainda de que forma o uso de motores energeticamente eficientes é incentivado nesses mercados e no Brasil, através de normalização e programas de rebates.

Os motores considerados de alto rendimento, conforme WEG (2000), são os motores projetados para, fornecer a mesma potência útil (na ponta do eixo) que outros tipos de motores, e consumir menos energia elétrica da rede. Construtivamente os motores de alto rendimento possuem as seguintes características: chapas magnéticas de melhor qualidade (aço silício); maior volume de cobre, que reduz a temperatura de operação; enrolamentos

especiais, que produzem menos perdas estatóricas; rotores tratados termicamente, reduzindo perdas rotóricas; altos fatores de enchimento das ranhuras, que provêm melhor dissipação do calor gerado; anéis de curto circuito dimensionados para reduzir as perdas Joule; e projetos de ranhuras do motor que são otimizadas para incrementar o rendimento.

Campana et al (2000a), avaliou-se a viabilidade técnica e econômica da adequação da potência de motores elétricos convencional em relação ao alto rendimento, a partir do número de horas de funcionamento anual, e conseqüente redução da potência dos motores foi viável economicamente na maioria das situações. A adequação de força motriz como alternativa de gerenciamento do lado da demanda deve ser estudada para cada situação de carga, isto é, bomba centrífuga, tipo de motor, número de horas de funcionamento e os parâmetros econômicos.

A substituição de motores tipo convencional por outros, de alto rendimento adequado, e ou, aumento do número de horas de funcionamento anual, podem apresentar taxas internas de retorno superiores a 60%. Esses dados indicam o grande potencial de viabilidade técnica e econômica da racionalização de energia elétrica a partir da adequação de força motriz.

Para a adequação de força motriz é importante que se faça a avaliação do índice de carregamento e do índice de rendimento do motor na condição de carga atual. A avaliação do índice de rendimento atual do motor elétrico pode ser determinada de três formas:

- a) Medição da corrente elétrica do estator
- b) Medição do fator de potência
- c) Medição da potência útil.

A determinação do índice de rendimento por meio da medição da corrente elétrica é a mais utilizada, por ser a mais simples. De posse da corrente elétrica do motor, trabalhando a plena carga, e seus dados de placa, determina-se o índice de carregamento (IC), por meio da curva característica de rendimento (WEG, 2000). Na determinação do índice de rendimento de motores elétricos deve-se levar em consideração o desbalanceamento de tensões e o nível de tensão, haja vista a grande influência destes parâmetros no índice de rendimento dos motores elétricos (BRASIL, 1998).

De acordo com Brasil (2000), o motor elétrico de indução do tipo gaiola de esquilo é o mais importante no uso final de energia elétrica no país. No Brasil, a quantidade de energia por ele processada é superior a 30% da energia elétrica total gerada. Diante disto, qualquer iniciativa para aumentar o rendimento destes equipamentos trará grande economia ao país.

Há mais de uma década que os fabricantes de motores vem desenvolvendo esforços para a redução das perdas destes equipamentos. Desta forma, além de fabricarem motores classificados como “standard” (motores da linha-padrão ou convencional), apresentam também uma linha de produtos denominada de Alto Rendimento (de cor azul).

As reduções das perdas, com a consequência do aumento da eficiência, foram obtidas com o aumento dos custos de fabricação. Assim, motores de alto rendimento são mais caros do que os motores da linha-padrão. No entanto, por serem mais eficientes gastam menos energia que os motores da linha padrão para a mesma aplicação, em consequência, este custo adicional de aquisição é compensado por menos custo operacional. Os tempos de retorno do capital investido geralmente são baixos e os seus benefícios econômicos se evidenciam nas economias estáveis, já que em condições normais de operação o motor pode durar mais de 12 anos.

Em resumo, o uso de motores de alto rendimento deve ser considerado, analisando-se também os custos de operação e não apenas o custo inicial.

3.11. Inversores de Frequência

Shonete & Neban (2003), tiveram como objetivo deste artigo, explicar os fenômenos particulares observados nas instalações de BT, nos casos de sobrecarga ou de falta elétrica nos circuitos equipados com variadores de velocidade do tipo inversor de frequência. São apresentadas diversas recomendações para escolher e instalar o tipo adequado de proteção, de forma a garantir a segurança das pessoas e dos bens, e também para alcançar uma melhor continuidade de serviço. Os inversores de frequência para motores assíncronos tem no seu princípio de funcionamento fornecer ao motor uma onda da tensão de amplitude e frequência variável, mantendo a relação tensão/frequência sensivelmente constante, cuja onda de tensão é gerada por um dispositivo eletrônico de potência.

Selva et al (2003) – Através de um ensaio em motores de indução trifásico standard com tensão nominal de alimentação de 220V e potência no eixo de 3 cv, alimentado por um inversor de frequência operando nos modos escalar e vetorial. Assim, a comparação de desempenho entre os modos de parametrização do inversor também foi obtida. Foi utilizado, para efeito de comparação com o inversor, um sistema de acionamento implementado a partir de um conversor rotativo, com opção de variação de tensão e frequência, constituída por um motor de corrente contínua acionando um gerador síncrono trifásico.

Portanto, o motor de indução trifásico foi alimentado por um sistema de tensões senoidais (conversor rotativo) e por um sistema de tensões PWM (inversor de frequências). O acionamento senoidal permitiu, assim como o inversor de frequência, a aplicação no motor de tensões e frequências variáveis, mantendo-se constante a relação tensão-frequência. Para medições de potências consumidas pelo motor de indução trifásico (MIT), utilizou-se o analisador trifásico Voltech PM-300, equipamento que permite leituras de formas de ondas de tensões e correntes não-senoidais.

Segundo Otoboni (2002), o inversor vetorial deverá ser utilizado quando necessitamos de pelo menos uma das características abaixo:

- Torque elevado com baixa rotação, ou rotação zero (Ex: ponte rolante).
- Controle preciso de velocidade (Ex: eixo-árvore de máquinas operatrizes).
- Torque regulável (Ex: tração elétrica).

O inversor escalar pode ser utilizado quando necessitamos de:

- Partidas suaves (Ex: motores com cargas de alta inércia).
- Operação acima da velocidade nominal do motor (Ex: furadeiras, frezadoras).
- Operação com constantes reversões (Ex: eixos coordenados de máquina-ferramenta).

Uma observação importante é a de que sempre um inversor vetorial pode substituir um escalar, mas nem sempre o escalar pode substituir um vetorial. Apesar disso, nem toda aplicação é crítica o bastante para o uso do vetorial. No que se refere ao aspecto construtivo de um inversor vetorial, ele é bastante semelhante ao escalar. Alguns fabricantes utilizam até o mesmo hardware para os dois tipos, mudando apenas o software aplicativo para controle vetorial. Outros utilizam uma placa extra que, quando presente, transforma o inversor escalar em vetorial. De um modo ou de outro a diferença de preço entre

eles vem caindo a cada dia, porém, quando a aplicação não for crítica, a utilização de escalares poderá representar uma economia razoável.

Brasil (1998), afirma que o motor elétrico atende satisfatoriamente as exigências das aplicações à velocidade constante. No entanto, muitas aplicações de motores requerem velocidade variável, como em um ventilador de várias velocidades, ou mesmo com uma faixa de velocidades continuamente ajustável.

Na maioria das aplicações, os motores são ligados diretamente a uma rede de alimentação (CCM- Centro de Controle de Motores) e funcionam de acordo com as suas próprias características de torque-velocidade. O ponto de operação (velocidade-torque) é determinado pela carga mecânica acoplada ao eixo do motor.

Entretanto, em muitos casos, os motores são providos de equipamentos de controle, capazes de modificar suas características de funcionamento, a fim de adequá-los melhor às necessidades da carga. O controle mais comum é o da velocidade do motor, mas o torque, a aceleração e a posição angular também podem ser controlados. Basicamente, existem três tipos de controle de velocidade: controle mecânico, controle elétrico e o controle eletrônico (em ordem cronológica). O controle mecânico de velocidade do motor é conseguido através do uso de polias e engrenagens. O maior inconveniente nesse tipo de controle é que só se consegue alguns valores de velocidade, dependendo da relação das engrenagens ou das polias. Na categoria de controle elétrico se destaca o tradicional sistema Ward- Leonard, onde a variação da resistência de campo do gerador faz com que o motor seja alimentado por uma tensão variável. Já o controle eletrônico é caracterizado pelo uso de chaves eletrônicas no controle. Com esse tipo de controle foi possível melhorar significativamente a qualidade do acionamento, que além de mais eficiente, requer o emprego de menos matéria-prima. Um

exemplo é o sistema Ward- Leonard estático, que substituiu o grupo motor-gerador do sistema Ward-Leonard tradicional por um retificador controlado a tiristores.

Haddad (1999) destaca que o PROCEL também atuou na montagem e no melhoramento de laboratórios de pesquisa, através de aporte direto de recurso financeiros, podendo-se citar, no caso do CEPEL, o Laboratório de Conservação de Energia, que realiza ensaios em refrigeradores, freezers, aparelhos de ar condicionado, lâmpadas incandescentes e reatores eletromagnéticos. Além desse laboratório, pode-se destacar o laboratório de chuveiros elétricos, no IPT, e o laboratório de motores elétricos, na EFEI – Escola Federal de Engenharia de Itajubá.

Com relação aos motores elétricos, foram realizadas pesquisas que detectaram ganhos significativos no consumo de energia elétrica destes equipamentos. Estes ganhos variaram de 3%, para motores elétricos na faixa de 40 cv a 200 cv, até 10%, para motores abaixo de 1 cv. Além disso, verificou-se que a utilização de controladores de velocidade variável possibilitaria ganhos em conservação acima de 20%.

Em se tratando de média tensão, conforme Hickok & Wickiser (1989) e Wu et al. (1992), relatam em seus trabalhos que os inversores de frequência com tiristores tornaram-se a tecnologia padrão para inversores de frequência. Porém Hammond & Penteadó (1997), argumentam que esses inversores apresentam algumas desvantagens em sua utilização, pois injetam uma quantidade significativa de harmônicos de corrente na rede e operam com fator de potência baixo quando a velocidade é reduzida.

Ottoboni (2002), baseado na performance dos acionamentos de corrente contínua, a tecnologia de conversores de correntes alternadas evoluiu proporcionando as mesmas características de controle de velocidade e de torque, mas usufruindo das vantagens oferecidas pelos motores assíncronos trifásicos. O primeiro passo desta evolução

foram os conversores de frequência com controle escalar (ou V/f) e chaveamento PWM, e posteriormente visando melhorar a performance dos conversores de frequência foi desenvolvido o modelo de controle vetorial.

Nas aplicações onde há uma grande variação da carga dos motores, acionamentos eletrônicos de velocidade variável (ASD - Adjustable Speed Drives) podem ser viáveis, com tempos de retorno do investimento tipicamente de um a quatro anos. ASDs de última geração são fabricados por uma empresa brasileira (Weg Acionamentos) e importados por grandes multinacionais como Siemens, ABB, Reliance e Toshiba.

Para a adequação de potência deve-se mensurar o rendimento do motor elétrico na condição de carga, o que não é uma tarefa simples, já que seriam necessários equipamentos caros, sofisticados e específicos. Atualmente, a avaliação do rendimento é feita de forma indireta. Dentre os parâmetros mais utilizados citam-se: 1) Potência de entrada; 2) Corrente; 3) Escorregamento e 4) Fator de potência. Assim a avaliação do rendimento é feita a partir das curvas característica dos motores.

WEG (2001), o advento de acionamento de velocidade variável, confiável e de custo efetivo, mudaram rapidamente os procedimentos antigos de uso de meios mecânicos e motores de corrente contínua para controles. Estes acionamentos, que regulam a velocidade do motor, controlando a tensão e a frequência da rede, tem alargado vastamente a abrangência das aplicações e capacidades dos motores de corrente alternada. Muitos efeitos são positivos, velocidades baixas significam ciclos menores (portanto fadiga minimizada) dos rolamentos, ventoinhas e outros elementos girantes. A “Partida Suave” de um motor elimina os altos esforços da partida nos enrolamentos estatóricos e barras do motor que são usuais quando os motores partem diretamente da rede.

Acionamento de frequência ajustável pode influenciar positivamente na vida útil do motor, quando adequadamente aplicados. Há, contudo, uns poucos fatores importantes que devem ser considerados quanto ao uso de motores com acionamentos. Estes problemas são bem definidos e administráveis e devem ser levados atualmente em consideração:

- a) Tensão de modo comum
- b) Harmônicas
- c) Frequência de chaveamento de ondas estacionárias.
- d) Faixa de velocidade e aspectos na partida.

Com a utilização dos inversores de frequência pode-se utilizar os motores de corrente alternada com as mesmas vantagens em relação aos motores de corrente contínua.

- a) Baixa manutenção do consumo de escovas comutadoras
- b) Ausência de faiscamento
- c) Baixo ruído elétrico
- d) Custo inferior
- e) Velocidade de rotação superior.

Campana et al (2000b), verificou a viabilidade técnica e econômica da utilização de inversores de frequência para racionalização do uso de energia elétrica em um sistema de irrigação tipo pivô central de média pressão. Também avaliou que propicia a liberação de carga de transformador quando há a utilização deste equipamento.

Eberle (2000), os inversores de frequência são equipamentos da eletrônica de potência que permitem o controle de velocidade e, conseqüentemente, de torque em motores assíncronos trifásicos tipo gaiola de esquilo. Esses dispositivos encontram-se

disponíveis para as potências comerciais dos motores elétricos existentes no mercado, permitindo alterar, dentre outras variáveis, a frequência de alimentação de determinada carga elétrica, em uma faixa entre 1,5 e 400 Hz. Os inversores de frequência ajustam a frequência de motores elétricos de modo a terem rendimentos próximos ao nominal, isto é, rendimento do motor para a condição de 100% de carregamento nominal (HANSON et al., 1996), garantindo fator de potência superior a 92%, que é atualmente o valor mínimo exigido por lei.

Apesar dos inversores de frequência adicionarem uma quantidade significativa de harmônicos na rede, apresentam algumas vantagens adicionais que possibilitam:

- a) A utilização de motores trifásicos em redes de distribuição monofásicas, desde que a capacidade de corrente do inversor seja 50% superior àquela da corrente nominal do motor;
- b) A minimização do prejuízo decorrente da variação de tensão na rede elétrica sem que haja, dentro de certos limites, prejuízos ao motor e ao controlador;
- c) A proteção do motor e do inversor, incluindo relê térmico de sobrecarga e proteção para evitar fuga de corrente para a terra;
- d) A frenagem e partida com aceleração controlada e, ou, frenagem rápida;
- e) A partida já com o motor em funcionamento;
- f) A utilização de velocidades já pré-selecionadas;
- g) O controle da corrente de partida e regulação de velocidades;
- h) Obter baixo consumo de potência reativa

Cruz (2001), apresenta um modelo matemático baseado na teoria Fuzzy, para determinar o tempo de aeração de uma certa massa de grãos, e utilizando um conversor de frequência permitindo obter a frequência necessária em função do acréscimo de tempo de aeração para que o motor opere com velocidade reduzida visando diminuir o consumo de energia elétrica sem que haja prejuízo para massa de grãos ensilada, comportando-se muito bem quando comparada aos modelos convencionais.

Desta forma, a utilização de inversores de frequência proporciona um grande potencial de economia de energia elétrica por meio do controle da frequência de alimentação dos motores elétricos, adequando-os à solicitação de carga.

Atualmente é possível operar os motores de indução com velocidade variável, através da utilização dos conversores de frequência. Estes conversores tem a característica de fornecer tensão e frequência variáveis, a partir de uma fonte de alimentação com tensão e frequência constantes, segundo Andreas (1992).

O simples uso de inversores de frequência para variação de velocidade de motores já implica em reduzir o consumo de energia elétrica, já que, ao se reduzir a velocidade, reduz-se também a tensão do motor e o consumo de energia.

Tendo como meta obter-se máximo de economia, as seguintes tecnologias merecem atenção especial: a “função especial de economia de energia”, disponível em alguns acionamentos de qualidade; a utilização de equipamentos regenerativos; e o emprego da nova tecnologia de motores a ímãs permanentes IPM.

3.12 Agroindústrias

Em pesquisa realizada por Moraes et al. (1985), em conjunto com a CEPEL - Centro de Pesquisas de Energia Elétrica, detectou-se o problema de superdimensionamento de motores elétricos em nível acentuado em equipamentos agrícolas onde as condições de funcionamento são mais precárias e que exigem na maioria das vezes dos fabricantes de máquinas agrícolas, o uso de motores com grande reserva de potência.

Conforme Balanço Energético Nacional de 1996, o setor agropecuário apresentou um incremento na demanda de energia elétrica de $5,9 \times 10^5$ tEP em 1980, para $2,6 \times 10^6$ tEP em 1995, aumentando de 9,7% para 29,7% a proporção entre as diferentes fontes. Estas informações levam a concluir que é urgente a necessidade de avaliação dos sistemas produtivos, que demandam este tipo de energia e, especificamente, nas unidades de processamento e beneficiamento de sementes e grãos comerciais, cujas estatísticas são inexistentes para informações desta natureza.

Lopes et al. (1992) informaram que, em 1980, por determinação do Conselho Nacional do Petróleo, foi proibida a utilização de qualquer dos derivados de petróleo para a secagem de cereais, de madeira e fumo. Esta decisão forçou os setores de secagem e armazenagem de produtos agrícolas a encontrarem alternativas que substituíssem os combustíveis fósseis. A consequência desta medida foi a utilização, indiscriminada, de florestas nativas, causando grandes prejuízos ao ecossistema. O suprimento de madeira para as fomalhas deveria ser feito através de florestas energéticas.

Lopes et al (2000), recomenda que a implantação de um programa interno constitui o primeiro passo para o combate do desperdício e o uso racional de energia dentro de uma unidade armazenadora. Um programa bem elaborado permitirá otimizar o uso da energia, evitando ação isolada e duplicação de esforço que tende a perder seus efeitos ao

longo do tempo: é melhor utilizar os recursos econômicos, materiais e humanos para minimização da relação consumo/serviço, contribuindo assim para a redução dos custos embutidos com energia nas taxas de serviços de armazenagem prestadas.

Lopes et al (2000), afirma que as unidades armazenadoras são grandes consumidoras de energia elétrica. Assim, a determinação e a eliminação das fontes de desperdícios, por meio de uma auditoria energética, deve ser uma prática rotineira. Na avaliação geral sobre a eficiência de equipamentos específicos, a energia elétrica representa parcela que pode comprometer o rendimento global da unidade de pré-processamento. E sugere que as medidas a seguir podem contribuir significativamente para melhor eficiência dos equipamentos e para o uso racional de energia:

- a) Verificar se os condutores elétricos encontram-se corretamente adequados;
- b) A fuga de energia constitui uma causa comum de perda de energia;
- c) Evitar sobrecarga dos transformadores;
- d) Dar atenção especial ao fator de potência;
- e) Instalar transformador pequeno para entressafra para evitar perdas a vazio;
- f) Verificar o índice de carregamento dos motores elétricos;
- g) Verificar a eficiência dos acoplamentos;
- h) Elaborar plano de manutenção de acordo com recomendação do fabricante;
- i) Mantenha lâmpadas e lentes de refletores limpas;
- j) Dar preferência para lâmpada fluorescente;

k) Em área externa dar preferência para lâmpadas de vapor de sódio;

Segundo Lopes et al. (2000), existe um grande potencial de economia de energia elétrica nas unidades armazenadoras. O secador é um dos equipamentos utilizados no processo de secagem que trabalham com cargas variáveis e ainda é desconhecido um estudo da utilização de inversores de frequência em secadores, visando economia de energia elétrica e automação do processo de secagem. Sendo assim, pensando neste potencial de economia de energia elétrica na cidade e no campo, a ANEEL-PROCEL/ELETROBRÁS-CEMIG, lançaram o Programa de Inversores de Frequência (CEMIG, 2001). Com este projeto, a CEMIG tem como meta economizar 1,5 MW de energia elétrica em 2001, somente com a utilização de inversores acoplados a motores elétricos.

Junior (2000), demonstra como resultado das avaliações feitas na maioria dos motores que compõem uma unidade armazenadora, que estes estão operando com potência úteis abaixo de 60% das potências nominais, as correntes úteis assumem valores muito próximo das correntes mínimas nominais, e os valores dos fatores de potência médios apresentaram valores muito inferior aos valores dos fatores de potência nominais, indicando a necessidade de uma melhor avaliação quanto ao dimensionamento das potências dos mesmos, visando otimizar o uso de energia elétrica, diminuir os custos de aquisição de equipamentos.

3.13.Secador e Armazenagem de Grãos.

3.13.1 Máquinas de Pré-limpeza

Weber (2001), máquina pré-limpeza retira da massa de grãos impurezas como: grãos de outras culturas, ervas silvestres e daninhas, materiais inertes, terra, cascas e pó do próprio produto.

Máquinas com as características de limpeza podem ser utilizadas como pré-limpeza. Esta opção vem sendo muito utilizada, pois em muitos casos, com o uso da máquina de limpeza antes do secador, pode ser evitar o uso da pós-limpeza. Além disso, elas possuem mais capacidade de beneficiamento por contarem com maior ventilação e mais peneiras.

São de construção inteiramente metálica e fixas sobre bases geralmente de concreto. O produto recebido na unidade é descarregado na moega de recepção e elevado desde o fundo desta até uma altura determinada por um elevador de canecas, da qual é conduzido por gravidade através de uma tubulação, até a máquina.

Em máquina de pré-limpeza, a furação das peneiras principais é geralmente um pouco maior que as de pós-limpeza, porque a função da pré-limpeza é limpar o suficiente para que o secador tenha um bom rendimento e uma operacionalidade adequada. Os meios grão e os grãos quebrados, a pré-limpeza não deve separar, pois é salutar que os mesmos passem pelo secador junto com o produto bom para secar e somente seja retirado na pós-limpeza, antes da armazenagem.

Os cereais procedentes da lavoura e colhidos por máquinas combinadas, denominadas automotrizes ou colheitadeiras, não apresentam condições adequadas de imediato armazenamento. Os produtos recebidos da lavoura possuem, em sua

grande maioria, elevado teor de impurezas, inadequadas para o armazenamento e fora dos padrões de comercialização.

Weber (2001), afirmou que as máquinas específicas para diminuir o teor de impurezas dos grãos são conhecidas como máquinas de pré-limpeza, quando localizadas antes do secador. A função destas máquinas é retirar as impurezas até um grau adequado para a operação de secagem.

Os componentes principais da Máquina de Pré-Limpeza são:

- a) Corpo da máquina, contendo a câmara gravitacional, regulagens de ar, tampas de inspeção e limpeza;
- b) Entrada dos grãos;
- c) Exaustor (ventilador) e saída do ar para o ciclone;
- d) Acionamento do ventilador;
- e) Caixa de peneiras superior;
- f) Caixa de peneiras inferior;
- g) Acionamento contendo mancais, eixo, excêntricos e bielas;
- h) Calha de impurezas e ensaque;
- i) Saída dos grãos;
- j) Estrutura.

Hepke & Werne (1939) citados por Lacerda Filho (1998), estudaram as máquinas de movimentação e classificação de materiais granulares. Concluíram que no caso de classificação, quando se usa inclinação da chapa perfurada, deve-se aumentar a potência necessária como incremento correspondente à metade do quadrado percentual, como,

por exemplo, se a inclinação é de 20,0° o incremento será de 200% ($20^2/2=200$). Como informação prática, sugeriram uma variação no raio de excentricidade, para oscilação da peneira entre 0,01 e 0,025 m. O braço do excêntrico deve ter entre 40 e 50 vezes o raio. O número de rotações deve variar entre 250 e 500 rpm. A velocidade no puxador da manivela do excêntrico pode ser estimada pelas Equações 14 e 15.

$$V = \frac{\pi \times r \times n}{30} \quad (14)$$

$$V_p = \frac{2 \times V}{\pi} = 0,637 \times V \quad (15)$$

Onde:

V : velocidade no puxador, (m/s);

r : raio excêntrico, (m);

n : número de rotações, (rpm);

V_p : velocidade de deslocamento, (m/s);

O avanço do produto em cada impulso pode ser estimado pela Equação 16.

$$L_x = \frac{60 \times V}{n} \quad (16)$$

Onde:

L_x : avanço unitário do produto, (m);

A determinação da potência aproximada pode ser feita a partir da Equação 17, considerando a posição horizontal para a mesa de separação.

$$Pot = \frac{Qt \times L}{200 \text{ a } 400} \quad (17)$$

Onde :

Pot : potência da máquina, (hp);

Qt : capacidade da máquina, (t/h);

L : comprimento da peneira, (m);

200 a 400 : fatores empíricos de conversão;

3.13.2 Secadores de Cereais

Como foi dito anteriormente, quando chegam do campo os grãos são acompanhados de um certo teor de impurezas, que precisam ser removidas através das máquinas de pré-limpeza, bem como de uma quantidade de água superior à permitida para a armazenagem por períodos prolongados. Atualmente os produtos são colhidos com teores de umidade elevados, pois existe uma relação entre perdas na lavoura e teor de umidade. Weber (2001), afirmou que as perdas serão menores à medida que os grãos são colhidos com mais umidade, permanecendo menos tempo na lavoura, e, portanto, menos sujeitos ao ataque de insetos e fungos. O clima favorece ainda, a respiração, que juntamente com o metabolismo e as reações químicas, denominadas oxidação, são responsáveis pela “quebra”, que é a perda de peso dos grãos. Segundo Weber (2001), os secadores com recirculação de ar Figuras 04 e 05, desenvolvidos recentemente, diferenciam dos anteriores por suas características inovadoras na secagem, na circulação do ar, no resfriamento e na menor potência consumida, com elevada economia de energia e de combustível.

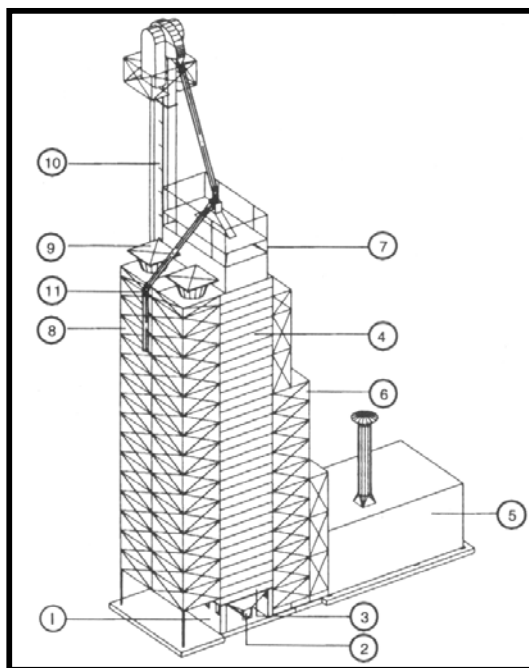


Figura 04: Secador em Perspectiva

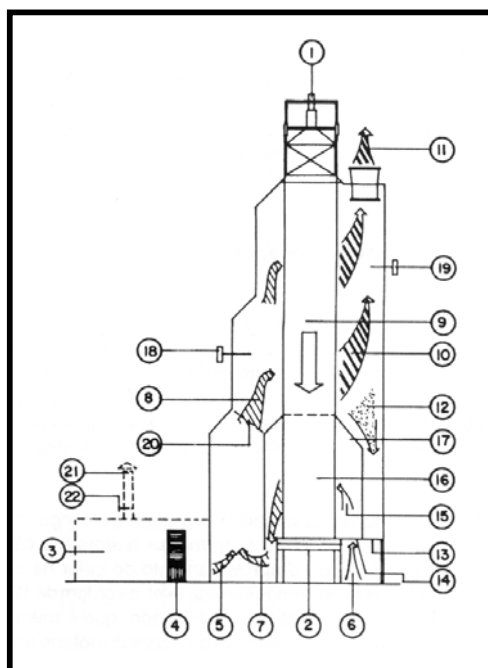


Figura 05: Diagrama do fluxo de ar

Fluxo de Grãos: Inicialmente identificamos o fluxo de grãos, que será sempre o mesmo para qualquer secador, com a alimentação pela parte superior (1), passando pela câmara de secagem e de resfriamento e saindo através da mesa de descarga(2);

Fluxo de Ar: O ar ambiente é aquecido na fornalha, onde se aquece a valores elevados. Através dos registros(4), o ar de combustão recebe uma mistura de ar frio, saindo da fornalha(5) na temperatura desejada, e atravessando o secador no sentido da fornalha para os ventiladores. Parte deste ar aquecido, aproximadamente um terço, passará através da câmara inferior(6), fazendo o resfriamento e saindo aspirado por ventiladores. Dois terços do ar de secagem (8) farão a secagem na câmara superior, atravessando a massa de grãos e saindo em (10), aspirado por ventiladores.

O cálculo da potência do motor do exaustor de um secador depende diretamente da pressão e da vazão, segundo Equação 18.

$$Pot = pstxQ/75x\eta \quad (18)$$

Onde :

Pot : Potência do motor , (cv);

pst: Pressão total, (mmca);

Q : Vazão, (m³/s);

η : Rendimento (0,6 a 0,8)

3.13.3.Elevadores de Caçambas

Weber (2001), os elevadores, como o próprio nome sugere, são utilizados para o transporte no plano vertical, elevando os grãos de um nível inferior a outro mais elevado, para continuidade do processo ou para o armazenamento. Enquanto o transporte no plano horizontal conta com várias opções o movimento de grãos a alturas mais elevadas e em volumes maiores, dispõe apenas de elevadores. Existe uma gama muito grande de capacidade de caçambas para grãos encontrada no mercado, a partir de apenas 10 t/h até 1000t/h.

Para o acionamento, o sistema de redução de velocidade rebaixa a rotação a partir do motor, geralmente de 1740 rpm até a rotação desejada do eixo do tambor motriz. O sistema pode ser de motor redutor, moto-redutor ou ainda de contramarcha, com um eixo intermediário e polias e correias. O motor que aciona o elevador por contramarcha, está montado sobre trilhos que permitem esticar as correias.

Os elevadores de caçambas são utilizados para o transporte no plano vertical, elevando os grãos de um nível inferior para outro superior, para a continuidade do processo ou para o armazenamento.(Weber 2001)

A Figura 06 abaixo mostra um elevador de caçambas no qual destacamos os principais componentes:

- a) Cabeça com acionamento e plataforma;
- b) Corpo com calhas e escada;
- c) Pé do elevador com esticador;

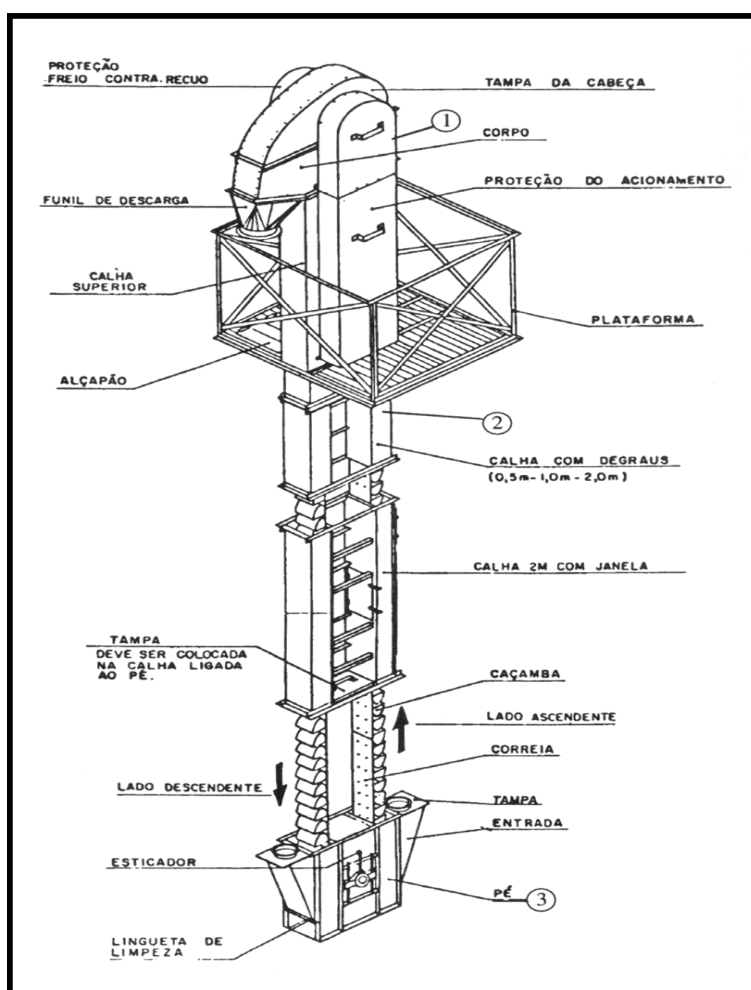


Figura 06: Elevador de Caçambas

A cabeça do elevador tem como função principal a descarga dos grãos elevados, através da correia e caçambas. É muito importante conhecer o diâmetro do tambor e sua rotação, pois a partir destes dados podemos calcular a velocidade da correia através da Equação 19.

$$V = \frac{\pi \times D \times N}{60} \quad (19)$$

Onde:

D : diâmetro do tambor, (m);

N : rotação do tambor , (rpm);

Segundo Lacerda Filho (1998), a capacidade do transportador é função da capacidade individual, da velocidade e número de caçambas, por unidade de comprimento da correia, podendo ser estimada pela equação 20.

$$Cap = v \times N \times Qc \quad (20)$$

Onde:

Cap : capacidade do transportador, (kg/min);

N : número de caçambas por (m);

Qc : capacidade de cada caçamba, (kg/caçamba);

v : velocidade da correia, (m/s);

O cálculo da potência do motor elétrico de um elevador de caçambas é função da capacidade nominal, velocidade e distância entre eixos, podendo ser calculada através da Equação 21, (Kepler Weber Industrial S/A. 1999).

$$P = \frac{Q \times (H_o + H_s)}{310} \quad (21)$$

Onde:

P_{mot} Potência do motor, kW;

Q : Capacidade nominal, t/h / 0,9;

H_o: Distância entre eixos, m;

**H_s*: $0,15 V^2 + 1,2 V$, m;

V: Velocidade da correia, m/s;

***H_o*=*H_t* - (1,10 + 0,25), m ;

H_t: Altura total do Elevador, m;

3.13.4.Fitas ou Correias Transportadoras

Weber (2001), correias transportadoras realizam transporte na posição horizontal, deslizando sobre roletes de forma suave e silenciosa. São equipamentos indicados para movimentações de média e alta capacidade, exige pouca manutenção, baixa potência em relação a outros transportadores e causam um mínimo de dano mecânico ao produto . Também podem trabalhar na posição inclinada de até 8 graus para qualquer tipo de grão ou até 12 graus. Porém, nestas condições, grãos como soja oferecem um percentual de retorno com diminuição da capacidade do transportador.

As correias transportadoras podem ser reversíveis, isto é movimentam materiais alternadamente de um lado para outro e vice-versa, nos dois sentidos, utilizando o retorno da correia que é apoiado sobre cavaletes de carga.

O acionamento das correias transportadoras pode ser direto através de moto-redutor, motor e redutor ou de polias e correias.

São equipamentos utilizados para o transporte de granéis na posição vertical, amplamente utilizado por sua baixa manutenção, e mínimo índice de dano ao produto transportado. Towers (1970) citado por Lacerda Filho (1998), mostrou que as fitas podem ser providas de dois tipos de leito para acomodar o material. Um deles tem a forma de cocho e ângulos de 20°, 35° e 45°, sendo muito comum no transporte de sementes e grãos a granel e de farelos, enquanto o outro, de formato plano, é utilizado para transportar materiais como lascas, cascas, raspas, e outros com a mesma natureza. O autor afirmou, ainda, que o ângulo máximo de inclinação é função da natureza do material transportado.

Segundo Lacerda Filho (1998), para se calcular a potência da correia transportadora, deve-se levar em consideração a possível elevação do produto, as resistências opostas ao deslocamento da fita e a contrária ao movimento. O cálculo é efetuado em três etapas:

a) Estimativa da potência necessária para a movimentação da fita sem carga, Equação 22.

$$Pot a = \left[\frac{v_1 \times 1,292 \times (0,015 + (0,000328 \times L))}{100} \right] \quad (22)$$

b) Estimativa da potência necessária para movimentar o produto na posição horizontal (Equação 23).

$$Pot\ b = \left[\frac{Mp \times (0,84 + (0,0099 \times L))}{100} \right] \quad (23)$$

No caso da correia não se deslocar sobre roletes, os fatores 0,00328 e 0,0099, das Equações 22 e 23, devem ser divididos por 10. Esta é uma correção empírica, feita devido ao aumento do atrito entre a correia e a superfície que lhe servirá de apoio (Giudice et al , 1972).

c) A estimativa da potência para o transporte na posição inclinada é feita pela Equação 24, e da potência total pela Equação 25.

$$Pot\ c = \frac{He \times 3,33 \times Mp}{100} \quad (24)$$

$$Pot\ \square = Pot\ a + Pot\ b + Pot\ c \quad (25)$$

Onde:

Pot : Potência total estimada, (cv);

V : Velocidade da fita, (m/min);

L : Largura da fita, (m) ;

Mp: Necessidade de transporte, (t/h);

He: Altura de elevação, (m).

A largura da fita é função do volume a ser transportado por unidade de tempo que, por sua vez, é função da área da seção transversal e da velocidade máxima de operação.

3.13.5. Roscas Transportadoras

Weber (2001), as roscas são transportadoras de grande versatilidade, existindo inclusive, os modelos móveis sobre rodas conhecidos como chupim, servem para o transporte horizontal ou inclinado e podem também, trabalhar na posição vertical, muito utilizada em caminhões de transportadores de ração. Exigem pouco espaço, atendem pequenas e médias distâncias e capacidade. Possuem um índice maior de dano mecânico do que as correias.

Também são utilizadas como dispositivo de descarga dos silos metálicos. Os silos são descarregados por gravidade, através de uma saída com registro no centro, sendo que ao final, permanece uma certa quantidade de grão cujo volume está limitado pelo ângulo do talude natural. A retirada deste material é feita através da rosca varredora.

As roscas transportadoras são equipamentos destinados ao transporte de granéis e farelos e podem ser projetadas de duas formas básicas: as Truas, que são roscas que funcionam em calhas metálicas no formato de “U “ e as Roscas Tubulares, que funcionam em tubos metálicos. Segundo Weber (2001), os transportadores helicoidais, ou simplesmente roscas, não são indicados para o transporte em elevadas inclinações, porém, possuem bom desempenho no transporte horizontal. Podem ser alimentados em qualquer ponto, bem como receber registros para a descarga em qualquer ponto do mesmo.

A capacidade dos transportadores helicoidais tipo TRUA pode ser calculada em função do enchimento da calha, diâmetro e passo da hélice e rotação. A Equação 26 define o cálculo da capacidade.

$$Q = 0,47 * f * d^2 * p * n * \delta * a \quad (26)$$

Onde:

Q : Capacidade, (t/h);

f : Fator de enchimento, (%) ;

d : Diâmetro da hélice, (m);

p : Passo da helicóide, (m) ;

n : Rotação, (rpm);

δ : Peso Específico do produto, (t/m³);

a = fator de correção da capacidade conforme inclinação; (tabela 03)

A potência dos motores elétricos dos transportadores helicoidais tipo TRUA pode ser calculada em função da capacidade, comprimento e fator de deslocamento, conforme Equação 27.

$$P_{mot} = \frac{0,75 + Q \times L \times K \times b}{414} \quad (27)$$

Onde:

P_{mot} : Potência do motor elétrico, (kW);

Q : Capacidade, (t/h);

L : Comprimento, (m);

K : Fator de deslocamento(arroz=2, milho=2, soja=3, trigo=3)

b : Fator de Correção da Potência conforme a inclinação.

Tabela 03 - Fatores de correção a e b utilizados nos cálculos de capacidade e potência dos transportadores helicoidais

Temperatura °C	0°	5°	10°	15°	20°
a	0,9	0,8	0,75	0,65	0,55

Fonte: Kepler Weber Industrial S/A (1999).

3.13.6.Silos

O corpo do silo é constituído de chapas metálicas galvanizadas, onduladas e curvas que, ligadas entre si, formam anéis. Estes sobrepostos, formam o corpo, no diâmetro e na altura desejada. Diretamente sobre o corpo se encontra o telhado e a estrutura de sustentação da termometria. No corpo encontramos ainda, as escadas externa e interna a plataforma e a porta de acesso inferior, a plataforma superior com porta de acesso, além dos montantes, reforços do cilindro para silos de grande porte, e o controle de nível, indicador de silo cheio e pêndulos da termometria.

A espessura da chapa a profundidade das ondas e o perfil, determinam a resistência e a capacidade do silo. As chapas são afixadas entre si de tal forma que impeçam a entrada de umidade, sendo que nas emendas é utilizada massa especial de calafetar, e são parafusadas entre si com parafusos especiais e arruelas de vedação.

O telhado é executado em perfis metálicos galvanizados planos, com reforços na bordas laterais que sobrepassam uns aos outros, oferecendo boa vedação e resistência. O fundo do silo apresenta opções definidas na fase de projeto. Geralmente são planos, entretanto pode ser cônico ou misto, parcialmente plano e cônico, a exemplo de

graneleiro semi-V. Os silos cônicos dispensam a rosca de varredura de descarga da parte final dos grãos.

4.MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Descrição da Agroindústria

A pesquisa foi realizada em uma unidade de secagem e armazenagem de cereais da Empresa Produsoja Cereais Ltda, localizada na BR 163 km 624 município de São Gabriel do Oeste, no estado de Mato Grosso do Sul, durante o período de 01/03/2003 a 30/06/2003, quando a unidade processou soja e milho comercial.

Para a realização da coleta de dados, adotou-se uma linha de trabalho que permitisse a realização de todas as medições necessárias para o desenvolvimento da pesquisa, procurando preservar a sistemática de trabalho da empresa. Na Figura 07, está representado o fluxograma que atende as rotinas básicas dos processos de armazenamento e secagem de grãos.

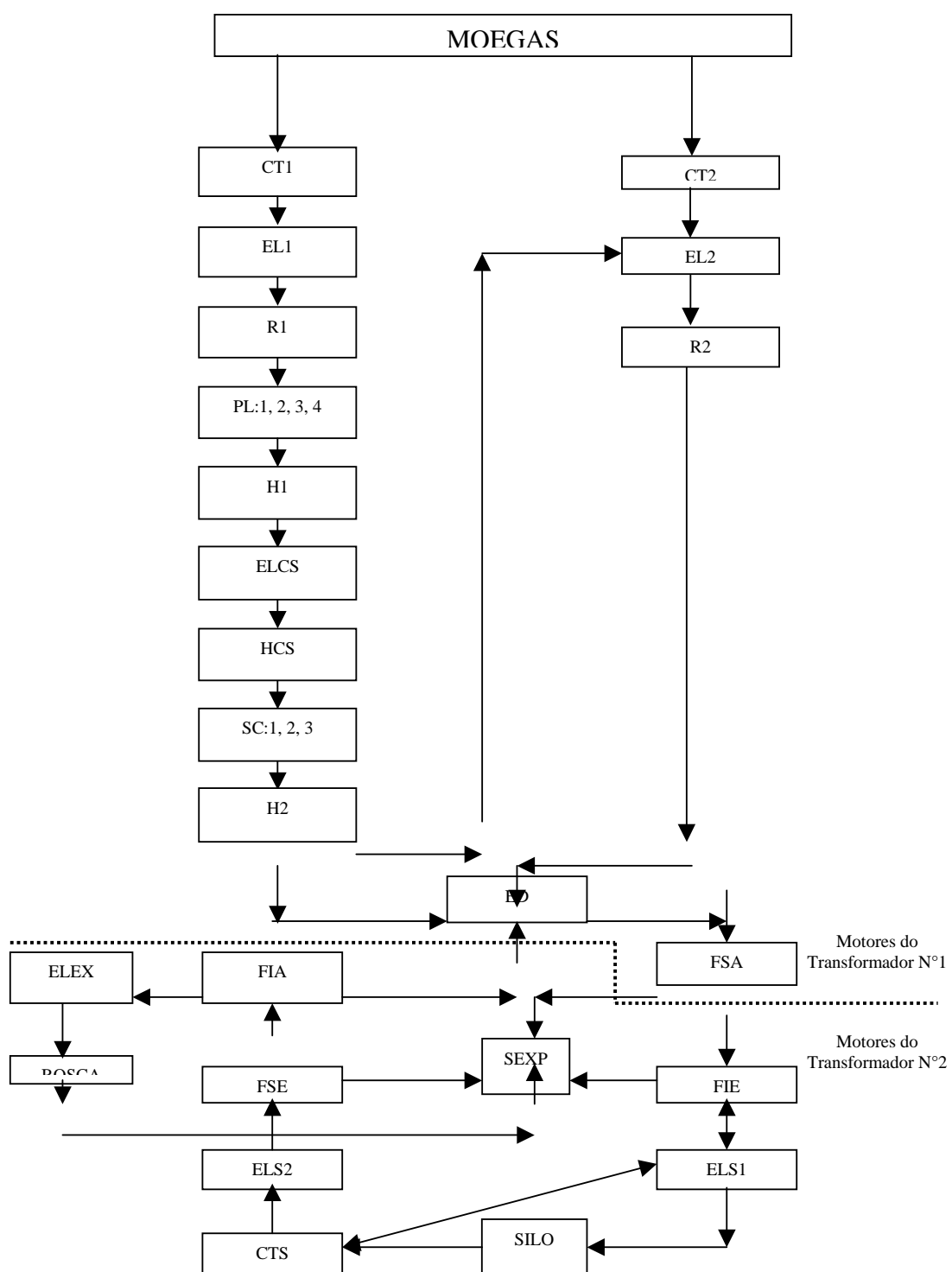


Figura 07. Fluxograma das etapas operacionais

As características dos equipamentos e do processo estão descritas abaixo:

CT1 – fita do túnel das moegas para pré limpezas 1 à 4

-capacidade de carga de 120 t/h

-equipada com um motor elétrico de 10 cv – 1740 rpm – 380/660V

CT2 – fita do túnel das moegas para pré limpezas 5 à 8

-capacidade de carga de 120 t/h

-equipada com um motor elétrico de 10 cv – 1740 rpm – 380/660V

FSA – fita superior do armazém graneleiro

-capacidade de carga de 240 t/h

-equipada com um motor elétrico de 25 cv – 1740 rpm – 380/660V

FIA - fita inferior do armazém graneleiro

-capacidade de carga de 120 t/h

-equipada com um motor elétrico de 7,5 cv – 1740 rpm – 380/660V

FSE – fita superior externa - silos

-capacidade de carga de 120 t/h

-equipada com um motor elétrico de 7,5cv – 1160 rpm – 220/380V

FIE – fita inferior externa - silos

-capacidade de carga de 120 t/h

-equipada com um motor elétrico de 7,5cv – 1160 rpm – 220/380V

CTS- 4 fitas de descarga dos silos

-capacidade de carga de 120 t/h

-equipada com um motor elétrico de 4cv – 1160 rpm – 220/380V

EL1 – elevador das pré limpezas de 1 à 4

-capacidade de carga de 120 t/h – altura de 20m

-equipada com um motor elétrico de 15 cv – 1740 rpm – 380/660V

ESC – elevador carga do secador

-capacidade de carga de 120 t/h – altura de 25m

-equipada com um motor elétrico de 20 cv – 1740 rpm – 380/660V

ED - elevador duplo da fita superior

-capacidade de carga de 240 t/h – altura de 20m

-equipada com um motor elétrico de 30 cv – 1740 rpm – 380/660V

ELEX - elevador de expedição do armazém

-capacidade de carga de 120 t/h – altura 25 m

-equipada com um motor elétrico de 20 cv – 1740 rpm – 380/660V

ELS1 - elevador nº 1 dos silos 1 à 4

-capacidade de carga de 120 t/h

-equipada com um motor elétrico de 30 cv – 1740 rpm – 380/660V

ELS2 - elevador nº 2 dos silos 1 à 4

-capacidade de carga de 120 t/h

-equipada com um motor elétrico de 20 cv – 1740 rpm – 380/660V

R1 – rosca transportadora das pré limpezas de 1 à 4

-capacidade de carga de 120 t/h

-equipada com um motor elétrico de 7,5cv – 1740 rpm – 380/660V

R2 – rosca transportadora das pré limpezas de 5 à 8

-capacidade de carga de 120 t/h

-equipada com um motor elétrico de 7,5cv – 1740 rpm – 380/660V

PL – 1,2,3 e 4 – pré-limpezas 1,2,3, e 4 – funcionando como limpeza

-capacidade de carga de 30 t/h

-equipada com um motor elétrico de 3cv e um motor elétrico de 5 cv – 1740 rpm 220/380V

PL – 5,6,7, e 8 – pré-limpezas 5,6,7, e 8 – funcionando como pré-limpeza

-capacidade de carga de 30 t/h

-equipada com um motor elétrico de 3cv e um motor elétrico de 5 cv – 1740 rpm 220/380V

SC 1,2, e 3 – três secadores modelo kw 40

-capacidade de secagem dinâmica de 40 t/h

-potência do ventilador : 2 motores elétrico de 15 cv, 1770 rpm – 380/660V

-potência da rosca de descarga : 1 motor elétrico de 4cv- 1730 rpm – 220/380V

-medindo 3,9m de largura e 18,05 m de altura.

H1 – hedler das pré-limpezas para o elevador de carga do secador

-capacidade de carga de 120 t/h

-equipada com um motor elétrico de 20cv – 1740 rpm – 380/660V

H2 – hedler carga do secador

-capacidade de carga de 120 t/h

-equipada com um motor elétrico de 15cv – 1740 rpm – 380/660V

H3 – hedler descarga do secador

-capacidade de carga - 120 t/h

-equipado com um motor elétrico de 15cv – 1740 rpm – 380/660V

MOEGAS – 04 Moegas com capacidade de 5000 sacas, totalizando 20.000 sacas – 1200 toneladas.

SILOS – 4 silos de armazenagem

-capacidade individual de 80.000 sacas

-equipado com motores elétricos de 50cv, 1750 rpm – 380/660V

-controle de aeração marca dryeration modelo dya 1000/1750.

ARMAZÉM GRANELEIRO

-capacidade para 500.000 sacas.

-equipado com 3 aeradores de 50 cv, 1750 rpm – 380/660V

-termometria focking modelo san-002-m.

4.2 Coleta dos Dados e Medições Elétricas

4.2.1 Memória de Massa

Os dados da memória de massa de energia elétrica foram obtidos junto à Concessionária de energia elétrica do Mato Grosso do Sul (ENERSUL), realizada através de medições em alta tensão na tarifa horo-sazonal verde, em forma de um relatório mensal, apresentando as medições de Consumo Ativo (kWh), Consumo Reativo (kVARh), Demanda (kW), Fator de Potência (FP) e Fator de Carga (FC). Medidas com intervalos regulares de 15 em 15 minutos

Quando a tarifa for convencional os dados podem ser obtidos através do histórico de consumo dos últimos 12 meses.

Os dados de consumo de energia da empresa foram coletados através do relatório da memória de massa, e as medições elétricas nos equipamentos foram realizadas através de um analisador e registrador de energia no circuito de alimentação de cada transformador para as etapas: ETAPA 1- Medição geral no transformador de 300 kVA; ETAPA 2 - Medição com carga no transformador de 225 kVA; ETAPA 7 - Medições no transformador de 75 kVA. E conforme a Figura 08, na chave de partida dos motores nas etapas: ETAPA 3 - Medição do motor da fita superior operando sem carga; ETAPA 4 - Medição do motor da fita superior operando com carga. ETAPA 5 - Medição no motor do elevador duplo operando sem carga; ETAPA 6 - Medição no motor do elevador duplo operando com carga, , ETAPA 8 – Medições na chave de partida e nos bornes do motor de 50 CV n° 35.

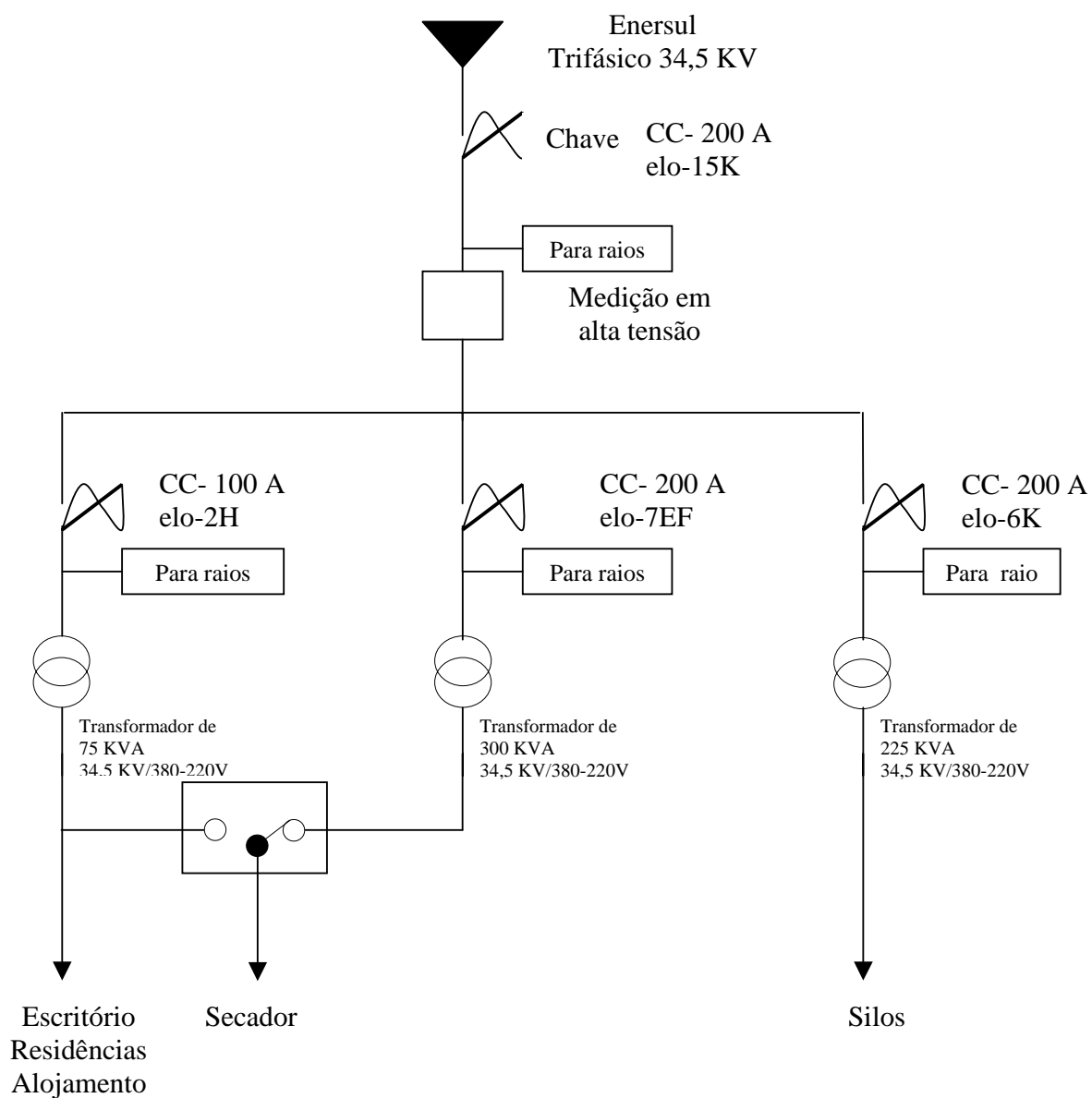


Figura 08- Diagrama Unifilar da Entrada de Energia

4.2.2. Medições com Analisador de Energia

As medições foram realizadas no barramento geral de BT de cada transformador do sistema, onde ficou registrando as grandezas elétricas de acordo com as etapas de funcionamento do secador. O Analisador de energia utilizado foi do tipo portátil conforme a Figura 09, registrador digital em tempo real de grandezas elétricas, que possui uma memória interna para armazenar os dados, para posterior transferência e análise em um computador.

Para cada etapa de medições o analisador ficou conectado no barramento geral durante uma hora, fixou-se inicialmente as garras VN-neutro (preto), em seguida as fases: A - amarelo; B - vermelho; C - azul. Ficando assim, preparado para registrar os sinais de tensão.

Para medição de corrente elétrica e potência, é necessário conectar uma entrada de corrente, através de alicates. Verificou-se cuidadosamente para que as fases não ficassem invertidas, ou seja, o alicate correspondente a fase A deve obrigatoriamente ser ligado a mesma fase onde foi ligada a garra de tensão correspondente a fase A. E assim para as outras duas fases também.

Os dados registrados, posteriormente foram descarregados para um computador via cabo de comunicação e analisados através de um software de comunicação e análise de dados, que produz tabelas para cada grandeza elétrica.

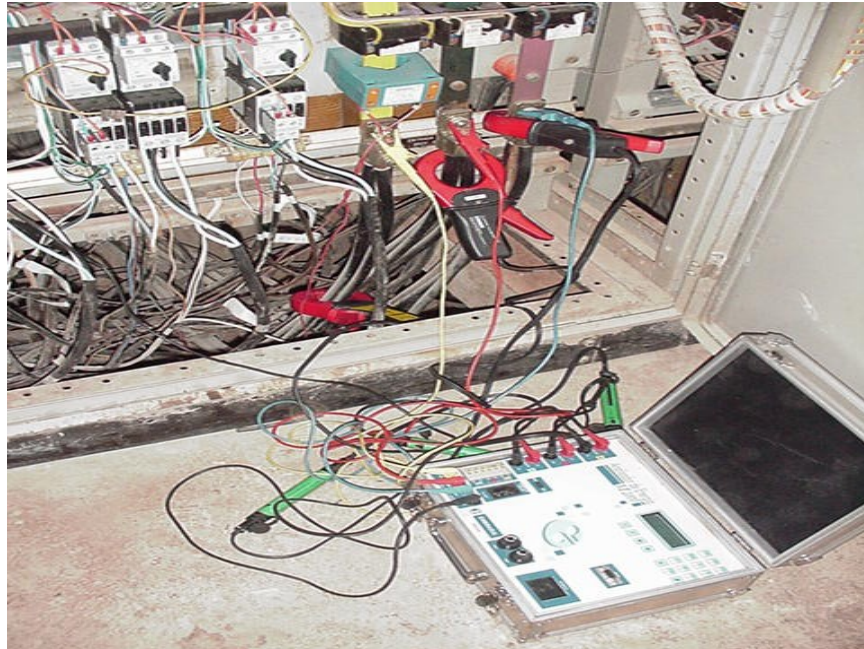


Figura 09 - Analisador portátil de Energia Instalado no Barramento de alimentação dos motores

Os parâmetros elétricos registrados foram: tensão – V (V), corrente elétrica – I (A), fator de potência -FP, potência ativa – P (kW), potência reativa – Q (kVAr). Estas medições foram divididas em intervalos pré-determinados para emitir relatórios e tabelas, obedecendo as seguintes etapas:

ETAPA 1- Medição geral no transformador de 300 kVA

Nesta etapa foi registrado o consumo geral de toda instalação, durante uma hora, possibilitando observar o carregamento do transformador e o fator de carga, e com o banco de capacitores desligados verificar o fator de potência da carga.

ETAPA 2 - Medição com carga no transformador de 225 kVA.

Nesta etapa foi registrado o consumo de energia para manter o produto armazenado dentro da qualidade pré-estabelecida.

ETAPA 3 - Medição do motor da fita superior operando sem carga.

ETAPA 4 - Medição do motor da fita superior operando com carga.

Nas etapas 3 e 4, registrou se o consumo de energia para verificar a possibilidade do uso de um inversor de frequência, devido a grande variação de carga.

ETAPA 5 - Medição no motor do elevador duplo operando sem carga.

ETAPA 6 - Medição no motor do elevador duplo operando com carga.

Nas etapas 5 e 6, registrou se o consumo de energia elétrica para verificar a possibilidade da aplicação de um motor de alto rendimento devido ao elevado número de horas de funcionamento.

ETAPA 7 - Medições no transformador de 75KVA.

Esta medição possibilita se verificar os níveis de tensão e o ajuste de taps dos outros transformadores do sistema

ETAPA 8 – Medição nos bornes do motor de 50 cv n° 35

Verifica-se nesta medição a qualidade do circuito do motor.

4.3.Desenvolvimento de Software para Análise de Energia Elétrica - ANAEEL

Para análise da utilização e racionalização da energia elétrica aplicada às agroindústrias, houve a necessidade de se desenvolver uma proposta computacional adequada aos tipos de atividades realizadas pelas agroindústrias. A linguagem de programação escolhida foi Delphi- Borland/5.0, a fim de produzir um software, para simular o desempenho técnico e econômico do sistema elétrico da unidade de armazenamento, através de dados obtidos pelos relatórios de memória de massa e das medições elétricas localizadas, obedecendo ao fluxograma da Figura 10, com a seqüência de cálculos e entradas de dados descritos nos itens a seguir, em função do cadastramento dos clientes e usuários.

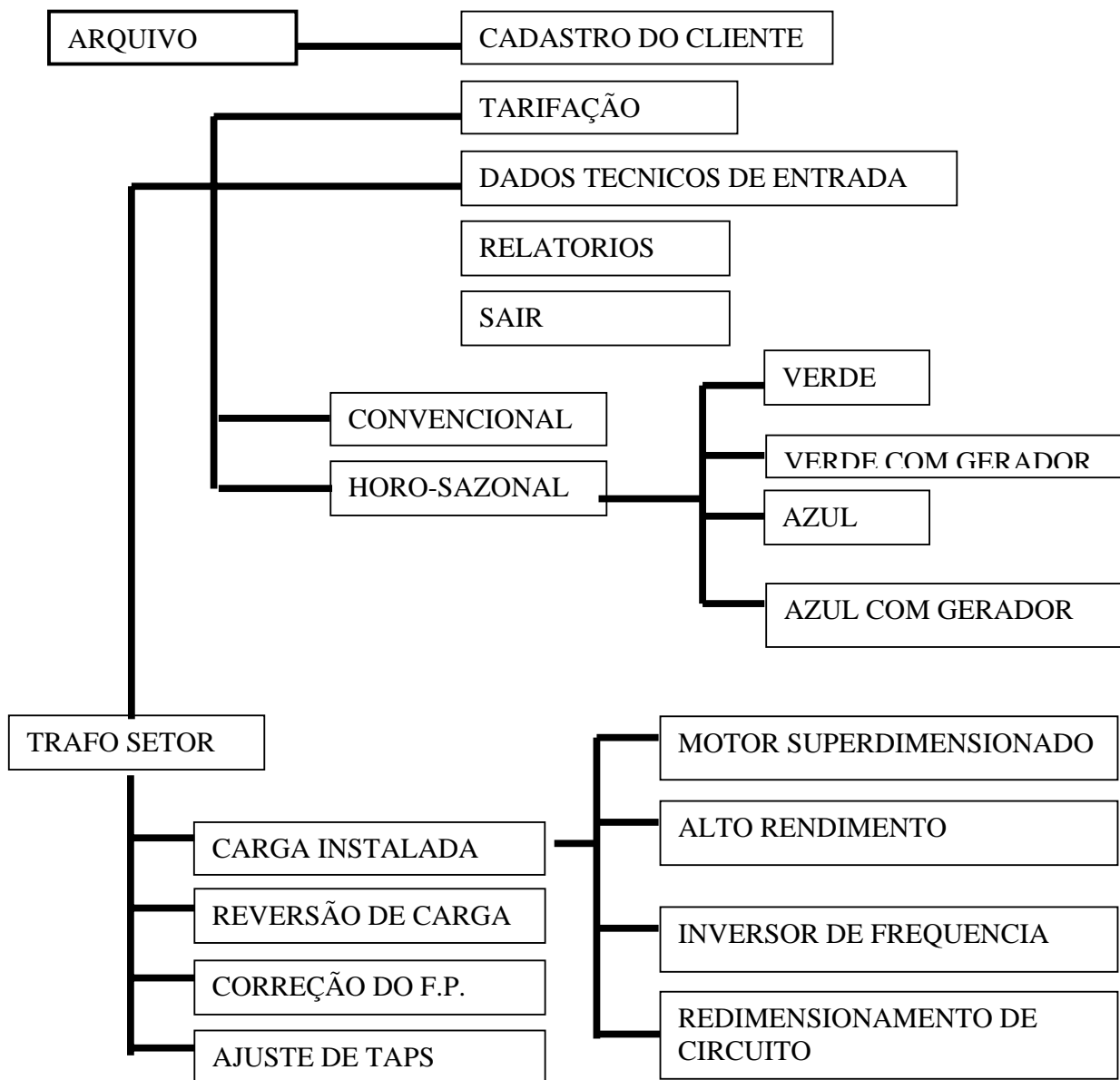


Figura 10 Fluxograma de Programação e Aplicação do Software – ANAEEL

4.3.1 Análise de Aplicação da Melhor Tarifa

Relação das nomenclaturas das tarifas vigente de energia elétrica constante na resolução da Aneel.- N^o84 de 07/04/2004.

- tarifa de consumo no horário de ponta seca verde -TCPSV
- tarifa de consumo no horário fora de ponta seca verde -TCFPSV
- tarifa de consumo no horário de ponta úmida verde - TCPUV
- tarifa de consumo no horário fora de ponta úmida verde - TCFPUV
- tarifa de consumo no horário de ponta seca azul - TCPSA
- tarifa de consumo no horário fora de ponta seca azul - TCFPSA
- tarifa de consumo no horário de ponta úmida azul - TCPUA
- tarifa de consumo no horário fora de ponta úmida azul - TCFPUA
- tarifa de consumo convencional - TCC
- tarifa de demanda verde - TDV
- tarifa de demanda no horário de ponta azul - TDPA
- tarifa de demanda no horário fora de ponta azul - TDFPA
- tarifa de demanda convencional - TDC

Para análise da melhor tarifa foram realizados os cálculos para tarifa convencional dada pela equação 28, tarifa horo-sazonal verde dada pela equação 29, tarifa horo-sazonal verde com uso de gerador dada pela equação 30, tarifa horo-sazonal azul dada pela equação 31 e a tarifa horo-sazonal azul com uso de gerador dada pela equação 32.

Os valores das tarifas referentes a demanda e consumo, em função do tipo de tarifa de acordo com a ANEEL – N° 84, estão anotadas nas Tabelas 04, e os valores de consumo utilizando gerador estão na tabela 05.

Tabela 04 - Valores das tarifas de consumo e demanda

Tipo	Demanda R\$/kWh		Consumo R\$/kWh			
	Horário de Ponta (HP)	Horário Fora de Ponta (HFP)	HP Seco	HP úmido	HFP seco	HFP úmido
Horo-Sazonal Azul	39,265	12,819	0,271	0,248	0,138	0,122
horo-sazonal Verde	12,819		1,049	1,026	0,138	0,122
Convencional	21,675		0,207			

Tabela 05 - Custo do KWh Gerado Por Grupo Motor Diesel / Geradores

POTÊNCIA LIQUIDA DO GERADOR - kW	CONSUMO DE COMBUST. l/h	CONSUMO DE LUBRIFIC. l/h	CUSTO DO COMBUST. R\$/h	CUSTO DO LUBRIFIC. R\$/h	CUSTO FILTRO R\$/h	CUSTO OP. R\$/h	CUSTO R\$/kWh
260	74	0,144	107,30	0,72	0,44	108,46	0,4171
240	67	0,144	97,15	0,72	0,44	98,31	0,4096
224	64	0,144	92,80	0,72	0,44	93,96	0,4194
168	42	0,076	60,90	0,38	0,36	60,74	0,3615
144	39,5	0,076	57,28	0,38	0,36	58,02	0,4029
134	34,8	0,068	50,46	0,34	0,30	51,11	0,3814
113	31	0,068	44,95	0,34	0,30	45,59	0,4034
98	26,8	0,057	38,86	0,29	0,18	39,33	0,4013
85	25,1	0,065	36,40	0,29	0,13	36,82	0,4323

Para Outubro de 2003 Valores: Óleo Diesel R\$ 1,45 e Óleo Lubrificante R\$ 5,00
 FONTE: Diagnose serviços de assistência técnica ltda.

4.3.2 Tarifa Convencional

$$Fat = CC * TCC + DC * TDC \quad (28)$$

onde:

<i>Fat</i>	= faturamento de energia	R\$
<i>CC</i>	consumo convencional	kWh
<i>TCC</i>	tarifa de consumo convencional	R\$
<i>DC</i>	demanda convencional	kW
<i>TDC</i>	tarifa de demanda convencional	R\$

4.3.3 Tarifa Horo-Sazonal Verde

$$Fat = CFPVS * TCFPVS + CPVS * TCPVS + DVS * TDVS \quad (29)$$

onde:

<i>Fat</i>	faturamento de energia	R\$
<i>CFPVS</i>	consumo fora da ponta verde seca	kWh
<i>TCFPVS</i>	tarifa de consumo fora da ponta verde seca	R\$
<i>CPVS</i>	consumo na ponta verde seca	kWh
<i>TCPVS</i>	tarifa de consumo na ponta verde seca	R\$
<i>DVS</i>	demanda verde seca	kW
<i>TDVS</i>	tarifa de demanda verde seca	R\$

4.3.4 Tarifa Horo-Sazonal Verde com Uso de Gerador

$$Fat = CFPVS * TCFPVS + CPVS * TCG + DVS * TDVS \quad (30)$$

onde:

<i>Fat</i>	faturamento de energia	R\$
<i>CFPVS</i>	consumo fora da ponta verde seca	kWh
<i>TCFPVS</i>	tarifa de consumo fora da ponta verde seca	R\$
<i>CPVS</i>	consumo na ponta verde seca	kWh
<i>TCG</i>	tarifa de consumo do gerador	R\$
<i>DVS</i>	demanda verde seca	kW
<i>TDVS</i>	tarifa de demanda verde seca	R\$

4.3.5 Tarifa Horo-Sazonal Azul

$$Fat = CFPAS * TCFPAS + CPAS * TCPAS + DFPAS * TDFPAS + DPAS * TDPAS \quad (31)$$

onde:

<i>Fat</i>	faturamento de energia	R\$
<i>CFPAS</i>	consumo fora da ponta azul seca	kWh
<i>TCFPAS</i>	tarifa de consumo fora da ponta azul seca	R\$
<i>CPAS</i>	consumo na ponta azul seca	kWh
<i>TCPAS</i>	tarifa de consumo na ponta azul seca	R\$
<i>DFPAS</i>	demanda fora da ponta azul seca	kW
<i>TDFPAS</i>	tarifa de demanda fora da ponta azul seca	R\$
<i>DPAS</i>	demanda na ponta azul seca	kW
<i>TDPAS</i>	tarifa de demanda na ponta azul seca	R\$

4.3.6 Tarifa Horo-Sazonal Azul com Uso do Gerador

$$Fat = CFPAS * TCFPAS + CPAS * TCG + DFPAS * TDFPAS \quad (32)$$

onde:

<i>Fat</i>	faturamento de energia	R\$
<i>CFPAS</i>	consumo fora da ponta	kWh
<i>TCFPAS</i>	tarifa de consumo fora da ponta azul seca	R\$
<i>CPAS</i>	consumo na ponta azul seca	kW
<i>TCG</i>	tarifa de consumo do gerador	R\$
<i>DFPAS</i>	demanda fora da ponta azul seca	kW
<i>TDFPAS</i>	tarifa de demanda fora da ponta azul seca	R\$

4.4. Cadastro dos Transformadores por Setor

Para melhorar a distribuição de energia e a adequação dos dados elétricos o trabalho foi organizado de acordo com os transformadores e seus circuitos de alimentação com seu conjunto de cargas instaladas, denominadas de setores. Verificando os dados de tensão, corrente elétrica, fator de potência, e taps dos transformadores de cada setor.

4.5. Carga Instalada por Setor

Fornecer dados de tensão, corrente elétrica, potência, fator de potência e números de pólos para relacionar as cargas instaladas em cada setor. Nesta fase, verifica se também a necessidade de estudo especial em alguns motores da instalação.

4.6.Reversão de Carga

Com a reversão pode se manobrar a carga de um transformador para outro na entressafra (sazonalidade) com a finalidade de economizar energia da perda interna dos transformadores de grande porte (magnetização), ficando até 60 dias desligados nesta unidade de estudo, economizando também vida útil dos bancos de capacitores instalados para suprir os reativos dos transformadores, operando sem carga e ficando energizado durante 24 horas por dia no sistema. Esta economia pode ser calculada de acordo com a Equação 33.

$$PR = CT * H \quad (33)$$

Onde:

CT consumo do transformador a vazio kW

H quantidade de horas de desligamento

PR quantidade de energia economizada com a reversão kWh

4.7.Correção do Fator de Potência

Através de medições elétricas do fator de potência realizadas por setor, faz-se o cálculo geral da quantidade de potência reativa necessária para corrigir o fator de potência de todo o sistema para 0,92, sugere-se bancos fixos para suprir o consumo de energia reativa dos transformadores e dos maiores motores, e bancos automáticos para o restante da carga conforme Equações 34 e 35, satisfazendo assim uma boa relação custo benefício e eficiência energética.

$$PTBC = [TGARCCOS(FP) - 0,4259] * D \quad (34)$$

$$PBAC = PTBC - PBCM \quad (35)$$

Onde:

<i>PTBC</i>	potência total dos bancos de capacitores para suprir a potência reativa de todo o sistema do transformador/setor. kVAr
<i>TGARCCOS(FP)</i>	tangente do arco cosseno do fator de potência medido no sistema em estudo
<i>0,4259</i>	tangente do arco cosseno do fator de potência desejado (0,92)
<i>D</i>	demanda do sistema kW
<i>PBAC</i>	potência do banco automático de capacitores kVAr
<i>PBCT</i>	potência do capacitor fornecido por tabelas dos fabricantes para suprir a demanda de energia reativa solicitada pelo transformador (Tabela 06).
<i>PBCM</i>	potência do capacitor fornecido por tabelas dos fabricantes para suprir a demanda de energia reativa do motor (Tabela 07).

Tabela 06 Potência do capacitor para suprir o consumo de energia reativa do transformador operando sem carga.

Potência do transformador em kVA	Potência do capacitor necessário para suprir os reativos em kVAr
75	5
112,5	7,5
150	10
225	15
300	20

Fonte – INEPAR

Tabela 07 Potência do capacitor para suprir o consumo de energia reativa do motor operando sem carga.

Potência do motor em cv – 4polos	Potência do capacitor necessário para suprir os reativos kVAr
20	5
25	6
30	7
40	9
50	11

Fonte – INEPAR

4.8.Ajuste de Taps dos Transformadores

Para ajustar os taps do transformador de cada setor foram realizadas medições de tensão a vazio e com carga, corrente elétrica e fator de potência a vazio e com carga, na baixa tensão, possibilitando por analogia verificar os taps dos mesmos, e junto à concessionária verificou-se o nível de tensão da rede, e com estes resultados foi possível realizar os ajuste dos taps como um dos primeiros procedimentos adotado para este estudo.

Estas medições fornecem também a possibilidade de verificar:

- transformador com desequilíbrio de corrente, podendo provocar um desequilíbrio de tensão;
- transformador superdimensionado, podendo onerar a conta de energia com perdas internas e baixo fator de potência.

4.9.Analise do Carregamento dos Motores

Dentro da unidade de armazenamento e secagem de grãos existem motores que estão em condições de superdimensionamento, e para serem identificados deve-se

considerar o índice de carregamento dado pela Equação 36, respeitando o conjugado de partida.

$$IC = PU / PN \quad (36)$$

$$Pa = \sqrt{3} * V * I * \cos \phi \quad (37)$$

$$Pu = Pa * \eta \div 736 \quad (38)$$

Onde:

<i>IC</i>	índice de carregamento, para valores maior que 0,6 e menor que 0,9 considerar normal (PROCEL 1988)	
<i>PU</i>	potência útil do motor	cv
<i>PN</i>	potência nominal do motor	cv
<i>Pa</i>	potência ativa	W
<i>V</i>	tensão medida na chave de partida do motor etapa 4	V
<i>I</i>	corrente medida na chave de partida do motor etapa 4A	
<i>COSφ</i>	fator de potência medido com carga etapa 4	
<i>η</i>	rendimento fornecido pela curva característica do motor para 75%, 4 pólos- 25CV	

obs: Foi utilizado para este cálculo os dados da medição da etapa 4, mas devido a grande variação de carga optou-se por estudo de aplicação de inversor de frequência.

4.10.Motores de Alto Rendimento

Verifica-se a possibilidade da substituição de motores convencionais para motores de alto rendimento, tomando-se como critério, motores de potência significativa com altas horas de funcionamento e com o carregamento acima de 70%. Para justificar a troca de motores, deve-se primeiramente analisar a economia de energia através da Equação 39,

ELETROBRAS (1990) e calcular o retorno de investimento conforme indica a Equação 40, ELETROBRAS (1990).

$$EE = 0,736 * H * P * (1/\eta_{LP} - 1/\eta_{AR}) \quad (39)$$

$$TRI = (PRAR - PRLP) / EE * T \quad (40)$$

Onde:

<i>EE</i>	economia anual de energia	kWh/ano
<i>H</i>	números de horas de operação por ano	horas/ano
<i>P</i>	potência do motor	cv
<i>T</i>	tarifa de consumo energia elétrica	R\$/kWh
<i>PRAR</i>	preço do motor de alto rendimento	R\$
<i>PRLP</i>	preço do motor elétrico da linha padrão	R\$
<i>TRI</i>	tempo de retorno de investimento	ano
η_{AR}	rendimento do motor de alto rendimento a 75%	
η_{LP}	rendimento do motor da linha padrão a 75%	

4.11. Aplicação de Inversores de Frequência

Para justificar a utilização do inversor de frequência, tomou-se como critério, os motores de potência acima de 10cv, com altas horas de funcionamento e com variação de carregamento entre 50% e 75%. Possibilitando conforme recomendação ANEEL (1999), uma economia de energia acima de 20%. Sendo utilizado neste diagnóstico o valor de 15%.

4.12 Verificação do Dimensionamento dos Circuitos dos Motores.

Com medição de tensão trifásica com carga na saída da chave contatora e nos bornes dos motores, identificou-se a variação na tensão, devido a diferença na bitola do condutor, e tomou-se como critério realizar a análise apenas em motores com diferença maior que 1% para providenciar a substituição do circuito, conforme Equação 41, ELETROBRAS (2000)

$$DT(\%) = (MT - VM) / VM \quad (41)$$

Onde:

<i>DT%</i>	desequilíbrio de tensão	%
<i>MT</i>	máxima tensão	V
<i>VM</i>	valor médio da tensão	V

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Coleta de Dados e Medições Elétricas

Com os dados de energia elétrica obtidos através de relatório de memória de massa apresentados nas Tabelas 08 e 09, pode-se alimentar e testar o software ANAEEL. Fêz-se uma análise e propôs-se soluções para melhorar a eficiência energética considerando as condições técnica e econômica da Empresa em estudo. Pôde-se também determinar a melhor tarifa a ser aplicada na empresa, em função do consumo, demanda, fator de potência e fator de carga..

Tabela 08 – Valores mensais registrados no horário fora de ponta para a maior demanda medida

Mês/ano	Consumo (kWh)	Maior Demanda (kW)	Horário	Dia/mês	Fator de carga	Demanda reativa (kVAr)	Fator de potência
Março-2003	68.459	335	5:45	08/4	0,30	165	0,90L
Abril-2003	110.357	343	9:00	11/4	0,48	171	0,89L
Maió –2003	54.707	261	9:15	29/5	0,31	202	0,79L
Junho-2003	31.111	177	13:45	23/6	0,40	157	0,75L

Tabela 09 - Valores mensais registrados no horário de ponta para a maior demanda medida

Mês/ano	Consumo (kWh)	Maior Demanda (kW)	Horário	Dia/mês	Fator de carga	Demanda reativa (kVAr)	Fator de potência
Março-2003	3.594	191	17:45	20/3	0,28	104	0,88L
Abril-2003	4.698	201	20:00	15/4	0,35	113	0,87L
Maió -2003	1.194	179	17:30	16/5	0,10	96	0,88L
Junho-2003	1.022	85	20:15	04/7	0,18	40	0,91L

Na Tabela 10 estão registrados os valores medidos com o analisador de energia para as etapas de medições de 01 a 08, conforme seqüência abaixo:

ETAPA 1- medição geral no transformador de 300 kVA.

ETAPA 2 - medição geral no transformador de 225 kVA.

ETAPA 3 - medição com o motor operando sem carga na fita superior com o carregamento de 50%.

ETAPA 4 - medição com o motor operando com carga na fita superior com o carregamento de 75% .

ETAPA 5 - medição com o motor operando sem carga no elevador duplo.

ETAPA 6 - medição com o motor operando com carga no elevador duplo.

ETAPA 7 - medição no transformador de 75 kVA.

ETAPA 8 medição no motor n° 35 de 50.

Com o analisador registrou-se as medições das etapas 1 a 8 para testar as planilhas do software como segue:

Etapas 1, 2, e 7, utiliza-se os dados para verificar os taps dos transformadores e o nível de tensão da rede de distribuição.

Etapas 3 e 4, utiliza-se os dados para verificar o comportamento do motor a vazio e com carga, através da análise do carregamento. Utiliza se tanto na planilha de motor superdimensionado como na planilha de aplicação de inversor de frequência.

Etapa 5 e 6, utiliza-se os dados para verificar o comportamento do motor a vazio e com carga e através da análise do carregamento.e do número de horas de funcionamento. Utiliza se na planilha de aplicação de motores de alto rendimento.

Etapa 8, utiliza-se os dados para verificar a qualidade do circuito de alimentação do motor através de análise fornecida pela planilha de verificação de redimensionamento de circuitos.

Tabela 10 – Parâmetros elétricos médios medidos no barramento geral de baixa tensão dos transformadores, nas 8 etapas.

Tensão c/ carga (V)	Tensão s/ carga (V)	Corrente Elétrica (A)	Fator de Potência	Demanda (kW)
Etapa 1				
370	380	370	0,68	165
Etapa 2				
390	380	360	0,89	210
Etapa 3				
370	-	20	0,47	5
Etapa 4				
370	-	40	0,68	8,7
Etapa 5				
370	-	15	0,40	3,8
Etapa 6				
370	-	20	0,81	10
Etapa 7				
380	380	20	0,98	13
Etapa 8				
Tensão na chave de partida (V)	Tensão nos bornes do motor n°35 50 cv (V)			
370	360			
370	360			
370	370			

5.2 Apresentação da Aplicação do Software - ANAEEL

A Figura 11 representa a tela inicial de apresentação do software, que servirá para diagnosticar a eficiência energética de uma empresa de armazenamento e secagem de grãos.



Figura 11: Tela Inicial de Apresentação do Software.

As Figuras 12 e 13 apresentam as telas e a forma de entrada dos dados, para cadastrar o cliente ou usuário e a devida gravação, com a possibilidade da realização de uma consulta para se escolher um cliente já cadastrado e analisar o relatório referente.

The screenshot shows the 'Cadastro Cliente' application window. The title bar includes standard window controls and the text 'Cadastro Cliente'. Below the title bar is a menu bar with buttons for 'Novo', 'Editar', 'Gravar', 'Cancelar', 'Excluir', and 'Sair'. The main area has two tabs: 'Consulta' and 'Manutenção'. The 'Manutenção' tab is active, displaying a form with the following fields:

- Nome: PRODUSOJA CEREAIS LTDA
- Endereço: RD BR 163 - KM 624
- Cidade: SÃO GABRIEL DO DESTE
- Estado: MS (dropdown menu)
- CEP: 74949-000
- Atividade: SECADOR DE CEREAIS
- CDC: 90004680

Figura 12: Entrada de Dados para Cadastramento do Cliente.

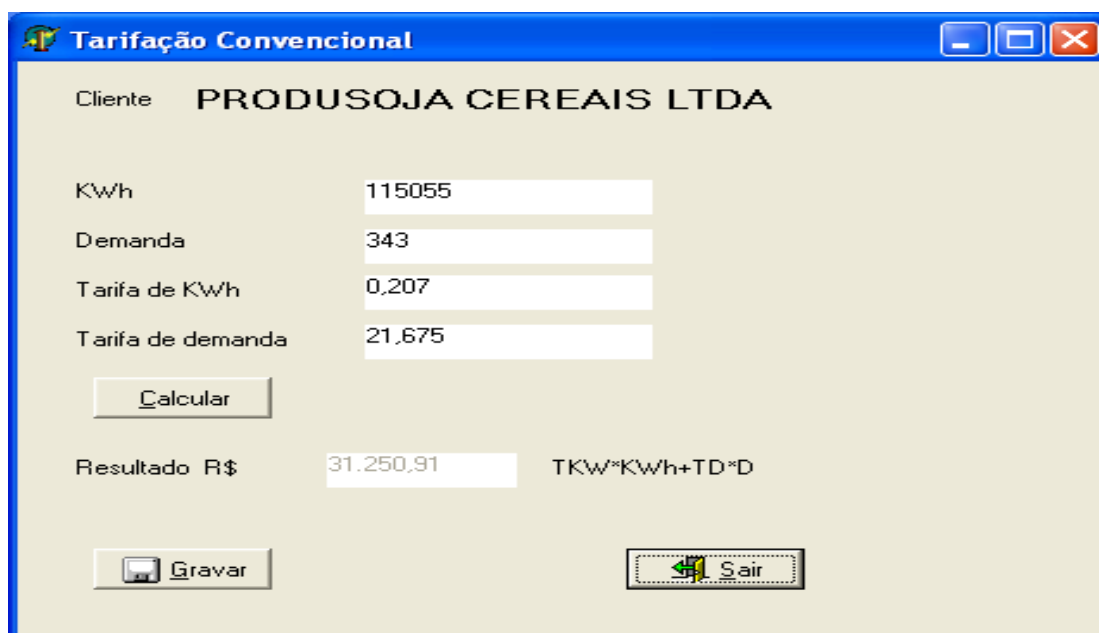
The screenshot shows the 'Cadastro Cliente' application window with the 'Manutenção' tab active. The 'Consulta' tab is also visible. The main area displays a list of registered clients in a table format. The table has the following columns: Cod, Nome, CDC, Cidade, UF, and Atividade. One client is listed and highlighted with a blue background:

Cod	Nome	CDC	Cidade	UF	Atividade
13	PRODUSOJA CEREAIS	90004680	SÃO GABRIEL DO D	MS	SECADOR DE CEREAIS

Figura 13: Relação dos Clientes Cadastrados.

5.2.1. Análise da Melhor Tarifação

Utilizando os dados obtidos nas Tabelas de 08 a 10, referentes ao mês de abril de 2003, pôde-se analisar e escolher a tarifa a ser aplicada para a agroindústria em estudo, conforme os valores apresentados nas telas das Figuras 14, 15, 16, 17, 18, e sintetizado na tela da Figura 19.



The screenshot shows a software window titled "Tarifação Convencional" with a blue title bar. The window contains the following elements:

- Client: **PRODUSOJA CEREAIS LTDA**
- Input fields:
 - KWh: 115055
 - Demanda: 343
 - Tarifa de KWh: 0,207
 - Tarifa de demanda: 21,675
- Buttons: "Calcular", "Gravar", and "Sair".
- Result: "Resultado R\$ 31.250,91" with the formula $TKW * KWh + TD * D$ to its right.

Figura 14: Análise com a Tarifação Convencional.

Tarifação Horó Sazonal Verde
 Cliente **PRODUSOJA CEREAIS LTDA**
 Consumo no Horário de Ponta **4698**
 Consumo Fora do Horário de Ponta **110357**
 Demanda **343**
 Tarifa Consumo no Horário de Ponta **1,049**
 Tarifa Consumo no Horário Fora de Ponta **0,138**
 Tarifa de Demanda **12,819**

Resultado R\$ **24.554,39** $(C_{fp} \cdot T_{fp}) + (C_p \cdot T_p) + (D \cdot T_d)$

Figura 15: Análise com a Tarifação Horó-Sazonal Verde.

Verde com Gerador
 Cliente **PRODUSOJA CEREAIS LTDA**
 KWhp **4698**
 KWhfp **110357**
 Demanda **343**
 Tarifa de KWhfp **0,138**
 Tarifa de KWh-G **0,41**
 Tarifa de demanda **12,819**
 Faturamento= $(C_p \cdot T_G) + (C_{fp} \cdot T_{fp}) + (D \cdot T_d)$
Resultado R\$ **21.552,36**

Figura 16: Análise com a Tarifação Horó-Sazonal Verde com uso do Gerador no Horário de Ponta.

Cliente **PRODUSOJA CEREAIS LTDA**

Consumo no Horário de Ponta

Consumo Fora do Horário de Ponta

Demanda no Horário de Ponta

Demanda no Horário Fora de Ponta

Tarifa Consumo no Horário de Ponta

Tarifa Consumo no Horário Fora de Ponta

Tarifa de Demanda no Horário de Ponta

Tarifa de Demanda no Horário Fora de Ponta

Resultado R\$ $(Cfp \cdot Tfp) + (Cp \cdot Tp) + (Dfp \cdot TDfp) + (Dp \cdot TDp)$

Figura 17: Análise com a Tarifação Horó-Sazonal Azul.

Cliente **PRODUSOJA CEREAIS LTDA**

Consumo no Horário de Ponta (Kwhp)

Tarifa de KWh-Gerador

Consumo no horário fora de ponta (Kwhfp)

Demanda no horário fora de ponta (Wfp)

Tarifa de consumo fora de ponta

Tarifa de demanda fora de ponta

Resultado R\$ $(Cp \cdot TG) + (Cfp \cdot Tcfp) + (Dfp \cdot Tdfp)$

Figura 18: Análise da Tarifação Horó-Sazonal Azul com uso do Gerador no Horário de Ponta.

::RELATÓRIO DE EFICIÊNCIA (Tarifação/Trafo Setor)

Ciente PRODUSOJA CEREAIS LTDA
CDC 90004680 **Atividade** SECADOR DE CEREAIS
Endereço RD BR 163 - KM 624
 SÃO GABRIEL DO OESTE MS
CEP 74949-000

TARIFAÇÃO	R\$
CONVENCIONAL	31250,91
HORO SAZONAL VERDE	24554,39
HORO SAZONAL VERDE COM GERADOR NO HORÁRIO DE PONTA	21552,36
HORO SAZONAL AZUL	28791,61
HORO SAZONAL AZUL COM GERADOR NO HORÁRIO DE PONTA	21552,36

TRANSFORMADOR	SETOR	TENSÃO		FATOR DE POTÊNCIA		CORRENTE
		SEM CARGA	C/ CARGA	SEM CARGA	C/ CARGA	
01	SECADOR	380	370		0,68	370
02	SILOS/EXPEDIÇÃO	390	380		0,89	360
03	VILA/ESCRITORIO	380	380		0,98	20

0% Page 1 of 1

Figura 19: Relatório Resumido das Análises da Tarifação.

Ao analisar os dados fornecidos pelo relatório da tarifação mostrado pela Figura 19, constata-se que a opção pela medição horo-sazonal verde é 21,43% mais econômica que a opção pela medição convencional, entretanto, analisando a utilização da opção horo-sazonal, com o uso do gerador no horário de ponta, podemos claramente observar que, houve uma redução de 12,2% na conta de energia elétrica em relação à opção horo-sazonal verde ou azul. Optando em função do contrato de demanda pela horo-sazonal verde.

Para que o cliente cadastrado com a tarifa horo-sazonal verde, ou azul se beneficie dessa redução é necessário a instalação de um grupo gerador atuando no horário de ponta. Quando não tem um gerador no sistema é necessário um estudo de análise econômica do investimento.

5.2.2. Cadastro dos Transformadores por Setores

A empresa está sendo alimentada por três setores de acordo com os transformadores instalados no sistema de energia elétrica. O cadastramento destes setores foi realizado no início de entrada de dados, informando os respectivos setores com a potência dos transformadores e a especificação dos motores instalados, conforme as telas das Figuras 20 e 21, onde apresentam os principais dados coletados através de medições locais, registrado na Tabela 10, referentes às etapas 1- 2 e 7.

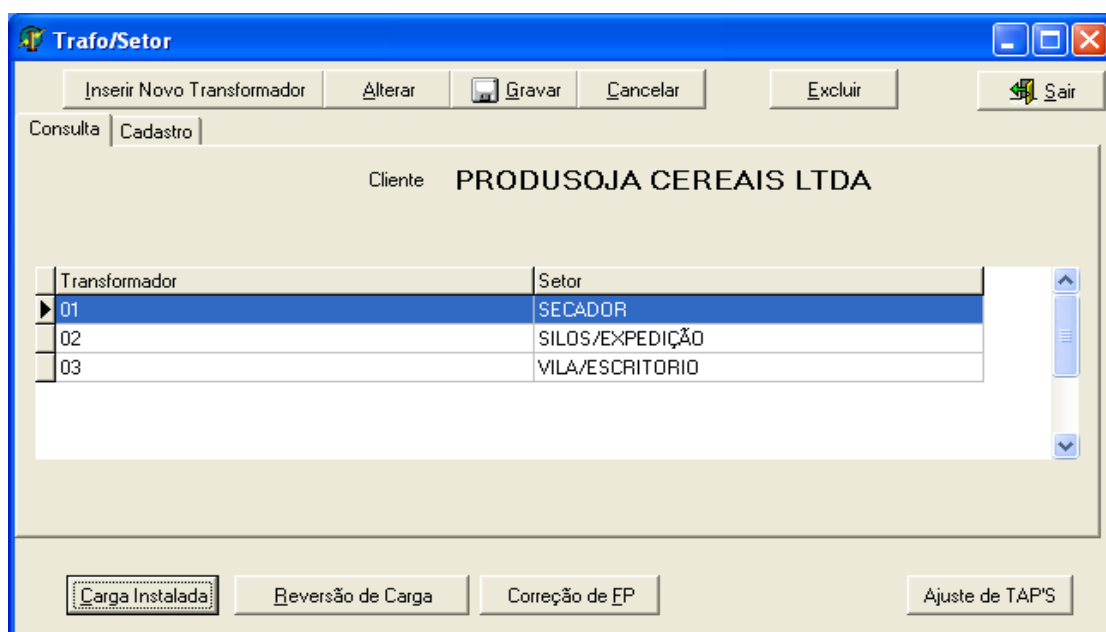


Figura 20: Cadastro dos Transformadores por Setores.

Transformador 01

Setor SECADOR

Tensão Sem Carga 370 Tensão Com Carga 370

Fator de Potência Sem Carga Fator de Potência Com Carga 0,68

Corrente Medida com Carga 370

Carga Instalada Reversão de Carga Correção de FP Ajuste de TAP'S

Figura 21: Entrada de Dados das Medições Locais e Cargas Instaladas no Transformador.

Nos relatórios das Figuras 22 e 23 verifica-se em ordem seqüenciais o levantamento de carga e através dos dados da Tabela 10, registrou-se às necessidades de estudo especiais nos seguintes motores:

Motor n° 03/fita superior, (estudo de aplicação de inversor de freqüência),

Motor n° 07/elevador duplo (estudo de aplicação de motor de alto rendimento),

Motor n° 35/exaustor (redimensionamento de circuito).

Print Preview

Close

::RELATÓRIO DE EFICIÊNCIA (Carga Instalada)

Ciente PRODUSOJA CEREAIS LTDA CDC 90004680

TRANSFORMADOR 01 SETOR SECADOR

ITEM	Nome	Potência	Número de Polos	Corrente Medida	Corrente Ideal	Tensão Medida	Estudo Especial
01	CT1	10	4				
02	CT2	10	4				
03	FSA	25	4	20		370	IF
04	FIA	7,5	4				
05	EL1	15	4				
06	ESC	20	4				
07	ED	30	4	20	40	370	AR
08	R1	7,5	4				
09	R2	7,5	4				
10	PL1	5	4				
11	PL1	3	4				

Page 1 of 2

Figura 22: Relatório da Carga Instalada em todos os Transformadores do Sistema Página 1.

Print Preview

Close

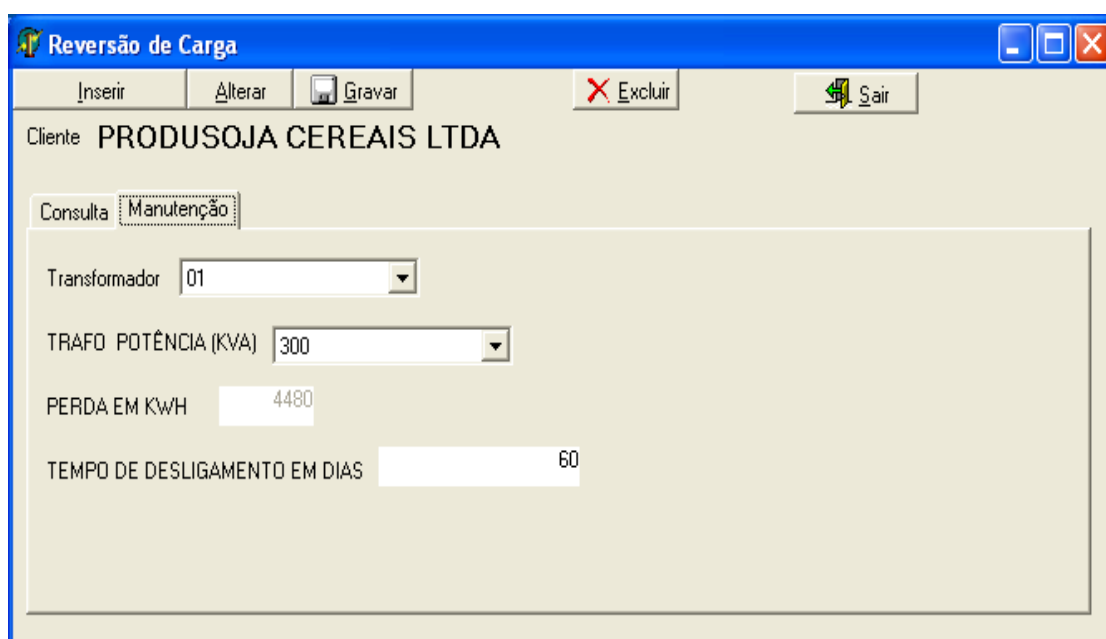
28	SC2	15	2				
29	SC2	15	4				
30	SC3	15	4				
31	SC3	15	4				
32	H1	20	4				
33	H2	15	2				
34	H3	15	4				
35	ABRADOR 1 DO ARMAZEM	40	4	RD			
36	ABRADOR 2 DO ARMAZEM	40	4				
37	ABRADOR 3 DO ARMAZEM	40	4				
TRANSFORMADOR 02		SETOR SILOS/EXPECIÇÃO					
ITEM	Nome	Potência	Número de Polos	Corrente Medida	Corrente Ideal	Tensão Medida	Estudo Especial
01	FSE	7,5	4				
02	FIE	7,5	4				
03	CTS1	3	4				

Page 2 of 2

Figura 23: Relatório da Carga Instalada em Todos os Transformadores do Sistema Página 2.

5.2.3.Reversão de Carga

Efetuuou-se o desligamento do transformador de 300kVA por um período de 60 dias, e através de uma chave de reversão deslocou-se a alimentação do circuito geral da carga para o transformador de 75 kVA, sem prejudicar o sistema. De acordo com a Figura 26, economiza se 6.451 kWh, referente a perda de magnetização do transformador a vazio. Os dados de perdas já estão cadastrados no banco de dados do software conforme Figuras 24 e 25, e possibilitou também, o desligamento do banco de capacitor que supre a demanda de energia reativa do mesmo.



Item	Value
Transformador	01
TRAFO POTÊNCIA (KVA)	300
PERDA EM KWH	4480
TEMPO DE DESLIGAMENTO EM DIAS	60

Figura 24: Entrada de Dados para ver a Economia de Energia com a Reversão de Carga.

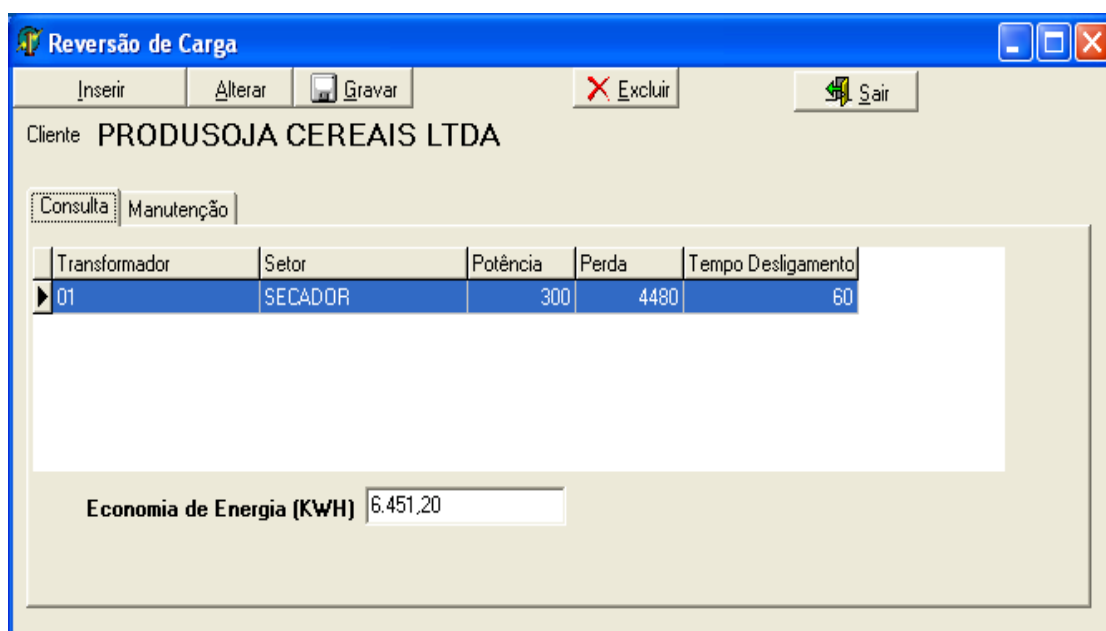


Figura 25: Verificação da Economia em kWh Através da Aplicação de Reversão de Carga para outro Transformador.

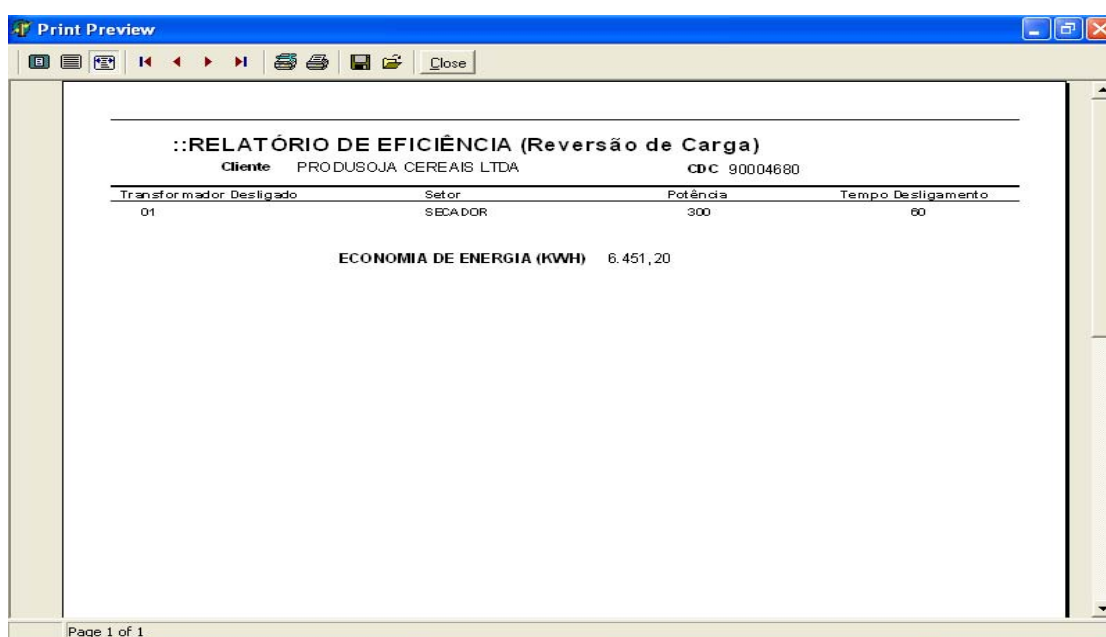


Figura 26: Relatório para Vários Estudos de Economia de Energia em kWh Através da Reversão de Carga.

5.2.4 Correção do Fator de Potência

As telas das Figuras de 27 a 29, apresentam os resultados dos cálculos do banco de capacitores, necessário para corrigir o fator de potência em 0,92 da carga de cada transformador. A Figura 30, apresenta os valores das potências reativas fixas para suprir a demanda reativa de motores cadastrados para este estudo, conforme a Figura 31, e desconta-se este valor do calculo geral e apresenta-se a potência do banco de capacitores automático, para suprir a demanda de potência reativa do restante das cargas. Os valores dos capacitores para suprir a demanda reativa dos motores e transformadores já constam no banco de dados do software.

Figura 27: Cálculo da Potência do Banco Geral de Capacitores para Suprir a Demanda da Energia Reativa da Carga e do Banco Fixo para Suprir a Demanda Reativa do Transformador 01.

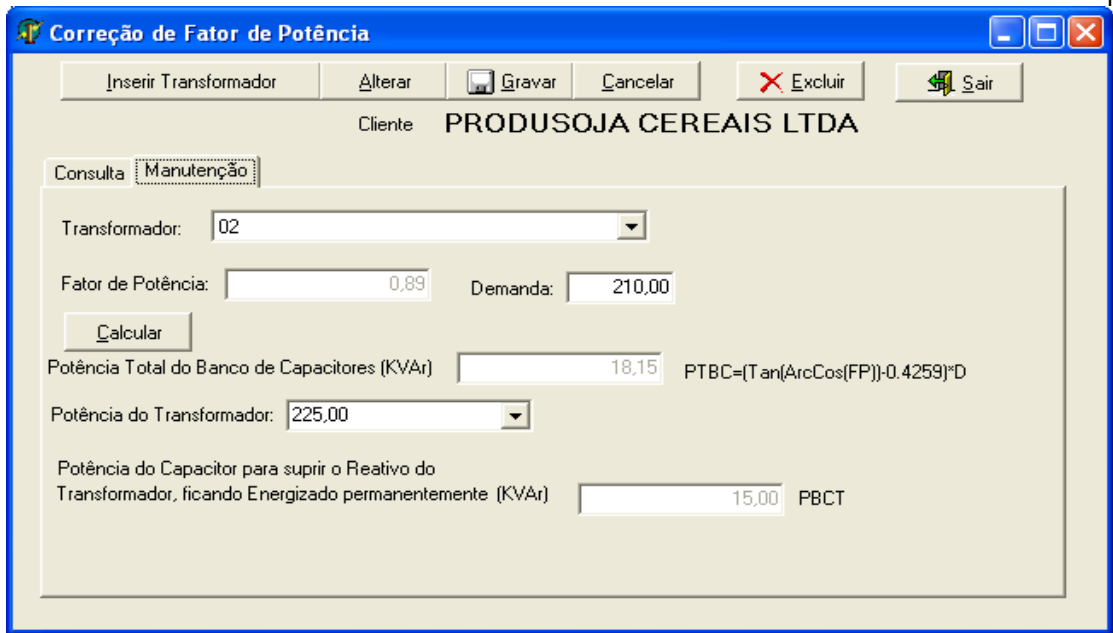


Figura 28: Cálculo da Potência do Banco Geral de Capacitores para Suprir a Demanda da Energia Reativa da Carga e do Banco Fixo para Suprir a Demanda Reativa do Transformador 02.

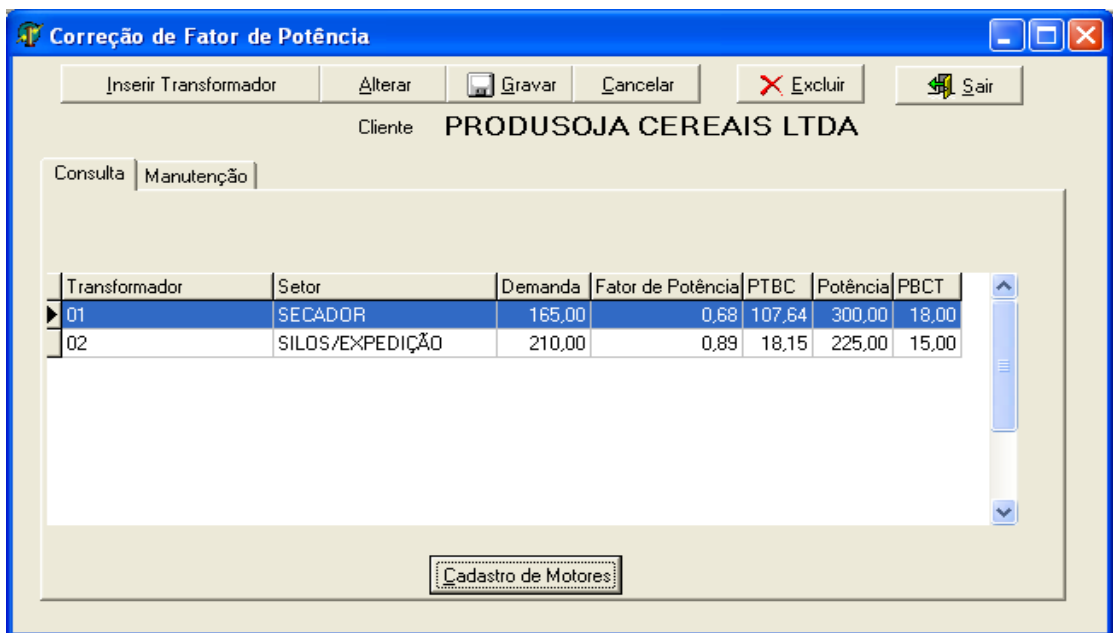


Figura 29: Cadastro da Correção do Fator de Potência por Transformador.

Cadastro Motores - Correção de Fator de Potência
 Inserir MOTOR Alterar Gravar Cancelar Excluir Sair

Cliente **PRODUSOJA CEREAIS LTDA**
 Transformador **01**
 Setor **SECADOR**

Consulta | Manutenção

Nome	Item	Correção Individual	Potência do Capacitor
AERADOR 1 DO ARMAZEM	35	50,00	7,50
AERADOR 2 DO ARMAZEM	36	50,00	7,50
AERADOR 3 DO ARMAZEM	37	50,00	7,50

Potência do Banco Automático de Capacitores (KVar) 85,14

Figura 30: Apresentação da Correção Individual para os Motores e do Banco Automático de Capacitores para Suprir a Demanda de Energia Reativa do Restante da Carga do Transformador 1 .

Cadastro Motores - Correção de Fator de Potência
 Inserir MOTOR Alterar Gravar Cancelar Excluir Sair

Cliente **PRODUSOJA CEREAIS LTDA**
 Transformador **02**
 Setor **SILOS/EXPEDIÇÃO**

Consulta | Manutenção

Nome	Item	Correção Individual	Potência do Capacitor

Potência do Banco Automático de Capacitores (KVar) 18,15

Figura 31: Apresentação da Correção Individual para os Motores e do Banco Automático de Capacitores para Suprir a Demanda de Energia Reativa do Restante da Carga do Transformador 2 .

::RELATÓRIO DE CORREÇÃO DE FATOR DE POTÊNCIA

Cliente PRODUSOJA CEREALIS LTDA CDC 90004680

TRANSFORMADOR	POTENCIA TOTAL DO BANCO DE CAPACITORES (CARGA)	POTENCIA DO CAPACITOR PARA OS TRANSFORMADORES
01	107,64	18,00

Nome Motor	Item Motor	Potência do Capacitor
AERADOR 1 DO ARMAZEM	35	7,50
AERADOR 2 DO ARMAZEM	36	7,50
AERADOR 3 DO ARMAZEM	37	7,50

POTENCIA TOTAL DO CAPACITOR PARA MAIORES MOTORES: 22,50

POTENCIA DO BANCO AUTOMATICO DE CAPACITORES: 85,14

TRANSFORMADOR	POTENCIA TOTAL DO BANCO DE CAPACITORES (CARGA)	POTENCIA DO CAPACITOR PARA OS TRANSFORMADORES
02	18,15	15,00

Nome Motor Item Motor Potência do Capacitor

Page 1 of 1

Figura 32: Relatório Resumido Referente à Instalação dos Bancos de Capacitores

Neste relatório, o resultado do cliente em estudo, mostra a necessidade da instalação de um banco de capacitores com 107,64 kVAr, para suprir a potência reativa da carga do transformador 1, e um outro banco com 18,15 kVAr automático, para suprir a potência reativa da carga do transformador 2.

Como a medição foi feita do lado de baixa tensão leva-se em consideração a instalação fixa de um banco de 18 kVAr, e outro de 15 kVAr, para suprir a demanda de potência reativa do transformador 1 e 2, respectivamente. Para suprir a demanda de potência reativa dos motores 35, 36 e 37, sugere-se a instalação individual de três bancos de capacitores fixo de 7,5 kVAr, e desconta-se a soma destes valores da potência geral calculada, obtendo assim, um banco automático de 85,14 kVAr, para suprir a demanda de potência reativa do restante da carga do transformador 1.

5.2.5. Ajuste dos Taps

Esta análise é importante para dar continuidade ao estudo, pois sendo de baixo custo e fácil execução, verifica-se a qualidade da energia que alimenta o sistema, com cargas muitas vezes sensíveis a grande variação de tensão. A tela da Figura 33, apresenta os dados das medições da Tabela 10, referindo-se ao nível de tensão dos transformadores instalados na empresa.

Observa-se na Figura 34, uma pequena diferença na variação de tensão, não justificando o ajuste do tap, tomando-se como referência para transformadores de distribuição, a relação do tap anterior pelo posterior que é de 4,5%. Portanto as relações dos taps utilizados nos transformadores estão corretas.

Analisando-se o nível de tensão dos três transformadores operando sem carga, verifica-se que o nível de tensão da linha de distribuição está correto.

Ajuste de TAP's

Cliente PRODUSOJA CEREALIS LTDA

Transformador 1 01 [Remover]

Tensão com Carga 370

Tensão sem carga 380

Transformador 2 02 [Remover]

Tensão com Carga 380

Tensão sem carga 390

Transformador 3 03 [Remover]

Tensão com Carga 380

Tensão sem carga 380

Situação

- V= 380 V TAP OK
- V <> 380 V nos 3 CONSULTAR NÍVEL DE TENSÃO na Concessionária
- V <> em 1 VERIFICAR TAP do mesmo
- Vc < Vsc VERIFICAR alimentador

[Fechar] [Gravar]

Figura 33: Análise do Nível de Tensão.

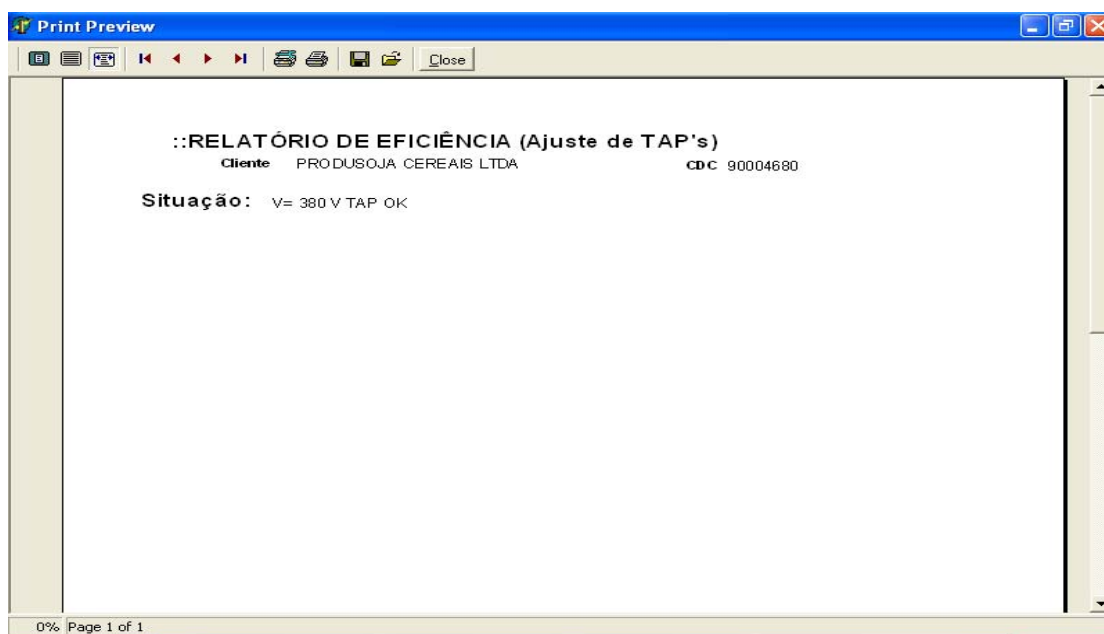


Figura 34: Relatório da Análise do Nível de Tensão.

5.2.6 Superdimensionamento de Motores

A Figura 35, apresenta a forma de entrada dos dados para testar todos os motores cadastrados. Clique no item do motor se o rendimento for inferior a 0,6 mande gravar, o software automaticamente recomenda o estudo no relatório da Figura 36, recomendando a verificação do conjugado de partida junto ao fabricante do equipamento. No estudo verificou-se que o motor nº 3, pelos dados fornecidos está superdimensionado, observou-se que a relação da sua potência útil pela potência nominal esta inferior a 0,6 de acordo com BRASIL(2000). Mas levando em consideração que seu carregamento varia de 40 a 120 toneladas/grãos transportados, foi recomendado um estudo de inversor de frequência como uma segunda e melhor opção

Superdimensionamento de Motores

Cliente: PRODUSOJA CEREAIS LTDA
 Transformador: 01
 Setor: SECADOR

Motor: 03

Potência - CV 25 Rendimento % 88,2
 Tensão em Operação - V 370 Pela Curva Característica:
 Corrente Medida - A 20 Fator de Potência 0,66

Calcular

Potência Útil - CV 11,49 (Sqrt(3)*V*A*FP)/736;
 Rendimento (n) PU/PT 0,46

Gravar Sair

Figura 35: Verificação de Carregamento do Motor.

Print Preview

:::Relatório (Estudo Especial: Super Dimensionamento)

Cliente: PRODUSOJA CEREAIS LTDA CDC: 90004680
 Se o Rendimento < 0,6
 Verificar junto ao fabricante a possibilidade de troca devido ao conjugado de partida

Transformador: 01
 Setor: SECADOR

Nome Motor	Item Motor	Potência Motor	Potência Útil	Rendimento
FSA	03	25	11,49	0,46

Total de Motores com Estudo Especial para o Transformador 01 1

Page 1 of 1

Figura 36: Relatório da Verificação do Carregamento para Vários Motores.

5.2.7. Motores de Alto Rendimento

Na tela apresentada na Figura 37, coloca-se o número do cadastro do motor e a hora de funcionamento anual do mesmo para se obter como resultado a economia anual de energia. Para o motor n° 07, a economia anual foi de 947,51 kWh. Entrando se com os preços dos motores em estudo na versão alto rendimento e linha padrão, mostra como resultado, o tempo do retorno de investimento para troca do motor da linha padrão pelo motor de alto rendimento. Para o motor n° 07 verificou-se o tempo de retorno de investimento de 4,85 anos, e conforme o relatório da Figura 38, pôde-se sintetizar vários estudos em uma mesma planilha.

Motores de Alto Rendimento
 Cliente: PRODUSOJA CEREAIS LTDA
 Transformador: 01
 Setor: SECADOR
 Motor: 07
 Nome Equipamento: ED
 Número de Pólos: 4
 Potência - CV: 30
 Horas de Funcionamento: 1500
 Rendimento do Motor Linha Padrão: 0,904
 Rendimento do Motor de Alto Rendimento: 0,928
 Calcular
 Economia de Energia - Kwh: 947,51
 $0.736 * HF * CV * ((1/nLP) - (1/nAR))$
 Tempo de Retorno de Investimento (Pay Back)
 Preço do Motor de Alto Rendimento: 3700
 Tarifa Energia Elétrica: 0,2
 Preço do Motor da Linha Padrão: 2780
 Tempo de Retorno de Investimento (Anos): 4,85
 Calcular
 $(PRar - PRlp) / EE * T$ ou $((PRar - PRlp) * nAR * nLp) / (0.736 * T * HF * CV * (nAR - nLp))$
 Obs: Considerando a Tarifa de Energia Elétrica Constante ao Longo do Tempo
 Gravar Fechar

Figura 37: Aplicação de Motores de Alto Rendimento.

::Relatório (Estudo Especial: Alto Rendimento)

Cliente: PRODUSOJA CEREAIS LTDA **CDC:** 90004680

Transformador: 01

Setor: SECADOR

Nome Motor	Item Motor	Potência Motor	Horas Funcionamento	Economia de Energia KWH	Tempo de Retorno Investimento
ED	07	30,00	1500	947,51	4,85
<i>Total de Motores com Estudo Especial para o Transformador</i>			<i>01</i>	<i>1</i>	

Page 1 of 1

Figura 38: Relatório de Vários Estudos de Aplicação de Motores de Alto Rendimento.

5.2.8. Inversor de Freqüência

Na tela apresentada na Figura 39, coloca-se o número do cadastro do motor e a hora de funcionamento anual do mesmo para carregamento de 50% e 75% e através de dados transportado pelo software do Quadro 10, etapa 3 e 4, obtém-se como resultado a economia anual de energia na utilização de um inversor de freqüência para acionar o motor, para o motor n° 03, a economia anual foi de 1.891,00 kWh.

Inversor de Freqüência

Cliente: **PRODUSOJA CEREAIS LTDA**
 Transformador: **01**
 Setor: **SECADOR**

Motor: **03**

Potência do Motor: **25** Nro. de Polos: **4** Tensão em Volts: **370**

Potência Útil a 50% em Kwh

Horas de funcionamento 50%: **500** Corrente a 50%: **20**

Rendimento a 50%: **0,882** Fator de Potência a 50%: **0,66**

Calcular Potência Útil (50%): **3730,57** $\text{Sqrt}(3) \cdot V \cdot I \cdot 50\% \cdot \text{FP} \cdot H / 1000$

Potência Útil a 75% em Kwh

Horas de funcionamento 75%: **500** Corrente a 75%: **40**

Rendimento a 75%: **0,9** Fator de Potência a 75%: **0,77**

Calcular Potência Útil (75%): **8882,3** $\text{Sqrt}(3) \cdot V \cdot I \cdot 75\% \cdot \text{FP} \cdot H / 1000$

Calcular Energia Economizada em Kwh: **1891,93** $(P_{50} + P_{75}) \cdot 0,15$

Gravar Sair

Figura 39: Aplicação de inversor de Freqüência e a Economia de Energia Gerada em kWh.

No relatório apresentado da Figura 40, pode-se sintetizar vários estudos em uma mesma planilha.

Redimensionamento de Circuito

Cliente: **PRODUSOJA CEREAIS LTDA**
 Transformador: **01**
 Setor: **SECADOR**

Motor: 35

Tensão Medida Vac - A: 360
 Tensão Medida Vab - B: 360
 Máxima Tensão Medida Vbc - C: 370

Calcular

Valor Médio: 363,33 $(V_{ac}+V_{ab}+V_{bc})/3$
 Cálculo do Desequilíbrio (%): 1,83 $((V_{max}-V_{med})/V_{med}) * 100$

Gravar Fechar

Figura 41: Verificação da Qualidade de Energia fornecida pelo Circuito.

Print Preview

Close

::Relatório (Estudo Especial: Redimensionamento de Circuito)

Cliente: PRODUSOJA CEREAIS LTDA CDC: 90004680

Transformador: 01

Setor: SECADOR

Nome Motor	Item Motor	Potência Motor	Resultado
AERADOR 1 DO ARMAZEM	35	40	1,83
Total de Motores com Estudo Especial para o Transformador		01	1

Se for maior que 1%, deverá ser corrigido

Page 1 of 1

Figura 42: Relatório da Verificação da Qualidade de Energia Fornecida por Vários Circuitos.

Referente a empresa analisada, como teste do software demonstrou-se uma economia de até 27% de redução no gasto com energia. Verifica-se uma redução de consumo de 6.451,20 kWh/ano, devido ao desligamento por 60 dias do transformador nº1 de 300 kVA, uma redução de energia elétrica de 947,51 kWh/ano, na substituição do motor nº 7 por motor de alto rendimento, uma redução de consumo de energia de 1891,93 kWh/ano na instalação de um inversor de frequência no motor nº 03, folga no sistema e transformadores com a correção do fator de potência corretamente distribuído e com o horário de funcionamento adequado, folga nos circuitos do motor nº 35, devido à redução da variação de tensão, e com a verificação dos taps e nível de tensão, pôde-se utilizar equipamentos sofisticados e sensíveis a danos e queimas devido ao alto custo dos mesmos.

6.CONCLUSÃO

A tarifa horo-sazonal verde com a utilização de grupo motor gerador no horário de ponta é a mais adequada para reduzir o gasto com energia elétrica para a Agroindústria, com atividades de secagem e armazenamento de grãos, não considerando a amortização do investimento do grupo motor gerador.

A utilização de técnicas de eficiência energética de baixo custo, como início das atividades, tais como, verificação de taps dos transformadores, nível de tensão junto à concessionária, remanejamento do circuito de alimentação de cargas de grandes transformadores através de chaves de reversão, verificação dos circuitos internos, queda de tensão, correção do fator de potência, permitem que as instalações fiquem mais adequadas para receberem equipamentos de tecnologias mais eficientes, e utilizando-se desta economia relativa ao custo da energia para realizar outros investimentos necessários, para melhorar ainda mais a eficiência energética.

Os investimentos viáveis, derivados da análise da aplicação dos recursos na redução do custo de energia, provocados pelas medidas iniciais recomendadas, proporcionam ainda como metas complementares:

- Instalação de um transformador de pequeno porte com potência superior ao maior motor da unidade, tendo com função principal alimentar as residências e escritórios e, como função secundária possibilitar a reversão de carga na entressafra;
- Instalação de bancos de capacitores utilizando os recurso de bancos fixos e bancos automáticos (forma mista) para a correção do fator de potência;
- Aplicação de inversor de frequência para motores elétricos com grande variação de carga;
- Aplicação de motores elétricos de alto rendimento em equipamentos utilizados por com significativas horas de funcionamento e de velocidade controlada.

O software desenvolvido neste estudo, pode ser utilizado por qualquer tipo de empresa enquadrada nos grupos tarifários A ou B, e para qualquer tipo de medição envolvendo conservação de energia. Ele também proporciona uma análise prática e eficiente do faturamento, correção do fator de potência e a aplicação de equipamentos eficientes. Permite ainda, o armazenamento no banco de dados, estudo de várias empresas e consulta dos mesmos, para verificar a comparação entre elas e concluir a forma mais racional de se fazer a eficiência energética para um determinado segmento de agroindústria.

Recomenda-se que este software seja fornecido gratuitamente pelas concessionárias de energia para os consumidores de energia elétrica, para posteriormente, ser feito um retorno e acompanhamento da criação de futuras estratégias de combate ao desperdício de energia. E adicionando um estudo de retorno de investimento para aplicação dos equipamentos sugeridos.

Como sendo parte inicial de um projeto de eficiência energética, este estudo traz uma motivação para pessoas que trabalham na empresa com a consciência coletiva sobre a eliminação de desperdício. Contribui assim, para a necessidade mundial de preservação do meio ambiente com menos investimento e conseqüentemente menos fontes de energia.

7.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABILUX - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ILUMINAÇÃO. Uso racional de energia em edificações. 2.ed. São Paulo, 1992. 44 p.
- ANDREAS, J.C. *Energy-efficient electric motors-selection and application*. 2.ed. New York: Marcel Dekker, 1992, 272p.
- ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, Condições gerais de fornecimento de energia elétrica, RESOLUÇÃO N 456 – Brasília: MME, 2000, 80 p.;
- ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, **O cuidado com as tarifas** – Brasília: MME, 2000, 04 p.
- ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, **Principais realizações 1998-2002 /estímulo ao uso eficiente de energia** – Brasília: MME, 2003, 81 p.;
- BRASIL - Ministério das Minas e Energia – **Avaliação de desempenho dos motores elétricos**; Rio de Janeiro, 1995, pg 3.

BRASIL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. **Manual de Conservação de Energia Elétrica na Indústria**. Elaborado pelo CODI – Comitê de distribuição, sob a supervisão técnica da Eletrobrás 1998.

BRASIL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – **Guia operacional de motores elétricos**. Versão 2000/ equipe Heloi José Ferrnandes Moraes et al – Rio de Janeiro.

BRASIL - Ministério Das Minas e Energia - **Plano decenal de expansão 2000/2009**; Rio de Janeiro, 2000, pg 19.

BRASIL - Ministério Das Minas e Energia - **Plano decenal de expansão 2000/2009**; Rio de Janeiro, 2000, pg 46.

BRASIL - Ministério das Minas e Energia – **Relatório eletrobrás 2001**; Rio de Janeiro, 2001; pg 64.

BRASIL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – **Orientações gerais para conservação de energia elétrica em edifícios**; Rio de Janeiro, 2002, pg 7.

BRASIL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – **Selo Procel 2002**; Rio de Janeiro, 2002, pg 10.

CAMARGO, J.; Zanetti, E.R.; Martinz, F.O.; Sileira, M.M. Adequação da qualidade das instalações elétricas industriais a qualidade da energia elétrica da concessionária. 5º seminário brasileiro sobre qualidade de energia elétrica – NEPEN, pg 309 – 314. Aracaju 2003.

CAMPANA, S., OLIVEIRA, FILHO D. , SOARES, A.A., OLIVEIRA, R. A. . Adequação de força motriz em sistema de irrigação por aspersão convencional e Pivô Central. – AGRENER (2000a) Campinas-SP

- CAMPANA, S., OLIVEIRA, FILHO D., SOARES, A.A., OLIVEIRA, R.A., ERMSDORFF, W., Inversor de Frequência – uma alternativa para racionalização do uso de energia elétrica em sistemas de irrigação Pivô Central. – AGRENER (2000b) Campinas-SP
- CARDIM, D. – Programa computacional para análise do faturamento do consumo de energia elétrica através dos K-hiperbolóide de carga e potência em empresas frigoríficas abatedoras de bovinos - Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP – Campus de Botucatu – Área de Concentração em Energia na Agricultura, Botucatu – SP, 2001.
- COTRIN, A.A.M.B. Instalações elétricas. 4.ed. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 2003. 678 p.
- CREDER, H. Instalações elétricas. 14.ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2002. 479 p.
- COGO, J. R. ; SÁ, J. S ; OLIVEIRA, A. L ; - Economia em motores elétricos Itajubá – MG, 1998
- CRUZ, L. F. – Tese de Desenvolvimento de um modelo matemático para o cálculo do limpo de aeração em silos verticais para reduzir o consumo de energia elétrica utilizando a teoria Fuzzy _Botucatu 2001, tese apresentada a Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp _ em energia na agricultura campus de Botucatu – São Paulo.
- DELAIBA, A.C.; Oliveira, R.R.; Rocha, C.A.L. Comportamento de geradores síncronos. trifásicos alimentando cargas não lineares e desequilibradas, uma abordagem analítica e experimental ANAIS do 5º seminário brasileiro sobre qualidade de energia elétrica. NEPEN, pg 61 – 66. Aracaju 2003.
- EBERLE.; Catálogo eletrônico de produtos. Caxias do Sul; 2001 (<http://www.eberle.com.br>) -

- ELETRICIDADE MODERNA; "Racionamento: A difícil gestão da escassez e as chances de superação", Eletricidade Moderna, p162, julho de 2001.
- ELETRICIDADE MODERNA; "Motores elétricos", Eletricidade Moderna, p, abril de 2000.
- ELETRICIDADE MODERNA; "soft stater", Eletricidade Moderna, p, junho de 2001.
- ELETRICIDADE MODERNA. "O setor elétrico brasileiro, entre crise financeira e outra reformulação." Eletricidade Moderna, São Paulo, pg 72 – 86. Julho de 2003.
- ENERGIA- REVISTA BRASILEIRA DE ENERGIA, "Reestruturação e novos instrumentos de planejamento no setor elétrico brasileiro" ; V.5; n 2; 1996, 284pg.
- ENERSUL, S.A – Empresa de Energia Elétrica de Mato Grosso do Sul – Manual Técnico de Distribuição MAN-TDE-107. Campo Grande-MS, 1998.
- ENERSUL, S.A – Empresa Energética de Mato Grosso do Sul – Manual de orientação ao cliente – tarifas horo-sazonais azul e verde. Campo Grande-MS, 1995. 22pg.
- ENERSUL, S.A – Empresa Energética de Mato Grosso do Sul – Manual de orientação ao Cliente – energia reativa excedente” . Campo Grande-MS, 1994. 20p.
- FITZGERALD, A.E.; KINGSLEY Jr., C.; KUSKO, A. "Máquinas Elétricas- Conversão Eletromecânica da Energia: Processos, Dispositivos e Sistemas". São Paulo: 1977, Editora McGraw - Hill, 554 p.
- GIUDECE, P. M del, T. , PINHEIRO; FILHO , J. B. ; COELHO, D. T., AZEVEDO, J. M. P Manuseio, secagem e armazenagens de café. Viçosa: Imprensa Universitária 1972, p. 272
- GOLDEMBERG, J. Política de conservação de energia para o Brasil: propostas de ações de curto e médio prazos. São Paulo Energia, n.20, p.36-38, 1985
- GUERREIRO, A - Conservação de energia: eficiência energética de instalações e equipamentos – ITAJUBÁ MG. FUPAI ,2001. p XIII.

- HADDAD, J.; Aguiar S. C.; elaboração André Ramon Silva Martins...et al - **EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: integrando usos e reduzindo desperdícios**. Agência Nacional de Energia Elétrica, ANP – Agência Nacional do Petróleo. Brasília, 1999. 432 p.
- HADDAD, J. Paulo, H. ; Ramalho, P. G.; - Conservação de energia: eficiência energética de instalações e equipamentos – ITAJUBÁ MG. FUPAI, 2001. p 113.
- HADDAD, J. - A lei da eficiência energética e os possíveis impactos nos setores produtivos – AGRENER 2002 , Campinas - SP.
- HANSON, B., WEIGAND, C. e ORLOFF, S., Performance of electric irrigation pumping plants using variable frequency drives. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, May/June, p.179 – 182,1996.
- HEPIKE, W. ; WERNE, O. La escuela del técnico mecánico. 2ed. , Buenos Aires: Editorial Labor S/A, 1939, 601 p.
- INEE; A eficiência energética e o novo modelo do setor energético; Relatório sobre o seminário realizado no Rio de Janeiro em 26 e 27 de junho de 2001.
- JANNUZZI, GILBERTO DE MARTINO; Políticas públicas para eficiência energética e energia renovável no novo contexto de mercado: uma análise da experiência recentes dos EUA e do Brasil / Gilberto De Martino Jannuzzi. - Campinas, SP: Autores Associados, 2000.-(coleção outros títulos)
- JANUZZI, G.M., SWISHER, Joel N.P. Planejamento integrado de recursos energéticos: meio ambiente, conservação de energia e fontes renováveis. Campinas - SP: Autores associados, 1997.
- JUNIOR, A. C. O. B. - Avaliação dos motores elétricos de uma unidade de armazenagem de grãos de cereais. Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP- Campus de Botucatu, 2000

- KASATKIN, A.S.; NEMTSOV, M.V. Electrical engineering. Moscow: Mir Publishers, 1986. 527 p.
- KOSOW, IRVING LIONEL – máquinas elétricas e transformadores. Porto Alegre. Globo 1982
- KUZNETSOV, M. Fundamentals of electrical engineering. Moscow: Mir Publishers, 1979. 460 p.
- LACERDA FILHO, A. F. de Avaliação de uma unidade de beneficiamento de sementes de milho (*Zea mays*, L) Botucatu 1998, pag. 199. Tese (doutorado em agronomia / energia na agricultura). Faculdade de Ciências Agrônômicas – Campus de Botucatu;
- LANGSDORF, A.S. Teoria de las máquinas de corriente alternada. México: McGraw-Hill, 1979. 701 p.
- LATORRE, C.O.F. Diagnóstico de potencial de conservação de energia na indústria. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, 1., 1990, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, v.3, 1990.
- LEWIS, C.; WALTON, S.J.; PENNY, J.R. Monitoração do rendimento sem o uso de transdutores de torque. **Eletricidade Moderna**, São Paulo, n.276, p.70-75, 1997.
- LOBOSCO, O.S.; DIAS, J.L.P.C. Seleção e aplicação de motores elétricos. São Paulo: McGraw-Hill, 1988. 511 p.
- LOPES, R. P., AFONSO, A. D. L., SILVA, J. de S. Energia no pré-processamento de produtos agrícolas. In: SILVA, J. de S. e (Ed.), Secagem e armazenamento de produtos agrícolas. Viçosa: Aprenda Fácil, 2000. p 191 - 217.
- LOPES, V., SOUZA, S.P., BROCHADO, R.S., RIOS, S.R.P. Contribuição ao estudo de acionamentos industriais. Rio de Janeiro, Instituto Militar de Engenharia, 1977. 958p.

- MACIEL, CLAUDIO SCHULLER; O controle dos atos de concentração nos mercado de energia elétrica .Campinas , SP: NIPE/UNICAMP, 2001, (Série "Políticas Públicas, Planejamento e regulação dos Mercados de Energia").
- MARTINS, J. H.; Correção do fator de potência. 2001. Comunicação pessoal
- MARACH, L.C. Metodologia para determinar a substituição de motores superdimensionados. **Eletricidade Moderna**, São Paulo, n.329, p.220-229, 2001.
- MARTIGNONI, A. Máquinas de corrente alternada. 3.ed. Porto Alegre: Globo, 1978. 410 p.
- MARTIN, J.M. A economia mundial de energia. São Paulo: Editora Unesp, 1992. 135 p.
- MORAES, C.C.; CAMBIRASIO, G.; LIMA, L.E. Conservação de energia elétrica: motores elétricos e sistemas de acionamentos. 1985. 53 p.
- NAU, S.L. Motores elétricos de indução: o que muda com a nova NBR 7094. **Eletricidade Moderna**, São Paulo, n.276, p.38-46, 1997.
- MOURA, A P.; Moura, A. A F.; Parente, S.R.G. – Redução dos custos de energia com controle de demanda em uma indústria tecnomecânica. **Eletricidade Moderna**, São Paulo, pg 98 – 104. Dezembro de 2003.
- OCÁCIA, G.C.; Duart, H. A ; Martins,F. M.; Hermann,L. C.; Bianchi, A L.; - Uso Racional de Energia em estação de bombeamento de água para irrigação de arroz. Universidade Luterana do Brasil – Canoas, RS, AGRENER 2002, Campinas SP.
- OLIVEIRA JUNIOR, N. Guia nacional do comprador de soft starters. **Eletricidade Moderna**, São Paulo, n.402, p.44-50, 2000.
- OLIVEIRA, J.F. Características de desempenho operacional do sistema suprido a consumidores industriais, do 5º seminário brasileiro sobre qualidade de energia elétrica – NEPEN, pg 369 – 373. Aracaju 2003.

- OTTOBONI, A . ; - A evolução do controle de velocidade- Saber Eletrônica, setembro de 2002, p14.
- PEREIRA, S.; Camacho, J. R.; Dias, G. P.; Filho, D. O. ; - Eficiência Energética de equipamentos eletrônicos – AGRENER 2002, Campinas - SP.
- POOLE, A & H. GELLER; O novo mercado de serviços de eficiência energética no Brasil, INEE & ACEEE, Rio de Janeiro, 1997
- REZEK, A.J.J. et al. Conservação de energia com a utilização de soft starter. **Eletricidade Moderna**, São Paulo, n.402, p.52-61, 2000.
- RUSSOMANO, V. H. Conservação de eletricidade. In: *__Introdução à administração de energia na indústria.* São Paulo: EDUSP, p. 233-41, 1987.
- SÁ, J.S.; COGO, J.R.; ARANGO, H. Avaliação do rendimento de motores de indução trifásicos via medição de tensão e corrente do estator. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, 1., 1990, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, v.3, 1990.
- SALES, S.C.P. Avaliação expedita da capacidade liberada de energia, visando sua racionalização, na Fazenda Experimental Lageado. 1998. 108 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1998.
- SOARES,G. A, O A KRISTOSCHEK FILHO, R.P. TABOSA; "Eficiência energética em motores: impactos no setor e análise de mercado", *Eletricidade Moderna*, p112, abril de 2000.
- SODERHOLM, L.H. Voltage effects on electric motor torque, current and temperature rise. **Transaction of the ASAE** (American Society of Agricultural Engineers), Michigan, v.16, n.3, p.510-515, 1973.

- SERAPHIM & TEIXEIRA, a. m. Conservação e Racionalização de energia elétrica no meio rural. In: Seraphim, O. J.; Tecnologia e aplicação racional de energia elétrica e de fontes renováveis na agricultura. Campina Grande: UFPB, 1997. p. 31-74 .
- SHONETI, j.; Nebon, Y. As proteções em baixa tensão e os inversores de frequência. Eletricidade Moderna, São Paulo, pg 106 – 136. Fevereiro de 2003.
- SHINDO R. & SOARES G. A. Avaliação da precisão de métodos práticos de determinação do carregamento de motores de indução trifásicos. In: CONFERÊNCIA DE APLICAÇÕES INDUSTRIAIS, São Paulo: 1998 Anais... Editora Tec Art. v. 3, pp. 177 e 179.
- SELVA, T.C.G.; Silva, S.R.; Rezete, A.J.J. Análise de desemprego de motor de indução trifásico acionado por inversor PWM. Eletricidade Moderna, São Paulo, pg 40 – 50. Novembro de 2003.
- STAROSTA, J. – “Características e critérios de especificação de grupos geradores.” Eletricidade Moderna, São Paulo, pg 110 – 124. Janeiro de 2003.
- TEIXEIRA, C.A.; OLIVEIRA FILHO, D.; LACERDA FILHO, A.F. Racionalização do uso da força motriz em fábrica de ração da UFV - estudo de caso. In: SEMINÁRIO ENERGIA NA AGRICULTURA - INDICANDO NOVOS CAMINHOS PARA A PRODUTIVIDADE NO CAMPO, 2., 2001, Uberaba. **Anais...** Uberaba, 2001.
- TEIXEIRA, N.M. Determinação da capacidade liberada de energia após correção do fator de potência pelo n-hiperbolóide. 1999. 101f. Tese (Livre-Docência em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1999.
- TOWERS, R. P. Bulk materials nanceling and storage. In: Feed manufacturing technology. Chicago: American Feed Manufactorers Association, Inc, pag 497_550, 1970.
- WEBER, E.; Armazenagem Agrícola Guaíba: Agropecuária, 2001, 396p.

WEG. Catálogo eletrônico de Produtos. (<http://www.weg.com.br>) Jaraguá do Sul, RS. Data da consulta: 2000.

WILHINSON, M.D. Gerenciamento contínuo de unidade: como entender a vida útil do transformador. Eletricidade Moderna, São Paulo, pg 40 – 50. Fevereiro de 2003

VESHENEVSKY, S. Características de los motores en el accionamiento eléctrico. Moscow: Mir Publishers, 1972. 407 p.

8.APÉNDICE

ANAEEL

for Microsoft Windows

Manual do usuário

8.1. Instalação do Anaeel

- Feche todos os programas abertos e desconecte-se da Internet antes de executar o Programa de Instalação.
- Para a instalação do programa, execute o arquivo SETUP.EXE a partir do CD-ROM, depois siga as instruções na sua tela para concluir a instalação.

Na instalação é criado um grupo de programas com o item EFICIÊNCIA, o qual será usado para a execução do mesmo. Nenhuma configuração do computador é alterada durante a instalação e execução do programa.

8.2. Informações Técnicas

8.2.1 Diretórios (Pastas) Utilizados :

- A instalação do programa coloca todos os arquivos necessários, além daquele padrão do Windows, no diretório indicado pelo usuário.

8.2.2 Arquivos Acrescidos no Windows:

- Durante a instalação é colocado o programa BDE (Borland DataBase Engine), que permite a conexão do software com as tabelas de dados.

8.3. Requisitos do Sistema

- Estes são os requisitos mínimos do sistema para a execução do programa.
- Computador pessoal, 200 MHz compatível ou mais rápido,

- Windows 95/98/NT4/2000/Me/XP,
- 32 MB RAM ,
- Espaço livre de 10 MB no disco rígido,
- Unidade de leitura de CD ROM,
- Recomendada a exibição de 800 x 600, mínimo de 256 cores, cor de 16-bit.

8.4. Desinstalação

- Para desinstalar o programa, utilize a caixa de diálogo Propriedades de adicionar/remover programas no painel de controle do Windows,
- Para acessar a caixa de diálogo Propriedades adicionar/remover programas,
- Na barra de tarefas do Windows, clique em **Iniciar**, aponte para **Configurações**, clique em **Painel de controle**, em seguida, clique duas vezes em **Adicionar/remover programas**.

8.5. Possíveis Problemas

8.5.1 Instalação

- Quando a instalação não é concluída, é necessário, primeiramente, examinar seu computador para certificar-se que não esteja infectado por vírus. Execute um programa anti-vírus com o último arquivo de assinaturas e permita que o programa remova todos os vírus. Consulte a documentação do software anti-vírus sobre como obter arquivos de assinatura de vírus atualizados.
- Caso persista o problema, verifique a instalação de seu Sistema Operacional, podendo ter que reinstalá-lo.

8.5.2 Impressão

Geralmente os problemas de impressão podem ser corrigidos com as seguintes verificações:

- O driver (controlador) de impressão não está instalado corretamente.
- O nome que aparece na caixa de impressão é o mesmo da própria impressora?
- Outros programas conseguem imprimir corretamente?
- Na caixa de diálogo de configuração da impressora, (menu Arquivo Configurar Impressora), verificar se a qualidade da impressão está como normal (em vez de rascunho, rápida ou outro tipo).
- Para as impressoras coloridas, testar as diferentes formas de imprimir (colorido, tons de cinza, automático etc.).