

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
CAMPUS EXPERIMENTAL DE ITAPEVA

RODRIGO TIAGO GONÇALVES DE SOUZA

**ANÁLISE DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA E DA
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM UMA INDÚSTRIA DE
PROCESSAMENTO DE MADEIRA**

RODRIGO TIAGO GONÇALVES DE SOUZA

**ANÁLISE DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA E DA
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM UMA INDÚSTRIA DE
PROCESSAMENTO DE MADEIRA**

Trabalho de Graduação apresentado no Campus Experimental de Itapeva - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", como requisito para a conclusão do curso de Engenharia Industrial Madeireira.

Orientador: Prof. MSc. Fernando de Lima Caneppele

Itapeva – SP
2010

Souza, Rodrigo Tiago Gonçalves de.

S729a Análise do consumo de energia elétrica e da eficiência energética em uma indústria de processamento de madeira / Rodrigo Tiago Gonçalves de Souza – – Itapeva, 2010
98 f.; il.

Trabalho de Graduação do Curso Engenharia Industrial
Madeira apresentado ao Campus Experimental de Itapeva –
UNESP, 2010

Orientador: Prof. MSc. Fernando de Lima Caneppele
Banca examinadora: Prof.^a Dr.^a Juliana Cortez Barbosa, Prof. Dr.
Natal Nerímio Regone
Inclui bibliografia

1. Energia elétrica - Consumo. 2. Indústria madeireira. 3. Fator de
potência. I. Título. II. Itapeva - Curso de Engenharia Industrial
Madeira.

CDD 333.79323

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
CAMPUS EXPERIMENTAL DE ITAPEVA

**ANÁLISE DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA E DA
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM UMA INDÚSTRIA DE
PROCESSAMENTO DE MADEIRA**

RODRIGO TIAGO GONÇALVES DE SOUZA

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO
COMO PARTE REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
GRADUADO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL MADEIREIRA

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO
DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL MADEIREIRA

Prof. Dr. José Cláudio Caraschi
Coordenador de Curso

BANCA EXAMINADORA:

Prof. MSc. Fernando de Lima Caneppele
Orientador – Campus Experimental de Itapeva/UNESP

Prof.^a Dr.^a Juliana Cortez Barbosa
Campus Experimental de Itapeva/UNESP

Prof. Dr. Natal Nerímio Regone
Campus Experimental de Itapeva/UNESP

Dedico este trabalho aos meus pais, ao meu irmão, aos meus avós e à minha amada. Sem o apoio incondicional de todos vocês, nada disso poderia se tornar concreto.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por tudo, por sempre estar comigo, me abençoando, iluminando os meus caminhos e colocando pessoas e oportunidades que fizeram com que esta realização fosse concluída e que outras venham a se concluir. Muito obrigado.

Aos meus pais Dirceu e Leni, pelo amor incondicional, pela dedicação, pelos ensinamentos e pelo apoio em todos os momentos da minha vida. Amo-vos muito.

Ao meu irmão Fellipe, que sempre esteve comigo em todas as situações.

Ao meu avô Lino e aos meus tios Luiz, Lúcia e André que sempre deram apoio e incentivo ao meu trabalho e desenvolvimento pessoal.

A minha avó Maria (in memoriam) que sempre cuidou de mim, me apoiando com seus ensinamentos, carinho e dedicação em todas as situações que deparei em minha vida.

A minha amada Pâmella, pelo apoio e dedicação em todos os momentos. Pelo amor, pelo zelo e por me fazer muito feliz, sem esquecer é claro, pela tamanha paciência. Te amo.

Aos meus amigos Everton, José Miguel (Juca), Dinarte, Eduardo, Paulo (Paulinho) e os outros tantos (que são muitos), que sempre estiveram comigo nos momentos de lazer, diversão, conversas e futebol, assim como estiveram presentes nos momentos de alegria sempre se mantiveram presente nos momentos de dificuldade.

Aos meus amigos de graduação Raphael Pinati e Marcos Scarpelli, cujos quais me acompanharam fielmente nessa jornada, mesmo com todas as dificuldades que esta apresentou, nos mostramos fortes e determinados, apoiando uns aos outros.

Ao meu orientador professor MSc. Fernando de Lima Caneppele que sempre me incentivou com idéias, orientações e sugestões que tornaram possível a realização deste trabalho. Obrigado por confiar no meu trabalho.

Ao Sr. Rubens e Sr. Carlos pelo apoio e por possibilitarem a realização desta pesquisa em suas instalações, demonstrando-se sempre prestativos e atenciosos durante todo o processo.

Aos demais colegas de graduação, aos docentes e a todos os funcionários desta unidade.

Agradeço a todos, que de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

*“O sábio nunca diz tudo o que pensa, mas
pensa sempre tudo o que diz.”*

Aristóteles

RESUMO

Nas indústrias de processamento de madeira (serrarias), onde a madeira é serrada por equipamentos como serras de fita, serras circulares, desempenadeiras, desgrossadeiras, entre outros, que transformam mecanicamente este recurso e utilizam de motores elétricos, os quais não raramente são mal dimensionados ou trabalham sobrecarregados, muitas vezes um fator que não é verificado nessas indústrias e que tem fundamental importância nos processos produtivos é a eficiência energética que é obtida tanto pela inovação tecnológica como por meio de conjunto de práticas e políticas que visam o menor consumo energético, baixando os custos com energia e aumentando a quantidade de energia oferecida sem alteração da geração. Para tanto durante o projeto de uma instalação elétrica, tanto no global como nos diversos setores da instalação, se fazem necessários estudos, considerações e utilizações de fatores e variáveis que coloquem em prática a temática da eficiência energética. Sendo assim, neste trabalho, esses fatores foram calculados e analisados para uma indústria de processamento de madeira (serraria) localizada no município de Taquarivaí - SP, sendo eles: potência ativa, fator de potência, fator de demanda e fator de carga. Onde os mesmos apresentaram valores baixos em relação à literatura, fatos estes que ocorrem quando equipamentos são ligados ao mesmo tempo e devido às condições do processamento da madeira, onde os motores apresentam grandes variações no consumo de energia elétrica durante o desdobramento da mesma, devidos aos esforços com a carga e momentos ociosos entre cada operação de usinagem nos equipamentos.

Palavras-chave: Eficiência Energética. Indústria de Processamento de Madeira. Potência ativa. Fator de Potência. Fator de Demanda. Fator de Carga.

ABSTRACT

In the industries of wood processing (sawmills), where timber is sawn in equipment such as band saws, circular saws, trowel, thicknessers, among others, that mechanically transform this resource and use of electric motors, which are not unusually poorly scaled working or overloaded, often a factor that is not found in these industries and has fundamental importance in the production process is energy efficiency that is achieved by both technological innovation and through all the practices and policies that aim to lower energy consumption, lowering energy costs and increasing the amount of energy offered no change in generation. For both during the design of an electrical installation, both overall and in various sectors of the installation, investigations are necessary, considerations and uses of variables and factors that put into practice the theme of energy efficiency. Therefore, in this paper, these factors were calculated and analyzed for a wood processing industry (sawmill) in the municipality of Taquarivaí - SP, namely: active power, power factor, demand factor and load factor. Where they were small in relation to the literature, these events that occur when devices are connected at the same time and due to the conditions of processing the wood, where the engines have large variations in electricity consumption during the unfolding of the same, due to efforts with the load and idle moments between each machining operation in the equipment.

Keywords: Energy Efficiency. Wood Processing Industry. Active Power. Power Factor. Demand Factor. Load Factor.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fluxograma esquemático de obtenção de madeira serrada	22
Figura 2. Vista em corte de um motor de indução trifásico.....	32
Figura 3. Vista explodida de um motor de indução trifásico	32
Figura 4. Exemplo de placa de identificação de um motor de indução trifásico	36
Figura 5. Horários de Ponta e Fora de Ponta para uma unidade consumidora.....	39
Figura 6. Triângulo retângulo de potência	48
Figura 7. Capacitor junto às grandes cargas indutivas.....	55
Figura 8. Capacitor no barramento geral de baixa tensão.....	56
Figura 9. Capacitor na extremidade dos circuitos alimentadores	57
Figura 10. Capacitor na entrada de energia em alta tensão.....	58
Figura 11. Vista aérea da indústria de processamento de madeira	68
Figura 12. Diagrama da indústria analisada	69
Figura 13. Vista frontal do painel do analisador de grandezas SAGA	70
Figura 14. Vista externa do quadro geral de entrada de energia.	72
Figura 15. Detalhe do analisador de grandezas no quadro geral de entrada de energia	73
Figura 16. Analisador de grandezas instalado no quadro geral de entrada de energia.	73
Figura 17. Vista interna do quadro de distribuição de energia da serra de fita vertical.....	74
Figura 18. Diagrama de conexões – ligação trifásica à 4 fios.	74
Figura 19. Cabos medidores de corrente e garras jacaré ligados as fases de alimentação.....	75
Figura 20. Garras jacaré.....	75
Figura 21. Garra de corrente.....	76
Figura 22. Potência ativa global da indústria.....	78
Figura 23. Potência ativa da serra fita vertical da indústria.	79
Figura 24. Fator de potência global da indústria.	80
Figura 25. Fator de potência da serra fita vertical da indústria.....	81
Figura 26. Fator de potência mensal da indústria, ao longo dos 18 meses analisados.....	85

Figura 27. Fator de demanda mensal da indústria, ao longo dos 18 meses analisados.	88
Figura 28. Fator de carga mensal da indústria no período de ponta, ao longo dos 18 meses analisados.....	91
Figura 29. Fator de carga mensal da indústria no período fora de ponta, ao longo dos 18 meses analisados.....	91

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Grau de proteção - primeiro dígito.....	28
Tabela 2. Grau de proteção - segundo dígito.....	29
Tabela 3. Tensão de fornecimento – grupo A.	41
Tabela 4. Resumo do taturamento tarifário.....	45
Tabela 5. Correção do fator de potência de motores a indução em função da sua potência nominal.	60
Tabela 6. Localização e descrição de equipamentos/processos.....	69
Tabela 7. Dados contidos nas contas de energia elétrica da indústria referente ao período de novembro de 2008 a abril de 2010.....	82
Tabela 8. Fatores de potência da indústria, referente ao período de novembro de 2008 a abril de 2010.....	84
Tabela 9. Levantamento energético da indústria.....	86
Tabela 10. Fatores de demanda da indústria, referente ao período de novembro de 2008 a abril de 2010.....	88
Tabela 11. Fatores de carga nos períodos de ponta e fora de ponta da indústria, referente ao período de novembro de 2008 a abril de 2010.....	90

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABEE	-	Associação Brasileira de Eficiência Energética
ABIMCI	-	Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente
ANEEL	-	Agência Nacional de Energia Elétrica
COPEL	-	Companhia Paranaense de Energia
CV	-	Cavalo-vapor
DNAEE	-	Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica
DSP	-	<i>Digital Signal Processor</i>
F	-	horário fora de ponta
FC	-	Fator de Carga
FD	-	Fator de Demanda
FP	-	Fator de Potência
FS	-	horário fora de ponta em período seco
FU	-	horário fora de ponta em período úmido
HP	-	<i>Horse-power</i>
kV	-	quilovolt
kVA	-	quilovolt-ampère
kVAr	-	quilovolt-ampère-reativo
kVArh	-	quilovolt-ampère-reativo-hora
kW	-	quilowatt
kWh	-	quilowatt-hora
MB	-	Megabyte
MIT	-	Motor de Indução Trifásico
MME	-	Ministério de Minas e Energia
P	-	horário de ponta
PROCEL	-	Programa de Conservação de Energia Elétrica
PS	-	horário de ponta em período seco
PU	-	horário de ponta em período úmido
R.P.M.	-	Rotação Por Minuto
SBS	-	Sociedade Brasileira de Silvicultura
SEPLAG	-	Secretaria de Estado de Planejamento e Gestão

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
2. OBJETIVOS	18
2.1. Objetivo Geral	18
2.2. Objetivos Específicos	18
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
3.1. Indústria de Processamento de Madeira (Serraria)	19
3.2. Eficiência Energética	24
3.3. Motores Elétricos.....	26
3.3.1. Graus de proteção mecânica dos invólucros dos motores	27
3.3.2. Motores de Indução Trifásicos.....	30
3.3.3. Aspectos construtivos dos motores de indução trifásicos	31
3.3.4. Problemas causados pela partida	33
3.3.4.1. Motor	33
3.3.4.2. Carga e Sistema de Transmissão	34
3.3.4.3. Rede Elétrica e Instalações	34
3.3.5. Identificação de motores de indução trifásicos	35
3.3.5.1. Dados de Placa	35
3.4. Tarifação de Energia Elétrica	37
3.4.1. Sistema tarifário de energia elétrica	37
3.4.2. Definições e Conceitos.....	37
3.4.2.1. Energia Elétrica Ativa	37
3.4.2.2. Energia Elétrica Reativa	37
3.4.2.3. Demanda	37
3.4.2.4. Demanda Máxima	38
3.4.2.5. Demanda Média	38
3.4.2.6. Demanda Medida	38
3.4.2.7. Demanda Contratada	38
3.4.2.8. Demanda Faturável	39
3.4.2.9. Horários Fora de Ponta e de Ponta	39
3.4.2.10. Períodos Seco e Úmido.....	39
3.4.2.11. Consumidor	40

3.4.2.12. Unidade Consumidora.....	40
3.4.3. Tensão de Fornecimento.....	40
3.4.3.1. Grupo A.....	41
3.4.3.2. Grupo B.....	42
3.4.4. Estrutura Tarifária.....	42
3.4.4.1. Estrutura Tarifária Convencional.....	43
3.4.4.2. Estrutura Tarifária Horo-Sazonal.....	43
3.4.4.2.1. Tarifa Azul.....	43
3.4.4.2.2. Tarifa Verde.....	44
3.4.4.2.3. Tarifa de Ultrapassagem.....	44
3.5. Fator de Potência.....	45
3.5.1. Legislação Atual.....	45
3.5.2. Definições e Conceitos.....	46
3.5.3. Conseqüências e Causas de um Baixo Fator de Potência.....	48
3.5.3.1. Principais Causas do Baixo Fator de Potência.....	48
3.5.3.2. Principais Conseqüências do Baixo Fator de Potência.....	50
3.5.3.3. Perdas na Instalação.....	51
3.5.3.4. Quedas de Tensão.....	51
3.5.3.5. Subutilização da Capacidade Instalada.....	52
3.5.4. Vantagens da Correção do Fator de Potência.....	52
3.5.4.1. Vantagens da Empresa.....	52
3.5.4.2. Vantagens da Concessionária.....	53
3.5.5. Métodos de Correção do Fator de Potência.....	53
3.5.5.1. Alteração das condições operacionais ou substituição de equipamentos.....	54
3.5.5.2. Correção por Capacitores Estáticos.....	54
3.5.5.2.1. Correção Junto às grandes cargas indutivas ou Correção localizada.....	54
3.5.5.2.2. Correção no barramento geral de baixa tensão (BT).....	56
3.5.5.2.3. Correção por grupos de cargas ou Correção na extremidade dos circuitos alimentadores.....	57
3.5.5.2.4. Correção na entrada da energia de alta tensão (AT).....	57
3.5.5.2.5. Correção mista.....	58
3.5.5.3. Correção do fator de potência de motores de indução.....	59

3.6. Fator de Demanda.....	60
3.7. Fator de Carga	61
3.7.1. Influência do Fator de Carga da Instalação	64
4. MATERIAL E MÉTODOS	68
4.1. Material.....	68
4.1.1. Analisador de Grandezas Elétricas SAGA 4000.....	70
4.2. Métodos.....	71
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	78
6. CONCLUSÕES	93
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95

1. INTRODUÇÃO

A eficiência energética é uma filosofia de trabalho que visa otimizar a utilização da energia elétrica por meio de orientações, direcionamentos, ações e controle dos recursos humanos, materiais e econômicos, reduzindo os índices globais e específicos da quantidade de energia necessária para a obtenção do mesmo resultado ou produto.

Os projetos de eficiência energética são aqueles que resultam em economia e benefícios diretos para o consumidor, com ações de combate ao desperdício de energia elétrica, modernização de instalações e processos (CAPELLI, 2007).

Conforme Mamede Filho (2007), com o aumento do consumo de energia no mundo, a sociedade vem a cada dia se preocupando com as medidas de uso racional das diversas formas de energia utilizadas, notadamente a energia elétrica.

Para se realizar um estudo de eficiência energética numa instalação industrial, é necessário agir nos diferentes tipos de cargas, de modo a efetuar-se uma análise que pode resultar em uma racionalização do uso de energia elétrica, conseqüente economia na fatura mensal e melhoria no rendimento de máquinas elétricas.

Tal análise é realizada de duas formas, o levantamento de todas as características da instalação elétrica com o uso de um analisador de qualidade de energia e também o estudo das faturas de consumo de energia elétrica entre períodos consecutivos onde a compreensão da forma como é cobrada a energia elétrica e como são calculados os valores apresentados nas contas de luz é fundamental para a tomada de decisão em relação a projetos de eficiência energética (BONELLI; ROSSI; ARAÚJO, 2009).

Sendo assim em indústria de processamento de madeira se fazem necessários estudos acerca dos fatores de projeto, que de acordo com Cotrim (2003), são fatores utilizados durante o projeto de uma instalação elétrica, para a determinação das demandas máximas dos diversos setores da instalação e da demanda máxima global.

Os fatores de projeto a serem analisados, neste trabalho, são: fator de potência, que segundo Weg (2010), é a razão entre a potência ativa e a potência

aparente; fator de demanda, que conforme Cotrim (2003) é a razão da demanda máxima de uma instalação ou de um setor ou de conjunto de cargas de uma instalação para a potência instalada da instalação, do setor ou do conjunto de cargas; e por fim o fator de carga, que de acordo com Mamede Filho (2007), é a razão entre a demanda média, durante um determinado intervalo de tempo, e a demanda máxima registrada no mesmo período.

Fatores esses que influenciam tanto nas verificações das condições das instalações elétricas dos motores na indústria bem como para a melhoria da eficiência energética dos mesmos.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

O objetivo principal deste trabalho é o estudo da eficiência energética, em relação ao uso da energia elétrica de uma indústria de processamento de madeira (serraria) localizada no município de Taquarivaí, na região de Itapeva, Estado de São Paulo.

2.2. Objetivos Específicos

- a) Analisar os valores das potências ativas da indústria, tanto no global como de forma específica, no equipamento serra fita vertical.
- b) Calcular e avaliar os valores dos fatores de potência, de demanda e de carga da indústria analisada.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica ou revisão da literatura será realizada na forma de análise crítica, meticulosa e ampla das publicações correntes sobre indústria de processamento de madeira (serraria), eficiência energética, motores elétricos, tarifação de energia elétrica, tensão de fornecimento, estrutura tarifária e fatores de potência, de demanda e de carga.

3.1. Indústria de Processamento de Madeira (Serraria)

Segundo Roque e Valença (1998), a indústria de base florestal pode ser dividida, de uma forma geral, de acordo com o produto final obtido que pode ser: lenha, postes, madeira serrada, lâminas de madeira, painéis colados, compensados, aglomerados, chapas duras de fibras, chapas de fibras de média densidade, celulose e papel. Desses produtos, a madeira serrada e os painéis de madeira são alguns insumos da cadeia produtiva de móveis.

A madeira serrada é produzida em unidades industriais (serrarias), onde as toras são processadas mecanicamente, transformando a peça originalmente cilíndrica em peças quadrangulares ou retangulares, de menor dimensão. A sua produção está diretamente relacionada com o número e as características dos equipamentos utilizados e o rendimento baseado no aproveitamento da tora (volume serrado em relação ao volume da tora), sendo este função do diâmetro da tora (maiores diâmetros resultam em maiores rendimentos), [...], produzem a maior diversidade de produtos: pranchas, pranchões, blocos, tábuas, caibros, vigas, vigotas, sarrafos, pontaletes, ripas e outros (MORAES, 2007).

Conforme Murara Júnior (2005), a busca de melhores produtos e maior rendimento nas serrarias permite às indústrias de beneficiamento o aumento de qualidade e redução dos custos de produção, portanto há uma dependência direta entre os quais serrarias produzem e a cadeia de produção que dela emerge. A madeira processada em serrarias pode ser utilizada na construção civil, na produção de móveis e de veículos (barcos, carrocerias de caminhão, assoalho de ônibus,

etc.), e os resíduos da produção são utilizados na produção de MDF, celulose e para geração de energia através da queima.

De acordo com Gonçalves (2000), os processos de usinagem da madeira em abate, descascamento, desdobro, laminação, produção de partículas e beneficiamento. Cada um desses processos é formado por diversas operações, as quais definem o trabalho de transformação da forma da madeira num determinado processo, como por exemplo, as operações de corte, seja com uma serra de fita na serraria ou com uma seccionadora na indústria de móveis seriados.

Segundo Fagundes (2003), o processamento da madeira no Brasil está relacionado diretamente com as espécies florestais utilizadas associados aos produtos produzidos. Para tanto, este processamento pode ser dividido em três grandes grupos de empresas: aquelas que se ocupam com as madeiras nativas da região Norte do Brasil; aquelas que processam a madeira de *pinus*, localizadas em sua maioria no Sul do Brasil e aquelas que têm na madeira de *eucalipto* a matéria-prima, estas localizadas principalmente no Sudeste do Brasil.

O processamento da madeira (desdobro) é ainda realizado de maneira empírica em grande parte das serrarias, com resultados inadequados e ineficientes. Isto afeta diretamente a utilização racional deste recurso e limita seu desenvolvimento e competitividade ante outros materiais (GONÇALVES; HERNÁNDEZ; NERI, 1998).

De acordo com ABIMCI (2008), o setor da indústria de madeira processada mecanicamente é composto por empresas produtoras de madeira serrada, lâminas, chapas de madeira e produtos de maior valor agregado. O setor representa 1,2% do PIB (Produto Interno Bruto) nacional e geração de 2,1 milhões de empregos.

No ano de 2007, a produção de madeira serrada atingiu 23 milhões de metros cúbicos, as exportações brasileiras de madeira serrada totalizaram cerca de 2,9 milhões de metros cúbicos, o que representa 846 milhões de dólares. As projeções para a produção de madeira serrada no Brasil deverão atingir patamares superiores aos praticados atualmente, em 2010 estima-se uma produção de 67 milhões de metro cúbicos e, em 2020, 77 milhões de metros cúbicos.

Conforme SBS (2007), o consumo de madeira em tora para uso industrial no país cresceu 136% ao ano de 1990 até 2006, sendo a indústria de madeira serrada responsável por 19,1 % do total deste consumo. A indústria brasileira voltada à produção de madeira serrada dispõe de aproximadamente 10 mil unidades,

predominando aquelas de pequeno porte, que representam 74,6%, com capacidade instalada menor do que 10 mil metros cúbicos por ano, e 24,7% entre 10 mil e 30 mil metros cúbicos por ano.

Segundo ABIMCI (2004), mais de 60% do território brasileiro é coberto por florestas. Esta extensa área florestal mostra o enorme potencial do país para a fabricação de produtos de madeira, dentro os quais destaca-se a madeira serrada. Para sua produção, a madeira é desdobrada em dimensões padronizadas, sendo posteriormente seca. No entanto, as espécies utilizadas pelas serrarias variam de acordo com a região do país. No norte, a quase totalidade de utilização de madeira nativa como fonte de matéria prima. Já no sul e no sudeste, a demanda é voltada basicamente para madeira de reflorestamento (Pinus e Eucalipto). O Pinus é o mais utilizado no setor de madeira serrada, principalmente as espécies *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*. Já quanto ao gênero *Eucalyptus*, algumas de suas características, como suas elevadas tensões de crescimento e dificuldades na secagem têm sido contornadas e sua utilização tem aumentado.

O tipo de matéria prima (nativa ou plantada) determina variações na qualidade do produto final e no processo produtivo. Sendo assim o fluxograma básico do processo industrial e desdobramentos da madeira de Pinus são mostrados na figura 1, onde podem ser observadas as principais etapas do processo.

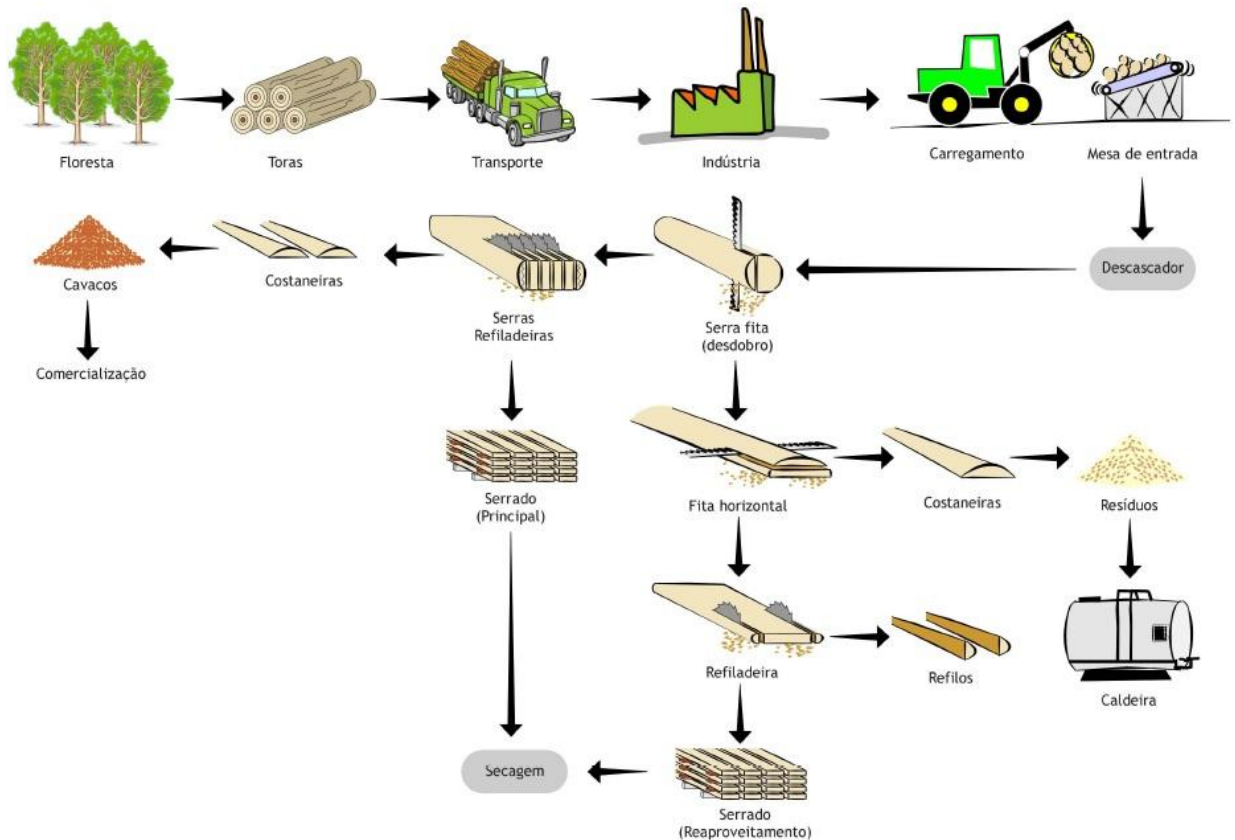


Figura 1: Fluxograma Esquemático de Obtenção de Madeira Serrada. Fonte: ABIMCI (2004)

Cada uma das etapas do fluxograma são descritas sucintamente a seguir.

a) Obtenção da Madeira em Toras: após a obtenção da madeira em toras é realizado o transporte da floresta até a indústria.

b) Chegada à indústria: Após o descarregamento, a madeira é traçada e classificada, normalmente de acordo com seu diâmetro, sendo posteriormente levada ao descascamento. Esta operação pode ser facultativa em algumas indústrias.

c) Descascamento: As toras seguem normalmente para um descascador de tambor e são mais uma vez classificadas conforme a classe de diâmetro. As toras descascadas são enviadas ao processo e depositadas em uma mesa unitizadora, que as separa uma a uma, antes do desdobro.

d) Desdobro Principal: As toras separadas uma a uma passam por uma serra de fita simples ou dupla, obtendo-se como produto um bloco e costaneiras.

e) Refilos: O bloco é encaminhado para outro conjunto de serras (serras circulares múltiplas), obtendo-se o produto principal (tábuas e outras) de bitolas

padronizadas e costaneiras. As costaneiras que sobram do processamento da serra de fita e das serras múltiplas são aproveitadas, no primeiro caso, para a produção de um produto de mesma dimensão do produto principal. Para isto, são encaminhadas para uma outra serra de fita horizontal e para a refiladeira. Já no segundo caso, as costaneiras juntamente com os refilos seguem para o sistema de coleta de resíduos, que encaminha os mesmos para um picador transformando-os desta forma em cavacos, podendo ser comercializado.

f) Gradeamento e Secagem: Os serrados são então direcionados a secagem podendo ser utilizado um dos dois processos: natural ou artificial. A secagem natural ou ao ar livre é mais usada na época em que a temperatura é mais alta e a umidade relativa do ar mais baixa. Já a secagem artificial é feita em estufas em qualquer época do ano, pois a temperatura e umidade são controladas. Os serrados secos estão aptos à comercialização ou podem ser direcionados a um processamento secundário.

Dois fatores são determinantes para a qualidade do produto final: a matéria prima, já mencionada anteriormente, e o andamento do processo em si, sendo cada um deles descritos a seguir.

a) Matéria Prima: A qualidade do produto final é bastante influenciada pela qualidade da matéria prima. Alguns fatores determinantes são: diâmetro, comprimento, presença de rachaduras e tortuosidade das toras. Um manejo silvicultural adequado e o melhoramento genético são capazes de reduzir a incidência de nós, manchas, bolsas de resina, além de homogeneizar a dimensão e a forma das toras, melhorando assim a qualidade da matéria prima.

b) Processo: Outro importante fator é o planejamento do processo. Deve-se considerar: a definição do *layout* e dos equipamentos, que estão relacionados a matéria prima; o controle dimensional (que pode ser feito com equipamentos específicos e através de monitoramento) e a formação do pacote com separadores bem alinhados e cobertos com pesos; estabelecimento de rotinas de classificação, monitoramento e treinamento de todos os envolvidos.

3.2. Eficiência Energética

Segundo PROCEL (2006), a eficiência energética é obtida tanto pela inovação tecnológica, através da introdução de novos produtos, máquinas ou tecnologia de menor consumo energético, como por novas formas de gestão do processo produtivo. O desenvolvimento tecnológico tem propiciado a introdução de novas tecnologias no mercado. Lâmpadas e motores mais eficientes, novos eletrodomésticos e sistemas de automação, que otimizam a geração, transporte e distribuição de energia, novos dispositivos eletrônicos de administração da carga pelo lado da demanda e tantos outros avanços tecnológicos que implicam em melhor uso da energia elétrica.

Eficiência energética é um termo técnico geralmente utilizado para denotar a geração de energia por unidade de energia fornecida ao sistema, por exemplo, os quilowatts-hora gerados em uma central térmica por unidade de combustível utilizado, os quilômetros por litro nos automóveis, a quantidade de luz, aquecimento, refrigeração ou potência motora por unidade de energia consumida (ANDERSON, 1993).

Para Cientista (2010) a eficiência energética trata-se da redução da energia requerida para atender um serviço energético (geração de calor, frio, mobilidade, iluminação, etc.), o que pode ser feito tanto por meio de equipamentos mais eficientes, quanto pela substituição de equipamentos, processos e produtos, e pela mudança dos padrões de consumo de energia.

A eficiência energética de um sistema, de maneira geral, indica o quanto um equipamento real aproxima-se de um comportamento ideal, no qual não existem perdas. Como na indústria perdas significam maiores custos, busca-se constantemente minimizar estes valores, procurando-se trabalhar com equipamentos de alto rendimento e manter a eficiência em um nível máximo. Desta maneira, a determinação do valor da eficiência é de relevante importância (PROCEL, 2006).

Segundo SEPLAG-RJ (2007), qualquer atividade em uma sociedade moderna só é possível com o uso de uma ou mais formas de energia. A energia é empregada intensamente na sociedade em geral e em tudo o que se faz. Surge então a necessidade de utilizá-la de modo inteligente e eficaz e entre as suas diferentes

formas interessam em particular, aquelas que são processadas pela sociedade e colocadas à disposição dos consumidores, onde e quando necessárias, e entre estas citamos a energia elétrica. Pode-se afirmar com segurança que a energia elétrica é vital ao bem-estar do ser humano e ao desenvolvimento econômico no mundo contemporâneo.

A racionalização do seu uso possibilita melhor qualidade de vida, gerando conseqüentemente, crescimento econômico, emprego e competitividade. Uma Política de Ação referente à Eficiência Energética tem como meta o emprego de técnicas e práticas capazes de promover os usos “inteligentes” da energia, reduzindo custos e produzindo ganhos de produtividade e de lucratividade, na perspectiva do desenvolvimento sustentável.

Entende-se por eficiência energética o conjunto de práticas e políticas, que reduzam o consumo de energia, diminuindo as perdas e utilizando equipamentos mais eficientes e conseqüentemente baixando os custos com energia e aumentando a quantidade de energia oferecida sem alteração da geração (MARTINS, 1999).

Segundo ABEE (2010) é pensamento corrente que um aumento de eficiência energética ocorre quando há redução na energia consumida para realização de um dado serviço ou quando há aumento ou melhoria dos serviços para uma mesma quantidade de energia gasta.

Conforme Nogueira (2007) é possível classificar os mecanismos de fomento à eficiência energética em dois grandes perfis, sendo eles: Mecanismos de base tecnológica que implicam em implementar novos processos e utilizar novos equipamentos que permitam reduzir as perdas de energia; e Mecanismos de base comportamental onde fundamentam-se em mudanças de hábitos e padrões de utilização, reduzindo o consumo energético sem alterar o parque de equipamentos conversores de energia.

O conceito de eficiência energética está ligado à minimização de perdas na conversão de energia primária em energia útil. As perdas ocorrem para qualquer tipo de energia, seja térmica, mecânica ou elétrica (MME, 2003).

Para Geller (1991), o aumento da eficiência no uso da eletricidade, em particular no Brasil, proporciona uma ampla gama de benefícios. Em primeiro lugar, de um modo geral, aumentar a eficiência significa diminuir custos, uma vez que implantar medidas viáveis de conservação de energia custa menos do que fornecê-la. Em segundo lugar, a conservação reduz a probabilidade de falta de energia.

Aumentar a eficiência do uso da eletricidade é um caminho para reduzir a demanda e o risco de escassez, sem prejudicar o desenvolvimento econômico ou a qualidade de vida. Um terceiro ponto é que a conservação de eletricidade reduz a necessidade de investimentos pelos setores público e privado visando incrementar a oferta. Investir na eficiência do uso final é menos intensivo em recursos do que construir usinas de geração e linhas de transmissão e de distribuição. Além disso, grande parte dos investimentos em eficiência é feito por fabricantes de equipamentos, concessionárias de distribuição de energia e consumidores, e não por instituições, principalmente públicas. Isto implica reduzir o tamanho do setor público, um objetivo com amplo apoio atualmente. Em quarto lugar, o aumento da eficiência na utilização da energia pode ajudar indústrias e os produtos brasileiros a competirem no mercado mundial ou à universalização de atendimento no mercado nacional.

A rigor, promover a eficiência energética é essencialmente utilizar o conhecimento de forma aplicada, empregando os conceitos da engenharia, da economia e da administração aos sistemas energéticos. Contudo, dado à diversidade e complexidade desses sistemas, é interessante apresentar técnicas e métodos para definir objetivos e ações para melhorar o desempenho energético e reduzir as perdas nos processos de transporte, armazenamento e distribuição de energia (NOGUEIRA, 1990).

3.3. Motores Elétricos

Conforme Almeida (2004) os motores elétricos são o meio mais indicado para a transformação de energia elétrica em mecânica, em termos industriais, para acionamento das mais variadas cargas, tais como bombas, compressores, sistemas de elevação de peso e outras.

Existe uma ampla variedade de motores elétricos disponíveis comercialmente, os quais podem ser divididos em dois grupos, ou seja, os de corrente contínua e os de corrente alternada, sendo que estes ainda podem ser síncronos ou de indução (assíncronos).

Os ***motores síncronos*** são muito aplicados em acionamentos de máquinas que requerem grande potência ou naquelas aplicações em que a velocidade da

máquina deve ser mantida constante em qualquer condição de carga. O fato de poderem funcionar superexcitados e, com isto, fornecer energia reativa para a instalação industrial para fins de melhoria do fator de potência, também recomenda sua aplicação em algumas situações.

Os **motores de indução**, principalmente os *trifásicos*, são os mais utilizados industrialmente e, dentre eles, o de rotor em gaiola, cujo campo de aplicação se estende, praticamente, a todo tipo de acionamento. A sua robustez, baixo custo, simplicidade operacional e de manutenção, o tornam preferido para acionar máquinas de qualquer potência. Sua principal limitação, que residia no fato de ele ser um motor de velocidade praticamente constante, isto é, não proporcionar condições de um eficiente controle de velocidade, está sendo hoje superada pelo uso extensivo de inversores estáticos de frequência para fazer este tipo de controle. Um segundo tipo de motor de indução trifásico, o de rotor bobinado ou de anéis, é utilizado em aplicações onde se deseja manter um elevado conjugado de aceleração, como, por exemplo, na operação de pontes rolantes.

Os **motores de corrente contínua** são empregados em aplicações industriais, nas quais se deseja um controle eficiente de velocidade, principalmente na área de siderurgia e papel. Além disto, são amplamente utilizados em tração elétrica, como, por exemplo, em locomotivas Diesel-elétricas ou totalmente elétricas, metrô, grandes caminhões, *trolleybus* e empilhadeiras.

3.3.1. Graus de proteção mecânica dos invólucros dos motores

Segundo Almeida (2004) os invólucros dos motores são designados por um código que é composto de uma sigla IP, seguida de dois dígitos, como, por exemplo, IP55. O primeiro algarismo indica o grau de proteção contra contatos acidentais nas partes ativas e a penetração de corpos (sólidos) estranhos e, o segundo, indica o grau de proteção contra a entrada de líquidos, conforme mostrado nas tabelas 1 e 2, respectivamente.

Tabela 1. Grau de Proteção - Primeiro Dígito.

Dígito	Descrição Sumária	Corpos que não devem penetrar
0	Não protegido	Sem proteção especial
1	Protegido contra objetos sólidos de dimensão maior do que 50 mm.	Grande superfície do corpo humano como a mão. Nenhuma proteção contra penetração lateral.
2	Protegido contra objetos sólidos de dimensão maior do que 12 mm.	Dedos ou objetos de comprimento maior do que 80 mm cuja menor dimensão seja > 12 mm.
3	Protegido contra objetos sólidos de dimensão maior do que 2,5 mm.	Ferramentas, fios, etc. cuja menor dimensão > 2,5 mm e diâmetro e/ou espessura maiores do que 2,5 mm.
4	Protegido contra objetos sólidos de dimensão maior do que 1,0 mm.	Fios, fitas de largura maior do que 1,0 mm, objetos cuja menor dimensão seja maior do que 1,0 mm.
5	Protegido contra poeira e contato a partes internas do invólucro.	Totalmente vedado contra poeira, mas se penetrar, não prejudica a operação do equipamento.
6	Totalmente protegido contra poeira e contato a parte interna.	Não é esperada nenhuma penetração de poeira no interior do invólucro.

Fonte: ALMEIDA (2004)

Tabela 2. Grau de Proteção - Segundo Dígito.

Dígito	Descrição Sumária	Proteção Dada
0	Não protegido	Nenhuma proteção especial . Invólucro aberto.
1	Protegido contra queda vertical.	Gotas de água caindo da vertical não prejudicam o equipamento (condensação).
2	Protegido contra queda de água com inclinação de 15°.	Gotas de água não tem efeito prejudicial para inclinações de até 15° com a vertical.
3	Protegido contra água aspergida.	Água aspergida de 60° com a vertical não tem efeitos prejudiciais.
4	Protegido contra projeções de água.	Água projetada de qualquer direção não tem efeito prejudicial.
5	Protegido contra jatos de água.	Água projetada por bico em qualquer direção não tem efeitos prejudiciais.
6	Protegido contra ondas do mar.	Água em forma de onda, ou jatos potentes não tem efeitos prejudiciais.
7	Protegido contra os efeitos de imersão.	Sob certas condições de tempo e pressão.
8	Protegido contra submersão.	Adequado à submersão contínua sob condições específicas.

Fonte: ALMEIDA (2004)

As normas mencionam ainda que, caso haja alguma condição particular na indústria onde o invólucro vai ser instalado e que necessite de proteção especial (que não seja nem poeira nem água), o usuário ao especificar o grau de proteção deve incluir antes dos dois numerais, a letra “W” que indica haver alguma proteção adicional e cujas medidas de proteção são fruto do acordo entre fabricante e usuário. Por exemplo, em locais de atmosfera extremamente salina, é comum especificar-se grau de proteção IPW54. Sendo esse “W” referente à proteção que deve ter o invólucro contra a corrosão causada por atmosfera salina.

Nota-se que, apesar de que os Algarismos Indicativos de Grau de Proteção possam ser combinados de muitas maneiras, apenas alguns deles são empregados nos casos normais, ou seja, IP21, IP22, IP23, IP44 e IP55. Os três primeiros são motores abertos e os dois últimos são motores blindados.

Para aplicações especiais mais rigorosas, são comuns também os graus de proteção IPW55 (proteção contra intempéries), IP56 (proteção contra água de vagalhões) e IP65 (totalmente protegido contra poeiras).

Outros graus de proteção para motores são raramente fabricados, mesmo porque, qualquer grau de proteção atende plenamente aos requisitos dos inferiores (Algarismos menores). Assim, por exemplo, um motor IP55 substitui com vantagens os motores IP12, IP22 ou IP23, apresentando maior segurança contra exposição acidental à poeiras e água. Isto permite a padronização da produção em um único tipo que atenda a todos os casos.

3.3.2. Motores de Indução Trifásicos

Almeida (2004) explica que os motores de indução trifásicos (MIT) são amplamente utilizados nas mais variadas aplicações em instalações industriais e comerciais. Eles são adequados para uso em cargas que exigem velocidades constantes ou variáveis (em alguns casos), ou ainda, com as que exigem reversões e várias velocidades.

Existem muitos tipos disponíveis, os quais cobrem uma larga faixa de características de conjugado e podem ser projetados para operar em muitos tipos de fontes de alimentação com diferentes combinações e valores de número de fases, frequências e tensões. Além disto, são de construções simples, robusta e exigem manutenção reduzida.

Com o barateamento dos semicondutores de potência estes motores tornaram-se uma importante opção aos de corrente contínua em acionamentos com velocidades controlados. As suas principais vantagens, neste caso, entre outras, são:

- a) menor custo;
- b) manutenção mais simples e menos freqüente;

- c) menor relação peso/potência;
- d) potências maiores;
- e) mais simples de proteger-se em ambientes com risco de explosão;
- f) inexistência de comutador;
- g) permitem velocidades tangenciais e potências limites superiores ao de corrente contínua.

3.3.3. Aspectos construtivos dos motores de indução trifásicos

De acordo com Almeida (2004) os motores de indução trifásicos (MIT), de uma forma geral, possuem duas partes básicas, ou seja, o estator e o rotor.

O estator é a parte fixa mais externa da máquina, enquanto o rotor é a girante.

O estator possui três conjuntos de bobinas que permitem a criação do campo girante e a existência de um ou mais pares de pólos, o que define a velocidade síncrona.

O rotor, por outro lado, possui uma gaiola (ou enrolamentos, dependendo do tipo) que permite a circulação de corrente e um núcleo de chapas magnéticas, o qual pode ser imantado. Nele será produzido o torque motor. A figura 2, a seguir, mostra uma vista em corte de um motor de indução trifásico com todos os seus componentes básicos, enquanto que a figura 3 mostra uma vista explodida de um motor de grande porte.

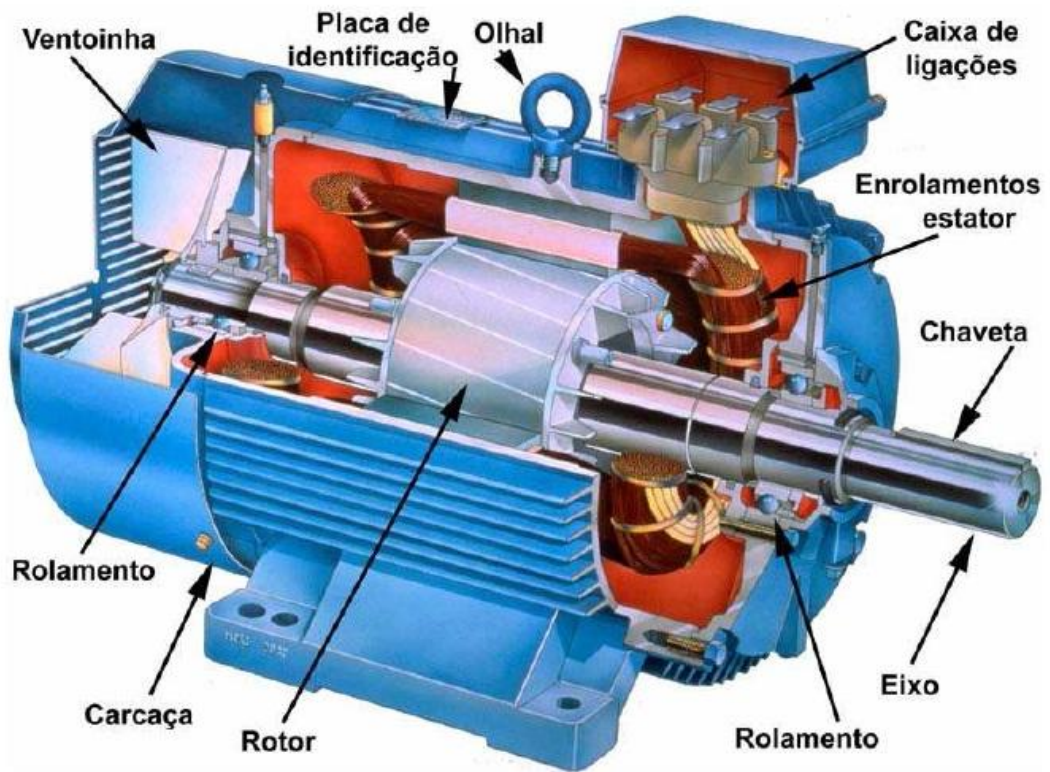


Figura 2. Vista em corte de um motor de indução trifásico. Fonte: ALMEIDA (2004)

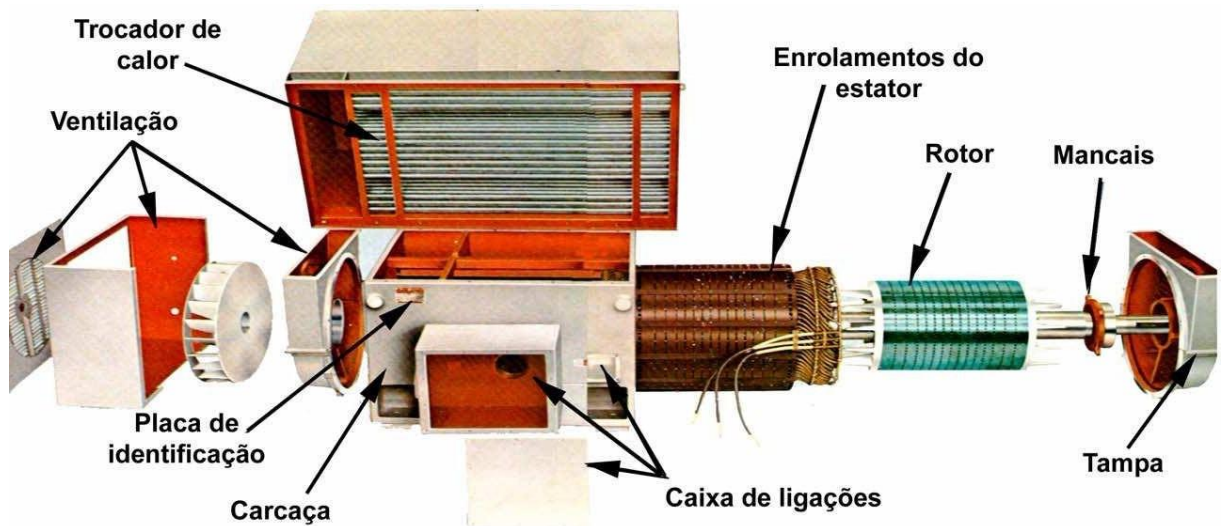


Figura 3. Vista explodida de um motor de indução trifásico. Fonte: ALMEIDA (2004)

3.3.4. Problemas causados pela partida

Devido ao valor elevado da corrente de partida dos motores de indução, podem ocorrer alguns problemas tanto em relação ao próprio motor, quanto ao alimentador. Os principais são os analisados a seguir.

3.3.4.1. Motor

Na partida, os altos valores de corrente resultam elevadas perdas por efeito Joule e, em consequência, há o aquecimento do motor.

Como os tempos envolvidos na partida são pequenos, grande parte do calor gerado é armazenada nas partes e membros estruturais, elevando a temperatura do rotor e do enrolamento do estator.

Os efeitos desta elevação de temperatura podem causar no rotor sérios problemas tais como dilatação dos anéis de curto-circuito e deformação das barras da gaiola. No estator, a elevação da temperatura pode atingir valores superiores à classe de isolamento e, com isto, provocar uma rápida deterioração do isolamento.

Tais problemas se agravam, se houver várias partidas sucessivas com pequeno intervalo entre elas.

Devido a este fato, as diversas normas internacionais estabelecem um regime de partida mínimo que os motores devem ser capazes de realizar, ou seja:

a) duas partidas sucessivas, sendo a primeira feita com o motor frio, isto é, com seus enrolamentos à temperatura ambiente e a segunda logo a seguir, porém após o motor ter desacelerado até o repouso.

b) uma partida com o motor quente, ou seja, com os enrolamentos à temperatura de regime.

A primeira condição refere-se à situação em que a primeira partida do motor é malograda, por exemplo, pelo desligamento da proteção, permitindo-se uma segunda tentativa logo a seguir. Na segunda, tem-se o caso de um desligamento accidental do motor em funcionamento normal, por falta de energia na rede, por

exemplo, permitindo-se retomar o funcionamento logo após o restabelecimento da energia.

Como o aquecimento durante a partida depende da inércia das partes girantes da carga acionada, as normas estabelecem os valores máximos de inércia da carga para os quais o motor deve ser capaz de cumprir as condições acima.

Além desses efeitos, correntes elevadas circulando em condutores imersos em um campo magnético resultam em esforços eletrodinâmicos entre espiras das bobinas do enrolamento do estator. Nota-se que, historicamente, a maior quantidade de queimas de motores de grande porte ocorre devido aos movimentos causados pela corrente de partida nas cabeças da bobina. Se o tempo gasto na aceleração for muito longo, também pode ocorrer a atuação indevida de fusíveis ou de relés de proteção contra sobrecarga.

3.3.4.2. Carga e Sistema de Transmissão

Devido ao torque desenvolvido na partida, é possível que ocorram choques mecânicos nos componentes do sistema de transmissão, o que pode danificá-los. Naqueles que empregam correias múltiplas e polias pode haver o deslizamento (ou seja, eles podem “patinar”).

Além disto, uma aceleração muito rápida pode provocar problemas ao produto. Máquinas têxteis, por exemplo, têm um limite máximo de aceleração, pois esta pode provocar danos aos delicados tecidos e fios. Os elevadores têm também um limite máximo de aceleração, pois, se esta for muito alta, pode acarretar mal estar e desconforto para os usuários.

3.3.4.3. Rede Elétrica e Instalações

As altas correntes de partida podem resultar em quedas de tensão significativas nos ramais do alimentador, principalmente nos casos em que a cablagem foi mal dimensionada. Neste sentido, tem-se que:

a) quedas de tensão entre 15 e 20% da tensão nominal poderão abrir contadores;

b) como os torques de partida e máximo variam aproximadamente com o quadrado da tensão, se a queda for elevada, o torque de partida poderá ser inferior ao inicial da carga e travar o eixo ou fazer com que o tempo de partida seja muito longo e, como consequência, atuar a proteção;

c) há cintilações na iluminação;

d) se existirem relés de subtensão, eles poderão agir;

e) outros motores já em funcionamento poderão, dependendo da carga que acionam, ter sua velocidade reduzida, um aumento de corrente e, em consequência, sobreaquecimento. Ainda, existe a possibilidade de um eventual travamento de eixo;

f) outras cargas poderão ser afetadas de forma negativa, como, por exemplo, ficarem submetidas a um aumento de corrente que absorvem.

3.3.5. Identificação de motores de indução trifásicos

3.3.5.1. Dados de Placa

A placa de identificação contém símbolos e valores que determinam as características da rede de alimentação e desempenho do motor, apesar das incertezas para a sua plena utilização. Os dados principais, que devem constar na mesma, bem como as abreviações recomendadas, são definidas pela NBR 7094, ou seja:

a) nome do fabricante;

b) tipo de motor;

c) modelo do motor;

d) número de série;

e) potência nominal;

f) tensão nominal em que o motor pode operar;

g) número de fases;

h) corrente nominal;

i) frequência da rede de alimentação;

- j) velocidade de rotação nominal;
- k) classe de temperatura;
- l) categoria de desempenho;
- m) relação entre a corrente do rotor bloqueado e a corrente nominal;
- n) número da norma;
- o) grau de proteção do motor;
- p) regime tipo;
- q) fator de serviço;
- r) diagrama de ligações para cada tensão de trabalho.

Para motores de uso naval são fornecidas as seguintes informações adicionais: Ano de fabricação; Temperatura de serviço (essencial ou não essencial); Tipo de rolamentos utilizados e Peso do motor.

A figura 4 apresenta um exemplo de placa de um motor de indução trifásico.

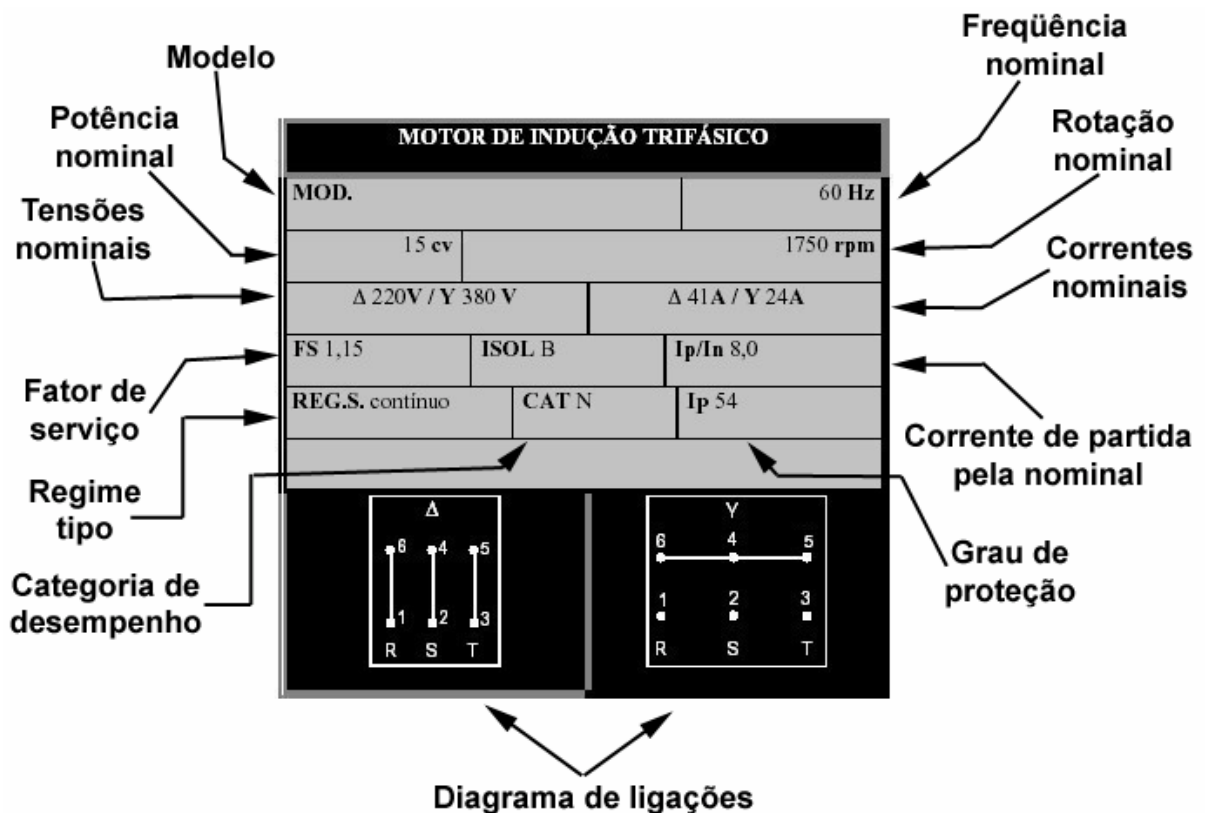


Figura 4. Exemplo de placa de identificação de um motor de indução trifásico. Fonte: ALMEIDA (2004)

3.4. Tarifação de Energia Elétrica

3.4.1. Sistema tarifário de energia elétrica

Segundo COPEL (2006) o sistema tarifário de energia elétrica é um conjunto de normas e regulamentos que tem por finalidade estabelecer o valor monetário da eletricidade para as diferentes classes e subclasses de unidades consumidoras. O órgão regulamentador do sistema tarifário vigente é a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, autarquia sob regime especial, vinculada ao Ministério de Minas e Energia - MME.

3.4.2. Definições e Conceitos

3.4.2.1. Energia Elétrica Ativa

É o uso da potência ativa durante qualquer intervalo de tempo, sua unidade usual é o quilowatt-hora (kWh). Outra definição é a energia elétrica que pode ser convertida em outra forma de energia, ou ainda, é aquilo que permite uma mudança na configuração de um sistema, em oposição a uma força que resiste à esta mudança .

3.4.2.2. Energia Elétrica Reativa

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

3.4.2.3. Demanda

É a média das potências elétricas ativas ou reativas, solicitadas ao sistema elétrico pela parcela da carga instalada em operação na unidade consumidora,

durante um intervalo de tempo especificado. Assim, esta potência média, expressa em quilowatts (kW), é a razão entre a energia elétrica absorvida pela carga por um certo intervalo de tempo (Dt). Os medidores instalados no Brasil operam com intervalo de tempo $Dt = 15$ minutos, segundo a Resolução ANEEL nº 456.

3.4.2.4. Demanda Máxima

É a demanda de maior valor verificado durante um certo período (diário, mensal, anual etc.).

3.4.2.5. Demanda Média

É a relação entre a quantidade de energia elétrica (kWh) consumida durante um certo período de tempo e o número de horas desse período.

3.4.2.6. Demanda Medida

É a maior demanda de potência ativa, verificada por medição, integralizada no intervalo de 15 (quinze) minutos durante o período de faturamento, expressa em quilowatts (kW). Considerando um ciclo de faturamento de 30 dias, tem-se 720 horas e 2880 intervalos de 15 min.

3.4.2.7. Demanda Contratada

É a demanda de potência ativa a ser obrigatória e continuamente disponibilizada pela concessionária, no ponto de entrega, conforme valor e período de vigência fixados no contrato de fornecimento e que deverá ser integralmente paga, seja ou não utilizada, durante o período de faturamento, expressa em quilowatts (kW).

3.4.2.8. Demanda Faturável

É o valor da demanda de potência ativa, identificada de acordo com os critérios estabelecidos e considerada para fins de faturamento, com aplicação da respectiva tarifa, expressa em quilowatts (kW).

3.4.2.9. Horários Fora de Ponta e de Ponta

O horário de ponta (P) é o período definido pela concessionária e composto por 3 (três) horas diárias consecutivas, exceção feita aos sábados, domingos, terça-feira de carnaval, sexta-feira da Paixão, “Corpus Christi”, dia de finados e os demais feriados definidos por lei federal, considerando as características do seu sistema elétrico. O horário fora de ponta (F) é o período composto pelo conjunto das horas diárias consecutivas e complementares àquelas definidas no horário de ponta. A figura 5 apresenta um exemplo do exposto.

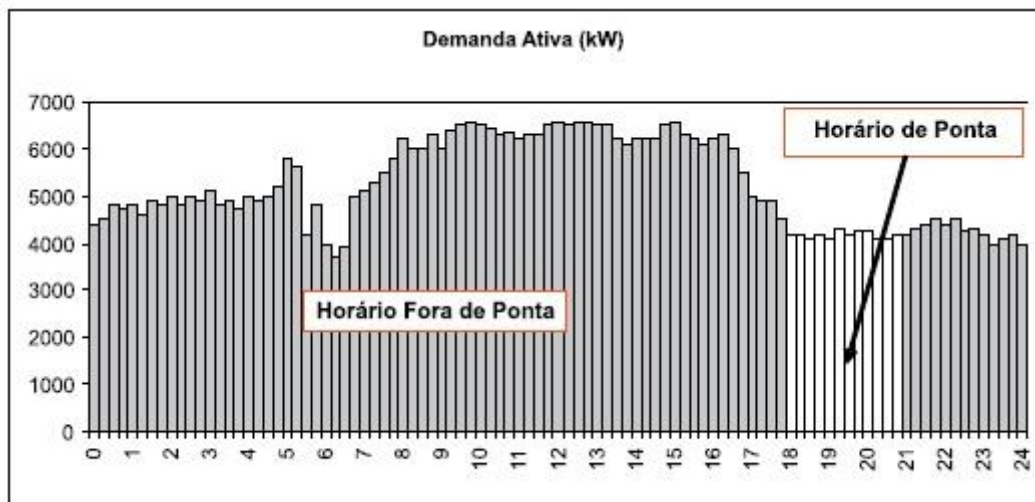


Figura 5. Horários de Ponta e Fora de Ponta para uma unidade consumidora. Fonte: COPEL (2006)

3.4.2.10. Períodos Seco e Úmido

Estes períodos guardam, normalmente, uma relação direta com os períodos onde ocorrem as variações de cheias dos reservatórios de água utilizados para a geração de energia elétrica.

O período Seco (S) corresponde ao período de 07 (sete) meses consecutivos iniciando-se em maio e finalizando-se em novembro de cada ano; é, geralmente, o período com pouca chuva. O período Úmido (U) corresponde ao período de 05 (cinco) meses consecutivos, compreendendo os fornecimentos abrangidos pelas leituras de dezembro de um ano a abril do ano seguinte; é, geralmente, o período com mais chuva.

3.4.2.11. Consumidor

Pessoa física ou jurídica, ou comunhão de fato ou de direito, legalmente representada, que solicitar a concessionária o fornecimento de energia elétrica e assumir a responsabilidade pelo pagamento das faturas e pelas demais obrigações fixadas em normas e regulamentos da ANEEL, assim vinculando-se aos contratos de fornecimento, de uso e de conexão ou de adesão, conforme cada caso.

3.4.2.12. Unidade Consumidora

Conjunto de instalações e equipamentos elétricos caracterizado pelo recebimento de energia elétrica em um só ponto de entrega, com medição individualizada e correspondente a um único consumidor.

3.4.3. Tensão de Fornecimento

As Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica são estabelecidas pela Resolução ANEEL nº 456. Neste documento, as unidades consumidoras são divididas em grupos, distinguindo-se uns dos outros pelo nível de tensão de fornecimento, apresentando cada um deles valores definidos de tarifa. Este nível de tensão está relacionado com a carga instalada na unidade consumidora. Competirá a concessionária estabelecer e informar ao interessado a tensão de fornecimento para a unidade consumidora, com observância dos seguintes limites:

a) tensão secundária de distribuição: quando a carga instalada na unidade consumidora for igual ou inferior a 75 kW;

b) tensão primária de distribuição inferior a 69 kV: quando a carga instalada na unidade consumidora for superior a 75 kW e a demanda contratada ou estimada pelo interessado, para o fornecimento, for igual ou inferior a 2.500 kW;

c) tensão primária de distribuição igual ou superior a 69 kV: quando a demanda contratada ou estimada pelo interessado, para o fornecimento, for superior a 2.500 kW.

Para fins de faturamento, as unidades consumidoras são agrupadas em dois grupos tarifários, definidos, principalmente, em função da tensão de fornecimento e também, como consequência, em função da demanda. Se a concessionária fornece energia em tensão inferior a 2,3 kV, o consumidor é classificado como sendo do “Grupo B” (baixa tensão); se a tensão de fornecimento for maior ou igual a 2,3 kV, será o consumidor do “Grupo A” (alta tensão). Estes grupos foram assim definidos:

3.4.3.1. Grupo A

Grupamento composto de unidades consumidoras com fornecimento em tensão igual ou superior a 2,3 kV, ou, ainda, atendidas em tensão inferior a 2,3 kV a partir de sistema subterrâneo de distribuição e faturadas neste Grupo, em caráter opcional, nos termos definidos na Resolução ANEEL nº 456, caracterizado pela estruturação tarifária binômica e subdividido nos subgrupos A1, A2, A3, A3a, A4 e AS. A tabela 3 seguinte apresenta estes subgrupos.

Tabela 3. Tensão de Fornecimento – Grupo A.

Subgrupo	Tensão de Fornecimento
A1	≥ 230 kV
A2	88 kV a 138 kV
A3	69 kV
A3a	30 kV a 44 kV
A4	2,3 kV a 25 kV
AS	Subterrâneo

Fonte: COPEL (2006)

3.4.3.2. Grupo B

Grupamento composto de unidades consumidoras com fornecimento em tensão inferior a 2,3 kV, ou, ainda, atendidas em tensão superior a 2,3 kV e faturadas neste Grupo, nos termos definidos na Resolução ANEEL nº 456, caracterizado pela estruturação tarifária monômnia e subdividido nos seguintes subgrupos:

- a) subgrupo B1 - residencial;
- b) subgrupo B1 - residencial baixa renda;
- c) subgrupo B2 - rural;
- d) subgrupo B2 - cooperativa de eletrificação rural;
- e) subgrupo B2 - serviço público de irrigação;
- f) subgrupo B3 - demais classes;
- g) subgrupo B4 - iluminação pública.

As tarifas aplicáveis aos fornecimentos de energia elétrica para iluminação pública serão estruturadas de acordo com a localização do ponto de entrega, a saber:

- a) tarifa B4a: aplicável quando o Poder Público for o proprietário do sistema de iluminação pública;
- b) tarifa B4b: aplicável quando o sistema de iluminação pública for de propriedade da concessionária.

3.4.4. Estrutura Tarifária

A estrutura tarifária é um conjunto de tarifas aplicáveis aos componentes de consumo de energia elétrica e/ou à demanda de potência ativa, de acordo com a modalidade de fornecimento de energia elétrica.

3.4.4.1. Estrutura Tarifária Convencional

Esta estrutura é caracterizada pela aplicação de tarifas de consumo de energia elétrica e/ou demanda de potência, independentemente, das horas de utilização do dia e dos períodos do ano.

3.4.4.2. Estrutura Tarifária Horo-Sazonal

Esta estrutura tarifária se caracteriza pela aplicação de tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica e de demanda de potência de acordo com as horas de utilização do dia e dos períodos do ano, conforme especificação a seguir:

3.4.4.2.1. Tarifa Azul

Modalidade estruturada para aplicação de tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica de acordo com as horas de utilização do dia e os períodos do ano, bem como de tarifas diferenciadas de demanda de potência de acordo com as horas de utilização do dia.

A Tarifa Azul será aplicada considerando a seguinte estrutura tarifária:

1) demanda de potência (kW):

- a) um preço para horário de ponta (P);
- b) um preço para horário fora de ponta (F).

2) consumo de energia (kWh):

- a) um preço para horário de ponta em período úmido (PU);
- b) um preço para horário fora de ponta em período úmido (FU);
- c) um preço para horário de ponta em período seco (PS);
- d) um preço para horário fora de ponta em período seco (FS).

3.4.4.2.2. Tarifa Verde

Modalidade estruturada para aplicação de tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica de acordo com as horas de utilização do dia e os períodos do ano, bem como de uma única tarifa de demanda de potência.

A Tarifa Verde será aplicada considerando a seguinte estrutura tarifária:

- 1) demanda de potência (kW): um preço único.
- 2) consumo de energia (kWh):
 - a) um preço para horário de ponta em período úmido (PU);
 - b) um preço para horário fora de ponta em período úmido (FU);
 - c) um preço para horário de ponta em período seco (PS);
 - d) um preço para horário fora de ponta em período seco (FS).

3.4.4.2.3. Tarifa de Ultrapassagem

Sobre a parcela da demanda medida, que superar a respectiva demanda contratada, será aplicada uma tarifa com valor majorado, denominada tarifa de ultrapassagem, caso aquela parcela seja superior aos limites mínimos de tolerância a seguir fixados:

- a) 5% (cinco por cento) para unidade consumidora atendida em tensão de fornecimento igual ou superior a 69 kV; e
- b) 10% (dez por cento) para unidade consumidora atendida em tensão de fornecimento inferior a 69 kV.

Esta tarifa de ultrapassagem aplicável a unidade consumidora faturada na estrutura tarifária convencional, será correspondente a 3 (três) vezes o valor da tarifa normal de fornecimento.

A tabela 4 a seguir mostra um resumo de como é dividido o faturamento tarifário.

Tabela 4. Resumo do Faturamento Tarifário.

	AZUL	VERDE	CONVENCIONAL
Demanda (kW)	Um preço para ponta Um preço para fora de ponta	Preço único	Preço único
Consumo (kWh)	Um preço - ponta - período úmido Um preço - fora de ponta - período úmido Um preço - ponta - período seco Um preço - fora de ponta - período seco		Preço único

Fonte: COPEL (2006)

3.5. Fator de Potência

3.5.1. Legislação Atual

Segundo Weg (2010), em conformidade com o estabelecido pelo Decreto nº 62.724, de 17 de maio de 1968 e com a nova redação dada pelo Decreto nº 75.887, de 20 de junho de 1975, as concessionárias de energia elétrica adotaram, desde então, o fator de potência de 0,85 como referência para limitar o fornecimento de energia reativa.

O Decreto nº 479, de 20 de março de 1992, reiterou a obrigatoriedade de se manter o fator de potência o mais próximo possível da unidade (1,00), tanto pelas concessionárias quanto pelos consumidores, recomendando, ainda, ao Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica - DNAEE - o estabelecimento de um novo limite de referência para o fator de potência indutivo e capacitivo, bem como a forma de avaliação e de critério de faturamento da energia reativa excedente a esse novo limite.

A nova legislação pertinente, estabelecida pela Portaria DNAEE nº 1569, de 23 de dezembro de 1993 e, atualmente, estão consolidadas na Resolução ANEEL nº 456, de 29 de novembro de 2000, introduziu uma nova forma de abordagem do ajuste pelo baixo fator de potência, com os seguintes aspectos relevantes :

- a) aumento do limite mínimo do fator de potência de 0,85 para 0,92;
- b) faturamento de energia reativa excedente;
- c) redução do período de avaliação do fator de potência de mensal para horário.

Com isso muda-se o objetivo do faturamento: em vez de ser cobrado um ajuste por baixo fator de potência, como faziam até então, as concessionárias passam a faturar a quantidade de energia ativa que poderia ser transportada no espaço ocupado por esse consumo de reativo. Este é o motivo de as tarifas aplicadas serem de demanda e consumo de ativos, inclusive ponta e fora de ponta para os consumidores enquadrados na tarifação horo-sazonal.

Conforme COPEL (2006) a energia reativa capacitiva recebida passa a ser medida e faturada. Sua medição será feita no período entre 23 h e 30 min e 6 h e 30 min e a medição da energia reativa indutiva fornecida passa a ser limitada ao período diário complementar.

O faturamento correspondente ao consumo de energia elétrica e à demanda de potência reativas excedentes pode ser feito de duas formas distintas:

a) por avaliação horária: através de valores de energia ativa e reativa medidas de hora em hora durante o ciclo de faturamento, obedecendo aos períodos para verificação das energias reativas indutiva e capacitiva.

b) por avaliação mensal: através de valores de energia ativa e reativa medidas durante o ciclo de faturamento.

3.5.2. Definições e Conceitos

Segundo Kagan e Robba (1997) a idéia de energia é relativamente abstrata e, no caso de dispositivos elétricos, pode ser estabelecida como sendo o trabalho requerido pelo dispositivo para realizar tarefas tais como aquecer água por efeito Joule, acionar cargas mecânicas através de motores elétricos, produzir luz, etc.

Como a energia absorvida por um equipamento depende do tempo em que o mesmo se encontrar em operação, o conceito de potência surge naturalmente com o intuito de eliminar essa dependência temporal. Potência é a taxa com a qual a energia é fornecida ou absorvida por um determinado equipamento ao longo do tempo.

De acordo com Weg (2010) a maioria das cargas das unidades consumidoras consome energia reativa indutiva, tais como: motores, transformadores, reatores para 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:

a) potência ativa: potência que efetivamente realiza trabalho gerando calor, luz, movimento, etc. É medida em quilowatt (kW).

b) potência reativa: potência usada apenas para criar e manter os campos eletromagnéticos das cargas indutivas. É medida em quilovolt-ampère-reactivo (kVAr).

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.

A partir das duas potências apresentadas define-se a Potência Aparente como sendo a soma vetorial das potências ativa e reativa, ou seja, é a potência total absorvida pela instalação. É medida em quilovolt-ampère (kVA).

Ressaltando-se os conceitos de Energia Ativa como sendo o uso da potência ativa num intervalo de tempo, medida em quilowatt-hora (kWh) e a Energia Reativa sendo o uso da potência reativa num intervalo de tempo, medida em quilovolt-ampère-reactivo-hora (kVArh).

Tendo em vista os conceitos e definições anteriormente citados, pode-se conceituar Fator de Potência como a razão entre a potência ativa e a potência aparente. Ele indica a eficiência do uso da energia. Um alto fator de potência indica uma eficiência alta e inversamente, um fator de potência baixo indica baixa eficiência energética. Um triângulo retângulo é frequentemente utilizado para representar as relações entre Potência Ativa (PA_t), Potência Reativa (PRe) e Potência Aparente (PA_p), conforme a figura 6.

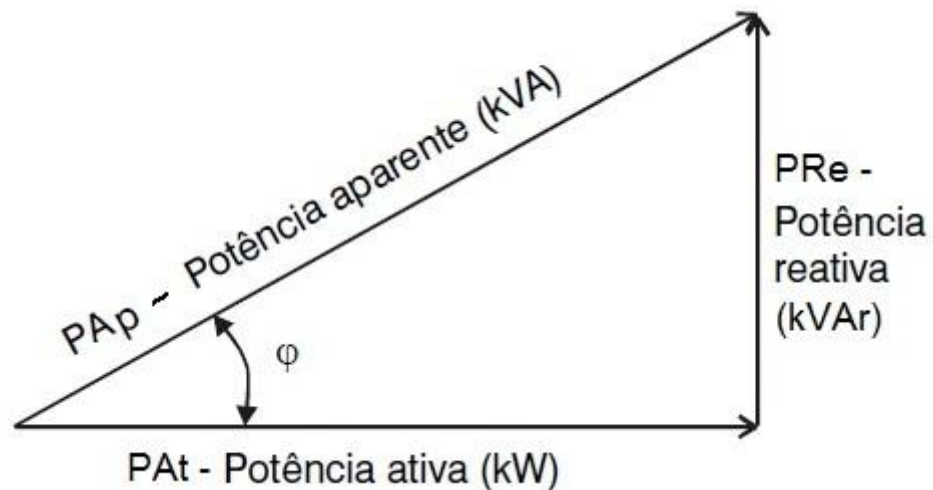


Figura 6. Triângulo retângulo de potência. Fonte: WEG (2010)

A partir da figura 5 obtêm-se as seguintes relações, conforme equações 1 e 2.

$$FP = \frac{PAt}{PAp} = \cos \varphi = \cos \left(\text{arc tg } \frac{PRe}{PAt} \right) \quad (1)$$

$$FP = \frac{PAt}{\sqrt{PAt^2 + PRe^2}} \quad (2)$$

Onde:

FP = Fator de Potência

PAt = Potência Ativa, em kW ou kWh

PAp = Potência Aparente, em kVA

PRe = Potência Reativa, em kVAr ou kVArh

3.5.3. Conseqüências e Causas de um Baixo Fator de Potência

3.5.3.1. Principais Causas do Baixo Fator de Potência

Para COPEL (2005) as principais causas do baixo fator de potência são:

a) motores operando em vazio: os motores elétricos consomem praticamente a mesma quantidade de energia reativa necessária à manutenção do campo magnético, quando operando a vazio ou a plena carga.

Entretanto, o mesmo não acontece com a energia ativa, que é diretamente proporcional à carga mecânica solicitada no eixo do motor. Assim, quanto menor a carga mecânica solicitada, menor energia ativa consumida, conseqüentemente, menor o fator de potência.

b) motores super dimensionados: este é um caso particular do anterior, cujas conseqüências são análogas. Geralmente os motores são super dimensionados, apresentando um potencial de conservação de energia.

É muito comum o costume de substituição de um motor por outro de maior potência, principalmente nos casos de manutenção para reparos que, por acomodação, a substituição transitória passa a ser permanente, não se levando em conta que um super dimensionamento provocará baixo fator de potência.

c) transformadores operando em vazio ou com pequenas cargas: analogamente aos motores, os transformadores, operando em vazio ou com pequenas cargas, consomem uma quantidade de energia reativa relativamente grande, quando comparada com as energias ativas, provocando um baixo fator de potência.

d) transformadores super dimensionados: é um caso particular do anterior onde transformador de grande potência são utilizados para alimentar, durante longos períodos, pequenas cargas.

e) Nível de tensão acima da nominal: tensão superior à nominal, quando aplicada aos motores de indução, há o aumento do consumo de energia reativa e, portanto, diminui o fator de potência.

f) lâmpadas de descarga: as lâmpadas de descarga (vapor de mercúrio, vapor de sódio, fluorescentes, etc.) para funcionarem necessitam do auxílio de um reator.

Os reatores, como os motores e os transformadores, possuem bobinas ou enrolamentos que consomem energias reativas, contribuindo para a redução do fator de potência das instalações.

A utilização de reatores de alto fator de potência pode contornar, em parte, o problema de baixo fator de potência da instalação.

g) grande quantidade de motores de pequena potência: a grande quantidade de motores de pequena potência provoca baixo fator de potência, uma vez que o correto dimensionamento desses motores às máquinas a eles acopladas é dificultoso, ocorrendo freqüentemente o super dimensionamento dos mesmos.

Segundo Weg (2010) as causas do baixo fator de potência são:

- a) motores de indução trabalhando a vazio;
- b) motores superdimensionados para sua necessidade de trabalho;
- c) transformadores trabalhando a vazio ou com pouca carga;
- d) reatores de baixo fator de potência no sistema de iluminação;
- e) fornos de indução ou a arco;
- f) máquinas de tratamento térmico;
- g) máquinas de solda;
- h) nível de tensão acima do valor nominal provocando um aumento do consumo de energia reativa.

3.5.3.2. Principais Conseqüências do Baixo Fator de Potência

Conforme COPEL (2005) uma instalação operando com baixo fator de potência apresenta os seguintes inconvenientes:

- a) incremento das perdas de potência;
- b) flutuações de tensão, que podem ocasionar a queima de motores;
- c) sobrecarga da instalação, danificando-a ou gerando desgaste prematuro;
- d) aumento do desgaste nos dispositivos de proteção e manobra da instalação elétrica;

- e) aumento do investimento em condutores e equipamentos elétricos sujeitos a limitação térmica de corrente;
- f) saturação da capacidade dos equipamentos, impedindo a ligação de novas cargas;
- g) dificuldade de regulação do sistema.

De acordo com Weg (2010) as principais conseqüências do baixo fator de potencia são:

- a) acréscimo na conta de energia elétrica por estar operando com baixo fator de potência;
- b) limitação da capacidade dos transformadores de alimentação;
- c) quedas e flutuações de tensão nos circuitos de distribuição;
- d) sobrecarga nos equipamentos de manobra, limitando sua vida útil;
- e) aumento das perdas elétricas na linha de distribuição pelo efeito Joule;
- f) necessidade de aumento do diâmetro dos condutores;
- g) necessidade de aumento da capacidade dos equipamentos de manobra e de proteção.

3.5.3.3. Perdas na Instalação

Conforme Weg (2010) as perdas de energia elétrica ocorrem em forma de calor. Como a corrente cresce com o excesso de energia reativa, estabelece-se uma relação entre o incremento das perdas e o baixo fator de potência, provocando o aumento do aquecimento de condutores e equipamentos.

3.5.3.4. Quedas de Tensão

O aumento da corrente devido ao excesso de energia reativa leva a quedas de tensão acentuadas, podendo ocasionar a interrupção do fornecimento de energia elétrica e a sobrecarga em certos elementos da rede.

Esse risco é sobretudo acentuado durante os períodos nos quais a rede é fortemente solicitada. As quedas de tensão podem provocar ainda, a diminuição da intensidade luminosa das lâmpadas e aumento da corrente nos motores (WEG, 2010).

3.5.3.5. Subutilização da Capacidade Instalada

Segundo Weg (2010) a energia reativa, ao sobrecarregar uma instalação elétrica, inviabiliza sua plena utilização, condicionando a instalação de novas cargas a investimentos que seriam evitados se o fator de potência apresentasse valores mais altos. O “espaço” ocupado pela energia reativa poderia ser então utilizado para o atendimento de novas cargas.

Os investimentos em ampliação das instalações estão relacionados principalmente aos transformadores e condutores necessários. O transformador a ser instalado deve atender à potência total dos equipamentos utilizados, mas devido a presença de potência reativa, a sua capacidade deve ser calculada com base na potência aparente das instalações.

Também o custo dos sistemas de comando, proteção e controle dos equipamentos cresce com o aumento da energia reativa. Da mesma forma, para transportar a mesma potência ativa sem o aumento de perdas, a seção dos condutores deve aumentar à medida em que o fator de potência diminui.

A correção do fator de potência por si só já libera capacidade para instalação de novos equipamentos, sem a necessidade de investimentos em transformador ou substituição de condutores para esse fim específico.

3.5.4. Vantagens da Correção do Fator de Potência

3.5.4.1. Vantagens da Empresa

Conforme Weg (2010) a correção do fator de potência apresenta para a empresa as seguintes vantagens:

- a) redução significativa do custo de energia elétrica;
- b) aumento da eficiência energética da empresa;
- c) melhoria da tensão;
- d) aumento da capacidade dos equipamentos de manobra;
- e) aumento da vida útil das instalações e equipamentos;
- f) redução do efeito Joule;
- g) redução da corrente reativa na rede elétrica.

3.5.4.2. Vantagens da Concessionária

Segundo Weg (2010) a correção do fator de potência apresenta para a concessionária as seguintes vantagens:

- a) o bloco de potência reativa deixa de circular no sistema de transmissão e distribuição;
- b) evita as perdas pelo efeito Joule;
- c) aumenta a capacidade do sistema de transmissão e distribuição para conduzir o bloco de potência ativa;
- d) aumenta a capacidade de geração com intuito de atender mais consumidores;
- e) diminui os custos de geração.

3.5.5. Métodos de Correção do Fator de Potência

Para COPEL (2005) a correção do fator de potência deverá ser cuidadosamente analisada e não resolvida de forma simplista, já que isto pode levar a uma solução técnica e economicamente não satisfatória. É preciso critério e experiência para efetuar uma adequada correção, lembrando que cada caso deve ser estudado especificamente e que soluções imediatas podem não ser as mais convenientes.

De modo geral, quando se pretende corrigir o fator de potência de uma instalação surge o problema preliminar de se determinar qual o melhor método a ser adotado. Independente do método a ser adotado, o fator de potência ideal, tanto

para os consumidores como para a concessionária, seria o valor unitário (1,0), que significa inexistência da energia reativa no circuito. Entretanto, esta condição nem sempre é conveniente e, geralmente, não se justifica economicamente. A correção efetuada até o valor de 0,95 é considerada suficiente.

3.5.5.1. Alteração das condições operacionais ou substituição de equipamentos

As primeiras medidas que se deve aplicar para correção de baixo fator de potência são aquelas relacionadas as condições operacionais e características dos equipamentos, observadas nas descrições das principais causas de sua ocorrência (COPEL, 2005).

3.5.5.2. Correção por Capacitores Estáticos

Segundo COPEL (2005) a correção do fator de potência através de capacitores estáticos constitui a solução mais prática em geral adotada. Entretanto, alguns cuidados devem se tomados, para que os capacitores não sejam usados indiscriminadamente.

Conforme Weg (2010) a correção pode ser feita instalando os capacitores de maneiras diferentes, tendo como objetivos a conservação de energia e a relação custo/benefício.

3.5.5.2.1. Correção Junto às grandes cargas indutivas ou Correção localizada

Para Weg (2010) a 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:

- a) reduz as perdas energéticas em toda a instalação;

- b) diminui a carga nos circuitos de alimentação dos equipamentos;
- c) pode-se utilizar em sistema único de acionamento para a carga e o capacitor, economizando-se um equipamento de manobra;
- d) gera potência reativa somente onde é necessário.

Conforme COPEL (2005) uma das vantagens dessa opção é que este tipo de instalação alivia todo o sistema elétrico, pois a corrente reativa vai do capacitor às cargas sem circular pelo transformador, barramentos, circuito alimentador, etc. Sendo ambos, capacitor e carga, os elementos comandados pela mesma chave, não se apresenta o risco de haver, em certas horas, excesso ou falta de potência reativa, além do que, obtém-se uma redução no custo da instalação pelo fato de não ser necessário um dispositivo de comando e proteção em separado para o capacitor. Por essas razões a localização dos capacitores junto a motores, reatores etc. é uma das soluções preferidas para a correção do fator de potência, como mostrado na figura 7.

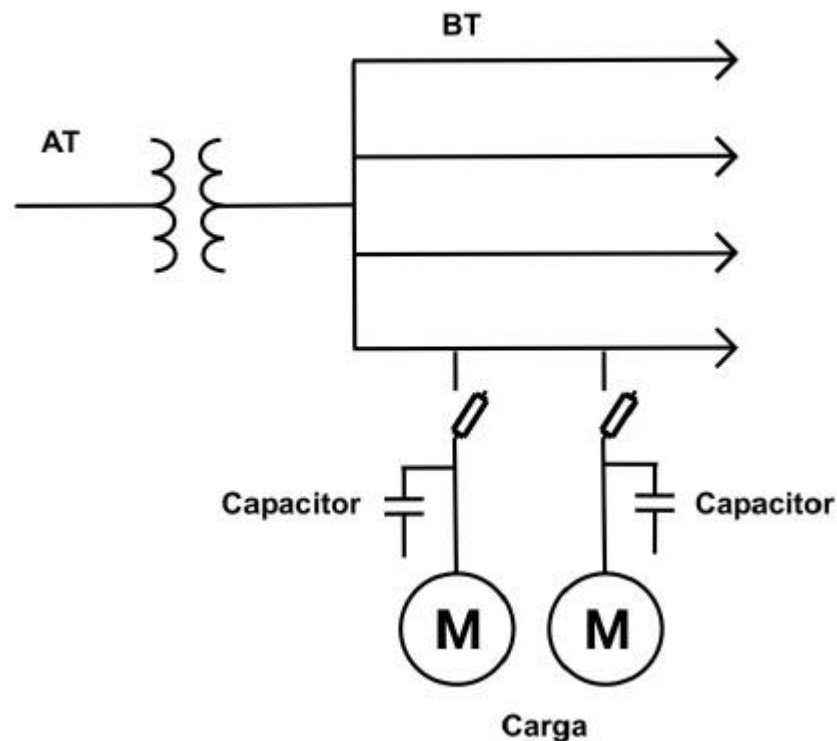


Figura 7. Capacitor junto às grandes cargas indutivas. Fonte: COPEL (2005).

3.5.5.2.2. Correção no barramento geral de baixa tensão (BT)

Segundo Weg (2010) a correção no barramento geral 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 poucos uniformes.

A principal desvantagem consiste em não haver alívio sensível dos alimentadores de cada equipamento.

Para COPEL (2005) a vantagem dessa ligação é que se pode obter apreciável economia, usufruindo a diversidade de demanda entre os circuitos alimentadores, uma vez que a potência reativa solicitada pelo conjunto da instalação é menor que a soma das potências reativas de todo o conjunto. Neste tipo de ligação de capacitores, conforme a figura 8, haverá necessidade de ser instalada uma chave que permite desligá-los quando o consumidor finda suas atividades diárias. Não o fazendo, poderão ocorrer sobretensões indesejáveis que, provavelmente, causarão danos as instalações elétricas.

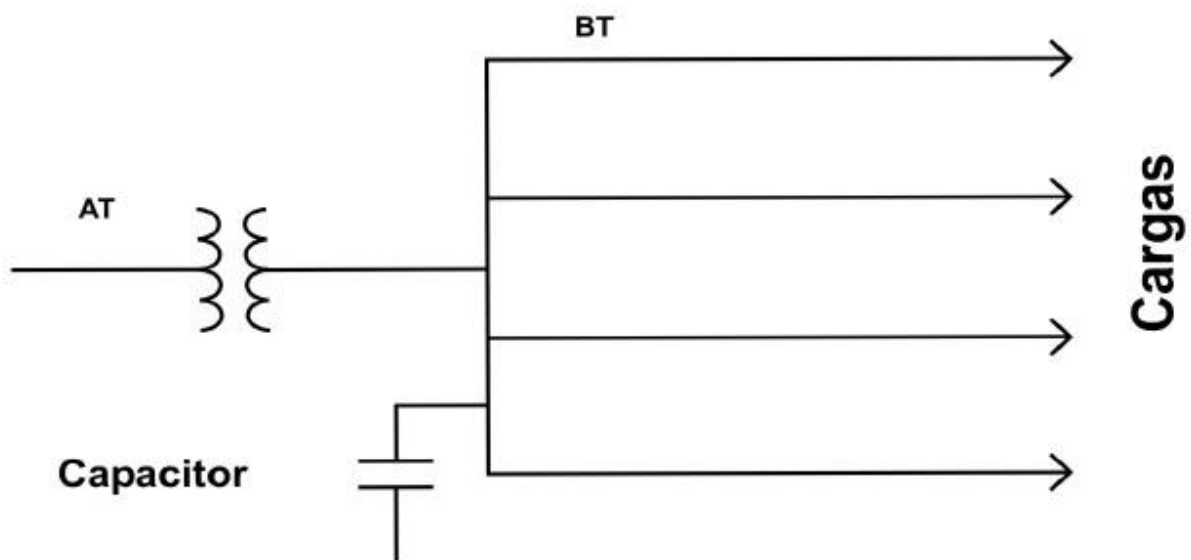


Figura 8. Capacitor no Barramento Geral de Baixa Tensão. Fonte: COPEL (2005).

3.5.5.2.3. Correção por grupos de cargas ou Correção na extremidade dos circuitos alimentadores

Para Weg (2010) na correção por grupos o capacitor é instalado de forma a corrigir um setor ou um conjunto de pequenas máquinas (<10cv). É instalado junto ao quadro de distribuição que alimenta esses equipamentos. Tem como desvantagem não diminuir a corrente nos circuitos de alimentação de cada equipamento.

Conforme COPEL (2005) a este método aproveita a diversidade entre as cargas supridas, embora o investimento seja superior a correção no barramento geral de baixa tensão. Por outro lado, fica aliviado também o circuito alimentador. É utilizada, geralmente, quando o alimentador supre uma grande quantidade de cargas pequenas, onde é conveniente a compensação individual, de acordo com a figura 9.

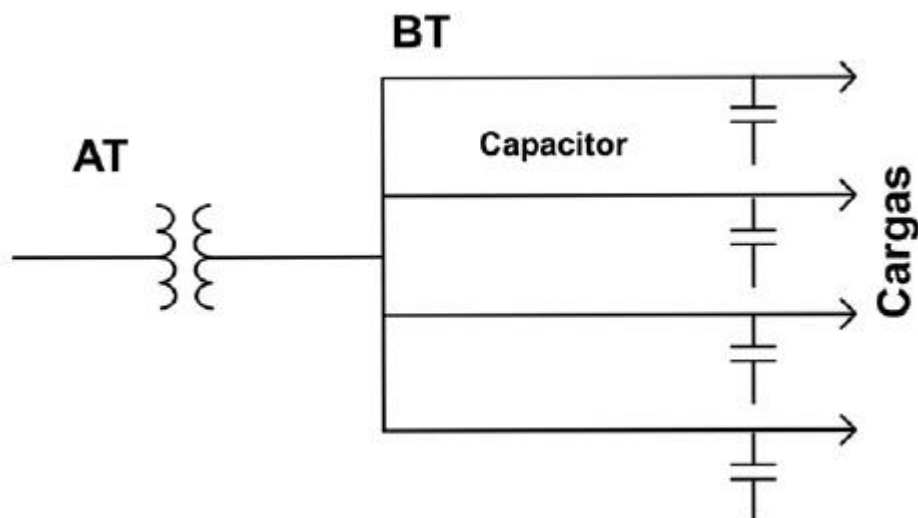


Figura 9. Capacitor na extremidade dos circuitos alimentadores. Fonte: COPEL (2005).

3.5.5.2.4. Correção na entrada da energia de alta tensão (AT)

De acordo com Weg (2010) corrige-se o fator de potência visto pela concessionária, permanecendo internamente todos os inconvenientes citados pelo baixo fator de potência e o custo é elevado.

Conforme COPEL (2005) não é muito usual a instalação do lado da alta tensão. Tal localização, conforme figura 10, não alivia nem mesmo os transformadores, e exige dispositivos de comando e proteção aos capacitores com isolamento para tensão primária, embora o preço por kVAr dos capacitores seja menor para maiores tensões. Neste caso a diversidade da demanda entre as subestações pode redundar em economia na quantidade de capacitores a instalar.

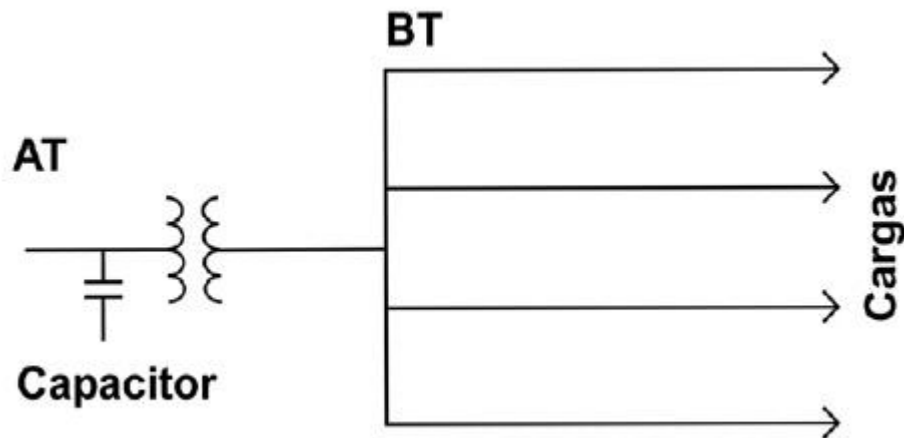


Figura 10. Capacitor na entrada de energia em Alta Tensão. Fonte: COPEL (2005).

3.5.5.2.5. Correção mista

Conforme Weg (2010) do ponto de vista da Conservação de Energia, considerando aspectos técnicos, práticos e financeiros, torna-se a melhor solução. Usa-se o seguinte critério para correção mista:

- a) instala-se um capacitor fixo diretamente no lado secundário do transformador;
- b) motores de aproximadamente 10 cv ou mais, corrige-se localmente (cuidado com motores de alta inércia, pois não se deve dispensar o uso de contadores para manobra dos capacitores sempre que a corrente nominal dos mesmos for superior a 90% da corrente de excitação do motor).
- c) motores com menos de 10 cv corrige-se por grupos.
- d) redes próprias para iluminação com lâmpadas de descarga, usando-se reatores de baixo fator de potência, corrige-se na entrada da rede;

e) na entrada instala-se um banco automático de pequena potência para equalização final.

Quando se corrige um fator de potência de uma instalação, consegue-se um aumento de potência aparente disponível e também uma queda significativa da corrente.

3.5.5.3. Correção do fator de potência de motores de indução

De acordo com COPEL (2005) mesmo a plena carga, o fator de potência é indutivo, não ultrapassando a 0,90 nos casos mais favoráveis. Sendo assim, sempre circulará pelos condutores alimentadores e transformadores uma parcela adicional a corrente ativa, provocando perdas ôhmicas adicionais. Dessa forma, é aconselhável, para se minimizarem as perdas de energia elétrica, a correção do fator de potência dos motores através da instalação de capacitores junto aos mesmos para aqueles de potência nominais iguais ou superiores a 1 HP.

A forma tecnicamente mais adequada de correção do fator de potência de um motor é a instalação de capacitores nos seus terminais. Para casos em que o capacitor tenha de ser manobrado pela mesma chave do motor, a potência capacitiva (kVAr) a ser instalada não deve exceder à potência solicitada pelo motor em vazio, a fim de evitar eventuais inconveniências de sobretensão após a abertura da chave.

Quando não se tiver o valor da componente reativa da corrente em vazio de um motor, deve-se seguir a tabela 5, que relaciona as máximas potências recomendadas de capacitores em função das potências nominais dos motores de indução. Para motores de rotor bobinado, a tabela 5 também pode ser aplicada, multiplicando-se os valores da potência dos capacitores por 1,1.

Tabela 5. Correção do fator de potência de motores a indução em função da sua potência nominal.

Potência do Motor (HP)	Velocidade Síncrona do motor (r.p.m.) e número de pólos											
	3600		1800		1200		900		720		600	
	2	4	6	8	10	12	kVAr (1)	% I (2)	kVAr	% I	kVAr	% I
3	1,5	14	1,5	15	1,5	20	2	27	2,5	35	3,5	41
5	2	12	2	13	2	17	3	25	4	32	4,5	37
7,5	2,5	11	2,5	12	3	15	4	22	5,5	30	6	34
10	3	10	3	11	3,5	14	5	21	6,5	27	7,5	31
15	4	9	4	10	5	13	6,5	18	8	23	9,5	27
20	5	9	5	10	6,5	12	7,5	16	9	21	12	25
25	6	9	6	10	7,5	11	9	15	11	20	14	23
30	7	8	7	9	9	11	10	14	12	18	16	22
40	9	8	9	9	11	10	12	13	15	16	20	20
50	12	8	11	9	13	10	15	12	19	15	24	19
60	14	8	14	8	15	10	18	11	22	15	27	19
75	17	8	16	8	18	10	21	10	26	14	32,5	18
100	22	8	21	8	25	9	27	10	32,5	13	40	17
125	27	8	26	8	30	9	32,5	10	40	13	47,5	16
150	32,5	8	30	8	35	9	37,5	10	47,5	12	52,5	15
200	40	8	37,5	8	42,5	9	47,5	10	60	12	65	14
250	50	8	45	7	52,5	8	57,5	9	70	11	77,5	13
300	57,5	8	52,5	7	60	8	65	9	80	11	87,5	12
350	65	8	60	7	67,5	8	75	9	87,5	10	95	11
400	70	8	65	6	75	8	85	9	95	10	105	11
450	75	8	67,5	6	80	8	92,5	9	100	9	110	11
500	77,5	8	72,5	6	82,5	8	97,5	9	107,5	9	115	10

Fonte: COPEL (2005)

(1) Máxima potência capacitiva recomendada.

(2) Redução percentual de corrente da linha, após a instalação dos capacitores recomendados.

3.6. Fator de Demanda

Segundo Mamede Filho (2007), fator de demanda é a relação entre a demanda máxima do sistema e a carga total conectada a ele durante um intervalo de tempo considerado. A carga conectada é a soma das potências nominais contínuas dos aparelhos consumidores de energia elétrica.

O fator de demanda é, usualmente, menor que a unidade. Seu valor somente é unitário se a carga conectada total for ligada simultaneamente por um período suficientemente grande, tanto quanto o intervalo de demanda.

Conforme Cotrim (2003), fator de demanda é definido como a razão da soma das potências nominais dos equipamentos de utilização suscetíveis de funcionar simultaneamente, para a soma das potências nominais de todos os equipamentos de utilização alimentados pela mesma instalação ou parte da instalação. Em outras palavras, o fator de demanda é a razão da demanda máxima de uma instalação ou de um setor ou de conjunto de cargas de uma instalação para a potência instalada da instalação, do setor ou do conjunto de cargas.

Esse fator, sempre inferior à unidade, deve ser aplicado a pontos de distribuição da instalação, isto é, a quadros de distribuição em geral. Leva em conta a provável não simultaneidade no funcionamento dos equipamentos ligados a um ponto de distribuição e, nessas condições, sua aplicação exige o conhecimento detalhado do tipo de instalação que está sendo projetada.

A equação 3 mede, matematicamente, o valor do fator de demanda, que é adimensional .

$$FD = \frac{D_{\max}}{P_{\text{inst}}} \quad (3)$$

Onde:

FD = Fator de demanda

D_{\max} = demanda máxima da instalação, em kW ou kVA.

P_{inst} = potência da carga conectada, em kW ou kVA.

3.7. Fator de Carga

De acordo com Mamede Filho (2007), fator de carga é a razão entre a demanda média, durante um determinado intervalo de tempo, e a demanda máxima registrada no mesmo período.

O fator de carga, normalmente, refere-se ao período de carga diária, semanal, mensal e anual. Quanto maior é o período de tempo ao qual se relaciona o fator de carga, menor é o seu valor, isto é, o fator de carga anual é menor que o mensal, que, por sua vez, é menor que o semanal, e assim sucessivamente.

O fator de carga é sempre maior que zero e menor ou igual à unidade, este fator mede o grau no qual a demanda máxima foi mantida durante o intervalo de tempo considerado; ou ainda, mostra se a energia está sendo utilizada de forma racional por parte de uma determinada instalação.

Para PROCEL (2006), o fator de carga corresponde à razão entre a demanda média e a demanda máxima da unidade consumidora, ocorridas no mesmo intervalo de tempo especificado, conforme equação 4, sendo uma característica importante para consumidores de energia. Tipicamente, consumidores residenciais e rurais apresentam fatores de carga inferiores a 10%, enquanto em indústrias de grande porte este fator pode estar acima de 90%.

$$FC = \frac{D_{med}}{D_{max}} = \frac{D_{med} \cdot \Delta t}{D_{max} \cdot \Delta t} = \frac{kWh}{D_{max} \cdot \Delta t} \quad (4)$$

Onde:

FC = Fator de carga

D_{med} = demanda média, em kW

D_{max} = demanda máxima, em kW

Δt = intervalo de tempo, em horas (h)

Conforme COPEL (2005), o fator de carga é um índice que informa se está utilizando de maneira racional a energia que se consome. O fator de carga varia de 0 (zero) a 1 (um), mostrando a relação entre o consumo de energia e a demanda de potência, dentro de um determinado espaço de tempo. Desta forma, determina-se o fator de carga para as tarifas:

a) Tarifação convencional

Quando a energia elétrica é faturada através do método convencional, por definição, adota-se que o tempo mensal em que a energia elétrica fica à disposição é de 24 horas por dia durante o mês. Isto representa que o número médio de horas do período durante o ano é de 730 horas por mês. Assim sendo, a fator de carga é calculado pela equação 5, a seguir.

$$FC_{\text{mensal}} = \frac{C_{\text{mensal}} \text{ (kWh)}}{D \text{ (kW)} \cdot 730 \text{ (h)}} \quad (5)$$

Onde:

FC_{mensal} = fator de carga mensal

C_{mensal} = consumo mensal, em kWh

D = demanda, em kW

b) Tarifação horo-sazonal (Tarifas verde e azul)

Quando a energia elétrica é faturada pela tarifa verde ou azul o tempo médio mensal que a energia fica disponível continua sendo as 730 horas, conforme comentado no item anterior. Por outro lado, para esses tipos de faturamento sabe-se que o custo de energia varia em função da sua utilização no período seco ou úmido, bem como no período de ponta e fora de ponta.

Para tornar possível o cálculo do fator de carga convencionou-se que no período de ponta o tempo médio mensal que a energia fica disponível é de 66 horas por mês. Conseqüentemente, o tempo médio que a energia fica disponível no horário fora de ponta é de 664 horas por mês. Desta forma, podem-se calcular os dois fatores de carga. O fator de carga na ponta (FCp) e o fora de ponta ($FCfp$), através das equações 6 e 7, respectivamente.

$$FCp_{\text{mensal}} = \frac{Cp_{\text{mensal}} \text{ (kWh)}}{Dm \text{ (kW)} \cdot 66 \text{ (h)}} \quad (6)$$

$$FCfp_{\text{mensal}} = \frac{Cfp_{\text{mensal}} \text{ (kWh)}}{Dm \text{ (kW)} \cdot 664 \text{ (h)}} \quad (7)$$

Onde:

FCp_{mensal} = fator de carga mensal na ponta

$FCfp_{\text{mensal}}$ = fator de carga mensal fora de ponta

Cp_{mensal} = consumo mensal na ponta, em kWh

Cfp_{mensal} = consumo mensal fora de ponta, em kWh

Dm = demanda medida, em kW

3.7.1. Influência do Fator de Carga da Instalação

De acordo com PROCEL (2006), o fator de carga que é deduzido pelos dados das contas de energia é um dos indicadores de eficiência, pois, mostra como a energia está sendo utilizada ao longo do tempo.

Quanto maior for o fator de carga, menor será o custo do kWh. Supondo-se a possibilidade de manter, ao longo do ano, o fator de carga na faixa do mais alto já obtido, no período analisado, projeta-se uma economia média em cima da fatura mensal de energia.

Um fator de carga próximo de 1 (um) indica que as cargas elétricas foram utilizadas racionalmente ao longo do tempo. Por outro lado, um fator de carga baixo indica que houve concentração de consumo de energia elétrica em curto período de tempo, determinando uma demanda elevada. Isto se dá quando muitos equipamentos são ligados ao mesmo tempo.

Para obter um fator de carga mais elevado existem três formas básicas:

- a) aumentar o número de horas trabalhadas, ou seja, aumentando-se o consumo de kWh, porém conservando-se a demanda de potência;
- b) otimizar a demanda de potência, conservando-se o mesmo nível de consumo de kWh;
- c) atuar simultaneamente nos dois parâmetros acima citados.

Para se avaliar o potencial de economia, neste caso, deve-se observar o comportamento do fator de carga nos segmentos horo-sazonais e identificar os meses em que este fator apresentou seu valor máximo. Isto pode indicar que se adotou nestes meses uma sistemática de operação que proporcionou o uso mais racional de energia elétrica. Portanto, seria possível, repetir esta sistemática, após uma averiguação das causas deste alto fator de carga e determinando se este valor pode ser mantido ao longo dos meses. Desta forma, para cada período (ponta ou fora de ponta) existe um fator de carga diferente.

Para COPEL (2005), o que ocasiona valores baixos de fator de carga é a concentração de cargas em determinados períodos. A seguir, relacionam-se alguns fatores que conduzem a esses valores baixos:

- a) equipamentos de grande potência, operando a plena carga somente algumas horas do período de utilização, funcionando com carga reduzida ou sendo desligados nos demais períodos;
- b) cargas de grande porte ligadas simultaneamente;
- c) curtos-circuitos e fugas de corrente;
- d) falta de programação para utilização de energia.

A concentração de cargas funcionando em um mesmo horário, um baixo fator de carga e uma demanda elevada, são fatores que provocam maior carregamento dos transformadores, de equipamentos e cabos de maior capacidade.

A melhoria do fator de carga, além de diminuir as despesas com energia consumida, conduz a um melhor aproveitamento e aumento da vida útil de toda a instalação elétrica, inclusive de motores e equipamentos, e a uma otimização dos investimentos nas instalações.

Lembrando que quando o sistema de tarifação for horo-sazonal (azul ou verde), os fatores de carga do período de ponta e fora de ponta devem ser analisados separadamente e procurando transferir carga da ponta para fora de ponta.

O aumento do fator de carga pode ser conseguido através de medidas que, na sua maioria, não implicam investimentos.

Estão relacionadas, a seguir, algumas delas.

- a) selecionar e reprogramar os equipamentos e sistemas que possam operar fora do horário de maior demanda da instalação, fazendo um cronograma de utilização de seus equipamentos elétricos, anotando a capacidade e o regime de trabalho de cada um, através de seus horários de funcionamento;
- b) evitar partidas simultâneas de motores que iniciem operação com carga;
- c) diminuir, sempre que possível, a operação simultânea dos equipamentos;
- d) verificar se a manutenção e a proteção da instalação elétrica e dos equipamentos são adequadas, de modo a se evitar a ocorrência de curtos-circuitos e fugas de corrente.

Segundo Mamede Filho (2007), 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, incluídos os motores e equipamentos;
- c) redução do valor da demanda de pico.

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

- a) conservar o consumo e reduzir a demanda;
- b) conservar a demanda e aumentar o consumo.

Cada uma delas tem uma aplicação típica. A primeira, que se caracteriza como a mais comum, é peculiar àquelas indústrias que iniciam um programa de conservação de energia mantendo a mesma quantidade do produto fabricado. É válido lembrar que, dentro de qualquer produto fabricado, está contida uma parcela de consumo de energia elétrica, isto é, de kWh, e não de demanda, kW. Logo, mantida a produção, deve-se atuar sobre a redução de demanda, que pode ser obtida com sucesso através do deslocamento da operação de certas máquinas para outros intervalos de tempo de baixo consumo na curva de carga da instalação.

Isso requer, via de regra, alteração nos turnos de serviço e algumas vezes, o dispêndio de adicionais na mão-de-obra para atender à legislação trabalhista.

Analisando o segundo método para se obter a melhoria do fator de carga, isto é, conservar a demanda e aumentar o consumo, observa-se que ele é destinado aos casos, por exemplo, em que determinada indústria deseja implementar os seus planos de expansão e esteja limitada pelo dimensionamento de algumas partes de suas instalações, tais como as unidades de transformação, barramento etc.

Sem necessitar investir na ampliação do sistema elétrico, o empresário poderá aproveitar-se da formação de sua curva de carga e dar andamento ao seu novo empreendimento no intervalo de baixo consumo de suas atuais atividades.

Além da vantagem de não precisar fazer investimentos, contribuirá significativamente com a melhoria de seu fator de carga, reduzindo substancialmente o preço da conta de energia cobrada pela concessionária. Além dessas práticas citadas, para a melhoria do fator de carga são usuais duas outras providências que fornecem excelentes resultados:

1) Controle automático da demanda

Esta metodologia consiste em segregar certas cargas ou setores definidos da indústria e alimentá-los através de circuitos expressos comandados por disjuntores controlados através de um dispositivo sensor de demanda, regulado para operar no desligamento dessas referidas cargas sempre que a demanda atingir o valor máximo predeterminado. Nem todas as cargas se prestam para atingir esse objetivo, pois não se recomenda que o processo produtivo seja afetado.

Pelas características próprias, as cargas mais comumente selecionadas são:

- a) sistema de ar condicionado;
- b) estufas;
- c) fornos de alta temperatura;
- d) câmaras frigoríficas.

Mesmo assim é necessário frisar que a sua seleção deve ser precedida de uma análise de conseqüências práticas resultantes deste método. Por exemplo, o desligamento do sistema de climatização de uma indústria têxtil por um tempo excessivo poderá trazer sérias conseqüências quanto à qualidade de produção.

Os tipos de carga anteriormente selecionados são indicados para tal finalidade por dois motivos básicos. Primeiro, porque a sua inércia térmica, em geral, permite que as cargas sejam desligadas por um tempo suficientemente grande sem afetar a produção. Segundo, por serem normalmente constituídas de grandes blocos de potência unitária, tornam-se facilmente controláveis.

2) Reprogramação da operação das cargas

Consiste em estabelecer horários de operação de certas máquinas de grande porte ou mesmo, certos setores de produção, ou, ainda, redistribuir o funcionamento destas cargas em períodos de menor consumo de energia elétrica. Essas providências podem ser inviáveis para determinadas indústrias, como aquelas que operam com fatores de carga elevado, tal como a indústria de cimento, porém perfeitamente factíveis para outros tipos de plantas industriais.

O controle automático da demanda, bem como a reprogramação da operação de cargas, são práticas já bastante conhecidas das indústrias, desde o início da implantação das tarifas especiais horo-sazonais.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Material

O estudo foi realizado a partir de visitas a uma indústria de processamento de madeira (serraria), conforme figura 11, localizada no município de Taquarivaí, na região Sudoeste do Estado de São Paulo, cuja produção em média encontra-se em torno de 700 m³/mês de madeira serrada. As espécies utilizadas são *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*, as quais são provenientes de áreas de reflorestamento próprio localizadas na região de Taquarivaí e Itapeva. A empresa possui 14 funcionários e uma jornada de trabalho com um turno de 8 horas diárias.



Figura 11. Vista aérea da indústria de processamento de madeira.

A figura 12 ilustra a indústria com as distribuições de equipamentos, entrada e saída de matéria-prima.

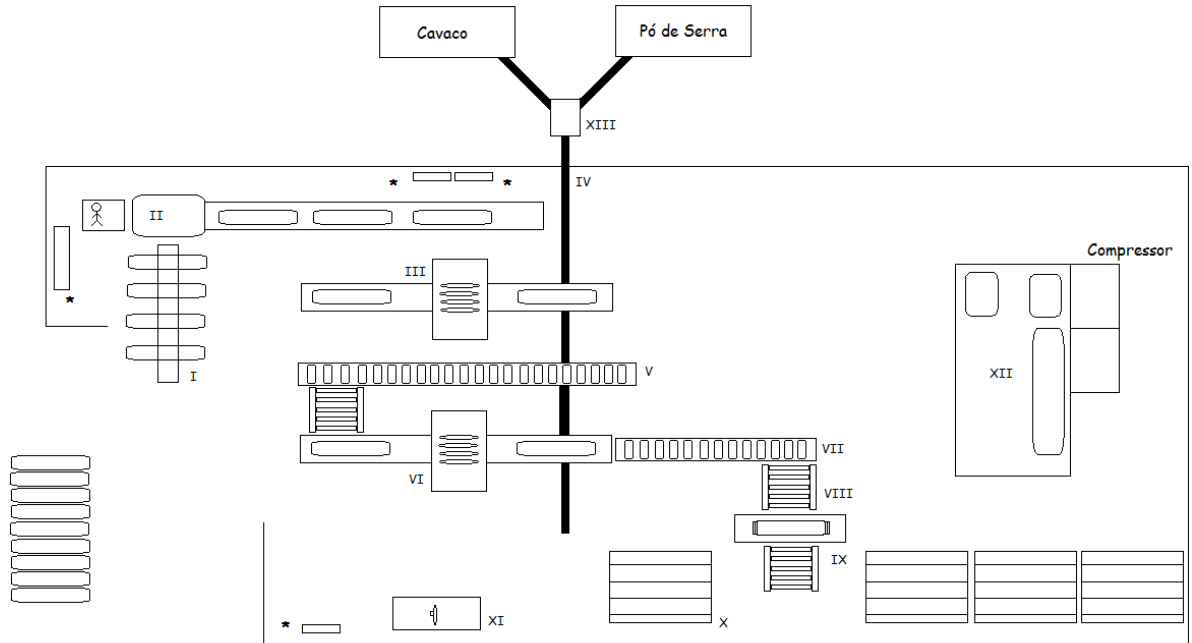


Figura 12. Diagrama da indústria analisada.

Na tabela 6 há a localização e uma breve descrição dos equipamentos/processos da indústria analisada, referente à figura 12.

Tabela 6. Localização e descrição de equipamentos/processos

Legenda	Localização	Descrição
I	Entrada de Toras	Transporte das toras até a serra fita
II	Serra-fita Vertical	Realiza o desdobro primário da tora
III	Multilâmina	Secciona as tábuas em tamanhos definidos
IV	Esteira de Resíduos	Leva o pó de serra para a área externa da serraria
V	Transportador de Rolo	Realiza o transporte de madeira até a alinhadeira
VI	Alinhadeira	Realiza o corte em espessura das tábuas
VII	Transportador de Corrente	Transporte de tábuas para o destopo
VIII	Destopo	Ajusta as extremidades das ripas de madeira
IX	Banho Químico	Tratamento dos produtos finais com fungicida
X	Armazenamento	Estocagem de produtos finais
XI	Destopo Pendular	Realiza o ajuste das extremidades das ripas
XII	Afiação	Oficina para afiação de ferramentas de corte
XIII	Picador	Transforma as costaneiras em cavaco

4.1.1. Analisador de Grandezas Elétricas SAGA 4000

Foi utilizado um analisador de grandezas elétricas SAGA 4000 que é um medidor, registrador e analisador eletrônico de parâmetros elétricos trifásicos que utiliza a mais avançada tecnologia de aquisição digital de sinais e de processamento numérico em tempo real.

O aparelho, figura 13, permite registrar na memória até 10 (dez) “campanhas” de medição. Entende-se por “campanha”, registrar medições com data e hora de início e data e hora de fim com um intervalo de registro pré-definido.

Cada leitura de uma campanha tem os registros: grandezas com a data e hora que ocorreu o registro; quantidade de energia do período medido; parametrização do local onde foi executada a campanha (intervalo de registro, grandezas que estão sendo registradas, código do local, etc.).

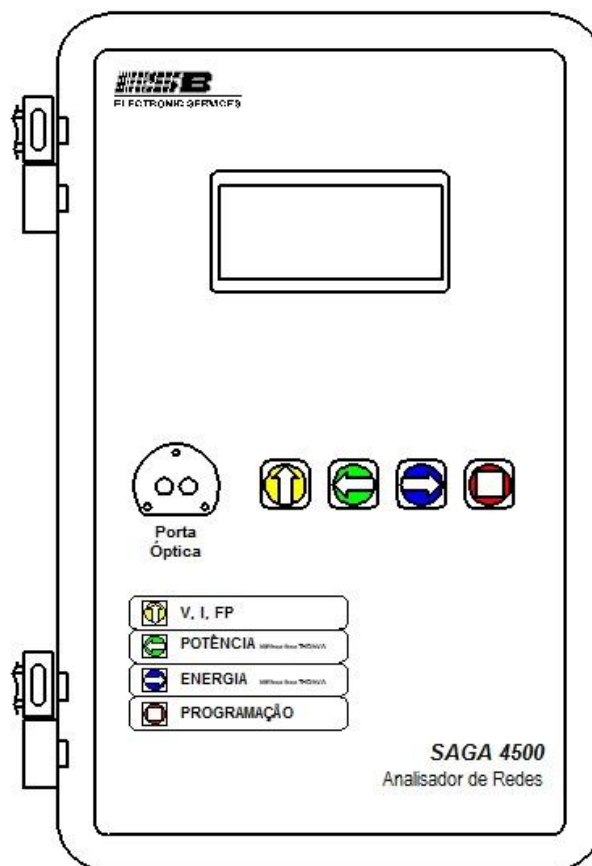


Figura 13. Vista frontal do painel do analisador de grandezas SAGA. Fonte: ESB (2001).

As parametrizações do medidor podem ser feitas pelos botões contidos no medidor ou através do programa PLAWIN 4500, plataforma Windows, que executa a tarefa de leitura e ou parametrização do medidor analisador SAGA 4000, disponibilizando as leituras em arquivos no formato de planilha EXCEL.

Utiliza um DSP - *Digital Signal Processor*, dedicado para realizar a aquisição digital dos sinais elétricos, e um microcomputador dedicado para o processamento das grandezas medidas, permitindo assim que o SAGA 4000 atenda a todos os atuais requisitos da medição de energia, apresentando as características básicas:

- a) fornece os valores de potência nos quatro quadrantes (bidirecional);
- b) fornece as grandezas primárias de tensão, corrente e fator de potência;
- c) grandezas elétricas medidas: Tensão máxima, média e mínima, Corrente, Frequência, Potência ativa fornecida e recebida, Potência reativa fornecida e recebida, Potência aparente, Fator de potência, Energia ativa fornecida e recebida, Energia reativa fornecida e recebida;
- d) medidor eletrônico do tipo *auto-range*, possui 2 escalas para tensão e 5 para corrente, assegurando elevada exatidão em toda a faixa de medição;
- e) medidor disponível com classe de exatidão de 1%;
- f) registrador programável com memória de massa 1 Megabyte (MB);
- g) gabinete de policarbonato para instalação ao tempo (poste);
- h) mostrador digital de tecnologia de cristal líquido, de 64 caracteres alfanuméricos em quatro linhas, permitindo mostrar as informações de forma clara e precisa;
- i) alta compactação dos módulos eletrônicos com componentes de montagem de superfície, assegurando alta imunidade a ruídos;
- j) medição de harmônicos de potência;
- k) entradas de tensão tipo A, B, C e N, entradas de corrente tipo A, B e C.

4.2. Métodos

Para o presente estudo a princípio realizou-se uma vistoria no local, de modo a aferir os dados da instalação elétrica, tais como: tensões no primário e secundário do transformador, cargas, acionamento e funcionamento das máquinas e estado das instalações. Em seguida, houve-se a necessidade da utilização de dois aparelhos

analisadores de grandezas elétricas SAGA 4000, de modo a obter todos os parâmetros desejados como potência ativa, reativa e aparente, fator de potência trifásico, tensões e correntes em cada fase. Um deles foi instalado no quadro geral de entrada de energia, conforme as figuras 14, 15 e 16, e o outro no quadro de distribuição de energia da serra fita vertical, conforme figura 17, visando a obtenção da coleta de dados do consumo de energia elétrica global da indústria e o consumo individualizado do equipamento, respectivamente.

Antes das instalações dos analisadores de grandezas elétricas, os mesmos foram devidamente parametrizados para coletarem dados a cada dois segundos (2s), para uma maior abrangência na coleta de dados, diferentemente das concessionárias de energia elétrica que fazem a coleta a cada 15 (quinze) minutos, segundo a Resolução ANEEL n° 456.



Figura 14. Vista externa do quadro geral de entrada de energia.



Figura 15. Detalhe do analisador de grandezas no quadro geral de entrada de energia.



Figura 16. Analisador de grandezas instalado no quadro geral de entrada de energia.



Figura 17. Vista interna do quadro de distribuição de energia da serra de fita vertical.

As instalações dos analisadores de grandezas elétricas SAGA 4000 seguiram o esquema de ligação ilustrado nas figuras 18 e 19.

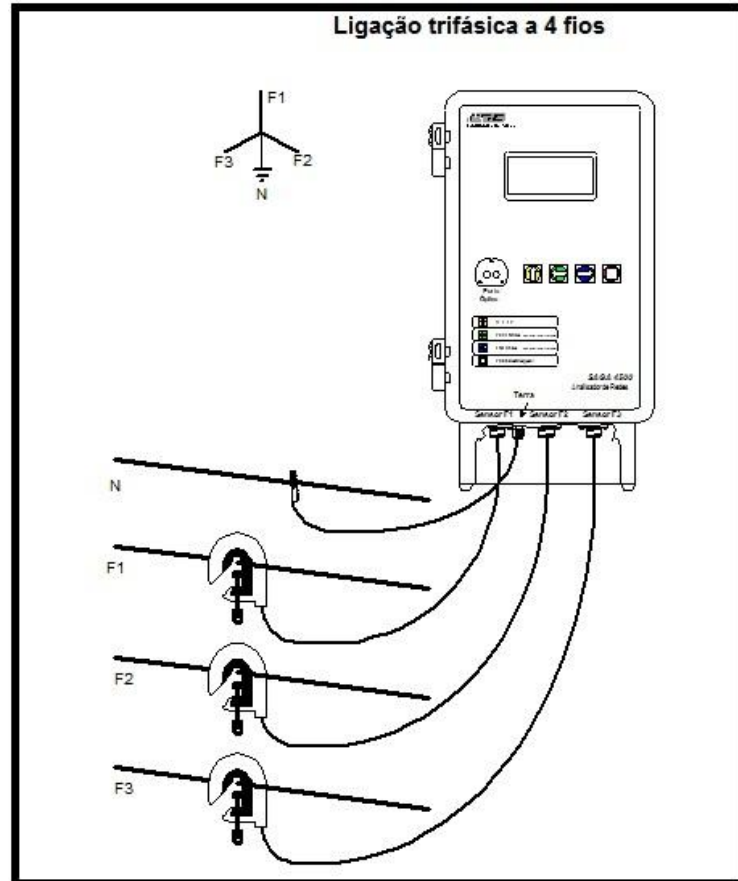


Figura 18. Diagrama de Conexões – Ligação Trifásica à 4 Fios.

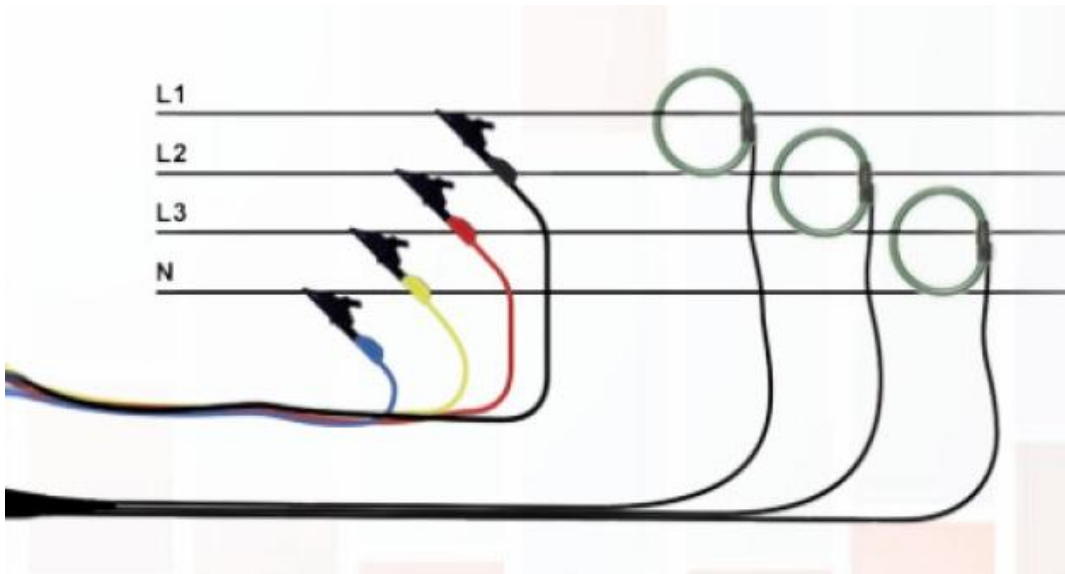


Figura 19. Cabos medidores de corrente e garras jacaré ligados as fases de alimentação.

Os cabos que apresentam garras jacaré, figura 20, fazem a conexão entre o aparelho e os terminais de tensão dos quadros de distribuição de energia, de modo a medir o consumo das três fases de alimentação F1, F2 e F3, já o neutro N aplica-se no aterramento do aparelho.



Figura 20. Garras jacaré.

Já os cabos com as garras de corrente acopladas, figura 21, medem o fluxo de elétrons que passa pelos condutores com base no campo magnético gerado por essa corrente.



Figura 21. Garra de corrente.

Após deixar os aparelhos conectados a instalação por um período de tempo de 3 horas consecutivas, obteve-se os dados a serem visualizados em software específico (PLAWIN 4500), para a posterior análise, o qual possibilitou a plotagem de gráficos.

Para o presente estudo também se fez necessário a posse das faturas do consumo de energia elétrica referente a um período de um ano e meio (18 meses), para análise e realização dos cálculos dos fatores de potência, demanda e de carga da indústria, a partir da utilização do software EXCEL e de equações específicas para cada tipo de fator a ser calculado.

Sendo assim, para o cálculo do fator de potência utiliza-se das equações 1 e 2:

$$FP = \frac{PA_t}{PA_p} = \cos \varphi = \cos \left(\text{arc tg} \frac{PRe}{PA_t} \right) \quad (1)$$

$$FP = \frac{PA_t}{\sqrt{PA_t^2 + PRe^2}} \quad (2)$$

Onde:

FP = Fator de Potência

PA_t = Potência Ativa, em kW ou kWh

PA_p = Potência Aparente, em kVA

PRe = Potência Reativa, em kVAr ou kVArh

Para o cálculo do fator de demanda utiliza-se da equação 3:

$$FD = \frac{D_{\max}}{P_{\text{inst}}} \quad (3)$$

Onde:

FD = Fator de demanda

D_{\max} = demanda máxima da instalação, em kW ou kVA.

P_{inst} = potência da carga conectada, em kW ou kVA.

Conforme as contas de energia elétrica, a empresa em questão encontra-se no enquadramento tarifário horo-sazonal verde, com isso calcula-se o fator de carga no período de ponta (FCp) e no período fora de ponta (FCfp), através das equações 6 e 7, respectivamente.

$$FCp_{\text{mensal}} = \frac{Cp_{\text{mensal}} \text{ (kWh)}}{Dm \text{ (kW)} \cdot 66 \text{ (h)}} \quad (6)$$

$$FCfp_{\text{mensal}} = \frac{Cfp_{\text{mensal}} \text{ (kWh)}}{Dm \text{ (kW)} \cdot 664 \text{ (h)}} \quad (7)$$

Onde:

FCp_{mensal} = fator de carga mensal na ponta

$FCfp_{\text{mensal}}$ = fator de carga mensal fora de ponta

Cp_{mensal} = consumo mensal na ponta, em kWh

Cfp_{mensal} = consumo mensal fora de ponta, em kWh

Dm = demanda medida, em kW

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a coleta de dados realizada na indústria, pelo analisador de grandezas SAGA 4000, foi possível obter e analisar, através do software PLAWIN 4500, gráficos referentes ao consumo de energia elétrica (potência ativa) e fator de potência global, isto é, em relação a indústria como um todo, e de forma específica do equipamento serra fita vertical, pois este é um dos principais equipamentos utilizados em uma indústria de processamento de madeira (serraria) para o desdobramento de toras. É importante ressaltar que o aparelho analisador ficou instalado à rede de energia por um período de 3 horas consecutivas, de um dia normal ativo de trabalho.

Sendo assim para as análises das potências ativas global e na serra fita vertical, devem-se ser verificadas as figuras 22 e 23, a seguir.

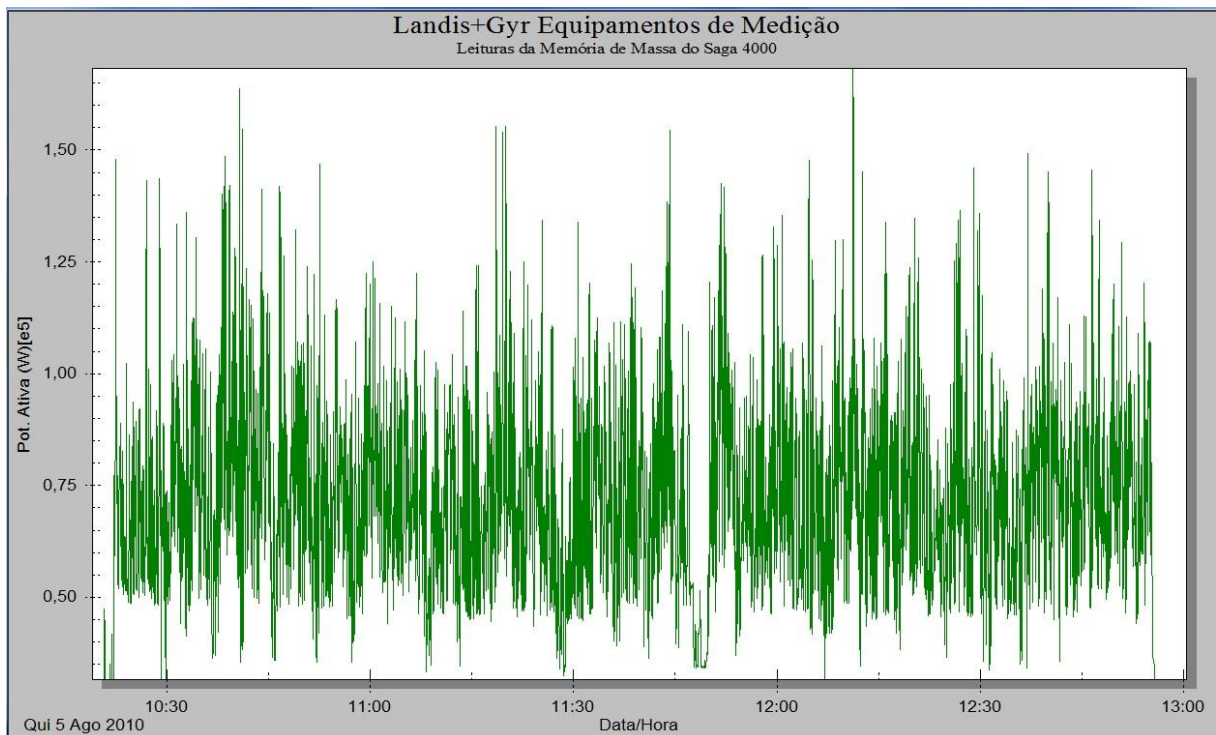


Figura 22. Potência ativa global da indústria.

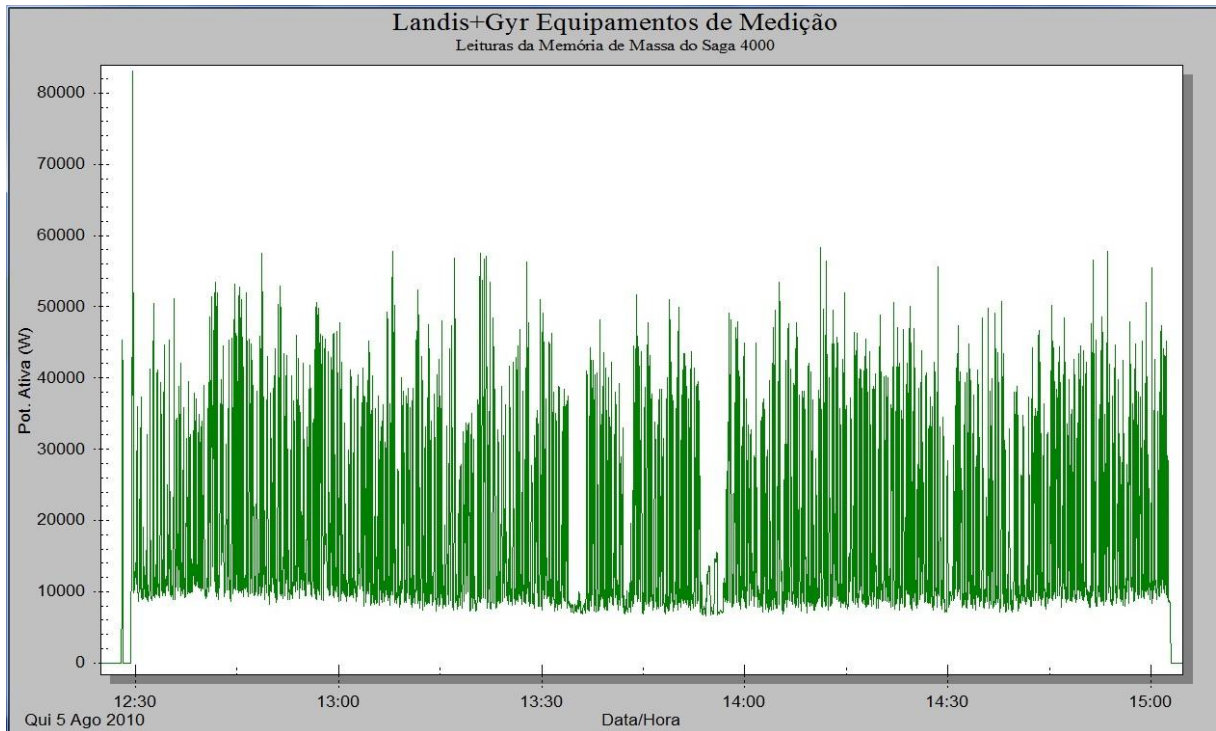


Figura 23. Potência ativa da serra fita vertical da indústria.

Na figura 22 verifica-se que há grandes variações, ou seja, picos e vales em relação a potência ativa utilizada pela indústria, fato que se relaciona as variações de cargas previstas às passagens de madeiras pelos equipamentos e o tempo ocioso que se encontra em um passe e outro, tal como ocorre na serra fita vertical como verifica-se na figura 23 .

Pela análise da figura 23 nota-se que devido o motor estar desligado é necessário um grande consumo de energia inicialmente para retirar o motor do estado de inércia e realizar a partida do mesmo, influenciando na eficiência energética da indústria. Uma vez que o motor está funcionando normalmente nota-se variações em todo o processo de uso do mesmo, isto se dá devido ao processo de desdobramento da madeira, onde a mesma passa pela serra fita vertical gerando consumo de energia, porém verifica-se momentos ociosos onde a madeira é preparada para outro passe no equipamento, nesse momento o motor encontra-se em vazio o que causa a geração de energia reativa na instalação elétrica. Este fato faz com que o fator de potência da instalação tenha seu valor decrescido, dessa forma, segundo a legislação vigente, caso o fator de potência se encontre abaixo de 0,92 a indústria passa a ter de pagar multas e acréscimos financeiros à sua conta de

energia elétrica, mas isto pode ser corrigido ou amenizado com a instalação de bancos de capacitores nos quadros de distribuição de energia da indústria.

Ainda no software PLAWIN 4500 foram gerados os gráficos dos fatores de potências global e da serra fita vertical da indústria, como podem ser verificados nas figuras 24 e 25.

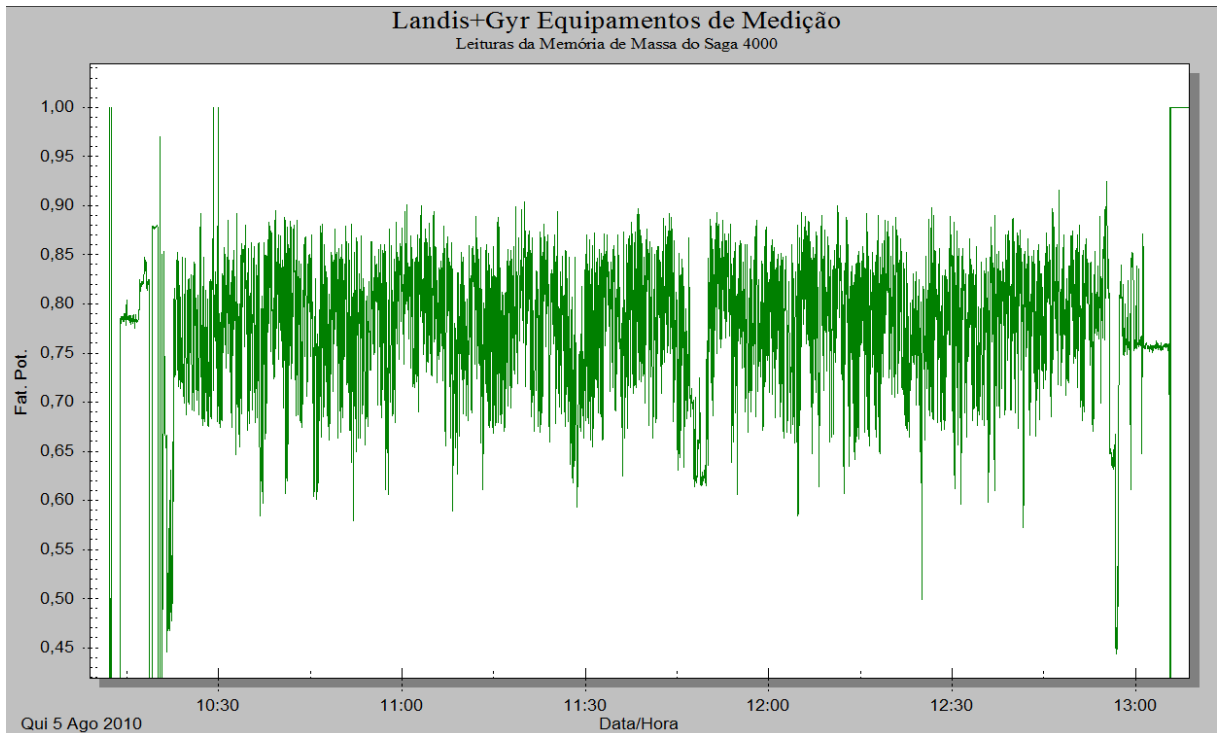


Figura 24. Fator de potência global da indústria.

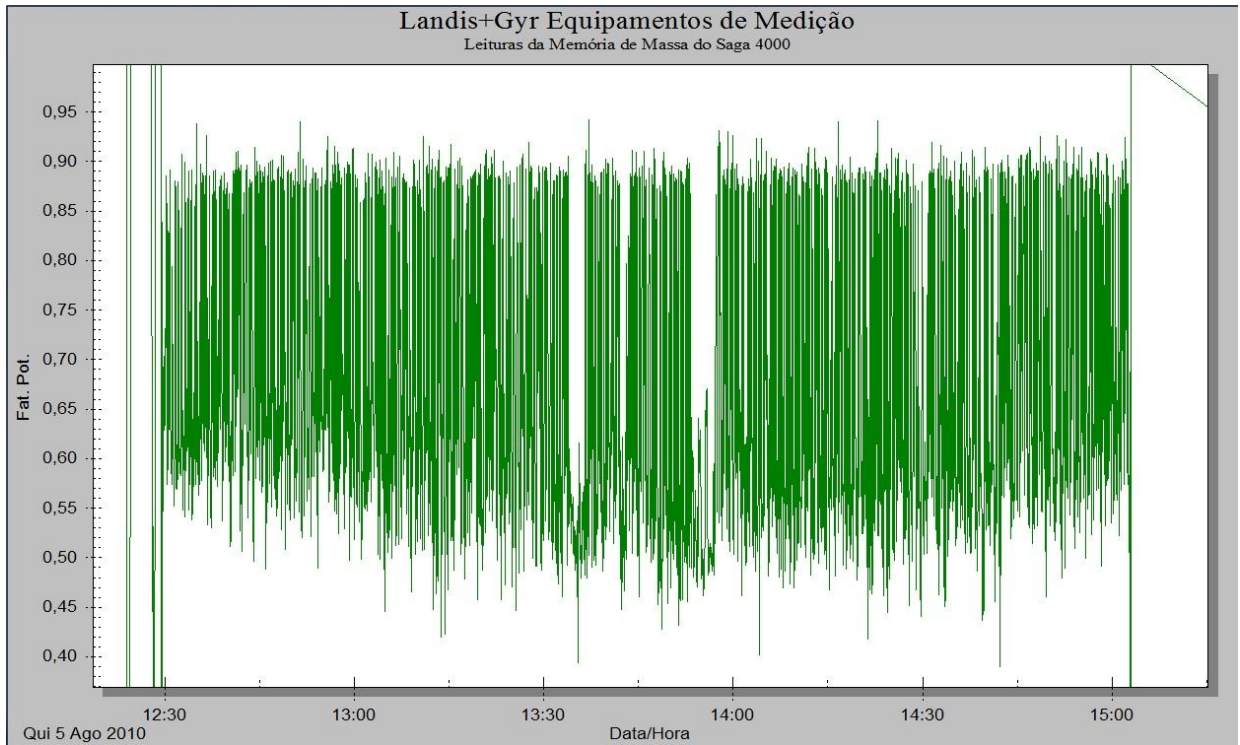


Figura 25. Fator de potência da serra fita vertical da indústria.

Nas figuras 24 e 25 notam-se as mesmas formas de variações ocorridas na potência ativa da instalação. Os valores dos fatores de potência podem ser determinados e verificados a partir dos dados contidos nas contas de energia elétrica da indústria e equações específicas, que serão analisadas posteriormente.

Em posse das contas de energia elétrica da empresa, pode-se calcular o fator de potência que a mesma apresenta por mês, para os 18 meses analisados, para tanto, os dados a serem analisados das referidas contas se encontram na tabela 7 a seguir.

Tabela 7. Dados contidos nas contas de energia elétrica da indústria referente ao período de novembro de 2008 a abril de 2010.

Mês/Ano	Consumo (kWh)		Demanda (kW)		Energia reativa excedente (kVArh)		Demanda reativa excedente (KW)	
	Períodos							
	Ponta	Fora de Ponta	Ponta	Fora de Ponta	Ponta	Fora de Ponta	Ponta	Fora de Ponta
nov/08	240	10766	10	88	6	958	3	85
dez/08	168	7980	8	85	6	759	3	80
jan/09	134	5993	7	83	6	474	4	74
fev/09	162	6332	8	96	16	640	4	93
mar/09	171	8376	29	90	4	697	9	84
abr/09	211	8981	10	95	3	932	6	84
mai/09	233	9151	9	93	3	803	7	83
jun/09	292	8963	12	100	3	635	10	90
jul/09	297	7972	13	95	7	786	8	86
ago/09	312	8869	13	101	3	780	9	91
set/09	240	8959	11	86	4	751	6	80
out/09	220	7900	11	86	3	730	6	80
nov/09	212	6631	10	84	1	723	6	81
dez/09	213	6690	11	84	1	730	6	81
jan/10	188	6963	8	84	1	546	5	73
fev/10	213	7568	8	84	1	789	5	80
mar/10	235	8364	9	85	1	968	6	83
abr/10	262	9373	10	88	1	1341	7	90

Com o auxílio da equação 2 e a partir das contas de energia elétrica, foi dado início aos cálculos dos fatores de potência para cada mês, visto que foi necessário fazer rearranjos em relação aos dados contidos nas contas e as equações específicas para o cálculo do fator de potência. Sendo assim foi necessário considerar primeiramente que o valor do fator de potência previsto pela legislação vigente tem de ser maior ou igual a 0,92, sendo assim a equação 2 retornará os valores da potência reativa que serão utilizados na equação 8 a seguir, para encontrar o valor do fator de potência real da indústria.

$$FP = \frac{PA_t}{\sqrt{PA_t^2 + PRe^2}} \quad (2)$$

Onde:

FP = Fator de Potência

PA_t = Potência Ativa, em kW ou kWh, equivalente à soma do consumo de energia nos períodos de ponta e fora de ponta

PRe = Potência Reativa, em kVA_r ou kVA_rh

É importante estar claro que todos os cálculos que servirão de exemplo a seguir são referentes ao mês de novembro de 2008 e a mesma metodologia de cálculo é aplicada para os demais meses e seus respectivos anos. Sendo assim a equação 2 fica da maneira explícita abaixo, a partir dos dados e considerações propostas.

$$0,92 = \frac{(240 + 10766)}{\sqrt{(240 + 10766)^2 + PRe^2}} \rightarrow PRe = 4688,54$$

Contudo a indústria apresenta energia reativa excedente e esta deve ser considerada tanto para o período de ponta como para o fora de ponta, desse modo o valor da potência reativa total é definida pela equação 8 seguinte.

$$PRe_{total} = PRe + PRe_p + PRe_{fp} \quad (8)$$

$$PRe_{total} = 4688,54 + 6 + 958 = 5652,54$$

Onde:

PRe_{total} = Potência Reativa total, em kVAr ou kVArh

PRe = Potência Reativa calculada, em kVAr ou kVArh

PRe_p = Potência Reativa excedente no período de ponta, em kVAr ou kVArh

PRe_{fp} = Potência Reativa excedente no período fora de ponta, em kVAr ou kVArh

Com isso, para o cálculo do fator de potência real da indústria, utiliza-se da equação 9, a seguir.

$$FP = \frac{PA_t}{\sqrt{PA_t^2 + PRe_{total}^2}} \quad (9)$$

$$FP = \frac{(240 + 10766)}{\sqrt{(240 + 10766)^2 + 5652,54^2}} = 0,89$$

Onde:

FP = Fator de Potência

PA_t = Potência Ativa, em kW ou kWh, equivalente à soma do consumo de energia nos períodos de ponta e fora de ponta

PRe_{total} = Potência Reativa total, em kVAr ou kVArh

Os valores dos fatores de potência para cada mês e respectivo ano podem ser verificados na tabela 8, a seguir:

Tabela 8. Fatores de potência da indústria, referente ao período de novembro de 2008 a abril de 2010.

Mês	Ano	Fator de Potência
Novembro	2008	0,89
Dezembro	2008	0,89
Janeiro	2009	0,89
Fevereiro	2009	0,88
Março	2009	0,89
Abril	2009	0,88
Maio	2009	0,89
Junho	2009	0,90
Julho	2009	0,89
Agosto	2009	0,89
Setembro	2009	0,89
Outubro	2009	0,89
Novembro	2009	0,88
Dezembro	2009	0,88
Janeiro	2010	0,89
Fevereiro	2010	0,88
Março	2010	0,88
Abril	2010	0,87

Com os dados contidos na tabela 8, é possível ver graficamente como se comportou o fator de potência ao longo dos 18 meses analisados, como mostra a figura 26, a seguir:

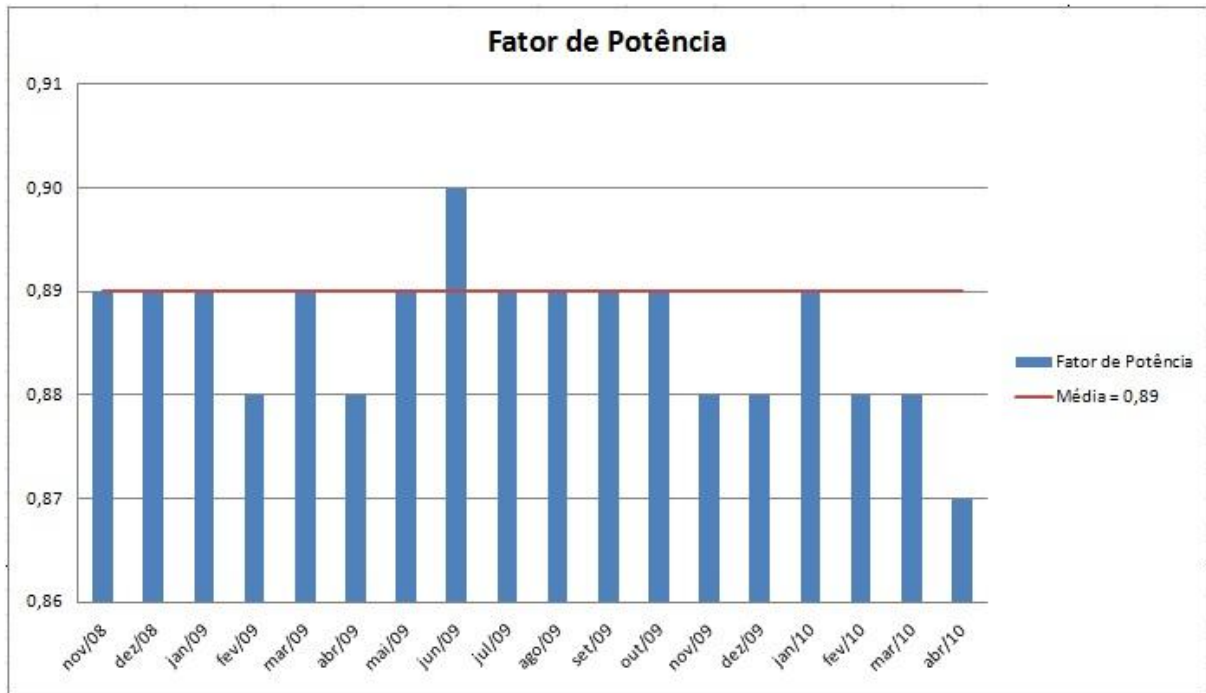


Figura 26. Fator de potência mensal da indústria, ao longo dos 18 meses analisados.

Analisando a figura 26 nota-se que a empresa em questão apresenta valores de fator de potência abaixo do valor de 0,92 estipulado pela legislação vigente, verificando baixa eficiência energética, sendo assim a indústria está tendo de pagar multas e acréscimos à sua conta de energia elétrica. Para corrigir este fato será necessário a implantação de bancos de capacitores nos quadros de distribuição da indústria, visto que estes minimizam o efeito do baixo fator de potência, regularizando-o. Para tanto a instalação dos capacitores se dão de várias maneiras diferentes, tendo como objetivos a conservação de energia e a relação custo/benefício, necessitando de critério e experiência para efetuar uma adequada correção. Cabe ressaltar que cada caso deve ser estudado especificamente e que soluções imediatas podem não ser as mais convenientes. Outra forma de amenizar o baixo fator de potência é através da diminuição do tempo entre as passagens de toras pelos equipamentos.

Com a correção do fator de potência há significativas vantagens como:

- a) redução significativa do custo de energia elétrica;

- b) aumento da eficiência energética da empresa;
- c) melhoria da tensão;
- d) aumento da capacidade dos equipamentos de manobra;
- e) aumento da vida útil das instalações e equipamentos;
- f) redução do efeito Joule;
- g) redução da corrente reativa na rede elétrica.

Para a realização do cálculo do fator de demanda fez-se necessário o levantamento energético da indústria a partir dos equipamentos que a mesma possui. Sendo assim, a tabela 9 relaciona os equipamentos com suas respectivas quantidades e potências dos motores.

Tabela 9. Levantamento energético da indústria.

Equipamento	Quantidade	Potência (cv)
Serra fita	1	50
Carro tora	1	10
Transportador	2	1,5
Alinhadeira	1	40
Transportador	2	1
Multilâminas (Desdobro)	1	40
Transportador	1	1
Picador	1	40
Transportador	2	1,5
Esteira de Resíduos	2	10
Esteira pó de serra	1	1,5
Transportador de corrente (entrada do processo)	2	1,5
Transportador de corrente (banho químico)	3	1
Destopadeira	2	2,5
Destopadeira pendular	1	1,5
Afiação (esmiril)	2	2
Afiação (furadeira de bancada)	2	1
Compressor	2	3,5
Transportador de rolos	2	1,5

Com os valores das potências dos motores e suas respectivas quantidades chegou-se ao resultado para a potência instalada na indústria o valor de 239 cv, porém como o consumo de energia é medido em quilowatt faz-se necessário a conversão chegando ao valor de 175,78 kW, onde 1cv corresponde à

aproximadamente 0,7355 kW, e considerando a indústria trabalhando com todos os equipamentos ligados ao mesmo tempo. Contudo há a necessidade da consideração de equipamentos tais como: lâmpadas, tomadas de uso residencial, entre outros que apresentam muito baixo consumo em relação ao consumo de energia de equipamentos de maior porte, com isso será considerado um aumento em 10% do valor anteriormente calculado, chegando ao resultado de 193,36 kW de capacidade instalada.

Para o cálculo do fator de demanda da indústria, foi necessário a utilização dos valores de demanda da tabela 7 e da equação 3.

$$FD = \frac{D_{\max}}{P_{\text{inst}}} \quad (3)$$

Onde:

FD = Fator de demanda (mensal)

D_{\max} = demanda máxima da instalação, em kW ou kVA, corresponde ao maior valor de demanda (mensal) de energia, isto é, o maior valor entre o período de ponta e o período fora de ponta.

P_{inst} = potência da carga conectada, em kW ou kVA.

Ressaltando, todos os cálculos que servirão de exemplo a seguir referem-se ao mês de novembro de 2008 e a mesma metodologia de cálculo é aplicada para os demais meses e seus respectivos anos. Assim para a equação 3, onde o maior valor de demanda de energia refere-se ao período fora de ponta, fica descrita da seguinte maneira.

$$FD = \frac{88}{193,36} = 0,46$$

Os valores dos fatores de demanda para cada mês e respectivo ano podem ser verificados na tabela 10, a seguir:

Tabela 10. Fatores de demanda da indústria, referente ao período de novembro de 2008 a abril de 2010.

Mês	Ano	Fator de Demanda
Novembro	2008	0,46
Dezembro	2008	0,44
Janeiro	2009	0,43
Fevereiro	2009	0,50
Março	2009	0,47
Abril	2009	0,49
Mai	2009	0,48
Junho	2009	0,52
Julho	2009	0,49
Agosto	2009	0,52
Setembro	2009	0,44
Outubro	2009	0,44
Novembro	2009	0,43
Dezembro	2009	0,43
Janeiro	2010	0,43
Fevereiro	2010	0,43
Março	2010	0,44
Abril	2010	0,46

Com os dados contidos na tabela 10 é possível ver graficamente o comportamento do fator de demanda ao longo dos 18 meses analisados, como ilustra a figura 27, a seguir:

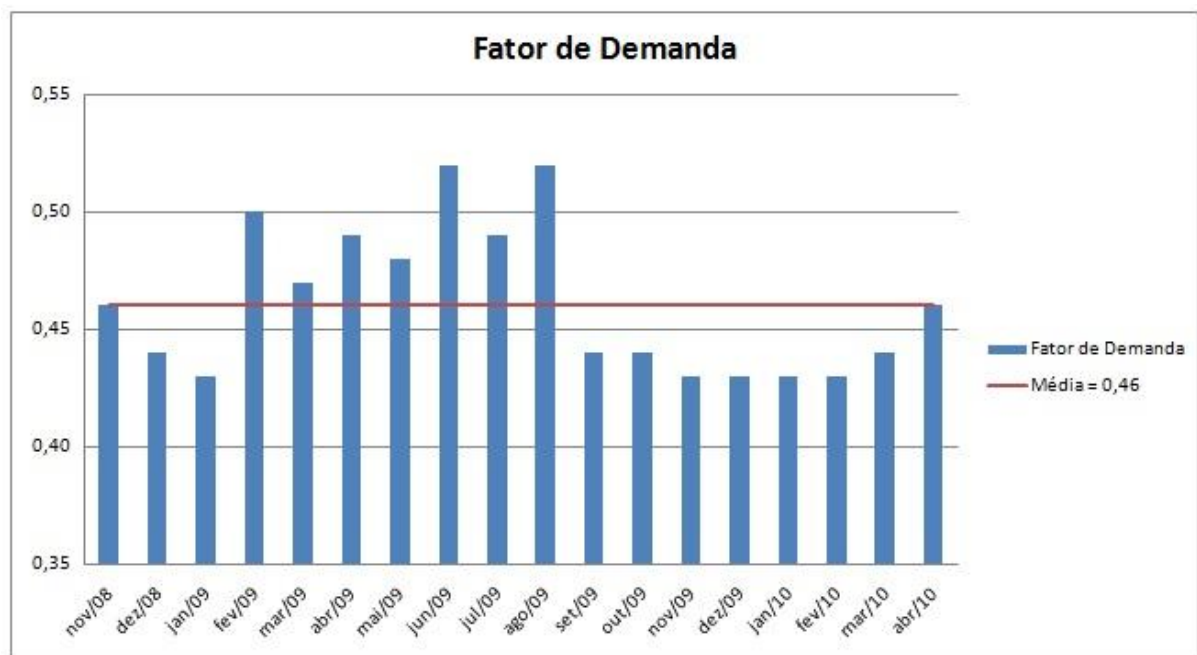


Figura 27. Fator de demanda mensal da indústria, ao longo dos 18 meses analisados.

Analisando a figura 27, nota-se que a empresa em questão apresenta valores de fatores de demanda abaixo do valor da unidade, o que segundo a literatura é frequentemente verificado, pois seu valor somente é unitário se a carga conectada total for ligada simultaneamente por um período suficientemente grande, tanto quanto o intervalo de demanda. Mesmo assim esses valores de fatores de demanda denotam a baixa eficiência energética da indústria.

Sendo assim, o fator de demanda que relaciona a demanda máxima de uma instalação, ou setor ou de um conjunto de cargas e a potência instalada desta, do setor ou do conjunto de cargas, aplica-se a pontos de distribuição da instalação, ou seja, a quadros de distribuição em geral. Ressaltando que este leva em conta a provável não simultaneidade no funcionamento dos equipamentos ligados a um ponto de distribuição e, nessas condições, sua aplicação exige o conhecimento detalhado do tipo de instalação que está sendo projetada.

Conforme as contas de energia elétrica, a empresa em questão encontra-se no enquadramento tarifário horo-sazonal verde, com isso calcula-se o fator de carga no período de ponta (FCp) e no período fora de ponta (FCfp), através das equações 6 e 7, respectivamente. Para tanto, é necessário a utilização dos valores da tabela 7.

$$FCp_{\text{mensal}} = \frac{Cp_{\text{mensal}} \text{ (kWh)}}{Dm \text{ (kW)} \cdot 66 \text{ (h)}} \quad (6)$$

$$FCfp_{\text{mensal}} = \frac{Cfp_{\text{mensal}} \text{ (kWh)}}{Dm \text{ (kW)} \cdot 664 \text{ (h)}} \quad (7)$$

Onde:

FCp_{mensal} = fator de carga mensal na ponta

$FCfp_{\text{mensal}}$ = fator de carga mensal fora de ponta

Cp_{mensal} = consumo mensal na ponta, em kWh

Cfp_{mensal} = consumo mensal fora de ponta, em kWh

Dm = demanda medida, em kW

Sendo assim para o mês de novembro do ano de 2008 as equações 6 e 7, ficam expostas da seguinte maneira, respectivamente. Onde os demais meses e respectivos anos seguem a mesma metodologia.

$$FC_{p_{\text{mensal}}} = \frac{240 \text{ (kWh)}}{10 \text{ (kW)} \cdot 66 \text{ (h)}} = 0,36$$

$$FC_{fp_{\text{mensal}}} = \frac{10766 \text{ (kWh)}}{88 \text{ (kW)} \cdot 664 \text{ (h)}} = 0,18$$

Os valores dos fatores de carga no período de ponta e fora de ponta para cada mês e respectivo ano podem ser verificados na tabela 11, a seguir:

Tabela 11. Fatores de carga nos períodos de ponta e fora de ponta da indústria, referente ao período de novembro de 2008 a abril de 2010.

Mês	Ano	Fator de carga	
		Período de Ponta	Período Fora de Ponta
Novembro	2008	0,36	0,18
Dezembro	2008	0,32	0,14
Janeiro	2009	0,29	0,11
Fevereiro	2009	0,31	0,10
Março	2009	0,09	0,14
Abril	2009	0,32	0,14
Mai	2009	0,39	0,15
Junho	2009	0,37	0,14
Julho	2009	0,35	0,13
Agosto	2009	0,36	0,13
Setembro	2009	0,33	0,16
Outubro	2009	0,30	0,14
Novembro	2009	0,32	0,12
Dezembro	2009	0,29	0,12
Janeiro	2010	0,36	0,13
Fevereiro	2010	0,40	0,14
Março	2010	0,40	0,15
Abril	2010	0,40	0,16

Com os dados contidos na tabela 11 é possível ver de forma gráfica como se comportaram os fatores de carga no período de ponta e fora de ponta ao longo dos 18 meses analisados, como mostram as figuras 28 e 29, respectivamente, a seguir:

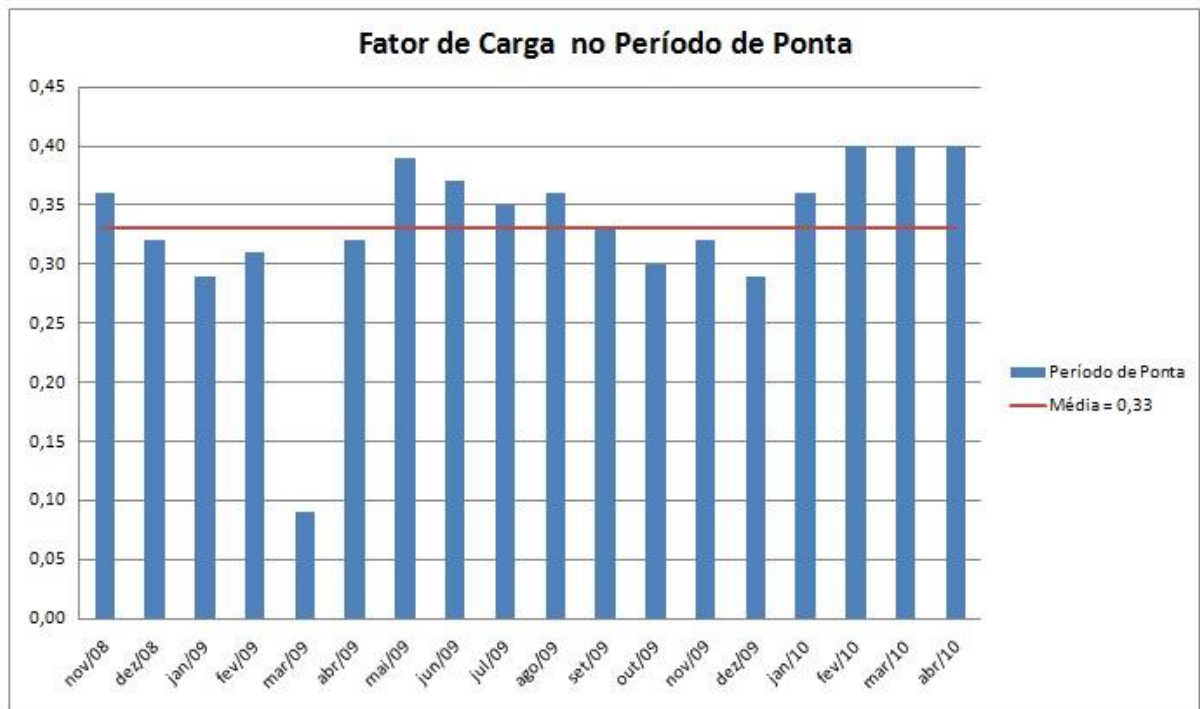


Figura 28. Fator de carga mensal da indústria no período de ponta, ao longo dos 18 meses analisados.

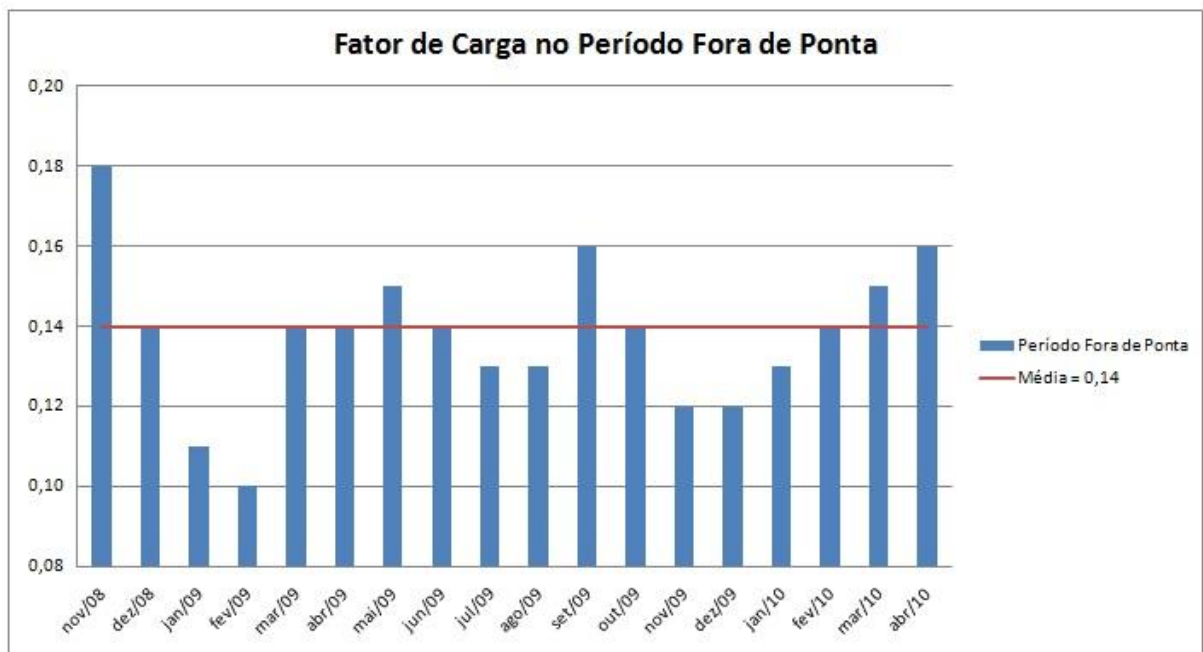


Figura 29. Fator de carga mensal da indústria no período fora de ponta, ao longo dos 18 meses analisados.

Pelas análises das figuras 28 e 29, e haja vista que o fator de carga mensura o grau no qual a demanda máxima manteve-se durante o intervalo de tempo considerado. E tendo o fator de carga variação entre 0 (zero) a 1 (um), nota-se que a empresa em questão apresenta valores de fatores de carga tanto para o período de ponta como para o fora de ponta valores muito baixos, verificando que o consumo de energia elétrica é extremamente ineficiente do ponto de vista da eficiência energética, indicando que houve concentração de consumo de energia elétrica em curto período de tempo, determinando uma demanda elevada. Reafirmando a possível ocorrência de que muitos equipamentos ligados são ao mesmo tempo.

6. CONCLUSÕES

Pelas análises das variáveis e dos fatores de projetos estudados, para a indústria em questão, há a verificação que uma das grandes causas para a extrapolação de demanda de potência ativa em indústrias de processamento de madeira é a ocorrência de grandes variações no consumo de energia durante as partidas iniciais dos motores, onde os mesmos encontram-se desligados e é necessário um grande consumo de energia elétrica inicial para a retirada dos motores do estado de inércia e a realização das partidas dos mesmos, e também no início da passagem das toras pelos equipamentos.

Um dos problemas, que segundo a literatura, mais frequentemente é verificado em indústrias de processamento de madeira, e o mesmo foi constatado na empresa estudada, é a ocorrência de baixo fator de potência. Isto se dá devido ao processo de desdobramento da madeira, onde verifica-se o consumo de energia durante o corte da mesma e em momentos ociosos entre um passe e outro da mesma pelos equipamentos. Gera-se assim, energia reativa na instalação elétrica, devido o motor encontrar-se em vazio, fazendo com que o fator de potência da instalação decresça abaixo do valor mínimo de 0,92 estipulado pela legislação vigente, ocasionando no pagamento de multas e acréscimos financeiros à conta de energia elétrica da indústria. Fato este que pode ser corrigido ou amenizado com a instalação de bancos de capacitores nos quadros de distribuição de energia da empresa, e também através da diminuição do tempo entre as passagens de toras pelos equipamentos.

Um dos fatores de projeto analisados foi o fator de demanda, que para a indústria analisada apresentou valores inferiores ao valor da unidade, o que é aceitável, pois o valor unitário ocorre se a carga conectada total for ligada simultaneamente por um período suficientemente grande tanto quanto o intervalo de demanda, fato que não é verificado nas indústrias de processamento de madeira.

A indústria analisada apresentou valores muito baixos de fatores de carga tanto para o período de ponta como para o fora de ponta, verificando que há uma baixa eficiência no consumo de energia elétrica, indicando que houve concentração de consumo de energia elétrica em curto período de tempo, determinando uma

demanda elevada. Conclui-se, portanto, que não se está utilizando de maneira racional a energia que se consome. Este fato pode ser observado quando muitos equipamentos são ligados ao mesmo tempo.

Tendo em vista os fatores e variáveis analisados, estes devem ser considerados, estudados e utilizados conscientemente e cuidadosamente durante o projeto de uma instalação elétrica, tanto no global como nos diversos setores da instalação. De modo que o uso conjunto de práticas e políticas, assim como a utilização de equipamentos mais eficientes, possam vir a reduzir o consumo de energia, diminuir as perdas e conseqüentemente baixar os custos e aumentar a quantidade de energia oferecida, visando o alto rendimento de forma que mantenha a eficiência energética na indústria em um nível máximo.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. **Eficiência Energética**. Disponível em: <<http://www.abee.org.br/index.php/eficienciaenergetica>>. Acesso em: 21 jul. 2010.

ABIMCI - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. **Artigo Técnico Nº 18 - Fluxograma de Produção de Madeira Serrada**, 2004. Disponível em: <<http://www.abimci.com.br>>. Acesso em: 28 jul. 2010.

ABIMCI - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. **Estudo Setorial 2008**. Disponível em: <<http://www.abimci.com.br>>. Acesso em: 28 jul. 2010.

ALMEIDA, A. T. L. **Motores Elétricos**, Notas de aula, Itajubá, Universidade Federal de Itajubá, 2004.

ANDERSON, D. “**Energy-Efficiency And The Economics Of Pollution Abatement**”, Annu. Rev. Energy Environment, 18:291-318, 1993.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução nº 456**, de 29 de novembro de 2000.

BONELLI, M. L.; ROSSI, J. C.; ARAÚJO, R. M.. **Eficiência Energética no Setor Público: Estudo de Caso**. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Ilha Solteira, 2009.

CAPELLI, A. **Energia Elétrica para Sistemas Automáticos da Produção**. São Paulo: Érica Ltda., 2007.

CIENTISTA, Prêmio Jovem. **Energia e meio ambiente soluções para o futuro**. Disponível em: <[http://www.jovemcientista.org.br/main.asp?View={2F28561C-016B-49C2-B64C-F347B896B295}&Team=¶ms=itemID={38F34ACD-8EEB-41B1-A75C-132448887F0D}%3B&UIPartUID={D90F22DB-05D4-4644-A8F2-FAD4803C8898}](http://www.jovemcientista.org.br/main.asp?View={2F28561C-016B-49C2-B64C-F347B896B295}&Team=¶ms=itemID={38F34ACD-8EEB-41B1-A75C-132448887F0D}%3B&UIPartUID={D90F22DB-05D4-4644-A8F2-FAD4803C8898}>)>. Acesso em: 21 jul. 2010.

COPEL - COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA (Org.). **Manual de Eficiência Energética na Indústria**. Curitiba: Companhia Paranaense de Energia, 2005. 138 p.

COTRIM, A. A. M. B. **Instalações Elétricas**. 4. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2003.

ESB - ELECTRONIC SERVICES, INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA. **Analizador de Grandezas Elétricas SAGA 4000 - Manual do Usuário**, São Paulo, 2001.

FAGUNDES, H. A. V. **Produção de Madeira Serrada e Geração de Resíduos do Processamento de Madeira de Florestas Plantadas no Rio Grande do Sul**. 2003. 173 f. Tese (Doutorado) - UFRGS, Porto Alegre, 2003.

GELLER, H. S. **O Uso Eficiente da Eletricidade: Uma Estratégia de Desenvolvimento para o Brasil**. Rio de Janeiro, INEE, 1991.

GONÇALVES, M. T. T. **Processamento da madeira**. Bauru: SP, 2000. 242 p.

GONÇALVES, R.; HERNÁNDEZ, R.; NERI, A. C. **Avaliação de forças de corte em madeira de Eucalipto**. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E ESTRUTURAS DE MADEIRAS, 6., Anais. Florianópolis: UFSC, 1998. p 437-448.

KAGAN, N.; ROBBA, E. J. **Energia, Potência e Fator de Potência**. Apostila do Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas da Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 23 p, 1997.

MAMEDE FILHO, J. **Instalações Elétricas Industriais**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007. 930 p.

MARTINS, M. P. S. **Inovação tecnológica e eficiência energética**. Rio de Janeiro, 1999.

MME - MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. **Plano de Governo PPA 2004–2007: Política Nacional de Eficiência Energética**. Brasília, 2003.

MORAES, P. E. S.. **Estratégia de pesquisa sobre gestão da qualidade e da inovação tecnológica: O caso de serrarias do pólo madeireiro de Telêmaco Borba, Paraná**. 2007. 167 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

MURARA JUNIOR, M. I. **Desdobro de toras de pinus utilizando diagramas de corte para diferentes classes diamétricas**. 77f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

NOGUEIRA, L. A. H. **Auditoria Energética**, Notas de aula, Itajubá, Universidade Federal de Itajubá, 1990.

NOGUEIRA, L. A. H. **Uso racional: a fonte energética oculta**. Estudos avançados. 2007, vol.21, n.59, pp. 91-105.

PROCEL - PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA (Org.). **Conservação de Energia: Eficiência Energética de Equipamentos e Instalações**. 3. ed. Itajubá: Universidade Federal de Itajubá, 2006. 597 p.

ROQUE, C. A. L., VALENÇA, A. C. V. **Painéis de Madeira Aglomerada**. BNDES Setorial. 1998. Disponível em <<http://www.bndes.gov.br/conhecimento/bnset/set805.pdf>>. Acesso em: 28 jul. 2010.

SBS - SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA. **Fatos e Números do Brasil Florestal**, 2007. Disponível em: <<http://www.sbs.org.br>>. Acesso em: 28 jul. 2010.

SEPLAG-RJ - SECRETARIA DE ESTADO DE PLANEJAMENTO E GESTÃO DO RIO DE JANEIRO. **Política de Ação: Eficiência Energética**. Rio de Janeiro, 2007.

WEG. **Manual para Correção do Fator de Potência**. Disponível em: <<http://www.weg.net/files/products/WEG-correcao-do-fator-de-potencia-958-manual-portugues-br.pdf>>. Acesso em: 26 jul. 2010.