

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

**“Análise da Relação entre o Faturamento do Consumo de
Energia Elétrica e Demanda de Potência Ativa e Reativa
Utilizando Hiperbolóides de Carga e Potência ”**

RANGEL GUEIFI

Orientador: Prof. Dr. Francisco Villarreal Alvarado
Co-orientador: Prof. Dr. Antonio Padilha Feltrin

Dissertação apresentada à Faculdade de
Engenharia - UNESP – Campus de Ilha
Solteira, para obtenção do título de
Mestre em Engenharia Elétrica.
Área de Conhecimento: Automação.

Ilha Solteira – SP
maio/2007

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação - Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação da UNESP - Ilha Solteira.

G925a	Guelfi, Rangel Análise da relação entre o faturamento do consumo de energia elétrica e demanda de potência ativa e reativa utilizando hiperbolóides de carga e potência / Rangel Guelfi. -- Ilha Solteira : [s.n.], 2007 138 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Automação, 2007 Orientador: Francisco Villarreal Alvarado Co-orientador: Antonio Padilha Feltrin Bibliografia: p. 137-138 1. Hiperbolóide de carga e potência.
-------	---

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

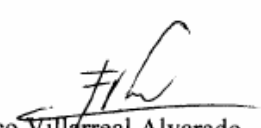
**TÍTULO: Análise da Relação entre o Faturamento de Consumo de Energia Elétrica e
Demanda de Potência Ativa e Reativa Utilizando Hiperbolóides de Carga
e Potência**

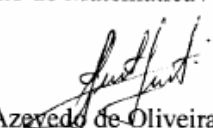
AUTOR: RANGEL GUELFÍ

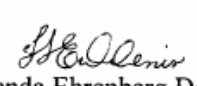
ORIENTADOR: Prof. Dr. Francisco Villarreal Alvarado

DATA DA REALIZAÇÃO: 31 de maio de 2007

Aprovada com parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE em
ENGENHARIA ELÉTRICA pela Comissão Examinadora:


Dr. Francisco Villarreal Alvarado - Orientador
Departamento de Matemática / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira


Dr. Sérgio Azevedo de Oliveira
Departamento de Engenharia Elétrica / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira


Dr.ª Iara Fernanda Ehrenberg Dossi Denis.
Departamento de Planejamento / Elektro Eletricidade e Serviços

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela minha família, minha vida, e por sempre me guiar.

A meus pais José Guelfi e Nizia Maria Gonçalves Guelfi, por terem me dado oportunidade de estudar, e por nunca terem hesitado em me apoiar.

Ao meu orientador Francisco Villarreal Alvarado, que foi uma pessoa compreensiva e foi rigoroso para que o trabalho ocorresse da melhor maneira possível.

Ao meu co-orientador Antonio Padilha Feltrin, que dedicou parte de seu tempo para fornecer conhecimentos técnicos de inestimável valor para o desenvolvimento do presente trabalho.

Ao CNPq por ter me apoiado financeiramente no desenvolvimento do trabalho.

Aos meus irmãos Rafael e Anderson os quais amo muito e rezo para que sejam felizes.

Aos meus avós: Mayr Guelfi e Leonor Tognon Guelfi, Antonio Gonçalves e Maria Aparecida Rocha Gonçalves.

As amizades que conquistei ao longo do tempo: Mauro, Vitor, Cleber, Alexandre, Ivelton, Arlindo, Odair, André, Alexsandro, Diogo, Gustavo, Guilherme, Antonio Carlos, José Eduardo, Carlos Rogério, Danilo, Patrícia, Alessandra, Denise, Ofélia, Mariellen. Agradeço a todas as pessoas que me deram carona na estrada durante a graduação e o mestrado, pois às vezes eu não tinha dinheiro para ir embora, enfim, citar todos os nomes é impossível, assim, agradeço por todos aqueles que fizeram parte da minha vida, e estas pessoas sabem quem são e é o que importa para mim.

RESUMO

No presente trabalho é apresentado um método para o cálculo de volumes determinados por *K*-Hiperbolóides de Carga e Potência, de modo a reduzir os gastos de empresas consideradas, em relação ao fator de potência.

A redução de gastos é obtida alterando-se o valor máximo do fator potência que se pretende chegar, do fator de potência ideal “1”, para o fator de potência de referência “0,92”, ou mantendo-o quando já estiver acima de 0,92. Quando o fator de potência é maior ou igual a 0,92 ele já está eficiente, assim, não há necessidade de se chegar ao fator de potência ideal. É realizada uma comparação entre um método existente na literatura e o método proposto no presente trabalho, para determinar os pontos em que estes métodos diferem no cálculo dos volumes determinados pelos *K*-Hiperbolóides de Carga e Potência e mostrar a eficácia do método proposto. Estes métodos são equiparados, com relação a redução obtida no faturamento da conta de energia elétrica.

A redução no faturamento da conta de energia elétrica que deve ser pago à concessionária é obtida por meio da diminuição da demanda contratada pela empresa; por sua vez a diminuição desta demanda é alcançada através da fórmula do fator de carga. Considerando-se a demanda média e o maior fator de carga obtido no período em estudo, encontra-se assim, uma nova demanda máxima menor que a demanda atual utilizada pela empresa. Logo, esta demanda máxima passa a ser a demanda que será contratada pela empresa, assim, esta nova demanda resulta em uma nova fatura que deve ser paga a concessionária de energia elétrica, menor que a fatura atual.

Palavras chaves: hiperbolóide de carga e potência, faturamento melhorado, fator de carga, fator de potência.

ABSTRACT

The present work presents a method for the calculation of volumes determined for K- Load and Power Hyperboloid, in order to reduce the expenses of considered companies, in relation to the power factor.

The reduction of expenses is gotten by changing the maximum value of the wished power factor, of the ideal power factor "1", to the reference power factor "0,92", or keeping it when it's above 0,92. When the power factor is higher or equal 0,92, it's already efficient, thus, it is not necessary to achieve the ideal power factor. A comparison is carried between an existing method in the literature and the considered method in the present work, to determine the points where these methods differ from each other in the calculation of the volumes determined for the K-Load and Power Hyperboloid and to show the effectiveness of the considered method. These methods are equalized, regarding the reduction gotten in the invoicing of the electric energy account.

The reduction in the invoicing of the account of electric energy that must be paid to the concessionaire is gotten through the reduction of the contracted demand by the company; in turn the reduction of this demand is reached through the formula of the load factor. Considering the average demand and the highest load factor gotten in the period in study, this way a new demand, lower than the current demand used by the company, is gotten. Therefore, this maximum demand starts to be the demand that will be contracted by the company, thus, this new demand results in a new invoice which must be paid to the concessionaire of electric energy, lower than the current invoice.

Keywords: K-Load and Power Hyperboloid, improved invoicing, load factor, factor of power, mathematical modeling.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Gráfico da demanda em função do tempo mostrando a energia efetivamente utilizada. Fonte CESP – Manual de Fator de Carga (1990).....	18
Figura 2.2 – Relação entre potência total, potência ativa e potência reativa.....	20
Figura 3.1 – O Volume Atual é o volume do sólido sobre a região 1.....	39
Figura 3.2 – O Volume Atual Eficiente é o volume do sólido sobre as regiões 1 e 2.....	40
Figura 3.3 – O Volume Atual Racional é o volume do sólido sobre as regiões 1 e 3.....	41
Figura 3.4 – O Volume Eficiente Racional é o volume do sólido sobre a região 4.....	42
Figura 3.5 – O Volume Total Útil é o volume do sólido sobre as regiões 1, 2, 3 e 4.....	43
Figura 3.6 – O Volume Atual Eficiente para o método proposto.....	49
Figura 3.7 – O Volume Eficiente Racional para o método proposto.....	51
Figura 3.8 – Representação do consumo diário de energia elétrica.....	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1	– Valores do consumo de energia elétrica no horário de ponta no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, para a empresa de refrigerante.....	63
Tabela 4.2	– Valores do fator de potência no horário de ponta no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, para a empresa de refrigerante.....	64
Tabela 4.3	– Valores do consumo de energia elétrica no horário fora de ponta no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, para a empresa de refrigerante.....	72
Tabela 4.4	– Valores da demanda média, da demanda máxima e fator de carga no horário fora de ponta no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, para a empresa de refrigerante.....	74
Tabela 4.5	– Valores do fator de potência no horário fora de ponta no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, para a empresa de refrigerante.....	75
Tabela 4.6	– Valores do consumo de energia elétrica no horário de ponta no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, para a empresa frigorífica.....	85
Tabela 4.7	– Valores do fator de potência no horário de ponta no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, para a empresa frigorífica.....	86
Tabela 4.8	– Valores do consumo de energia elétrica no horário fora de ponta no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, para a empresa frigorífica.....	92
Tabela 4.9	– Valores da demanda média, da demanda máxima e fator de carga no horário fora de ponta no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, para a empresa frigorífica.....	95
Tabela 4.10	– Valores do fator de potência no horário fora de ponta no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, para a empresa frigorífica.....	96
Tabela 4.11	– Valores do consumo de energia elétrica no horário de ponta no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, para a empresa alimentícia.....	105
Tabela 4.12	– Valores do fator de potência no horário de ponta no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, para a empresa alimentícia.....	106
Tabela 4.13	– Valores do consumo de energia elétrica no horário fora de ponta no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, para a empresa alimentícia.....	112
Tabela 4.14	– Valores da demanda média, da demanda máxima e fator de carga no horário fora de ponta no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, para a empresa alimentícia.....	115
Tabela 4.15	– Valores do fator de potência no horário fora de ponta no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, para a empresa alimentícia.....	115
Tabela 5.1	– Comparação entre o método de Gabriel e o método proposto no horário de ponta, para a empresa de refrigerante.....	125
Tabela 5.2	– Comparação entre o método de Gabriel e o método proposto no horário fora	

	de ponta, para a empresa de refrigerante.....	126
Tabela 5.3	– Comparação entre o método de Gabriel e o método proposto no horário de ponta, para a empresa frigorífica.....	127
Tabela 5.4	– Comparação entre o método de Gabriel e o método proposto no horário fora de ponta, para a empresa frigorífica.....	128
Tabela 5.5	– Comparação entre o método de Gabriel e o método proposto no horário de ponta, para a empresa alimentícia.....	129
Tabela 5.6	– Comparação entre o método de Gabriel e o método proposto no horário fora de ponta, para a empresa alimentícia.....	130

SUMÁRIO

1. MOTIVAÇÃO E INTRODUÇÃO	12
2. REVISÃO DA LITERATURA	15
2.1. FATOR DE CARGA	15
2.2. FATOR DE POTÊNCIA	19
2.3. MODALIDADES TARIFÁRIAS	22
2.3.1. TARIFA CONVENCIONAL	22
2.3.2. TARIFA VERDE	23
2.3.3. TARIFA AZUL	25
2.4. FATURAMENTO DE ENERGIA E DEMANDA REATIVA	26
2.4.1. FATURAMENTO DE ENERGIA E DEMANDA REATIVA NA PONTA	26
2.4.2. FATURAMENTO DE ENERGIA E DEMANDA REATIVA FORA DA PONTA	27
3. METODOLOGIA	30
3.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS	30
3.2. MATERIAIS	30
3.3. MÉTODOS	31
3.3.1. MÉTODO PARA ANÁLISE DO CONSUMO DE ELETRICIDADE	32
3.3.2. MÉTODO PARA O CÁLCULO DO FATOR DE POTÊNCIA	32
3.3.3. MÉTODO PARA O CÁLCULO DO FATOR DE CARGA	33
3.4. CÁLCULO DOS VOLUMES DETERMINADOS PELOS K-HIPERBOLÓIDES DE CARGA E POTÊNCIA	35
3.5. MÉTODO DE GABRIEL	37
3.5.1. MÉTODO PARA O CÁLCULO DOS VOLUMES DETERMINADOS PELO A_p – HIPERBOLÓIDE DE CARGA E POTÊNCIA	37
3.5.2. MÉTODO PARA O CÁLCULO DE VOLUMES DETERMINADOS PELO A_{fp} – HIPERBOLÓIDE DE CARGA E POTÊNCIA	43
3.6. MÉTODO PROPOSTO	48
3.6.1. MÉTODO PARA O CÁLCULO DOS VOLUMES DETERMINADOS PELO A_p – HIPERBOLÓIDE DE CARGA E POTÊNCIA	48
3.6.2. MÉTODO PARA O CÁLCULO DE VOLUMES DETERMINADOS PELO A_{fp} – HIPERBOLÓIDE DE CARGA E POTÊNCIA	52
3.7. MÉTODO PARA O CÁLCULO DO FATURAMENTO NA TARIFA AZUL	55

3.7.1. MÉTODO ALTERNATIVO PARA SE CALCULAR O FATURAMENTO NA TARIFA AZUL	57
3.8. MÉTODO PARA O CÁLCULO DO FATURAMENTO MELHORADO UTILIZANDO A TARIFA AZUL	59

4. RESULTADOS	61
----------------------	-----------

4.1. EMPRESA DE REFRIGERANTE	61
4.1.1. CÁLCULO DOS VOLUMES DETERMINADOS PELO A_p – HIPERBOLÓIDE DE CARGA E POTÊNCIA ATRAVÉS DO MÉTODO DE GABRIEL	62
4.1.2. CÁLCULO DOS VOLUMES DETERMINADOS PELO A_p – HIPERBOLÓIDE DE CARGA E POTÊNCIA ATRAVÉS DO MÉTODO PROPOSTO	67
4.1.3. CÁLCULO DO FATURAMENTO NO HORÁRIO DE PONTA	69
4.1.4. CÁLCULO DOS VOLUMES DETERMINADOS PELO A_{fp} – HIPERBOLÓIDE DE CARGA E POTÊNCIA ATRAVÉS DO MÉTODO DE GABRIEL	71
4.1.5. CÁLCULO DOS VOLUMES DETERMINADOS PELO A_{fp} – HIPERBOLÓIDE DE CARGA E POTÊNCIA ATRAVÉS DO MÉTODO PROPOSTO	80
4.1.6. CÁLCULO DO FATURAMENTO NO HORÁRIO FORA DE PONTA	82
4.2. EMPRESA FRIGORÍFICA	84
4.2.1. CÁLCULO DOS VOLUMES DETERMINADOS PELO A_p – HIPERBOLÓIDE DE CARGA E POTÊNCIA ATRAVÉS DO MÉTODO DE GABRIEL	84
4.2.2. CÁLCULO DOS VOLUMES DETERMINADOS PELO A_p – HIPERBOLÓIDE DE CARGA E POTÊNCIA ATRAVÉS DO MÉTODO PROPOSTO	89
4.2.3. CÁLCULO DO FATURAMENTO NO HORÁRIO DE PONTA	91
4.2.4. CÁLCULO DOS VOLUMES DETERMINADOS PELO A_{fp} – HIPERBOLÓIDE DE CARGA E POTÊNCIA ATRAVÉS DO MÉTODO DE GABRIEL	92
4.2.5. CÁLCULO DOS VOLUMES DETERMINADOS PELO A_{fp} – HIPERBOLÓIDE DE CARGA E POTÊNCIA ATRAVÉS DO MÉTODO PROPOSTO	101
4.2.6. CÁLCULO DO FATURAMENTO NO HORÁRIO FORA DE PONTA	103
4.3 EMPRESA ALIMENTÍCIA	104
4.3.1. CÁLCULO DOS VOLUMES DETERMINADOS PELO A_p – HIPERBOLÓIDE DE CARGA E POTÊNCIA ATRAVÉS DO MÉTODO DE GABRIEL	104
4.3.2. CÁLCULO DOS VOLUMES DETERMINADOS PELO A_p – HIPERBOLÓIDE DE CARGA E POTÊNCIA ATRAVÉS DO MÉTODO PROPOSTO	109
4.3.3. CÁLCULO DO FATURAMENTO NO HORÁRIO DE PONTA	110
4.3.4. CÁLCULO DOS VOLUMES DETERMINADOS PELO A_{fp} – HIPERBOLÓIDE DE CARGA E POTÊNCIA ATRAVÉS DO MÉTODO DE GABRIEL	112
4.3.5. CÁLCULO DOS VOLUMES DETERMINADOS PELO A_{fp} – HIPERBOLÓIDE DE CARGA E POTÊNCIA ATRAVÉS DO MÉTODO PROPOSTO	120
4.3.6. CÁLCULO DO FATURAMENTO NO HORÁRIO FORA DE PONTA	122

5. ANÁLISE E DISCUSSÃO	124
-------------------------------	------------

5.1. AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS E ANÁLISES EM RELAÇÃO AOS VOLUMES DETERMINADOS PELO K-HIPERBOLÓIDE DE CARGA E POTÊNCIA	124
5.1.1. COMPARAÇÃO ENTRE O MÉTODO DE GABRIEL E O MÉTODO PROPOSTO NO HORÁRIO DE PONTA PARA A EMPRESA DE REFRIGERANTE	124
5.1.2. COMPARAÇÃO ENTRE O MÉTODO DE GABRIEL E O MÉTODO PROPOSTO NO HORÁRIO FORA DE PONTA PARA A EMPRESA DE REFRIGERANTE	126

5.1.3. COMPARAÇÃO ENTRE O MÉTODO DE GABRIEL E O MÉTODO PROPOSTO NO HORÁRIO DE PONTA PARA A EMPRESA FRIGORÍFICA	127
5.1.4. COMPARAÇÃO ENTRE O MÉTODO DE GABRIEL E O MÉTODO PROPOSTO NO HORÁRIO FORA DE PONTA PARA A EMPRESA FRIGORÍFICA	128
5.1.5. COMPARAÇÃO ENTRE O MÉTODO DE GABRIEL E O MÉTODO PROPOSTO NO HORÁRIO DE PONTA PARA A EMPRESA ALIMENTÍCIA	128
5.1.6. COMPARAÇÃO ENTRE O MÉTODO DE GABRIEL E O MÉTODO PROPOSTO NO HORÁRIO FORA DE PONTA PARA A EMPRESA ALIMENTÍCIA	129
5.2. SITUAÇÃO DAS EMPRESAS EM RELAÇÃO AOS VOLUMES DETERMINADOS PELO K- HIPERBOLÓIDE DE CARGA E POTÊNCIA E AO FATURAMENTO DA CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA	130
5.2.1. EMPRESA DE REFRIGERANTE	130
5.2.2. EMPRESA FRIGORÍFICA	131
5.2.3. EMPRESA ALIMENTÍCIA	132
 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	 134
 7. REFERÊNCIAS	 137

1. MOTIVAÇÃO E INTRODUÇÃO

Em estudo realizado pela WWF-BRASIL (2006), o relatório intitulado Agenda Elétrica Sustentável 2020, desenvolvido por uma equipe de especialistas da Unicamp e balizado por uma coalizão de associações de produtores e comerciantes de energias limpas, grupos ambientais e de consumidores, esboça-se dois cenários elétricos para o país de 2004 a 2020, prevendo uma economia de R\$ 33 bilhões de reais para os consumidores, diminuição no desperdício de energia de até 38% da expectativa de demanda, geração de 8 milhões de empregos, estabilização nas emissões dos gases causadores do efeito estufa e o afastamento dos riscos de novos apagões.

Os preços da eletricidade assumem a forma de tarifas controladas pelos poderes públicos. Eles podem ser construídos com base no custo médio (Estados Unidos) ou com base no custo marginal (França). A fim de que o fornecimento mais econômico para o consumidor também o seja para a coletividade nacional, os preços com base nos quais o usuário efetua suas escolhas, devem refletir corretamente os custos que o fornecedor suportará para assegurar esse fornecimento suplementar. Este custo, a margem do sistema elétrico em desenvolvimento, é denominado custo marginal de longo prazo. Ele permite a construção de tarifas, variáveis segundo as horas e as estações, que refletem as diferenças de custos ligadas ao caráter não estocável da eletricidade. É esse o espírito da “tarifa verde”, elaborada na França no final da década de cinquenta. Esta tarifa é de tipo “binômio”, pois ela comporta um desconto fixo por KW subscrito e um preço do KW variável segundo dois parâmetros: a duração de utilização da potência subscrita e o momento do fornecimento (cinco períodos-horários). A tarifa aplicada aos particulares

denominada “tarifa azul” é igualmente “binômio”, mas muito mais simples do que a “tarifa verde” (horas cheias e horas da noite).

No Brasil, a formulação da estrutura tarifária horo-sazonal está alicerçada em três princípios básicos:

- O princípio da neutralidade, que utiliza o custo como base principal na determinação das tarifas;
- O princípio da eficácia, que usa o sinal preço para incitar o consumo em locais e períodos de menor custo;
- O princípio da igualdade, que garante as mesmas tarifas para as unidades consumidoras com características semelhantes.

Um dos índices de avaliação de uso racional de energia elétrica pelo consumidor é o fator de carga (FC). Quanto maior o valor do fator de carga obtido, melhor terá sido a utilização das cargas elétricas ao longo do tempo. Por outro lado, um fator de carga baixo pode indicar que houve concentração de consumo de energia elétrica em um curto período de tempo, determinando alterações na demanda.

O fator de potência (FP) é outro índice que merece uma atenção especial. Alguns aparelhos elétricos, como os motores, além de consumirem energia ativa necessitam também de energia reativa para criar o fluxo magnético que o seu funcionamento exige. Quando o fator de potência é baixo, podem surgir problemas na instalação elétrica do consumidor e na rede de distribuição da concessionária.

O objetivo desta pesquisa é estabelecer formas de redução do consumo de energia elétrica e demanda de potência ativa e reativa, bem como estabelecer a racionalidade e a eficiência energética. Será elaborado um método para que se encontre um *faturamento melhorado* e através dele saber o quanto realmente uma empresa pode economizar na conta de energia elétrica.

Para tanto, trabalhar-se-á com os dados de uma empresa de refrigerante, uma empresa frigorífica e uma empresa alimentícia, no tocante à metodologia que será

empregada para que se possam obter os resultados relativos à melhora do fator de carga e do fator de potência.

No capítulo 2 são apresentados os conceitos básicos, tais como fator de carga, fator de potência, as modalidades tarifárias, o faturamento de energia e a demanda reativa, para auxiliar no desenvolvimento da metodologia e na concepção do presente trabalho.

No capítulo 3 é desenvolvida a metodologia utilizada no presente trabalho. São apresentados os materiais utilizados neste presente trabalho e a metodologia desenvolvida por GABRIEL (1997), para o cálculo dos volumes determinados pelos Hiperbolóides de Carga e Potência. A metodologia desenvolvida no presente trabalho, para o cálculo dos novos volumes determinados pelos Hiperbolóides de Carga e Potência, tem como objetivo a obtenção da redução no consumo de energia elétrica.

No capítulo 4 apresenta-se os resultados referente às metodologias consideradas no capítulo 3. Esses resultados são relativos ao cálculo dos volumes determinados pelos Hiperbolóides de Carga e Potência, para os dois métodos apresentados e ao cálculo do faturamento que deve ser pago a concessionária de energia elétrica, ao cálculo do novo faturamento obtido com o aumento do volume atual a ser ocupado pela empresa e a respectiva redução na demanda a ser contratada.

No capítulo 5 é realizada à análise e discussão dos resultados obtidos no capítulo 4.

No capítulo 6 apresenta-se as considerações finais. Destaca-se que, independente da empresa que está sendo considerada, tem-se como determinar o quanto a empresa pode melhorar sua utilização da energia elétrica, seja no horário de ponta ou fora de ponta, e de quanto pode ser a redução mínima no faturamento que deve ser pago à concessionária de energia elétrica, desde que a empresa atinja os 100% da região relativa ao cálculo do *volume total útil*.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Aqui é apresentada a teoria concernente ao desenvolvimento do presente trabalho, necessária para que se compreenda os próximos capítulos.

2.1. FATOR DE CARGA

Os consumidores de energia elétrica pagam, por meio da conta recebida de sua empresa distribuidora de energia elétrica, um valor correspondente a quantidade de energia elétrica consumida, do mês precedente, estabelecida em quilowatt-hora (*KWh*) e multiplicada por um valor, denominado *tarifa*, medido em reais por quilowatt-hora (*R\$/KWh*), que corresponde ao valor de 1 quilowatt (*KW*) consumido em uma hora.

As empresas de energia elétrica oferecem esse serviço por incumbência da União na sua área de concessão, ou seja, o local o qual foi autorizado para prestar o serviço público de distribuição de energia elétrica.

Compete à Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) estabelecer tarifas que garantem ao consumidor o pagamento de um valor legítimo, como também garantir o equilíbrio econômico-financeiro da concessionária de distribuição, para que ela possa oferecer um serviço com a qualidade, confiabilidade e continuidade necessárias.

Os consumidores de energia elétrica são classificados da seguinte maneira:

Residencial – na qual se enquadram, também, os consumidores residenciais de baixa renda cuja tarifa é estabelecida com critérios específicos;

Industrial – na qual se enquadram as unidades consumidoras que desenvolvem atividade industrial, inclusive o transporte de matéria prima, insumo ou produto resultante do seu processamento;

Comercial, Serviços e Outras Atividades – na qual se enquadram os serviços de transporte, comunicação e telecomunicação e outros afins;

Rural – na qual se enquadram as atividades de agropecuária, cooperativa de eletrificação rural, indústria rural, coletividade rural e serviço público de irrigação rural;

Poder Público – na qual se enquadram as atividades do Poderes Públicos: Federal, Estadual ou Distrital e Municipal;

Iluminação Pública – na qual se enquadra a iluminação de ruas, praças, jardins, estradas e outros logradouros de domínio público de uso comum e livre acesso, de responsabilidade de pessoa jurídica de direito público;

Serviço Público – na qual se enquadram os serviços de água, esgoto e saneamento;

Consumo Próprio – que se refere ao fornecimento destinado ao consumo de energia elétrica da própria empresa de distribuição.

O consumo de energia elétrica numa região não é constante; sofre fortes oscilações, em função do tempo e da atividade predominante dos consumidores.

A importância da definição de características da carga de um consumidor foi comentada por MANNING (1965), ressaltando que ela se apresenta ao encaminhamento de três problemas fundamentais do sistema de distribuição: controle de tensão, evolução das perdas no sistema e acompanhamento do carregamento térmico.

Deve-se considerar que o conhecimento das curvas de cargas de um sistema pode ser um ponto de partida para formar uma nova distribuição de carga, com características mais favoráveis.

O fator de carga (*FC*) é o índice que mostra se um determinado consumidor está utilizando a energia elétrica de forma racional (AGÊNCIA PARA APLICAÇÃO DE ENERGIA, 1988).

O fator de carga refere-se ao período de carga diária, semanal, mensal e anual. Quanto maior o período de tempo ao qual se relaciona o fator de carga, menor 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 ou igual a zero e menor ou igual à unidade. O fator de carga 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 (MAMEDE FILHO, 2001).

As principais medidas para a melhoria do fator de carga são:

- Relacionar toda a carga instalada e anotar os respectivos horários de funcionamento;
- Selecionar as cargas que possam ser operadas fora do período de demanda máxima;
- Reprogramar o período de funcionamento das cargas possíveis de deslocamento;
- Evitar partidas simultâneas de motores que iniciam operação com carga;
- Evitar ocorrência de curtos-circuitos e fugas de corrente;
- Dar proteção adequada aos equipamentos e instalações elétricas, bem como manutenção periódica.

O fator de carga (*FC*) é a razão entre a demanda média durante um determinado intervalo de tempo e a demanda máxima registrada no mesmo período, sendo definido pela expressão:

$$FC = \frac{\text{Demanda Média}}{\text{Demanda Máxima Medida}} \quad (2.1)$$

Demanda Média: relação entre a quantidade de energia elétrica utilizada durante um período de tempo definido e esse mesmo período.

Demanda Máxima: maior demanda de potência ativa, verificada por medição, integralizada no intervalo de 15 minutos durante o período de faturamento, expressa em quilowatts (KW).

A representação da demanda utilizada por uma empresa durante um período de tempo, pode ser observada na Figura 2.1.

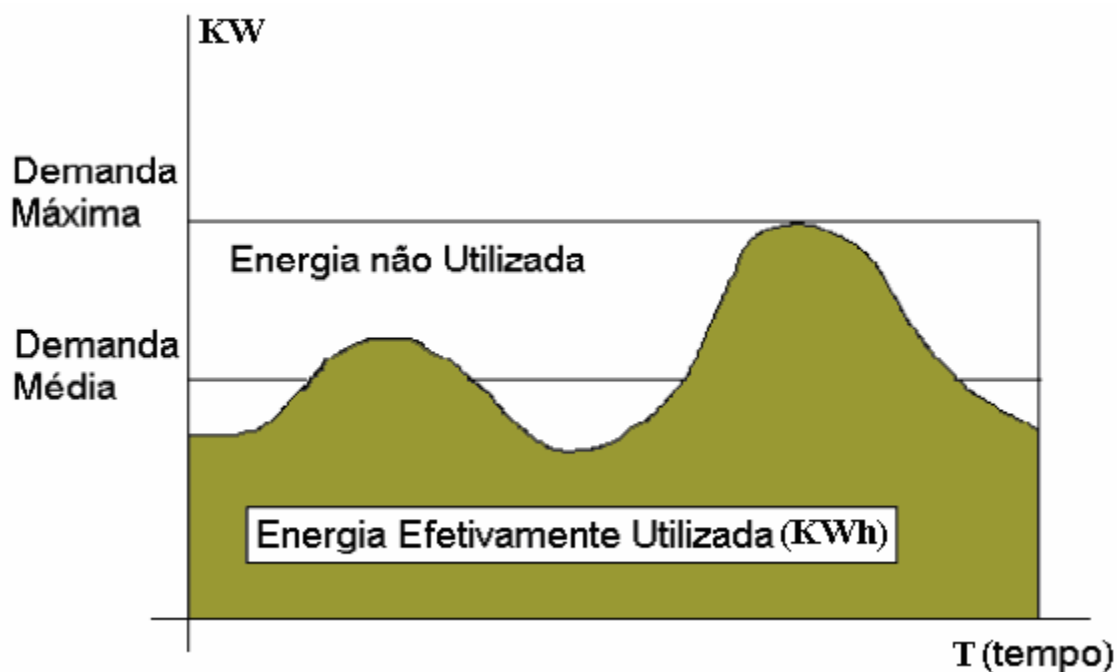


Figura 2.1 – Gráfico da demanda em função do tempo, mostrando a energia efetivamente utilizada e a energia não utilizada. Fonte: CESP – Manual de Fator de Carga (1990).

Assim, o fator de carga (*FC*) é um índice determinado pela relação entre o consumo de energia elétrica expresso em *KWh*, e a demanda máxima medida, expressa em *KW*, multiplicada por um período de tempo definido (*T*); isto é:

$$Energia(KWh) = DemandaMédia(KW) \times Tempo(T) \quad (2.2)$$

$$DemandaMédia(KW) = \frac{Energia(KWh)}{Tempo(T)} \quad (2.3)$$

Logo, tem-se:

$$FC = \frac{Energia(KWh)}{Tempo(T) \times Demanda Máxima Medida(KW)} \quad (2.4)$$

2.2. FATOR DE POTÊNCIA

Nos circuitos de corrente alternada deve-se distinguir três formas de potência elétrica: a potência ativa expressa em *KW*, a potência reativa expressa em *KVAr* e a potência total ou potência aparente expressa em *KVA* (Figura 2.2).

O fator de potência (*FP*) é a relação entre a potência ativa e a potência aparente ou total definida pela expressão:

$$Fator\ de\ Potência = \frac{Potência\ Ativa\ (KW)}{Potência\ Aparente\ (KVA)} \quad (2.5)$$

A potência ativa é aquela que produz trabalho útil, expressa em quilowatt (*KW*).

A potência aparente é a potência total absorvida por uma instalação elétrica, usualmente expressa em quilovolt-ampère (*KVA*). É obtida da soma geométrica, da potência ativa com a potência reativa.

A potência reativa é aquela utilizada para criar o fluxo magnético necessário ao funcionamento dos equipamentos industriais (motores, transformadores, reatores, etc.) sendo usualmente expressa em quilovolt-ampère-reativo (*KVAr*).

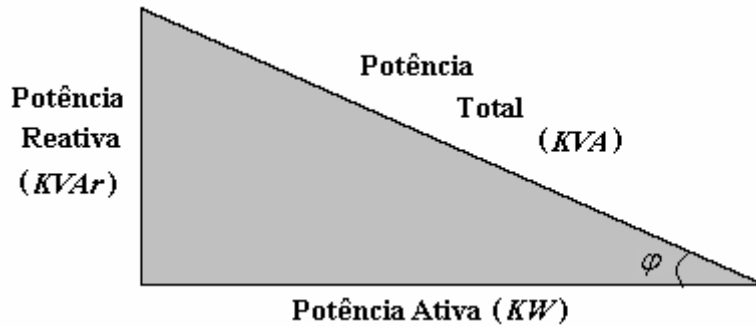


Figura 2.2 – Relação entre potência total, potência ativa e potência reativa.

De acordo com COMPANHIA ENERGÉTICA DE SÃO PAULO (1980a), o fator de potência (FP) como função do consumo da energia ativa (KWh) e da energia reativa ($KVarh$) é dado por:

$$FP = \frac{KWh}{\sqrt{(KWh)^2 + (KVarh)^2}} \quad (2.6)$$

- Das 06:00 às 24:00 horas o fator de potência deve ser no mínimo 0,92 para a energia e demanda de potência reativa indutiva fornecida;
- Das 24:00 até as 06:00 horas no mínimo 0,92 para a energia e demanda de potência reativa capacitiva recebida.

O fator de potência, provoca diversos inconvenientes, dentre eles um acréscimo na conta de energia elétrica que será inversamente proporcional ao valor do fator de potência verificado por meio de medição apropriada, quando mantido a índices inferiores a 92%.

É necessário que os consumidores de energia elétrica se interessem pelo assunto, uma vez que a correção do fator de potência, além de proporcionar diversas vantagens técnicas, proporcionará também, vantagens econômicas, sendo uma delas, a redução nos custos finais de produção.

Os componentes dos sistemas elétricos (geradores, circuitos de transmissão e distribuição, transformadores, instalações internas dos consumidores, etc.) quando operados com excesso de potência reativa ($KVAr$), comprometem desnecessariamente a componente ativa (KW) da potência total ou aparente (KVA) (CESP, 1980a).

As principais causas do baixo fator de potência são:

- Motores e transformadores operando a vazio ou com pequenas cargas;
- Motores e transformadores superdimensionados;
- Máquinas de solda;
- Nível de tensão acima do normal.

O fator de potência ($\cos \varphi$) baixo (ver Figura 2.2), sobrecarrega os cabos elétricos e transformadores, aumentando as perdas no cobre e reduzindo o nível de tensão (BLOOMQUIST, 1973).

Conforme as condições do parágrafo supracitado, os equipamentos elétricos têm que transportar a corrente total sem ultrapassar a corrente nominal para a qual foram projetados. Em geral, o fator de potência baixo resulta de equipamentos elétricos trabalhando com carga parcial. Frequentemente, os sistemas são superdimensionados, ou seja, trabalham acima da plena carga, para a qual foram projetados. Muitas vezes, o motor é selecionado de modo a vencer a carga máxima, mas geralmente opera abaixo de plena carga (KUNESTSOV, 1979).

O baixo fator de potência de uma instalação elétrica significa sobrecarga em todo o sistema de alimentação, desde a rede da companhia concessionária até o consumidor.

Dentre as vantagens oferecidas pela melhoria do fator de potência, está a liberação da capacidade do sistema.

A maneira como as três potências se distribuem em um determinado equipamento elétrico, depende de seu funcionamento.

O conjunto do sistema reativo de energia em sua maioria é requerido para a excitação de motores de indução, isto é, para a produção de campo magnético girante; e o

restante do sistema reativo é absorvido pelos transformadores e utilizado para estabilizar outros tipos de aparelhos e linha de transmissão.

Um elevado consumo proporcional de energia reativa está intimamente relacionado à um baixo fator de potência.

Considerado o elevado consumo de energia reativa, é proeminente a substituição de motores que estão carregados com menos de quarenta e cinco por cento de sua potência nominal (LIPKIN, 1978).

A grande participação do consumo de potência reativa pelos motores elétricos, tem motivado uma busca constante de melhores projetos de motores objetivando o uso racional de energia elétrica.

2.3. MODALIDADES TARIFÁRIAS

São apresentadas a seguir as definições de tarifa convencional, tarifa verde e tarifa azul. No trabalho é considerado somente a tarifa azul

2.3.1. TARIFA CONVENCIONAL

O enquadramento na tarifa Convencional exige um contrato específico com a concessionária no qual se pactua um único valor da demanda pretendida pelo consumidor (Demanda Contratada), independentemente da hora do dia (ponta ou fora de ponta) ou período do ano (seco ou úmido).

Os consumidores do Grupo A, sub-grupos A3a, A4 ou AS, podem ser enquadrados na tarifa Convencional quando a demanda contratada for inferior a 300 kW, desde que não tenham ocorrido, nos 11 meses anteriores, 3 (três) registros consecutivos ou 6 (seis) registros alternados de demanda superior a 300 kW.

A conta de energia elétrica desses consumidores é composta da soma de parcelas referentes ao consumo, demanda e ultrapassagem.

A parcela de consumo é calculada multiplicando-se o consumo medido pela Tarifa de Consumo:

$$P_{\text{consumo}} = \text{Tarifa de Consumo} \times \text{Consumo Medido}$$

A parcela de demanda é calculada multiplicando-se a Tarifa de Demanda pela Demanda Contratada ou pela demanda medida (a maior delas), caso esta não ultrapasse em 10% a Demanda Contratada:

$$P_{\text{demanda}} = \text{Tarifa de Demanda} \times \text{Demanda Contratada}$$

A parcela de ultrapassagem é cobrada apenas quando a demanda medida ultrapassa em mais de 10% a Demanda Contratada. É calculada multiplicando-se a Tarifa de Ultrapassagem pelo valor da demanda medida que supera a Demanda Contratada:

$$P_{\text{ultrapassagem}} = \text{Tarifa de Ultrapassagem} \times (\text{Demanda Medida} - \text{Demanda Contratada})$$

Na tarifação Convencional, a Tarifa de Ultrapassagem corresponde a três vezes a Tarifa de Demanda.

Pela legislação anterior (Portaria DNAEE 33/88), revogada pela Resolução 456, a Demanda Contratada poderia ter valor zero e não existia pagamento por ultrapassagem.

2.3.2. TARIFA VERDE

O enquadramento na tarifa Verde dos consumidores do Grupo A, sub-grupos A3a, A4 e AS, é opcional.

Essa modalidade tarifária exige um contrato específico com a concessionária no qual se pactua a demanda pretendida pelo consumidor (“Demanda Contratada”), independentemente da hora do dia (ponta ou fora de ponta). Embora não seja explícita, a

Resolução 456 permite que sejam contratados dois valores diferentes de demanda, um para o período seco e outro para o período úmido.

A conta de energia elétrica desses consumidores é composta da soma de parcelas referentes ao consumo (na ponta e fora dela), demanda e ultrapassagem.

A parcela de consumo é calculada através da expressão abaixo, observando-se, nas tarifas, o período do ano:

$$P_{\text{consumo}} = \text{Tarifa de Consumo na ponta} \times \text{Consumo Medido na Ponta} + \\ \text{Tarifa de Consumo fora de Ponta} \times \text{Consumo Medido fora de Ponta}$$

No período seco (maio à novembro) as tarifas de consumo na ponta e fora de ponta são mais caras que no período úmido.

A parcela de demanda é calculada multiplicando-se a Tarifa de Demanda pela Demanda Contratada ou pela demanda medida (a maior delas), caso esta não ultrapasse em mais de 10% a Demanda Contratada:

$$P_{\text{demanda}} = \text{Tarifa de Demanda} \times \text{Demanda Contratada}$$

A tarifa de demanda é única, independente da hora do dia ou período do ano.

A parcela de ultrapassagem é cobrada apenas quando a demanda medida ultrapassa em mais de 10% a Demanda Contratada. É calculada multiplicando-se a Tarifa de Ultrapassagem pelo valor da demanda medida que supera a Demanda Contratada:

$$P_{\text{ultrapassagem}} = \text{Tarifa de Ultrapassagem} \times (\text{Demanda Medida} - \text{Demanda Contratada})$$

Pela Portaria DNAEE 33/1988, exigia-se que a Demanda Contratada para o período úmido fosse não inferior à Contratada para o período seco. Como essa Portaria foi revogada, a exigência não mais se sustenta.

2.3.3. TARIFA AZUL

A estrutura tarifária azul é caracterizada pela aplicação de tarifas diferenciadas (preços em R\$) para o consumo de energia elétrica (*KWh*) de acordo com as horas de utilização do dia e os períodos do ano, bem como tarifas diferenciadas para a demanda de potência (*KW*) de acordo com as horas de utilização do dia, temos que a tarifa azul será a estrutura tarifária a ser estudada no presente trabalho.

Nessa modalidade tarifária os dias úteis são separados em dois segmentos, chamados de horário de ponta e horário fora de ponta, assim definidos pela concessionária: o horário de ponta está compreendido no período das 18:00 às 21:00 horas, e o horário fora de ponta corresponde a todas as horas dos dias úteis fora do horário de ponta e todos os sábados, domingos e feriados nacionais (fixos ou móveis).

O ano é dividido em dois períodos, chamados de período úmido (de chuvas) definido nos meses de dezembro de um ano à abril do ano seguinte e período seco compreendendo os meses de maio à novembro.

Na estrutura tarifária azul a utilização de energia, ou seja, as tarifas (preços em R\$) da demanda de potência (*KW*) e de consumo de energia (*KWh*) no horário de ponta são mais elevadas do que as do horário de fora de ponta. As tarifas aplicadas no período seco são ligeiramente mais elevadas que as no período úmido.

Essa modalidade tarifária é indicada às unidades consumidoras, onde a utilização da carga (demanda) ao longo das horas do dia, no segmento de ponta é imprescindível, ou seja, é pequena a possibilidade de reduzir carga, bem como sua utilização nesse horário.

A unidade consumidora que optar pela celebração de contrato de fornecimento de energia elétrica nessa estrutura, deverá especificar dois valores de demanda a serem contratados, um para o segmento de ponta e outro para o segmento fora de ponta e seu faturamento será realizado conforme o critério a seguir :

- As demandas (KW) a serem faturadas, serão as maiores entre as contratadas ou as medidas e os consumos (KWh) serão os efetivamente medidos em cada um dos respectivos segmentos horo-sazonais (ponta e fora de ponta);
- Para unidades consumidoras enquadradas como rural ou com o benefício da sazonalidade, as demandas (KW) a serem faturadas, serão as maiores entre as demandas medidas ou 10 % (dez por cento) das demandas contratadas e os consumos (KWh) serão os efetivamente medidos em cada um dos respectivos segmentos horo-sazonais (ponta e fora de ponta).

2.4. FATURAMENTO DE ENERGIA E DEMANDA REATIVA

O fator de potência de referência “fr”, indutivo ou capacitivo, terá como limite mínimo permitido, para as instalações elétricas das unidades consumidoras, o valor de fr = 0,92 (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2000).

2.4.1. FATURAMENTO DE ENERGIA E DEMANDA REATIVA NA PONTA

O valor do faturamento que deve ser pago a concessionária de energia elétrica, na estrutura tarifária horo-sazonal azul, correspondente ao consumo de energia reativa excedente à quantidade permitida pelo fator de potência de referência “0,92” (denotado por FER_p), no horário de ponta é definido por:

$$FER_p = \left(\frac{0,92}{FP_p} - 1 \right) \times C_{mp} \times TC_p \quad (2.7)$$

FER_p = valor do faturamento, correspondente ao consumo de energia reativa excedente à quantidade permitida pelo fator de potência de referência “0,92”, no período de faturamento, no horário de ponta;

FP_p = Menor fator de potência registrado no horário de ponta;

C_{mp} = Consumo mensal de ponta;

TC_p = Tarifa de consumo de ponta;

O valor do faturamento que deve ser pago a concessionária de energia elétrica, na estrutura tarifária horo-sazonal azul, correspondente a demanda de potência reativa excedente à quantidade permitida pelo fator de potência de referência “0,92” (denotado por FDR_p), no horário de ponta é definido por:

$$FDR_p = \left(D_{Mp} \times \frac{0,92}{FP_p} - D_{fat} \right) \times TD_p \quad (2.8)$$

FDR_p = valor do faturamento, correspondente à demanda de potência reativa excedente à quantidade permitida pelo fator de potência de referência “0,92” no período de faturamento, no horário de ponta;

D_{Mp} = Demanda máxima medida de ponta;

FP_p = Menor fator de potência registrado no horário de ponta;

D_{fatp} = Demanda faturada de ponta;

TD_p = Tarifa de demanda de ponta.

2.4.2. FATURAMENTO DE ENERGIA E DEMANDA REATIVA FORA DA PONTA

O valor do faturamento que deve ser pago a concessionária de energia elétrica, na estrutura tarifária horo-sazonal azul, correspondente ao consumo de energia reativa excedente à quantidade permitida pelo fator de potência de referência “0,92” (denotado por FER_{fp}), no horário fora de ponta é definido por:

$$FER_{fp} = \left(\frac{0,92}{FP_{fp}} - 1 \right) \times C_{mfp} \times TC_{fp} \quad (2.9)$$

FER_{fp} = valor do faturamento, correspondente ao consumo de energia reativa excedente à quantidade permitida pelo fator de potência de referência “0,92”, no período de faturamento, no horário fora de ponta;

FP_{fp} = Menor fator de potência registrado no horário fora de ponta;

C_{mfp} = Consumo mensal fora de ponta;

TC_{fp} = Tarifa de consumo fora de ponta.

O valor do faturamento que deve ser pago a concessionária de energia elétrica, na estrutura tarifária horo-sazonal azul, correspondente a demanda de potência reativa excedente à quantidade permitida pelo fator de potência de referência “0,92” (denotado por FDR_p), no horário fora de ponta é definido por:

$$FDR_{fp} = \left(D_{Mfp} \times \frac{0,92}{FP_{fp}} - D_{fatfp} \right) \times TD_{fp} \quad (2.10)$$

FDR_{fp} = valor do faturamento, correspondente à demanda de potência reativa excedente à quantidade permitida pelo fator de potência de referência “0,92” no período de faturamento;

D_{Mfp} = Demanda máxima medida fora de ponta;

FP_{fp} = Menor fator de potência registrado no horário fora de ponta;

D_{fatfp} = Demanda faturada fora de ponta;

TD_{fp} = Tarifa de demanda fora de ponta.

Para fins de faturamento de energia e demanda de potências reativas excedentes serão considerados somente os valores ou parcelas positivas das mesmas, ou seja, o valor da energia reativa será considera em módulo.

Nos faturamentos relativos à demanda de potência reativa excedente não serão aplicadas às tarifas de ultrapassagem que são as tarifas aplicadas à parcela da demanda

medida que superar o valor da demanda contratada, no caso de Tarifas Horo-Sazonais, respeitados os respectivos limites de tolerância. Ou seja, a tarifa de ultrapassagem será aplicada somente à energia que for realmente utilizada.

3. METODOLOGIA

Neste capítulo serão apresentados os métodos necessários para o desenvolvimento do presente trabalho.

3.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

O presente trabalho oferece oportunidade para que se estude o comportamento dos parâmetros elétricos: fator de carga na ponta e fora da ponta, fator de potência na ponta e fora da ponta, e para determinar de quanto pode ser a economia de uma empresa em relação ao faturamento que deve ser emitido a concessionária de energia elétrica.

3.2. MATERIAIS

Foram tabulados os dados referentes ao período de 05 a 09 de dezembro de 2005, das empresas que estão sendo estudadas no presente trabalho. Sendo estes obtidos por meio das contas de energia elétrica, junto às concessionárias que atendem as respectivas empresas em estudo. Os dados encontram-se no capítulo 4.

Através do banco de dados das contas de energia elétrica foi possível obter:

- O consumo ativo de ponta (KWh_p);
- O consumo ativo fora de ponta (KWh_{fp});
- O consumo reativo de ponta ($KVarh_p$);

- O consumo reativo fora de ponta ($KVArh_{fp}$);
- A demanda de ponta (KW_p);
- A demanda fora de ponta (KW_{fp});
- O fator de potência mensal de ponta (FP_p);
- O fator de potência mensal fora de ponta (FP_{fp});
- O fator de carga mensal de ponta (FC_p);
- O fator de carga mensal fora de ponta (FC_{fp}).

3.3. MÉTODOS

A metodologia desenvolvida no presente trabalho foi baseada na metodologia de GABRIEL(1997), preocupando-se com a elaboração de modelos determinísticos e com a análise matemática dos volumes gerados pelo fator de carga, pelo fator de potência e pelo faturamento, tendo em vista que o comportamento dos volumes aqui citados mostram o grau de eficiência e racionalidade da energia elétrica utilizada em cada empresa.

A diferença crucial da metodologia desenvolvida no presente trabalho, para a metodologia de Gabriel, consiste no fato de que na metodologia de GABRIEL (1997), quando o fator de potência está acima de 0,92, pretende-se chegar a 1, para que a energia seja utilizada da forma mais eficiente possível; enquanto na metodologia desenvolvida no presente trabalho, quando o fator de potência está acima de 0,92, ele é mantido, pois quando uma empresa tem um fator de potência acima de 0,92 esta já está eficiente.

Para que haja a melhora do fator de potência para este chegar a 1 é necessário instalar capacitores na empresa, e o gasto que se tem com estes capacitores não serão recuperados, já que a empresa não obtém vantagem suficiente com esta melhora, pois continua a pagar o mesmo valor na conta de energia elétrica, devido o fato de não haver multa, sendo esta aplicada, somente, quando há pelo menos um fator de potência abaixo de 0,92.

Será denominado a metodologia desenvolvida no presente trabalho de “*metodologia proposta*”, e a metodologia desenvolvida por GABRIEL (1997) de “*metodologia de Gabriel*”.

É desenvolvido no presente trabalho uma maneira para se determinar qual a quantia mínima que uma empresa pode reduzir a sua conta de energia elétrica, e a partir daí relacionar essa economia na conta de energia elétrica com os volumes determinados via *K-Hiperbolóides de Carga e Potência*.

3.3.1. MÉTODO PARA ANÁLISE DO CONSUMO DE ELETRICIDADE

As tarifas horo-sazonais são caracterizadas por apresentarem preços diferenciados da demanda e consumo de energia elétrica de acordo com as horas do dia (ponta e fora de ponta).

A tarifa de consumo é aplicada diretamente sobre a quantidade de energia elétrica ativa, expressa em *KWh* (quilowatt-hora), durante, em média, trinta dias. Esta parcela somente poderá ser reduzida alterando-se a quantidade de energia consumida. Isto é, se houver uma racionalização no uso dos equipamentos elétricos e de iluminação e substituição de equipamentos existentes por outros mais eficientes, de forma que se consuma menos energia para realizar o mesmo trabalho. Nesta dissertação, será considerado o consumo ativo médio das empresas no período de 5 a 9 de dezembro de 2005, que são os dias que estão contidos entre segunda-feira e sexta-feira, considerados dias úteis, e como todas as semanas têm o mesmo comportamento em relação ao consumo de energia, foi considerado somente uma semana, em vez de considerarmos o mês inteiro, para a realização do presente trabalho.

3.3.2. MÉTODO PARA O CÁLCULO DO FATOR DE POTÊNCIA

A maioria das cargas dos modernos sistemas de distribuição de energia elétrica é indutiva. A principal característica das cargas indutivas é que elas necessitam de um

campo eletromagnético para operar. Por essa razão, elas consomem dois tipos de potência elétrica:

- Potência ativa (KW) – para realizar o trabalho de gerar calor, luz, movimento, etc.;
- Potência reativa ($KVAr$) – para manter o campo eletromagnético.

A potência ativa é medida em watts (W) ou quilowatts (KW) e pode ser medida por um quilowattímetro. A potência reativa não produz trabalho útil, mas circula entre o gerador e a carga, exigindo do gerador e do sistema de distribuição uma corrente adicional. A potência reativa é medida em quilovolt-ampères-reativos ($KVAr$). A potência ativa e a potência reativa, juntas, formam a potência aparente e é medida em quilovolt-ampères (KVA).

O fator de potência é a relação entre potência ativa e potência reativa. Ela indica a eficiência com a qual a energia está sendo usada. Um alto fator de potência indica uma eficiência alta e inversamente, um fator de potência baixo indica uma baixa eficiência. Para determinar o fator de potência (FP), tem-se:

$$FP = \frac{KW}{KVA}, \text{ sendo } KVA = \sqrt{(KW)^2 + (KVAr)^2} \quad (3.1)$$

No presente trabalho, considera-se o menor e o maior fator de potência, para a tarifa azul, no horário de ponta e fora de ponta, para situar o comportamento da empresa relativamente aos volumes determinados pelos K -Hiperbolóides de Carga e Potência.

3.3.3. MÉTODO PARA O CÁLCULO DO FATOR DE CARGA

Quando uma empresa opera vários motores simultaneamente, por tempo superior a quinze minutos, a sua demanda será a soma das potências exigidas para cada motor.

Como a capacidade de atendimento de uma concessionária é função da sua potência instalada em usinas, a tarifa de demanda tem sua justificativa na reserva que a concessionária faz de uma fração desta potência, colocada a disposição da empresa durante

vinete e quatro horas por dia. Esta fração corresponde à sua parcela de participação na demanda total do sistema elétrico da concessionária.

O fator de carga (FC) é o índice que mostra se a energia elétrica está sendo utilizada de forma racional na unidade consumidora. O fator de carga é obtido por meio da relação entre a demanda média e a demanda máxima medida, durante um período de tempo definido, isto é:

$$FC = \frac{\text{Demanda Média}}{\text{Demanda Máxima Medida}} \quad (3.2)$$

Com as seguintes convenções:

$$\text{Tarifa convencional: } FC = \frac{KWh}{730KW} \quad (3.3)$$

$$\text{Tarifa azul: } FC_p = \frac{KWh_p}{66KW_p} \quad (3.4)$$

$$\text{e } FC_{fp} = \frac{KWh_{fp}}{664KW_{fp}} \quad (3.5)$$

$$\text{Tarifa verde: } FC = \frac{KWh_p + KWh_{fp}}{730KW} \quad (3.6)$$

Existem três maneiras para se melhorar o fator de carga:

- Conserva-se o atual consumo de energia elétrica e reduz-se a parcela correspondente à demanda;
- Conserva-se a atual demanda e aumenta-se o consumo de energia elétrica;
- Aumenta-se o atual consumo de energia elétrica e reduz-se a parcela correspondente à demanda.

No presente trabalho, das três maneiras de se melhorar o fator de carga citadas acima, será considerada a primeira, isto é, conserva-se o atual consumo de energia elétrica e reduz-se a parcela correspondente à demanda, ou seja, tem-se a mesma produção por um custo menor. Considera-se o menor e o maior fator de carga, no horário de ponta ou fora de ponta, para situar o comportamento da empresa em função dos volumes determinados pelos K -Hiperbolóides de Carga e Potência.

3.4. CÁLCULO DOS VOLUMES DETERMINADOS PELOS K-HIPERBOLÓIDES DE CARGA E POTÊNCIA

Encontra-se, primeiramente, o menor fator de potência (fp_1) e o maior fator de potência (fp_2), o menor fator de carga (fc_1) e o maior fator de carga (fc_2), no período em que está sendo feita a análise da empresa. Determina-se também o consumo ativo médio de energia elétrica, na ponta e fora de ponta. Os dados considerados estão no capítulo 4.

Serão determinados os fatores de carga diário, e para efeito de cálculo será considerado o menor e o maior fator de carga obtido no período em estudo. Determina-se também o menor e o maior fator de potência de cada dia, e será considerado o menor e maior fator de potência de todo o período para efeito de cálculo. No presente trabalho será considerados os dados de uma única semana, pois as empresas apresentam o mesmo comportamento em cada semana.

No presente trabalho são considerados K -Hiperbolóides de Carga e Potência, sendo, de acordo com Gabriel (1997), $K \in \{C, A, V\}$, em que C representa a tarifa convencional, A representa a tarifa azul e V representa a tarifa verde. Neste trabalho considera-se $K=A$, pois trabalha-se somente com a tarifa azul, sendo o A_p -Hiperbolóide de Carga e Potência utilizado no horário de ponta, e o A_{fp} -Hiperbolóide de Carga e Potência utilizado no horário fora da ponta.

A diferença entre o A_p -Hiperbolóide de Carga e Potência e o A_{fp} -Hiperbolóide de Carga e Potência consiste no valor da tarifa de consumo, da tarifa de demanda e no número de horas mensais do horário de ponta e do horário fora de ponta.

Os resultados dos cálculos dos volumes obtidos através dos K -Hiperbolóides de Carga e Potência tem o intuito de mostrar o quanto uma empresa pode melhorar seu volume, em relação: ao fator de carga; ao fator de potência; e ao faturamento que deve ser pago a concessionária de energia elétrica. Os resultados dos cálculos do volume foram feitos utilizando o software Mathematica 3.0.

Nas seções 3.5 e 3.6, estão apresentados o método de Gabriel e o método proposto, respectivamente, para o cálculo dos volumes determinados pelos K -Hiperbolóides de Carga e Potência na estrutura tarifária horo-sazonal azul de ponta (A_p), e fora de ponta (A_{fp}). Serão considerados três casos. No primeiro caso, o volume é calculado quando o maior fator de potência for menor ou igual a 0,92. No segundo caso, o volume é calculado quando o menor fator de potência for menor que 0,92 e o maior fator de potência for maior que 0,92. E no terceiro caso é calculado quando o menor fator de potência for maior que 0,92.

Os hiperbolóides de carga e potência que serão considerados a seguir são subconjuntos do espaço $\Re^3$ associados a dadas funções $z = K(x, y)$ com $(x, y) \in V$, sendo V o domínio da função. Relacionado a essas funções $z = K(x, y)$, serão considerados volumes de sólidos, sólidos estes determinados por essas funções de modo usual: sólido limitado pela região D , pelo gráfico da função e por retas paralelas aos planos coordenados passando pela fronteira de D , sendo D um subconjunto de V . Em todo que se segue, por comodidade, serão ditos que, esses sólidos são determinados pelo Hiperbolóide de Carga e Potência e pela região D .

Os volumes considerados nas seções 3.5 e 3.6 serão definidos com mais precisão nas mesmas.

A respeito dos volumes tem-se que:

O volume atual, é o que representa o volume ocupado pela empresa atualmente;

O volume atual eficiente, é o que representa a melhora que pode haver em relação ao fator de potência;

O volume atual racional, é o que representa a melhora que pode haver em relação ao fator de carga;

O volume eficiente racional, é o que representa a melhora que pode haver do fator de potência e do fator de carga concomitantemente;

O volume total útil, é o que representa o máximo volume que a empresa pode utilizar, ou seja, quando a empresa estiver utilizando 100% do volume total útil, ela estará utilizando a energia da melhor forma possível, de acordo com sua capacidade de distribuir esta energia.

3.5. MÉTODO DE GABRIEL

3.5.1. MÉTODO PARA O CÁLCULO DOS VOLUMES DETERMINADOS PELO A_p – HIPERBOLÓIDE DE CARGA E POTÊNCIA

Denotando por V o seguinte subconjunto do plano $\Re^2$:

$$V = \{(x, y) \in \Re^2 / 0 < x \leq 1; 0 < y \leq 1\} \quad (3.7)$$

é considerada a função $k : V \rightarrow \Re^3$, como sendo definida por:

$$k(x, y) = \begin{cases} \left(x, y, \frac{0,92}{x} \left(TC_p + \frac{TD_p}{66y} \right) \times C_{mp} \right), & \text{se } 0 < x \leq 0,92 \\ \left(x, y, \left(TC_p + \frac{TD_p}{66y} \right) \times C_{mp} \right), & \text{se } 0,92 < x \leq 1 \end{cases} \quad (3.8)$$

em que,

TC_p = Tarifa de consumo de ponta;

TD_p = Tarifa de demanda de ponta;

C_{mp} = Consumo mensal de ponta;

x = menor fator de potência = FP ;

y = fator de carga mensal = FC ;

66 = número de horas mensal do horário de ponta = h_p .

O seguinte subconjunto do espaço $\mathfrak{R}^3$ (imagem do conjunto V , via a função k):

$$k(V) = \left\{ \left(x, y, \frac{0,92}{x} \left(TC_p + \frac{TD_p}{66y} \right) \times C_{mp} \right) / 0 < x \leq 0,92; 0 < y \leq 1 \right\} \cup \\ \cup \left\{ \left(x, y, \left(TC_p + \frac{TD_p}{66y} \right) \times C_{mp} \right) / 0,92 < x \leq 1; 0 < y \leq 1 \right\} \quad (3.9)$$

é denominado A_p -Hiperbolóide de Carga e Potência, determinado pelo par (k, V) ; isto é, é o gráfico da função (que é uma superfície em $\mathfrak{R}^3$) $K : V \rightarrow \mathfrak{R}$ definida por:

$$K(x, y) = \begin{cases} \left(\frac{0,92}{x} \left(TC_p + \frac{TD_p}{66y} \right) \times C_{mp} \right), & \text{se } 0 < x \leq 0,92; 0 < y \leq 1 \\ \left(\left(TC_p + \frac{TD_p}{66y} \right) \times C_{mp} \right), & \text{se } 0,92 < x \leq 1; 0 < y \leq 1 \end{cases} \quad (3.10)$$

tendo como domínio o conjunto V . Assim, o A_p -Hiperbolóide de Carga e Potência é o conjunto $k(V)$ que é o gráfico da função $z = K(x, y)$.

São consideradas as seguintes notações:

fp_1 = menor fator de potência;

fp_2 = maior fator de potência;

fc_1 = menor fator de carga;

fc_2 = maior fator de carga.

Como afirmado na seção 3.4, são considerados três casos distintos, para cada tipo de volume, com o intuito de se calcular os volumes determinados pelo A_p -Hiperbolóide de Carga e Potência: $fp_2 \leq 0,92$; $fp_1 < 0,92 < fp_2$; e $fp_1 \geq 0,92$.

O Volume Atual (V_A) determinado pelo A_p -Hiperbolóide de Carga e Potência, para a empresa em estudo no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, é o volume do sólido determinado pelo A_p -Hiperbolóide de Carga e Potência, e pela região $D: fp_1 \leq FP \leq fp_2, fc_1 \leq FC \leq fc_2$, representado pela Figura 3.1. A seguir, é dada a fórmula para o cálculo do volume atual, para cada caso citado acima.

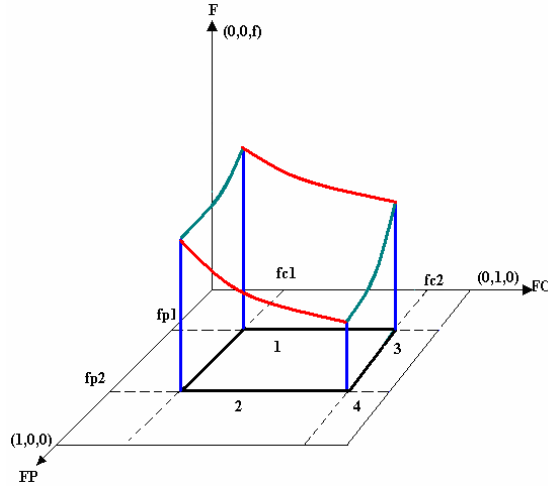


Figura 3.1 – O Volume Atual é o volume do sólido sobre a região 1.

1º Caso: Se $fp_2 \leq 0,92$

$$V_A = \int_{fp_1}^{fp_2} \int_{fc_1}^{fc_2} \frac{0,92}{x} \left(TC_p + \frac{TD_p}{66y} \right) \times C_{mp} dy dx \quad (3.11)$$

2º Caso: Se $fp_1 < 0,92 < fp_2$

$$V_A = \int_{fp_1}^{0,92} \int_{fc_1}^{fc_2} \frac{0,92}{x} \left(TC_p + \frac{TD_p}{66y} \right) \times C_{mp} dy dx + \int_{0,92}^{fp_2} \int_{fc_1}^{fc_2} \left(TC_p + \frac{TD_p}{66y} \right) \times C_{mp} dy dx \quad (3.12)$$

3º Caso: Se $fp_1 \geq 0,92$

$$V_A = \int_{fp_1}^{fp_2} \int_{fc_1}^{fc_2} \left(TC_p + \frac{TD_p}{66y} \right) \times C_{mp} dy dx \quad (3.13)$$

O Volume Atual Eficiente (V_{AEf}) determinado pelo A_p -Hiperbolóide de Carga e Potência, para a empresa em estudo no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, é o volume do sólido determinado pelo A_p -Hiperbolóide de Carga e Potência, e pela região D : $fp_1 \leq FP \leq 1$, $fc_1 \leq FC \leq fc_2$, representado pela Figura 3.2.

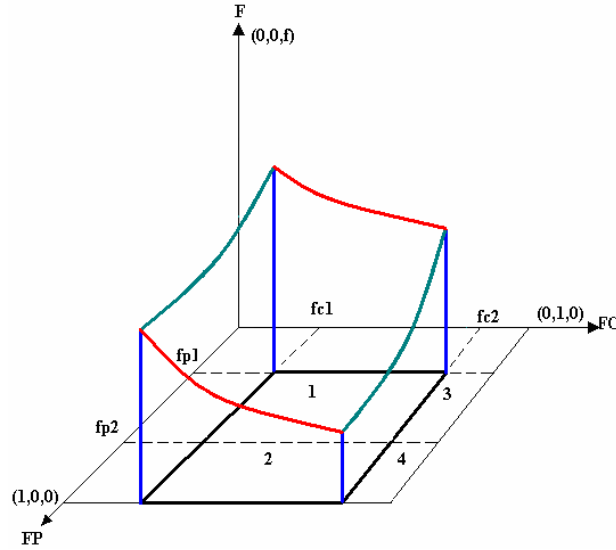


Figura 3.2 – O Volume Atual Eficiente é o volume do sólido sobre as regiões 1 e 2.

1º Caso: Se $fp_2 \leq 0,92$

$$V_{AEf} = \int_{fp_1}^{0,92} \int_{fc_1}^{fc_2} \frac{0,92}{x} \left(TC_p + \frac{TD_p}{66y} \right) \times C_{mp} dy dx \quad (3.14)$$

2º Caso: Se $fp_1 < 0,92 < fp_2$

$$V_{AEf} = \int_{fp_1}^{0,92} \int_{fc_1}^{fc_2} \frac{0,92}{x} \left(TC_p + \frac{TD_p}{66y} \right) \times C_{mp} dy dx + \int_{0,92}^{1} \int_{fc_1}^{fc_2} \left(TC_p + \frac{TD_p}{66y} \right) \times C_{mp} dy dx \quad (3.15)$$

3º Caso: Se $fp_1 \geq 0,92$

$$V_{AEf} = \int_{fp_1}^1 \int_{fc_1}^{fc_2} \left(TC_p + \frac{TD_p}{66y} \right) \times C_{mp} dy dx \quad (3.16)$$

O Volume Atual Racional (V_{ARac}) determinado pelo A_p -Hiperbolóide de Carga e Potência, para a empresa em estudo no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, é o volume do sólido determinado pelo A_p -Hiperbolóide de Carga e Potência, e pela região D : $fp_1 \leq FP \leq fp_2$, $fc_1 \leq FC \leq 1$, representado pela Figura 3.3.

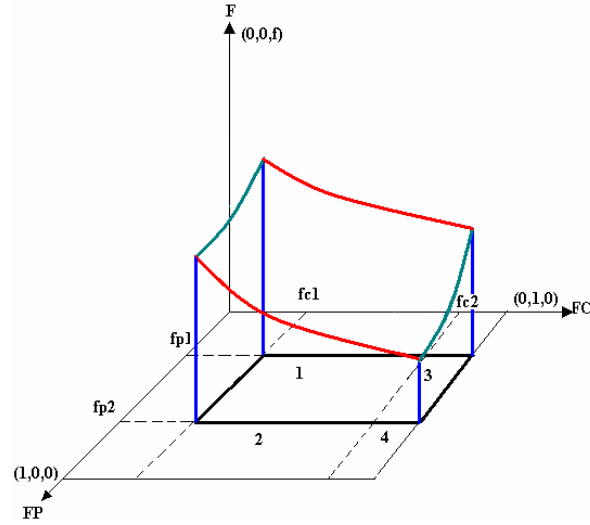


Figura 3.3 – O Volume Atual Racional é o volume do sólido sobre as regiões 1 e 3.

1º Caso: Se $fp_2 \leq 0,92$

$$V_{ARac} = \int_{fp_1}^{fp_2} \int_{fc_1}^1 \frac{0,92}{x} \left(TC_p + \frac{TD_p}{66y} \right) \times C_{mp} dy dx \quad (3.17)$$

2º Caso: Se $fp_1 < 0,92 < fp_2$

$$V_{ARac} = \int_{fp_1}^{0,92} \int_{fc_1}^1 \frac{0,92}{x} \left(TC_p + \frac{TD_p}{66y} \right) \times C_{mp} dy dx + \int_{0,92}^{fp_2} \int_{fc_1}^1 \left(TC_p + \frac{TD_p}{66y} \right) \times C_{mp} dy dx \quad (3.18)$$

3º Caso: Se $fp_1 \geq 0,92$

$$V_{ARac} = \int_{fp_1}^{fp_2} \int_{fc_1}^1 \left(TC_p + \frac{TD_p}{66y} \right) \times C_{mp} dy dx \quad (3.19)$$

O Volume Eficiente Racional ($V_{Ef/Rac}$) determinado pelo A_p -Hiperbolóide de Carga e Potência, para a empresa em estudo no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, é o volume do sólido determinado pelo A_p -Hiperbolóide de Carga e Potência, e pela região D : $fp_1 \leq FP \leq 1$, $fc_1 \leq FC \leq 1$, representado pela Figura 3.4.

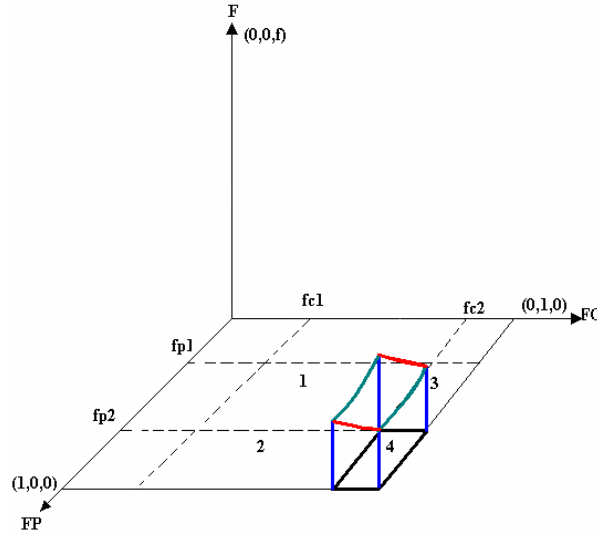


Figura 3.4 – O Volume Eficiente Racional é o volume do sólido sobre a região 4.

1º Caso: Se $fp_2 \leq 0,92$

$$V_{Ef/Rac} = \int_{fp_2}^{0,92} \int_{fc_2}^1 \frac{0,92}{x} \left(TC_p + \frac{TD_p}{66y} \right) \times C_{mp} dydx + \int_{0,92}^1 \int_{fc_2}^1 \left(TC_p + \frac{TD_p}{66y} \right) \times C_{mp} dydx \quad (3.20)$$

2º Caso: Se $fp_1 < 0,92 < fp_2$

$$V_{Ef/Rac} = \int_{fp_2}^1 \int_{fc_2}^1 \left(TC_p + \frac{TD_p}{66y} \right) \times C_{mp} dydx \quad (3.21)$$

3º Caso: Se $fp_1 \geq 0,92$

$$V_{Ef/Rac} = \int_{fp_2}^1 \int_{fc_2}^1 \left(TC_p + \frac{TD_p}{66y} \right) \times C_{mp} dydx \quad (3.22)$$

O Volume Total Útil (V_{TU}) determinado pelo A_p -Hiperbolóide de Carga e Potência, para a empresa em estudo no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, é a soma dos volumes: Atual Eficiente, Atual Racional, Eficiente Racional, menos o Volume Atual; é o volume do sólido representado na Figura 3.5.

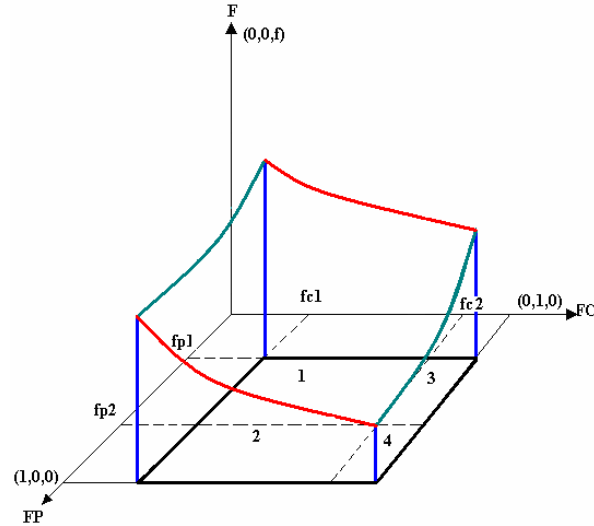


Figura 3.5 – O Volume Total Útil é o volume do sólido sobre as regiões 1, 2, 3 e 4.

$$V_{TU} = V_{AEf} + V_{ARac} + V_{Ef/Rac} - V_A \quad (3.23)$$

No próximo capítulo serão calculados os volumes considerados anteriormente, relativo a valores específicos de fp_1 , fp_2 , fc_1 e fc_2 .

3.5.2. MÉTODO PARA O CÁLCULO DE VOLUMES DETERMINADOS PELO A_p – HIPERBOLÓIDE DE CARGA E POTÊNCIA

Denotando por V o seguinte subconjunto do plano $\mathfrak{R}^2$:

$$V = \{(x, y) \in \mathfrak{R}^2 / 0 < x \leq 1; 0 < y \leq 1\} \quad (3.24)$$

é considerada a função $h : V \rightarrow \mathfrak{R}^3$, como sendo definida por:

$$h(x, y) = \begin{cases} \left(x, y, \frac{0,92}{x} \left(TC_{fp} + \frac{TD_{fp}}{664y} \right) \times C_{mfp} \right), & \text{se } 0 < x \leq 0,92 \\ \left(x, y, \left(TC_{fp} + \frac{TD_{fp}}{664y} \right) \times C_{mfp} \right), & \text{se } 0,92 < x \leq 1 \end{cases} \quad (3.25)$$

em que,

TC_{fp} = Tarifa de consumo fora de ponta;

TD_{fp} = Tarifa de demanda fora de ponta;

C_{mfp} = Consumo mensal fora de ponta;

x = fator de potência = FP ;

y = fator de carga = FC ;

664 = número de horas mensal do horário fora de ponta = h_{fp} .

O seguinte subconjunto do espaço $\Re^3$ (imagem do conjunto V , via a função h):

$$h(V) = \left\{ \left(x, y, \frac{0,92}{x} \left(TC_{fp} + \frac{TD_{fp}}{664y} \right) \times C_{mfp} \right) / 0 < x \leq 0,92; 0 < y \leq 1 \right\} \cup \\ \cup \left\{ \left(x, y, \left(TC_{fp} + \frac{TD_{fp}}{664y} \right) \times C_{mfp} \right) / 0,92 < x \leq 1; 0 < y \leq 1 \right\} \quad (3.26)$$

é denominado A_{fp} -Hiperbolóide de Carga e Potência, determinado pelo par (h, V) ; isto é, é o gráfico da função (que é uma superfície em $\Re^3$) $H : V \rightarrow \Re$ definida por:

$$H(x, y) = \begin{cases} \left(\frac{0,92}{x} \left(TC_{fp} + \frac{TD_{fp}}{664y} \right) \times C_{mfp} \right), & \text{se } 0 < x \leq 0,92; 0 < y \leq 1 \\ \left(\left(TC_{fp} + \frac{TD_{fp}}{664y} \right) \times C_{mfp} \right), & \text{se } 0,92 < x \leq 1; 0 < y \leq 1 \end{cases} \quad (3.27)$$

tendo como domínio o conjunto V . Assim, o A_{fp} -Hiperbolóide de Carga e Potência é o conjunto $h(V)$ que é o gráfico da função $z = H(x, y)$.

Como afirmado na seção 3.4, há três casos distintos a serem considerados para cada tipo de volume, com o intuito de se calcular os volumes determinados pelo A_{fp} -Hiperbolóide de Carga e Potência: $fp_2 \leq 0,92$; $fp_1 < 0,92 < fp_2$ e $fp_1 \geq 0,92$.

Dada a semelhança das representações dos sólidos determinados pelos A_p -Hiperbolóides de Carga e Potência, introduzidos na seção 3.5.1, com as representações dos sólidos determinados pelos A_{fp} -Hiperbolóides de Carga e Potência, no que se segue, por comodidade, serão referenciados somente as representações consideradas nas Figuras 3.1-3.5.

O Volume Atual (V_A) determinado pelo A_{fp} -Hiperbolóide de Carga e Potência, para a empresa em estudo no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, é o volume do sólido determinado pelo A_{fp} -Hiperbolóide de Carga e Potência, e pela região D : $fp_1 \leq FP \leq fp_2$, $fc_1 \leq FC \leq fc_2$ (Figura 3.1).

1º Caso: Se $fp_2 \leq 0,92$

$$V_A = \int_{fp_1}^{fp_2} \int_{fc_1}^{fc_2} \frac{0,92}{x} \left(TC_{fp} + \frac{TD_{fp}}{664y} \right) \times C_{mfp} dydx \quad (3.28)$$

2º Caso: Se $fp_1 < 0,92 < fp_2$

$$V_A = \int_{fp_1}^{0,92} \int_{fc_1}^{fc_2} \frac{0,92}{x} \left(TC_{fp} + \frac{TD_{fp}}{664y} \right) \times C_{mfp} dydx + \int_{0,92}^{fp_2} \int_{fc_1}^{fc_2} \left(TC_{fp} + \frac{TD_{fp}}{664y} \right) \times C_{mfp} dydx \quad (3.29)$$

3º Caso: Se $fp_1 \geq 0,92$

$$V_A = \int_{fp_1}^{fp_2} \int_{fc_1}^{fc_2} \left(TC_{fp} + \frac{TD_{fp}}{664y} \right) \times C_{mfp} dydx \quad (3.30)$$

O Volume Atual Eficiente (V_{AEf}) determinado pelo A_{fp} -Hiperbolóide de Carga e Potência, para a empresa em estudo no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, é o volume do sólido determinado pelo A_{fp} -Hiperbolóide de Carga e Potência, e pela região D : $fp_1 \leq FP \leq 1$, $fc_1 \leq FC \leq fc_2$ (Figura 3.2).

1º Caso: Se $fp_2 \leq 0,92$

$$V_{AEf} = \int_{fp_1}^{0,92} \int_{fc_1}^{fc_2} \frac{0,92}{x} \left(TC_{fp} + \frac{TD_{fp}}{664y} \right) \times C_{mfp} dydx \quad (3.31)$$

2º Caso: Se $fp_1 < 0,92 < fp_2$

$$V_{AEf} = \int_{fp_1}^{0,92} \int_{fc_1}^{fc_2} \frac{0,92}{x} \left(TC_{fp} + \frac{TD_{fp}}{664y} \right) \times C_{mfp} dydx + \int_{0,92}^{fp_2} \int_{fc_1}^{fc_2} \left(TC_{fp} + \frac{TD_{fp}}{664y} \right) \times C_{mfp} dydx \quad (3.32)$$

3º Caso: Se $fp_1 \geq 0,92$

$$V_{AEf} = \int_{fp_1}^{fp_2} \int_{fc_1}^{fc_2} \left(TC_{fp} + \frac{TD_{fp}}{664y} \right) \times C_{mfp} dydx \quad (3.33)$$

O Volume Atual Racional (V_{ARac}) determinado pelo A_{fp} -Hiperbolóide de Carga e Potência, para a empresa em estudo no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, é o volume do sólido determinado pelo A_{fp} -Hiperbolóide de Carga e Potência, e pela região D : $fp_1 \leq FP \leq fp_2$, $fc_1 \leq FC \leq 1$ (Figura 3.3).

1º Caso: Se $fp_2 \leq 0,92$

$$V_{ARac} = \int_{fp_1}^{fp_2} \int_{fc_1}^1 \frac{0,92}{x} \left(TC_{fp} + \frac{TD_{fp}}{664y} \right) \times C_{mfp} dydx \quad (3.34)$$

2º Caso: Se $fp_1 < 0,92 < fp_2$

$$V_{ARac} = \int_{fp_1}^{0,92} \int_{fc_1}^1 \frac{0,92}{x} \left(TC_{fp} + \frac{TD_{fp}}{664y} \right) \times C_{mfp} dydx + \int_{0,92}^{fp_2} \int_{fc_1}^1 \left(TC_{fp} + \frac{TD_{fp}}{664y} \right) \times C_{mfp} dydx \quad (3.35)$$

3º Caso: Se $fp_1 \geq 0,92$

$$V_{ARac} = \int_{fp_1}^{fp_2} \int_{fc_1}^1 \left(TC_{fp} + \frac{TD_{fp}}{664y} \right) \times C_{mfp} dydx \quad (3.36)$$

O Volume Eficiente Racional ($V_{Ef/Rac}$) determinado pelo A_{fp} -Hiperbolóide de Carga e Potência, para a empresa em estudo no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, é o volume do sólido determinado pelo A_{fp} -Hiperbolóide de Carga e Potência, e pela região $D: fp_1 \leq FP \leq 1, fc_1 \leq FC \leq 1$ (Figura 3.4).

1º Caso: Se $fp_2 \leq 0,92$

$$V_{Ef/Rac} = \int_{fp_2}^{0,92} \int_{fc_2}^1 \frac{0,92}{x} \left(TC_{fp} + \frac{TD_{fp}}{664y} \right) \times C_{mfp} dydx + \int_{0,92}^1 \int_{fc_2}^1 \left(TC_{fp} + \frac{TD_{fp}}{664y} \right) \times C_{mfp} dydx \quad (3.37)$$

2º Caso: Se $fp_1 < 0,92 < fp_2$

$$V_{Ef/Rac} = \int_{fp_2}^1 \int_{fc_2}^1 \left(TC_{fp} + \frac{TD_{fp}}{664y} \right) \times C_{mfp} dydx \quad (3.38)$$

3º Caso: Se $fp_1 \geq 0,92$

$$V_{Ef/Rac} = \int_{fp_2}^1 \int_{fc_2}^1 \left(TC_{fp} + \frac{TD_{fp}}{664y} \right) \times C_{mfp} dydx \quad (3.39)$$

O Volume Total Útil (V_{TU}) determinado pelo A_{fp} -Hiperbolóide de Carga e Potência, para a empresa em estudo no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, é a soma dos volumes: Atual Eficiente, Atual Racional, Eficiente Racional, menos o Volume Atual (Figura 3.5).

$$V_{TU} = V_{AEf} + V_{ARac} + V_{Ef/Rac} - V_A \quad (3.40)$$

3.6. MÉTODO PROPOSTO

3.6.1. MÉTODO PARA O CÁLCULO DOS VOLUMES DETERMINADOS PELO A_p – HIPERBOLÓIDE DE CARGA E POTÊNCIA

Nesta seção será considerado o A_p -Hiperbolóide de Carga e Potência determinado pelo par (k, V) conforme introduzido na seção 3.5.1 (ver (3.7) e (3.8)).

As notações fp_1 , fp_2 , fc_1 e fc_2 estão definidas na subseção 3.5.1.

Como na seção 3.4, são considerados três casos distintos, para cada tipo de volume, com o objetivo de calcular os volumes determinados pelo A_p -Hiperbolóide de Carga e Potência: $fp_2 \leq 0,92$; $fp_1 < 0,92 < fp_2$; e $fp_1 \geq 0,92$.

O Volume Atual (V_A) determinado pelo A_p -Hiperbolóide de Carga e Potência, para a empresa em estudo no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, é determinado do mesmo modo que no método de Gabriel. Assim, é o volume do sólido determinado pelo A_p -Hiperbolóide de Carga e Potência, e pela região D : $fp_1 \leq FP \leq fp_2$, $fc_1 \leq FC \leq fc_2$ (Figura 3.1).

1º Caso: Se $fp_2 \leq 0,92$

$$V_A = \int_{fp_1}^{fp_2} \int_{fc_1}^{fc_2} \frac{0,92}{x} \left(TC_p + \frac{TD_p}{66y} \right) \times C_{mp} dydx \quad (3.41)$$

2º Caso: Se $fp_1 < 0,92 < fp_2$

$$V_A = \int_{fp_1}^{0,92} \int_{fc_1}^{fc_2} \frac{0,92}{x} \left(TC_p + \frac{TD_p}{66y} \right) \times C_{mp} dydx + \int_{0,92}^{fp_2} \int_{fc_1}^{fc_2} \left(TC_p + \frac{TD_p}{66y} \right) \times C_{mp} dydx \quad (3.42)$$

3º Caso: Se $fp_1 \geq 0,92$

$$V_A = \int_{fp_1}^{fp_2} \int_{fc_1}^{fc_2} \left(TC_p + \frac{TD_p}{66y} \right) \times C_{mp} dy dx \quad (3.43)$$

O Volume Atual Eficiente (V_{AEf}) determinado pelo A_p -Hiperbolóide de Carga e Potência, para a empresa em estudo no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, representa a melhora que pode haver em relação ao fator de potência. A proposta do presente trabalho, é que o fator de potência só deve ser melhorado se este estiver abaixo de 0,92, sendo elevado até 0,92, pois quando o fator de potência está acima de 0,92, ele já está eficiente, e a empresa não paga multa na conta de energia elétrica. Logo, será mantido no mesmo estado em que se encontra. Assim, o volume atual eficiente é o volume do sólido determinado pelo A_p -Hiperbolóide de Carga e Potência, e pela região D : $fp_1 \leq FP \leq fp_2$, $fc_1 \leq FC \leq fc_2$ (Figura 3.6).

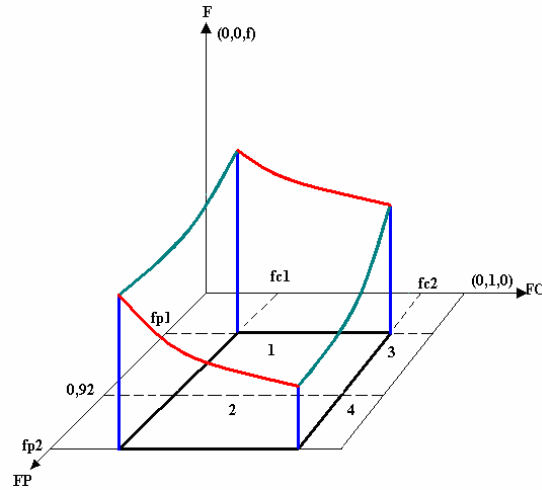


Figura 3.6 – O Volume Atual Eficiente para o método proposto

1º Caso: Se $fp_2 \leq 0,92$

$$V_{AEf} = \int_{fp_1}^{fp_2} \int_{fc_1}^{fc_2} \frac{0,92}{x} \left(TC_p + \frac{TD_p}{66y} \right) \times C_{mp} dy dx \quad (3.44)$$

2º Caso: Se $fp_1 < 0,92 < fp_2$

$$V_{AEf} = \int_{fp_1}^{0,92} \int_{fc_1}^{fc_2} \frac{0,92}{x} \left(TC_p + \frac{TD_p}{66y} \right) \times C_{mp} dydx + \int_{0,92}^{fp_2} \int_{fc_1}^{fc_2} \left(TC_p + \frac{TD_p}{66y} \right) \times C_{mp} dydx \quad (3.45)$$

3º Caso: Se $fp_1 \geq 0,92$

$$V_{AEf} = \int_{fp_1}^{fp_2} \int_{fc_1}^{fc_2} \left(TC_p + \frac{TD_p}{66y} \right) \times C_{mp} dydx \quad (3.46)$$

O Volume Atual Racional (V_{ARac}) determinado pelo A_p -Hiperbolóide de Carga e Potência, para a empresa em estudo no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, é determinado do mesmo modo que no método de Gabriel. Assim, é o volume do sólido determinado pelo A_p -Hiperbolóide de Carga e Potência, e pela região D : $fp_1 \leq FP \leq fp_2$, $fc_1 \leq FC \leq 1$ (Figura 3.3).

1º Caso: Se $fp_2 \leq 0,92$

$$V_{ARac} = \int_{fp_1}^{fp_2} \int_{fc_1}^1 \frac{0,92}{x} \left(TC_p + \frac{TD_p}{66y} \right) \times C_{mp} dydx \quad (3.47)$$

2º Caso: Se $fp_1 < 0,92 < fp_2$

$$V_{ARac} = \int_{fp_1}^{0,92} \int_{fc_1}^1 \frac{0,92}{x} \left(TC_p + \frac{TD_p}{66y} \right) \times C_{mp} dydx + \int_{0,92}^{fp_2} \int_{fc_1}^1 \left(TC_p + \frac{TD_p}{66y} \right) \times C_{mp} dydx \quad (3.48)$$

3º Caso: Se $fp_1 \geq 0,92$

$$V_{ARac} = \int_{fp_1}^{fp_2} \int_{fc_1}^1 \left(TC_p + \frac{TD_p}{66y} \right) \times C_{mp} dydx \quad (3.49)$$

O Volume Eficiente Racional ($V_{Ef/Rac}$) determinado pelo A_p -Hiperbolóide de Carga e Potência, para a empresa em estudo no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, representa a melhora que pode haver do fator de potência e do fator de carga ao mesmo

tempo. A proposta do presente trabalho, é que o fator de potência só deve ser melhorado se este estiver abaixo de 0,92, sendo elevado até 0,92, pois quando o fator de potência esta acima de 0,92, ele já está eficiente, e a empresa não paga multa na conta de energia elétrica. Logo, será mantido no mesmo estado em que se encontra, e melhora-se o fator de carga do mesmo modo que no método de Gabriel. Assim, o volume eficiente racional é o volume do sólido determinado pelo A_p -Hiperbolóide de Carga e Potência, e pela região D : $fp_1 \leq FP \leq fp_2$, $fc_2 \leq FC \leq 1$ (Figura 3.7).

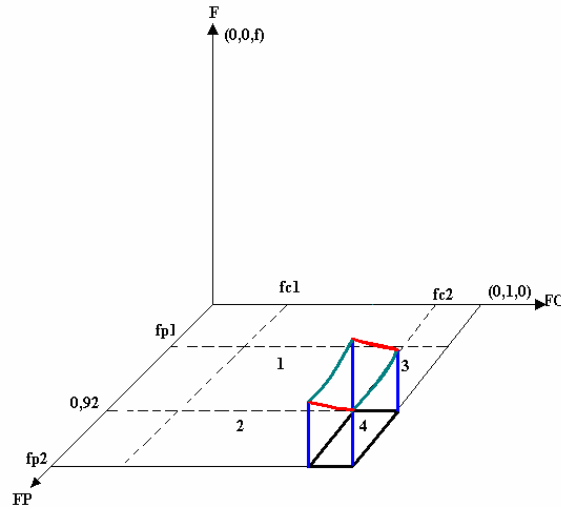


Figura 3.7 – O Volume Eficiente Racional para o método proposto

1º Caso: Se $fp_2 \leq 0,92$

$$V_{Ef/Rac} = \int_{fp_2}^{0,92} \int_{fc_2}^1 \frac{0,92}{x} \left(TC_p + \frac{TD_p}{66y} \right) \times C_{mp} dy dx \quad (3.50)$$

2º Caso: Se $fp_1 < 0,92 < fp_2$

$$V_{Ef/Rac} = \int_{0,92}^{fp_2} \int_{fc_2}^1 \left(TC_p + \frac{TD_p}{66y} \right) \times C_{mp} dy dx \quad (3.51)$$

3º Caso: Se $fp_1 \geq 0,92$

$$V_{Ef / Rac} = \int_{fp_1}^{fp_2} \int_{fc_2}^1 \left(TC_p + \frac{TD_p}{66y} \right) \times C_{mp} dy dx \quad (3.52)$$

O Volume Total Útil (V_{TU}) determinado pelo A_p -Hiperbolóide de Carga e Potência, para a empresa em estudo no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, é determinado do mesmo modo que no método de Gabriel. Assim, é a soma dos volumes: Atual Eficiente, Atual Racional, Eficiente Racional, menos o Volume Atual (Figura 3.5)

$$V_{TU} = V_{AEf} + V_{ARac} + V_{Ef/Rac} - V_A \quad (3.53)$$

3.6.2. MÉTODO PARA O CÁLCULO DE VOLUMES DETERMINADOS PELO A_{fp} – HIPERBOLÓIDE DE CARGA E POTÊNCIA

Nesta seção será considerado o A_{fp} -Hiperbolóide de Carga e Potência determinado pelo par (h, V) conforme introduzido na seção 3.5.2 (ver (3.24) e (3.25)).

Como afirmado anteriormente, há três casos distintos a serem considerados para cada tipo de volume, com o intuito de se calcular os volumes determinados pelo A_{fp} -Hiperbolóide de Carga e Potência: $fp_2 \leq 0,92$; $fp_1 < 0,92 < fp_2$; e $fp_1 \geq 0,92$.

Do mesmo modo como foi feito na seção 3.5.2, dada a semelhança das representações dos sólidos determinados pelos A_p -Hiperbolóides de Carga e Potência, introduzidos na seção 3.5.1, com as representações dos sólidos determinados pelos A_{fp} -Hiperbolóides de Carga e Potência, no que se segue, serão referenciados somente as representações consideradas nas Figuras 3.1-3.5, com exceção das Figuras 3.2 e 3.4, que serão substituídas pelas Figuras 3.6 e 3.7, respectivamente.

O Volume Atual (V_A) determinado pelo A_{fp} -Hiperbolóide de Carga e Potência, para a empresa em estudo no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, é o volume do sólido determinado pelo A_{fp} -Hiperbolóide de Carga e Potência, e pela região D : $fp_1 \leq FP \leq fp_2$, $fc_1 \leq FC \leq fc_2$ (Figura 3.1).

1º Caso: Se $fp_2 \leq 0,92$

$$V_A = \int_{fp_1}^{fp_2} \int_{fc_1}^{fc_2} \frac{0,92}{x} \left(TC_{fp} + \frac{TD_{fp}}{664y} \right) \times C_{mfp} dydx \quad (3.54)$$

2º Caso: Se $fp_1 < 0,92 < fp_2$

$$V_A = \int_{fp_1}^{0,92} \int_{fc_1}^{fc_2} \frac{0,92}{x} \left(TC_{fp} + \frac{TD_{fp}}{664y} \right) \times C_{mfp} dydx + \int_{0,92}^{fp_2} \int_{fc_1}^{fc_2} \left(TC_{fp} + \frac{TD_{fp}}{664y} \right) \times C_{mfp} dydx \quad (3.55)$$

3º Caso: Se $fp_1 \geq 0,92$

$$V_A = \int_{fp_1}^{fp_2} \int_{fc_1}^{fc_2} \left(TC_{fp} + \frac{TD_{fp}}{664y} \right) \times C_{mfp} dydx \quad (3.56)$$

O Volume Atual Eficiente (V_{AEf}) determinado pelo A_{fp} -Hiperbolóide de Carga e Potência, para a empresa em estudo no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, representa a melhora que pode haver em relação ao fator de potência. A proposta do presente trabalho, é que o fator de potência só deve ser melhorado se este estiver abaixo de 0,92, sendo elevado até 0,92, pois quando o fator de potência esta acima de 0,92, ele já está eficiente, e a empresa não paga multa na conta de energia elétrica. Logo, será mantido no mesmo estado em que se encontra. Assim, o volume atual eficiente é o volume do sólido determinado pelo A_{fp} -Hiperbolóide de Carga e Potência, e pela região D : $fp_1 \leq FP \leq fp_2$, $fc_1 \leq FC \leq fc_2$ (Figura 3.6).

1º Caso: Se $fp_2 \leq 0,92$

$$V_{AEf} = \int_{fp_1}^{fp_2} \int_{fc_1}^{fc_2} \frac{0,92}{x} \left(TC_{fp} + \frac{TD_{fp}}{664y} \right) \times C_{mfp} dydx \quad (3.57)$$

2º Caso: Se $fp_1 < 0,92 < fp_2$

$$V_{AEf} = \int_{fp_1}^{0,92} \int_{fc_1}^{fc_2} \frac{0,92}{x} \left(TC_{fp} + \frac{TD_{fp}}{664y} \right) \times C_{mfp} dydx + \int_{0,92}^{fp_2} \int_{fc_1}^{fc_2} \left(TC_{fp} + \frac{TD_{fp}}{664y} \right) \times C_{mfp} dydx \quad (3.58)$$

3º Caso: Se $fp_1 \geq 0,92$

$$V_{AEf} = \int_{fp_1}^{fp_2} \int_{fc_1}^{fc_2} \left(TC_{fp} + \frac{TD_{fp}}{664y} \right) \times C_{mfp} dydx \quad (3.59)$$

O Volume Atual Racional (V_{ARac}) determinado pelo A_{fp} -Hiperbolóide de Carga e Potência, para a empresa em estudo no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, é o volume do sólido detrmnado pelo A_{fp} -Hiperbolóide de Carga e Potência, e pela região D : $fp_1 \leq FP \leq fp_2$, $fc_1 \leq FC \leq 1$ (Figura 3.3).

1º Caso: Se $fp_2 \leq 0,92$

$$V_{ARac} = \int_{fp_1}^{fp_2} \int_{fc_1}^1 \frac{0,92}{x} \left(TC_{fp} + \frac{TD_{fp}}{664y} \right) \times C_{mfp} dydx \quad (3.60)$$

2º Caso: Se $fp_1 < 0,92 < fp_2$

$$V_{ARac} = \int_{fp_1}^{0,92} \int_{fc_1}^1 \frac{0,92}{x} \left(TC_{fp} + \frac{TD_{fp}}{664y} \right) \times C_{mfp} dydx + \int_{0,92}^{fp_2} \int_{fc_1}^1 \left(TC_{fp} + \frac{TD_{fp}}{664y} \right) \times C_{mfp} dydx \quad (3.61)$$

3º Caso: Se $fp_1 \geq 0,92$

$$V_{ARac} = \int_{fp_1}^{fp_2} \int_{fc_1}^1 \left(TC_{fp} + \frac{TD_{fp}}{664y} \right) \times C_{mfp} dydx \quad (3.62)$$

O Volume Eficiente Racional ($V_{Ef/Rac}$) determinado pelo A_{fp} -Hiperbolóide de Carga e Potência, para a empresa em estudo, representa a melhora que pode haver do fator de potência e do fator de carga ao mesmo tempo. A proposta do presente trabalho, é que o fator de potência só deve ser melhorado se este estiver abaixo de 0,92, sendo elevado até 0,92, pois quando o fator de potência esta acima de 0,92, ele já está eficiente, e a empresa não paga multa na conta de energia elétrica. Logo, será mantido no mesmo estado em que

se encontra, e melhora-se o fator de carga do mesmo modo que no método de Gabriel. Assim, o volume eficiente racional é o volume do sólido determinado pelo A_{fp} -Hiperbolóide de Carga e Potência, e pela região D : $fp_1 \leq FP \leq fp_2$, $fc_2 \leq FC \leq 1$ (Figura 3.7).

1º Caso: Se $fp_2 \leq 0,92$

$$V_{Ef / Rac} = \int_{fp_2}^{0,92} \int_{fc_2}^1 \frac{0,92}{x} \left(TC_{fp} + \frac{TD_{fp}}{664y} \right) \times C_{mfp} dy dx \quad (3.63)$$

2º Caso: Se $fp_1 < 0,92 < fp_2$

$$V_{Ef / Rac} = \int_{0,92}^{fp_2} \int_{fc_2}^1 \left(TC_{fp} + \frac{TD_{fp}}{664y} \right) \times C_{mfp} dy dx \quad (3.64)$$

3º Caso: Se $fp_1 \geq 0,92$

$$V_{Ef / Rac} = \int_{fp_1}^{fp_2} \int_{fc_2}^1 \left(TC_{fp} + \frac{TD_{fp}}{664y} \right) \times C_{mfp} dy dx \quad (3.65)$$

O Volume Total Útil (V_{TU}) determinado pelo A_{fp} -Hiperbolóide de Carga e Potência, para a empresa em estudo no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, é a soma dos volumes: Atual Eficiente, Atual Racional, Eficiente Racional, menos o Volume Atual (figura 3.5).

$$V_{TU} = V_{AEf} + V_{ARac} + V_{Ef/Rac} - V_A \quad (3.66)$$

3.7. MÉTODO PARA O CÁLCULO DO FATURAMENTO NA TARIFA AZUL

Tem-se que a curva que representa o consumo diário de energia elétrica é a curva representada na Figura 3.8

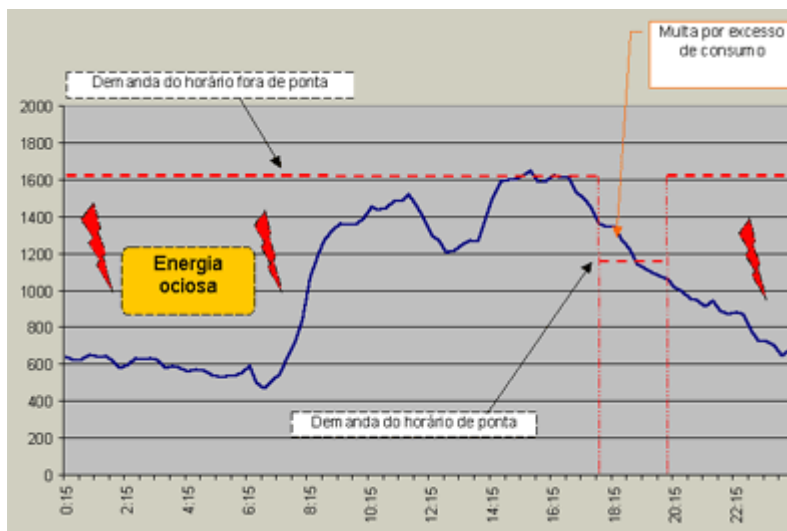


Figura 3.8 – Representação do consumo diário de energia elétrica.

Sendo que a linha vermelha tracejada na Figura 3.8 representa a demanda que é contratada pela empresa, e a linha azul representa o consumo da empresa.

De acordo com ANEEL (2000), o cálculo do faturamento, quando o fator de potência for menor ou igual a 0,92, no horário de ponta é:

$$F_p = D_{fatp} \times TD_p + C_{mp} \times TC_p + \left(\frac{0,92}{FP_p} - 1 \right) \times C_{mp} \times TC_p + \left(D_{Mp} \times \frac{0,92}{FP_p} - D_{fatp} \right) \times TD_p \quad (3.67)$$

$$F_p = D_{fatp} \times TD_p + C_{mp} \times TC_p + FER_p + FDR_p \quad (3.68)$$

sendo,

F_p = Faturamento de ponta;

D_{fatp} = Demanda faturada de ponta;

TD_p = Tarifa de demanda de ponta;

C_{mp} = Consumo mensal de ponta;

TC_p = Tarifa de consumo de ponta;

FP_p = Menor fator de potência registrado no horário de ponta;

D_{Mp} = Demanda máxima medida de ponta.

De acordo com ANEEL (2000), o cálculo do faturamento, quando o fator de potência for menor ou igual a 0,92, no horário fora de ponta é:

$$F_{fp} = D_{fatfp} \times TD_{fp} + C_{mfp} \times TC_{fp} + \left(\frac{0,92}{FP_{fp}} - 1 \right) \times C_{mfp} \times TC_{fp} + \left(D_{Mfp} \times \frac{0,92}{FP_{fp}} - D_{fatfp} \right) \times TD_{fp} \quad (3.69)$$

$$F_{fp} = D_{fatfp} \times TD_p + C_{mfp} \times TC_{fp} + FER_{fp} + FDR_{fp} \quad (3.70)$$

sendo,

F_{fp} = Faturamento fora de ponta;

D_{fatfp} = Demanda faturada fora de ponta;

TD_{fp} = Tarifa de demanda fora de ponta;

C_{mfp} = Consumo mensal fora de ponta;

TC_{fp} = Tarifa de consumo fora de ponta;

FP_{fp} = Menor fator de potência registrado no horário fora de ponta;

D_{Mfp} = Demanda máxima medida fora de ponta.

De acordo com ANEEL (2000), o cálculo do faturamento, quando o fator de potência for maior que 0,92, no horário de ponta é:

$$F_p = TC_p \times C_{mp} + TD_p \times D_{Mp} \quad (3.71)$$

De acordo com ANEEL (2000), o cálculo do faturamento, quando o fator de potência for maior que 0,92, no horário fora de ponta é:

$$F_{fp} = C_{mfp} \times TC_{fp} + D_{Mfp} \times TD_{fp} \quad (3.72)$$

3.7.1. MÉTODO ALTERNATIVO PARA SE CALCULAR O FATURAMENTO NA TARIFA AZUL

Temos que o faturamento que deve ser pago a concessionária de energia elétrica no horário de ponta, quando o fator de potência é maior que 0,92, é definido por:

$$F_p = TC_p \times C_{mp} + TD_p \times D_{Mp}. \quad (3.73)$$

Temos que:

$$D_{Mp} = \frac{D_p}{FC_p} \quad (3.74)$$

e

$$D_p = \frac{C_{mp}}{h_p} \quad (3.75)$$

assim,

$$D_{Mp} = \frac{C_{mp}}{h_p \times FC_p} \quad (3.76)$$

logo,

$$F_p = C_{mp} \times TC_p + \frac{C_{mp}}{h_p \times FC} \times TD_p. \quad (3.77)$$

Como $FC = y$, e colocando o consumo mensal de ponta (C_{mp}) em evidência, temos outra fórmula para calcular o faturamento, que deve ser pago a concessionária de energia elétrica no horário de ponta, quando o fator de potência é maior que 0,92:

$$F_p = \left(TC_p + \frac{TD_p}{h_p \times y} \right) \times C_{mp}. \quad (3.78)$$

Aqui o fator de carga utilizado, é o fator de carga mensal. No presente trabalho será utilizado o fator de carga semanal, pois conforme citado na seção 4.1.1, devido o fato de todas as semanas terem o mesmo comportamento no consumo de energia, foi considerada somente uma, e somente os dias úteis (de segunda-feira a sexta-feira).

Temos que o faturamento que deve ser pago a concessionária de energia elétrica no horário de ponta, quando o fator de potência é menor que 0,92, é dado por:

$$F_p = D_{fatp} \times TD_p + C_{mp} \times TC_p + \left(\frac{0,92}{FP_p} - 1 \right) \times C_{mp} \times TC_p + \left(D_{Mp} \times \frac{0,92}{FP_p} - D_{fatp} \right) \times TD_p \quad (3.79)$$

Considerando o fato de que a demanda faturada no horário de ponta e a demanda máxima medida no horário de ponta são as mesmas, ou seja, $D_{fatp} = D_{Mp}$, temos

$$F_p = D_{Mp} \times TD_p + C_{mp} \times TC_p + \left(\frac{0,92}{FP_p} - 1 \right) \times C_{mp} \times TC_p + \left(D_{Mp} \times \frac{0,92}{FP_p} - D_{Mp} \right) \times TD_p \quad (3.80)$$

colocando a demanda máxima medida no horário de ponta em evidência, temos:

$$F_p = D_{Mp} \times TD_p + C_{mp} \times TC_p + \left(\frac{0,92}{FP_p} - 1 \right) \times C_{mp} \times TC_p + \left(\frac{0,92}{FP_p} - 1 \right) \times D_{Mp} \times TD_p \Rightarrow$$

$$\begin{aligned}
F_p &= D_{Mp} \times TD_p + C_{mp} \times TC_p + \left(\frac{0,92}{FP_p} - 1 \right) \times (C_{mp} \times TC_p + D_{Mp} \times TD_p) \Rightarrow \\
F_p &= D_{Mp} \times TD_p + C_{mp} \times TC_p + \left(\frac{0,92}{FP_p} \right) \times (C_{mp} \times TC_p + D_{Mp} \times TD_p) - C_{mp} \times TC_p - D_{Mp} \times TD_p \Rightarrow \\
F_p &= \left(\frac{0,92}{FP_p} \right) \times (C_{mp} \times TC_p + D_{Mp} \times TD_p). \tag{3.81}
\end{aligned}$$

Utilizando a equação 3.84 na equação 3.89, e como $FP_p = x$, temos outra fórmula para calcular o faturamento, que deve ser pago a concessionária de energia elétrica no horário de ponta, quando o fator de potência é menor que 0,92:

$$F_p = \left(\frac{0,92}{x} \right) \times \left(TC_p + \frac{TD_p}{h_p \times y} \right) \times C_{mp}. \tag{3.82}$$

O mesmo pode ser feito para o horário fora de ponta, alterando somente os índices, que indicam ser do horário de ponta para fora de ponta.

3.8. MÉTODO PARA O CÁLCULO DO FATURAMENTO MELHORADO UTILIZANDO A TARIFA AZUL

Para o cálculo do faturamento melhorado, tem-se que quando o fator de potência for maior que 0,92 altera-se somente a demanda de ponta e fora de ponta, pois o fator de potência não influi no faturamento.

De acordo com GABRIEL (1994), tem-se que quando uma empresa ocupa os 100% do volume total útil, ela estará obtendo índices de fator de carga superiores ao maior fator de carga considerado no período em estudo. Assim, pode-se concluir que a nova demanda de ponta (fora de ponta) em vez de ser a demanda máxima medida de ponta (fora de ponta), é a demanda média de ponta (fora de ponta) dividida pelo maior fator de carga de ponta (fora de ponta), obtido dentro do intervalo em estudo, pois a demanda média de ponta (fora de ponta) é a demanda ideal, e dividindo-se esta demanda pelo maior fator de carga de ponta (fora de ponta), tem-se a nova demanda de ponta (fora de ponta).

Na realidade a nova demanda de ponta (fora de ponta) será menor que a obtida, pois a empresa terá índices de fator de carga superior ao maior fator de carga, mas como não se sabe quão maiores podem ser esses índices, pois depende de cada empresa, assim, considera-se o maior fator de carga já obtido e calcula-se a nova demanda; logo, a redução no faturamento será maior que a encontrada. Assim, é como se ocorresse todo dia o maior fator de carga obtido dentro do intervalo em estudo, pois se este fator de carga máximo ocorre pelo menos um dia dentre todos do período em estudo, teoricamente ele pode ocorrer todos os dias.

Logo a nova demanda a ser contratada pela empresa no horário de ponta será definida por:

$$D_{p1} = \frac{\text{Demanda Média de Ponta}}{\text{Máximo } FC_p} \quad (3.83)$$

e a nova demanda a ser contratada pela empresa no horário fora de ponta será definida por:

$$D_{fp1} = \frac{\text{Demanda Média Fora de Ponta}}{\text{Máximo } FC_{fp}} \quad (3.84)$$

Com as novas demandas é possível calcular o faturamento melhorado, que é o novo faturamento que deve ser pago a concessionária de energia elétrica, levando-se em consideração a nova demanda contratada pela empresa. No presente trabalho a demanda contratada e a demanda máxima serão consideradas a mesma, pois não se sabe qual foi a demanda contratada pela empresa, logo considera-se a demanda máxima medida, como sendo a demanda contratada, seja no horário de ponta ou fora de ponta.

Quando o fator de potência for menor que 0,92 além de alterar a demanda de ponta ou fora de ponta, leva-se em consideração também o menor e o maior fator de potência no horário de ponta ou fora de ponta. A nova demanda é calculada do mesmo modo, a diferença é que quando calcula-se o faturamento que deve ser pago a concessionária de energia elétrica, considera-se o menor fator de potência tanto para ponta como fora de ponta, e quando calcula-se o faturamento melhorado considera-se o maior fator de potência tanto na ponta como fora de ponta, pois se este fator de potência máximo ocorre pelo menos um dia dentre todos do período em estudo teoricamente ele pode ocorrer todos os dias.

4. RESULTADOS

Conforme convencionado na seção 3.3, denominaremos o método desenvolvido por GABRIEL (1997) de *método de Gabriel* e o método desenvolvido no presente trabalho, de *método proposto*.

Através da metodologia proposta, que foi desenvolvida na seção 3.6, da metodologia desenvolvida por GABRIEL (1997), apresentada na seção 3.5, e do método para o cálculo do faturamento melhorado, que foi desenvolvido na seção 3.8, tem-se como calcular os volumes obtidos a partir dos dados fornecidos pelas empresas, que serão estudadas neste capítulo, e como determinar de quanto pode ser a redução na conta de energia elétrica que cada empresa irá obter.

4.1. EMPRESA DE REFRIGERANTE

Nas subseções que se seguem, desta seção, serão apresentados os cálculos concernentes aos volumes obtidos com os métodos de Gabriel e o método proposto, e o cálculo do faturamento que deve ser pago a concessionária de energia elétrica, por uma empresa de refrigerante.

4.1.1. CÁLCULO DOS VOLUMES DETERMINADOS PELO A_p – HIPERBOLÓIDE DE CARGA E POTÊNCIA ATRAVÉS DO MÉTODO DE GABRIEL

Tem-se que a tarifa de consumo no horário de ponta é $TC_p = 0,22738 \text{ R\$/KWh}$, a tarifa de demanda no horário de ponta é $TD_p = 29,40 \text{ R\$/KW}$, as tarifas citadas acima são da CPFL (Companhia Paulista de Força e Luz), Resolução N°. 81/ANEEL/2005 DOU de 08/04/2005.

São considerados os seguintes dados relacionados ao cálculo dos volumes e ao faturamento da conta de energia elétrica, que deve ser pago à concessionária:

C_{mp} = Consumo mensal de ponta;

TC_p = Tarifa de consumo no horário de ponta;

D_{Mp} = Demanda máxima medida no horário de ponta;

D_p = Demanda média de ponta;

TD_p = Tarifa de demanda no horário de ponta;

fc_1 = Menor fator de carga;

fc_2 = Maior fator de carga;

fp_1 = Menor fator de potência;

fp_2 = Maior fator de potência;

F_p = Faturamento que a empresa deve pagar a concessionária de energia elétrica no horário de ponta;

66 ou h_p = número de horas mensal do horário de ponta;

y ou FC = fator de carga;

x ou FP = fator de potência.

Como o consumo de energia tem o mesmo comportamento para todas as semanas, foi considerado somente uma, e apenas os dias úteis (segunda-feira a sexta-feira), e o consumo da referida semana está representado pela Tabela 4.1, no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, com seus respectivos valores de medição, integralizados de 15 em 15 minutos; de demanda média; demanda máxima; e fator de carga.

Tabela 4.1 – Valores do consumo de energia no horário de ponta no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, para a empresa de refrigerante.

VALOR KW NO HORÁRIO DE PONTA					
Horário	Dia 05	Dia 06	Dia 07	Dia 08	Dia 09
18:15	556	542	268	29	544
18:30	551	533	235	30	540
18:45	530	535	216	30	524
19:00	533	529	217	29	522
19:15	532	529	245	29	527
19:30	529	523	256	31	538
19:45	521	533	240	32	536
20:00	388	358	227	34	386
20:15	250	256	256	34	258
20:30	257	245	248	37	244
20:45	253	265	227	36	265
21:00	446	464	245	36	362
D_p	445,5	442,6667	240	32,25	437,1667
D_{Mp}	556	542	268	37	544
FC	0,801259	0,816728	0,895522	0,871622	0,803615

Devido o fato de se estar considerando somente uma semana, temos que a demanda média no horário de ponta, para o mês de dezembro de 2005, é dada através da soma de todas as demandas médias de ponta registradas, no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, divididas pelo número de dias do respectivo período, pois se todas as semanas têm o mesmo comportamento, logo, a demanda média semanal ou mensal será a mesma, assim:

$$D_p = \left(\frac{445,5 + 442,6667 + 240 + 32,25 + 437,1667}{5} \right) = 319,5167 \text{ KW} \quad (4.1)$$

O consumo mensal na tarifa azul no horário de ponta é dado pela demanda média neste horário, vezes o número de horas mensal do horário de ponta.

$$\text{Consumo mensal de ponta} = C_{mp} = 319,5167 \times 66 = 21.088,1 \text{ KWh} \quad (4.2)$$

Na Tabela 4.2 tem-se os valores do fator de potência, obtidos entre os dias 05 a 09 de dezembro de 2005, no horário de ponta, e temos os valores do menor fator de potência (Menor *FP*), e o maior fator de potência (Maior *FP*), para cada dia.

Tabela 4.2 – Valores do fator de potência no horário de ponta no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, para a empresa de refrigerante.

VALOR DO FATOR DE POTÊNCIA NO HORÁRIO DE PONTA					
Horário	Dia 05	Dia 06	Dia 07	Dia 08	Dia 09
18:15	0,95	0,95	0,97	0,97	0,95
18:30	0,95	0,95	0,97	0,97	0,95
18:45	0,95	0,95	0,97	0,97	0,95
19:00	0,95	0,95	0,97	0,97	0,95
19:15	0,95	0,95	0,97	0,97	0,95
19:30	0,95	0,95	0,97	0,97	0,95
19:45	0,95	0,95	0,97	0,97	0,95
20:00	0,96	0,97	0,97	0,97	0,96
20:15	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
20:30	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
20:45	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
21:00	0,96	0,96	0,97	0,97	0,97
Menor <i>FP</i>	0,95	0,95	0,97	0,97	0,95
Maior <i>FP</i>	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97

Aqui são apresentados os dados para o cálculo dos volumes e do faturamento da empresa de refrigerante no horário de ponta.

$$C_{mp} = 21088,1 \text{ KW};$$

$$TC_p = 0,22738 \text{ R\$/KWh};$$

$$D_{Mp} = 556 \text{ KW};$$

$$TD_p = 29,40 \text{ R\$/KW};$$

$$fc_1 = 0,801259;$$

$$fc_2 = 0,895522;$$

$$fp_1 = 0,95;$$

$$fp_2 = 0,97.$$

Os volumes que serão calculados são obtidos utilizando: fator de carga, fator de potência e o faturamento da conta de energia a ser pago à concessionária da mesma.

Sendo $fp_1 \geq 0,92$, o Volume Atual (V_A) determinado pelo A_p -Hiperbolóide de Carga e Potência, para a empresa em estudo no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, de acordo com a fórmula (3.13), é:

$$V_A = \int_{fp_1}^{fp_2} \int_{fc_1}^{fc_2} \left(TC_p + \frac{TD_p}{66y} \right) \times C_{mp} dydx, \quad (4.3)$$

$$V_A = \int_{0,95}^{0,97} \int_{0,801259}^{0,895522} \left(0,22738 + \frac{29,4}{66y} \right) 21.088,1 dydx = 29,9359 \text{ u.c.} \quad (4.4)$$

sendo u.c.= unidades cúbicas.

O Volume Atual Eficiente (V_{AEf}), determinado pelo A_p -Hiperbolóide de Carga e Potência, para a empresa em estudo no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, representa, a melhora que pode haver em relação ao fator de potência. Sendo $fp_1 \geq 0,92$, pela fórmula (3.16), tem-se:

$$V_{AEf} = \int_{fp_1}^1 \int_{fc_1}^{fc_2} \left(TC_p + \frac{TD_p}{66y} \right) \times C_{mp} dydx, \quad (4.5)$$

$$V_{AEf} = \int_{0,95}^1 \int_{0,801259}^{0,895522} \left(0,22738 + \frac{29,4}{66y} \right) 21.088,1 dydx = 74,8397 \text{ u.c.} \quad (4.6)$$

O Volume Atual Racional (V_{ARac}) determinado pelo A_p -Hiperbolóide de Carga e Potência, para a empresa em estudo no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, representa a melhora que pode haver em relação ao fator de carga. Sendo $fp_1 \geq 0,92$, pela fórmula (3.19), tem-se:

$$V_{ARac} = \int_{fp_1}^{fp_2} \int_{fc_1}^1 \left(TC_p + \frac{TD_p}{66y} \right) \times C_{mp} dydx, \quad (4.7)$$

$$V_{ARac} = \int_{0,95}^{0,97} \int_{0,801259}^1 \left(0,22738 + \frac{29,4}{66y} \right) 21.088,1 dydx = 60,6871 \text{ u.c.} \quad (4.8)$$

O Volume Eficiente Racional ($V_{Ef/Rac}$) determinado pelo A_p -Hiperbolóide de Carga e Potência, para a empresa em estudo no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, representa a melhora que pode haver do fator de potência e do fator de carga ao mesmo tempo, pois se quer a intersecção da melhor região que se pode obter em relação ao fator de

potência e ao fator de carga ao mesmo tempo. Sendo $f p_1 \geq 0,92$, pela fórmula (3.22), tem-se:

$$V_{Ef/Rac} = \int_{fp_2}^1 \int_{fc_2}^1 \left(TC_p + \frac{TD_p}{66y} \right) \times C_{mp} dy dx, \quad (4.9)$$

$$V_{Ef/Rac} = \int_{0,97}^1 \int_{0,895522}^1 \left(0,22738 + \frac{29,4}{66y} \right) 21.088,1 dy dx = 46,1269 u.c. \quad (4.10)$$

O Volume Total Útil (V_{TU}) representa o máximo volume que a empresa pode utilizar, ou seja, quando a empresa estiver utilizando 100% do volume total útil, ela estará utilizando a energia da melhor forma possível, de acordo com a fórmula (3.23), tem-se:

$$V_{TU} = V_{AEf} + V_{ARac} + V_{Ef/Rac} - V_A, \quad (4.11)$$

$$V_{TU} = 74,8397 u.c. + 60,6871 u.c. + 46,1269 u.c. - 29,9359 u.c. = 151,718 u.c. \quad (4.12)$$

A razão V_A/V_{TU} mostra a porcentagem do Volume Total Útil que está sendo ocupado pelo Volume Atual, assim,

$$\frac{V_A}{V_{TU}} = \frac{29,9359 u.c.}{151,718 u.c.} = 0,197313. \quad (4.13)$$

Logo, $V_A = 19,7313\% V_{TU}$.

Portanto, o complementar dos 19,7313% do V_{TU} , utilizado pelo Volume Atual, é 80,2687% do V_{TU} , e a empresa ao alcançar este aumento de 80,2687% no V_{TU} estará obtendo maiores índices de fator de carga, e fator de potência, o que significa que haverá uma considerável redução na demanda, pois um alto fator de potência indica uma eficiência alta, e um alto fator de carga indica uma racionalidade alta. Como o fator de carga é a relação entre demanda média e demanda máxima medida, se o fator de carga aumenta e o consumo é mantido, isto implica que a demanda máxima diminui, ocasionando uma estimável redução na conta a ser paga para a concessionária de energia elétrica.

4.1.2. CÁLCULO DOS VOLUMES DETERMINADOS PELO A_p – HIPERBOLÓIDE DE CARGA E POTÊNCIA ATRAVÉS DO MÉTODO PROPOSTO

Na proposta aqui apresentada, procura-se reduzir os gastos da empresa em relação ao fator de potência, pois se este já estiver acima de 0,92, não precisa ser melhorado, pois não há multa.

Para os cálculos a seguir serão utilizados os mesmos dados apresentados na seção 4.1.1. Para o cálculo dos volumes atual eficiente e eficiente racional, que estão apresentados na seção 3.6.1, a diferença está no limite de variação das integrais.

O Volume Atual (V_A) é determinado da mesma maneira que na seção 4.1.1 (ver fórmula (4.4)), assim,

$$V_A = \int_{0,95}^{0,97} \int_{0,801259}^{0,895522} \left(0,22738 + \frac{29,4}{66y} \right) 21.088,1 dy dx = 29,9359 \text{ u.c.} \quad (4.14)$$

O Volume Atual Eficiente (V_{AEf}) determinado pelo A_p -Hiperbolóide de Carga e Potência, para a empresa em estudo no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, representa a melhora que pode haver em relação ao fator de potência. De acordo com a proposta feita, como o fator de potência já está acima de 0,92, ele já está eficiente, então não precisa ser melhorado, pois se estivesse abaixo de 0,92 era preciso que se chegasse em 0,92 para evitar multa na conta de energia elétrica, mas como está acima, não haverá multa na conta de energia. Logo o gasto para melhorar este fator de potência é desnecessário, pois a empresa irá continuar pagando o mesmo valor na conta de energia elétrica, e para que haja esta melhora, precisa-se instalar capacitores, e o gasto para a instalação destes não será recuperado, devido o fato de não reduzir a conta de energia, portanto será um dinheiro que a empresa perderá. Sendo $fp_1 \geq 0,92$, pela fórmula (3.46), tem-se:

$$V_{AEf} = \int_{fp_1}^{fp_2} \int_{fc_1}^{fc_2} \left(TC_p + \frac{TD_p}{66y} \right) \times C_{mp} dy dx, \quad (4.15)$$

$$V_{AEf} = \int_{0,95}^{0,97} \int_{0,801259}^{0,895522} \left(0,22738 + \frac{29,4}{66y} \right) 21.088,1 dy dx = 29,9359 \text{ u.c.} \quad (4.16)$$

O Volume Atual Racional (V_{ARac}) é determinado da mesma maneira que na seção 4.1.1 (ver fórmula (4.8)), assim,

$$V_{ARac} = \int_{0,95}^{0,97} \int_{0,801259}^1 \left(0,22738 + \frac{29,4}{66y} \right) 21.088,1 dy dx = 60,6871 u.c. \quad (4.17)$$

O Volume Eficiente Racional ($V_{Ef/Rac}$) determinado pelo A_p -Hiperbolóide de Carga e Potência, para a empresa em estudo no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, representa a melhora que pode haver do fator de potência e do fator de carga ao mesmo tempo. Como o fator de potência já está acima de 0,92, ele já está eficiente e não é preciso melhorá-lo. Logo só se tem alteração no fator de carga, que deve variar do maior fator de carga encontrado no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, até o fator de carga ideal que é 1, pois se quer a intersecção da melhor região que se pode obter em relação ao fator de potência e ao fator de carga ao mesmo tempo. Sendo $f_{p1} \geq 0,92$, de acordo com a fórmula (3.52), tem-se.

$$V_{Ef/Rac} = \int_{f_{p1}}^{f_{p2}} \int_{f_{c2}}^1 \left(TC + \frac{TD}{66y} \right) \times C_{mp} dy dx, \quad (4.18)$$

$$V_{Ef/Rac} = \int_{0,95}^{0,97} \int_{0,895522}^1 \left(0,22738 + \frac{29,4}{66y} \right) 21.088,1 dy dx = 30,7513 u.c. \quad (4.19)$$

O Volume Total Útil (V_{TU}) representa o máximo volume que a empresa pode utilizar. Nesse caso, ela estará utilizando a energia da melhor forma possível.

$$V_{TU} = V_{AEf} + V_{ARac} + V_{Ef/Rac} - V_A, \quad (4.20)$$

$$V_{TU} = 29,9359 u.c. + 60,6871 u.c. + 30,7513 u.c. - 29,9359 = 91,4384 u.c. \quad (4.21)$$

A razão V_A/V_{TU} mostra a porcentagem do Volume Total Útil que está sendo ocupado pelo Volume Atual, assim,

$$\frac{V_A}{V_{TU}} = \frac{29,9359 u.c.}{91,4384 u.c.} = 0,327389 \quad (4.22)$$

Logo, $V_A = 32,7389\% V_{TU}$.

Portanto, o complementar dos 32,7389% do V_{TU} , utilizado pelo Volume Atual, é 67,2611% do V_{TU} , e a empresa ao alcançar este aumento de 67,2611% no V_{TU} estará obtendo maiores índices de fator de carga, o que significa que haverá uma considerável redução na demanda, pois um alto fator de carga indica uma racionalidade alta. Como o fator de carga é a relação entre demanda média e demanda máxima medida, se o fator de

carga aumenta e o consumo é mantido, isto implica que a demanda máxima diminui, ocasionando uma estimável redução no faturamento que deve ser pago a concessionária de energia elétrica.

4.1.3. CÁLCULO DO FATURAMENTO NO HORÁRIO DE PONTA

Nesta seção, serão calculados os valores do faturamento que devem ser pagos à concessionária de energia elétrica. Em um dos cálculos será utilizada a demanda fornecida pela empresa, e no outro será utilizada a nova demanda, sendo esta, menor que a demanda fornecida.

O cálculo do faturamento que deve ser pago à concessionária de energia elétrica, na tarifa azul no horário de ponta é realizado utilizando a seguinte fórmula:

$$F_p = TC_p \times C_{mp} + TD_p \times D_{Mp} \quad (4.23)$$

Assim, para a empresa de refrigerante no horário de ponta, de acordo com os dados fornecidos pela CPFL, pela Tabela 4.1 e pela equação (4.2), na seção 4.1.1, tem-se:

$$F_p = 21.088,1 \times 0,22738 + 556 \times 29,4 = R\$ 21.141,41 \quad (4.24)$$

Outra fórmula para calcular se calcular o faturamento que deve ser pago a concessionária de energia elétrica é:

$$F_p = \left(TC_p + \frac{TD_p}{h_p \times FC_p} \right) \times C_{mp} \quad (4.25)$$

em que h_p é o número de horas mensal do horário de ponta e FC_p é o fator de carga mensal de ponta, que é a razão entre a demanda média mensal do horário de ponta e a demanda máxima registrada no mesmo horário. Assim,

$$F_p = \left(0,22738 + \frac{29,4}{66 \times \left(\frac{319,5167}{556} \right)} \right) \times 21.088,1 = R\$ 21.141,41 \quad (4.26)$$

Observa-se que, para esse faturamento, o fator de carga mensal correspondente é 0,57467, e não pertence ao intervalo dos fatores de carga encontrado em cada dia ($0,801259 \leq FC \leq 0,895522$). Mas isto é devido o fato de que o fator de carga mensal é a

média de todas as demandas registradas de 15 em 15 minutos, durante todo o mês, dividida pela maior demanda registrada no mês. Todos os dias têm fator de carga maior ou igual que 0,801259, mas cada dia tem um comportamento distinto, registrando demandas diferentes. Logo, se os fatores de carga diários são bons, isto não implica que o fator de carga mensal também deve ser, pois como foi observado na seção 4.1.1, todas as semanas têm o mesmo comportamento, e não que todos os dias da semana têm o mesmo comportamento.

Para obtenção de redução no faturamento da conta de energia elétrica, encontra-se uma nova demanda, da seguinte forma:

$$FC_p = \frac{D_p}{D_{Mp}} \Rightarrow D_{Mp} = \frac{D_p}{FC_p}. \quad (4.27)$$

assim, para obter a nova demanda, considera-se o maior fator de carga de ponta no período de 05 a 09 de dezembro de 2005 e mantém-se a demanda média, pois a intenção é reduzir a demanda, mantendo o consumo.

$$D_{Mp1} = \frac{D_p}{\text{Máximo } FC_p} \quad (4.28)$$

sendo D_{Mp1} a nova demanda máxima de ponta e $\text{Máximo } FC_p$ o máximo fator de carga de ponta. Portanto, utilizando a equação (4.28), a nova demanda será:

$$D_{Mp1} = \frac{319,5167}{0,895522} \cong 356 \quad (4.29)$$

logo o novo faturamento que deve ser pago a concessionária de energia elétrica será:

$$F_p = 21.088,1 \times 0,22738 + 356 \times 29,4 = R\$15.261,41 \quad (4.30)$$

Outra fórmula para calcular este faturamento é:

$$F_p = \left(0,22738 + \frac{29,4}{66 \times \left(\frac{319,5167}{356} \right)} \right) \times 21.088,1 = R\$15.261,41 \quad (4.31)$$

A redução no faturamento de R\$ 21.141,41 (da equação (4.24)) para R\$ 15.261,41 (da equação (4.30)) é dada pelo fato de se ter mantido o consumo da empresa no horário de ponta, e ter reduzido a demanda máxima de 556 KW para 356 KW.

4.1.4. CÁLCULO DOS VOLUMES DETERMINADOS PELO A_{fp} – HIPERBOLÓIDE DE CARGA E POTÊNCIA ATRAVÉS DO MÉTODO DE GABRIEL

Tem-se que a tarifa de consumo no horário fora de ponta é $TC_{fp} = 0,12358$ R\$/KWh, a tarifa de demanda no horário de ponta é $TD_{fp} = 8,70$ R\$/KW, as tarifas citadas acima são da CPFL (Companhia Paulista de Força e Luz), Resolução N° 81/ANEEL/2005 DOU de 08/04/2005.

São considerados os seguintes dados relacionados ao cálculo dos volumes; e ao faturamento da conta de energia elétrica, que deve ser pago a concessionária:

C_{mfp} = Consumo mensal fora de ponta;

TC_{fp} = Tarifa de consumo no horário fora de ponta;

D_{Mfp} = Demanda máxima medida no horário fora de ponta;

D_{fp} = Demanda média fora de ponta;

TD_{fp} = Tarifa de demanda no horário fora de ponta;

fc_1 = Menor fator de carga;

fc_2 = Maior fator de carga;

fp_1 = Menor fator de potência;

fp_2 = Maior fator de potência;

F_{fp} = Faturamento que a empresa deve pagar a concessionária de energia elétrica no horário fora de ponta;

664 ou h_{fp} = número de horas mensal do horário de ponta;

y ou FC = fator de carga;

x ou FP = fator de potência.

Como o consumo de energia tem o mesmo comportamento para todas as semanas, foi considerado somente uma, e o consumo da referida semana está representado pela Tabela 4.3, no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, com seus respectivos valores de medição, integralizados de 15 em 15 minutos.

Tabela 4.3 – Valores do consumo de energia no horário fora de ponta no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, para a empresa de refrigerante.

Data	Hora	KW	05/12	10:15	725	05/12	23:45	487	06/12	10:15	725
05/12	00:00	40	05/12	10:30	686	06/12	00:00	460	06/12	10:30	727
05/12	00:15	38	05/12	10:45	656	06/12	00:15	430	06/12	10:45	730
05/12	00:30	40	05/12	11:00	574	06/12	00:30	454	06/12	11:00	475
05/12	00:45	40	05/12	11:15	452	06/12	00:45	500	06/12	11:15	346
05/12	01:00	40	05/12	11:30	396	06/12	01:00	538	06/12	11:30	313
05/12	01:15	47	05/12	11:45	316	06/12	01:15	534	06/12	11:45	296
05/12	01:30	50	05/12	12:00	439	06/12	01:30	526	06/12	12:00	541
05/12	01:45	49	05/12	12:15	607	06/12	01:45	506	06/12	12:15	712
05/12	02:00	52	05/12	12:30	682	06/12	02:00	414	06/12	12:30	696
05/12	02:15	50	05/12	12:45	721	06/12	02:15	248	06/12	12:45	676
05/12	02:30	54	05/12	13:00	730	06/12	02:30	217	06/12	13:00	682
05/12	02:45	56	05/12	13:15	692	06/12	02:45	220	06/12	13:15	706
05/12	03:00	74	05/12	13:30	724	06/12	03:00	156	06/12	13:30	707
05/12	03:15	72	05/12	13:45	730	06/12	03:15	301	06/12	13:45	728
05/12	03:30	67	05/12	14:00	719	06/12	03:30	308	06/12	14:00	685
05/12	03:45	80	05/12	14:15	737	06/12	03:45	314	06/12	14:15	733
05/12	04:00	90	05/12	14:30	668	06/12	04:00	328	06/12	14:30	700
05/12	04:15	113	05/12	14:45	710	06/12	04:15	299	06/12	14:45	644
05/12	04:30	107	05/12	15:00	724	06/12	04:30	298	06/12	15:00	679
05/12	04:45	80	05/12	15:15	709	06/12	04:45	295	06/12	15:15	660
05/12	05:00	79	05/12	15:30	727	06/12	05:00	293	06/12	15:30	631
05/12	05:15	112	05/12	15:45	733	06/12	05:15	293	06/12	15:45	634
05/12	05:30	114	05/12	16:00	740	06/12	05:30	286	06/12	16:00	608
05/12	05:45	127	05/12	16:15	730	06/12	05:45	193	06/12	16:15	607
05/12	06:00	187	05/12	16:30	704	06/12	06:00	301	06/12	16:30	592
05/12	06:15	365	05/12	16:45	659	06/12	06:15	487	06/12	16:45	590
05/12	06:30	414	05/12	17:00	646	06/12	06:30	536	06/12	17:00	578
05/12	06:45	431	05/12	17:15	593	06/12	06:45	547	06/12	17:15	582
05/12	07:00	575	05/12	17:30	556	06/12	07:00	559	06/12	17:30	558
05/12	07:15	587	05/12	17:45	556	06/12	07:15	677	06/12	17:45	584
05/12	07:30	456	05/12	18:00	574	06/12	07:30	647	06/12	18:00	564
05/12	07:45	440	05/12	21:15	528	06/12	07:45	632	06/12	21:15	535
05/12	08:00	532	05/12	21:30	538	06/12	08:00	634	06/12	21:30	522
05/12	08:15	672	05/12	21:45	528	06/12	08:15	624	06/12	21:45	524
05/12	08:30	690	05/12	22:00	521	06/12	08:30	628	06/12	22:00	524
05/12	08:45	703	05/12	22:15	524	06/12	08:45	635	06/12	22:15	524
05/12	09:00	743	05/12	22:30	510	06/12	09:00	679	06/12	22:30	524
05/12	09:15	714	05/12	22:45	510	06/12	09:15	683	06/12	22:45	528
05/12	09:30	728	05/12	23:00	522	06/12	09:30	709	06/12	23:00	527
05/12	09:45	701	05/12	23:15	509	06/12	09:45	727	06/12	23:15	528
05/12	10:00	742	05/12	23:30	517	06/12	10:00	743	06/12	23:30	510

06/12	23:45	517
07/12	00:00	539
07/12	00:15	523
07/12	00:30	511
07/12	00:45	522
07/12	01:00	515
07/12	01:15	523
07/12	01:30	517
07/12	01:45	497
07/12	02:00	440
07/12	02:15	364
07/12	02:30	204
07/12	02:45	226
07/12	03:00	157
07/12	03:15	149
07/12	03:30	208
07/12	03:45	300
07/12	04:00	318
07/12	04:15	323
07/12	04:30	314
07/12	04:45	294
07/12	05:00	293
07/12	05:15	288
07/12	05:30	295
07/12	05:45	307
07/12	06:00	418
07/12	06:15	442
07/12	06:30	486
07/12	06:45	511
07/12	07:00	570
07/12	07:15	691
07/12	07:30	676
07/12	07:45	696
07/12	08:00	702
07/12	08:15	689
07/12	08:30	695
07/12	08:45	684
07/12	09:00	660
07/12	09:15	662
07/12	09:30	710
07/12	09:45	707
07/12	10:00	703
07/12	10:15	700
07/12	10:30	725
07/12	10:45	704

07/12	11:00	448
07/12	11:15	318
07/12	11:30	308
07/12	11:45	340
07/12	12:00	583
07/12	12:15	733
07/12	12:30	726
07/12	12:45	712
07/12	13:00	713
07/12	13:15	691
07/12	13:30	613
07/12	13:45	719
07/12	14:00	715
07/12	14:15	701
07/12	14:30	638
07/12	14:45	698
07/12	15:00	634
07/12	15:15	608
07/12	15:30	598
07/12	15:45	614
07/12	16:00	608
07/12	16:15	522
07/12	16:30	358
07/12	16:45	324
07/12	17:00	306
07/12	17:15	292
07/12	17:30	272
07/12	17:45	239
07/12	18:00	264
07/12	21:15	265
07/12	21:30	242
07/12	21:45	250
07/12	22:00	259
07/12	22:15	250
07/12	22:30	233
07/12	22:45	263
07/12	23:00	228
07/12	23:15	233
07/12	23:30	239
07/12	23:45	209
08/12	00:00	272
08/12	00:15	460
08/12	00:30	518
08/12	00:45	523
08/12	01:00	536

08/12	01:15	526
08/12	01:30	541
08/12	01:45	532
08/12	02:00	518
08/12	02:15	269
08/12	02:30	149
08/12	02:45	158
08/12	03:00	152
08/12	03:15	115
08/12	03:30	84
08/12	03:45	62
08/12	04:00	62
08/12	04:15	61
08/12	04:30	62
08/12	04:45	36
08/12	05:00	32
08/12	05:15	31
08/12	05:30	31
08/12	05:45	31
08/12	06:00	31
08/12	06:15	31
08/12	06:30	32
08/12	06:45	34
08/12	07:00	26
08/12	07:15	24
08/12	07:30	24
08/12	07:45	24
08/12	08:00	23
08/12	08:15	23
08/12	08:30	24
08/12	08:45	23
08/12	09:00	24
08/12	09:15	25
08/12	09:30	28
08/12	09:45	43
08/12	10:00	60
08/12	10:15	55
08/12	10:30	41
08/12	10:45	28
08/12	11:00	25
08/12	11:15	24
08/12	11:30	24
08/12	11:45	24
08/12	12:00	24
08/12	12:15	23

08/12	12:30	24
08/12	12:45	24
08/12	13:00	24
08/12	13:15	22
08/12	13:30	24
08/12	13:45	23
08/12	14:00	23
08/12	14:15	24
08/12	14:30	23
08/12	14:45	24
08/12	15:00	23
08/12	15:15	23
08/12	15:30	30
08/12	15:45	30
08/12	16:00	30
08/12	16:15	28
08/12	16:30	28
08/12	16:45	26
08/12	17:00	25
08/12	17:15	25
08/12	17:30	25
08/12	17:45	26
08/12	18:00	25
08/12	21:15	37
08/12	21:30	35
08/12	21:45	31
08/12	22:00	32
08/12	22:15	32
08/12	22:30	31
08/12	22:45	29
08/12	23:00	31
08/12	23:15	32
08/12	23:30	31
08/12	23:45	31
09/12	00:00	32
09/12	00:15	41
09/12	00:30	46
09/12	00:45	42
09/12	01:00	48
09/12	01:15	48
09/12	01:30	47
09/12	01:45	47
09/12	02:00	48
09/12	02:15	50
09/12	02:30	50

09/12	02:45	50	09/12	07:30	640	09/12	12:15	706	09/12	17:00	671
09/12	03:00	49	09/12	07:45	662	09/12	12:30	659	09/12	17:15	646
09/12	03:15	41	09/12	08:00	690	09/12	12:45	696	09/12	17:30	605
09/12	03:30	46	09/12	08:15	595	09/12	13:00	677	09/12	17:45	606
09/12	03:45	47	09/12	08:30	685	09/12	13:15	707	09/12	18:00	480
09/12	04:00	47	09/12	08:45	703	09/12	13:30	697	09/12	21:15	551
09/12	04:15	46	09/12	09:00	714	09/12	13:45	658	09/12	21:30	551
09/12	04:30	46	09/12	09:15	703	09/12	14:00	697	09/12	21:45	553
09/12	04:45	46	09/12	09:30	701	09/12	14:15	700	09/12	22:00	557
09/12	05:00	44	09/12	09:45	686	09/12	14:30	690	09/12	22:15	556
09/12	05:15	47	09/12	10:00	582	09/12	14:45	696	09/12	22:30	540
09/12	05:30	49	09/12	10:15	714	09/12	15:00	703	09/12	22:45	545
09/12	05:45	76	09/12	10:30	716	09/12	15:15	718	09/12	23:00	480
09/12	06:00	136	09/12	10:45	716	09/12	15:30	727	09/12	23:15	544
09/12	06:15	278	09/12	11:00	458	09/12	15:45	725	09/12	23:30	539
09/12	06:30	434	09/12	11:15	302	09/12	16:00	698	09/12	23:45	542
09/12	06:45	497	09/12	11:30	293	09/12	16:15	696			
09/12	07:00	588	09/12	11:45	329	09/12	16:30	704			
09/12	07:15	498	09/12	12:00	575	09/12	16:45	702			

A demanda média, a demanda máxima e o fator de carga estão representados na Tabela 4.4.

Tabela 4.4 – Valores da demanda média, demanda máxima e fator de carga no horário fora de ponta no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, para a empresa de refrigerante.

	Dia 5	Dia 6	Dia 7	Dia 8	Dia 9
demanda média	448,3333	527,5119	469,3333	88,79762	443,4524
demanda máxima	743	743	733	541	727
fator de carga	0,60341	0,709976	0,640291	0,164136	0,609976

Devido o fato de se estar considerando somente uma semana, tem-se que a demanda média no horário fora de ponta, para o mês de dezembro de 2005, é dada através da soma de todas as demandas médias de ponta registradas, no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, divididas pelo número de dias do respectivo período, pois se todas as semanas têm o mesmo comportamento. Logo, a demanda média semanal ou mensal será a mesma, assim:

$$D_{fp} = 395,4857 \text{ KW} \quad (4.32)$$

O consumo mensal na tarifa azul no horário de ponta é dado pela demanda média neste horário, multiplicado pelo número de horas mensal do horário fora de ponta.

$$C_{mfp} = 395,4857 \times 664 = 262.603 KWh \quad (4.33)$$

Na Tabela 4.5 apresentada abaixo, são mostrados os valores do fator de potência, obtidos entre os dias 05 a 09 de dezembro de 2005, no horário fora de ponta, o valor do menor fator de potência (Menor *FP*) e o maior fator de potência (Maior *FP*), para cada dia.

Tabela 4.5 – Valores do fator de potência no horário fora de ponta no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, para a empresa de refrigerante.

Data	Hora	FP	05/12	07:30	0,9	05/12	15:15	0,92	06/12	02:00	0,97
05/12	00:00	0,97	05/12	07:45	0,93	05/12	15:30	0,92	06/12	02:15	0,97
05/12	00:15	0,97	05/12	08:00	0,94	05/12	15:45	0,92	06/12	02:30	0,97
05/12	00:30	0,97	05/12	08:15	0,93	05/12	16:00	0,92	06/12	02:45	0,97
05/12	00:45	0,97	05/12	08:30	0,93	05/12	16:15	0,92	06/12	03:00	0,97
05/12	01:00	0,97	05/12	08:45	0,92	05/12	16:30	0,91	06/12	03:15	0,97
05/12	01:15	0,97	05/12	09:00	0,92	05/12	16:45	0,92	06/12	03:30	0,97
05/12	01:30	0,97	05/12	09:15	0,93	05/12	17:00	0,94	06/12	03:45	0,97
05/12	01:45	0,97	05/12	09:30	0,93	05/12	17:15	0,95	06/12	04:00	0,97
05/12	02:00	0,97	05/12	09:45	0,92	05/12	17:30	0,95	06/12	04:15	0,97
05/12	02:15	0,97	05/12	10:00	0,93	05/12	17:45	0,95	06/12	04:30	0,97
05/12	02:30	0,97	05/12	10:15	0,92	05/12	18:00	0,95	06/12	04:45	0,97
05/12	02:45	0,97	05/12	10:30	0,92	05/12	21:15	0,95	06/12	05:00	0,97
05/12	03:00	0,97	05/12	10:45	0,92	05/12	21:30	0,95	06/12	05:15	0,97
05/12	03:15	0,97	05/12	11:00	0,92	05/12	21:45	0,95	06/12	05:30	0,97
05/12	03:30	0,97	05/12	11:15	0,93	05/12	22:00	0,95	06/12	05:45	0,97
05/12	03:45	0,97	05/12	11:30	0,96	05/12	22:15	0,95	06/12	06:00	0,97
05/12	04:00	0,97	05/12	11:45	0,97	05/12	22:30	0,95	06/12	06:15	0,97
05/12	04:15	0,97	05/12	12:00	0,97	05/12	22:45	0,95	06/12	06:30	0,95
05/12	04:30	0,97	05/12	12:15	0,96	05/12	23:00	0,95	06/12	06:45	0,93
05/12	04:45	0,97	05/12	12:30	0,93	05/12	23:15	0,95	06/12	07:00	0,93
05/12	05:00	0,97	05/12	12:45	0,92	05/12	23:30	0,95	06/12	07:15	0,93
05/12	05:15	0,97	05/12	13:00	0,92	05/12	23:45	0,95	06/12	07:30	0,93
05/12	05:30	0,85	05/12	13:15	0,92	06/12	00:00	0,95	06/12	07:45	0,93
05/12	05:45	0,87	05/12	13:30	0,92	06/12	00:15	0,97	06/12	08:00	0,94
05/12	06:00	0,97	05/12	13:45	0,92	06/12	00:30	0,97	06/12	08:15	0,94
05/12	06:15	0,97	05/12	14:00	0,92	06/12	00:45	0,97	06/12	08:30	0,94
05/12	06:30	0,97	05/12	14:15	0,92	06/12	01:00	0,97	06/12	08:45	0,93
05/12	06:45	0,94	05/12	14:30	0,92	06/12	01:15	0,97	06/12	09:00	0,92
05/12	07:00	0,92	05/12	14:45	0,92	06/12	01:30	0,97	06/12	09:15	0,93
05/12	07:15	0,91	05/12	15:00	0,92	06/12	01:45	0,97	06/12	09:30	0,92

06/12	09:45	0,92
06/12	10:00	0,92
06/12	10:15	0,92
06/12	10:30	0,92
06/12	10:45	0,92
06/12	11:00	0,95
06/12	11:15	0,97
06/12	11:30	0,97
06/12	11:45	0,97
06/12	12:00	0,94
06/12	12:15	0,92
06/12	12:30	0,91
06/12	12:45	0,93
06/12	13:00	0,93
06/12	13:15	0,92
06/12	13:30	0,92
06/12	13:45	0,92
06/12	14:00	0,92
06/12	14:15	0,91
06/12	14:30	0,92
06/12	14:45	0,92
06/12	15:00	0,92
06/12	15:15	0,93
06/12	15:30	0,93
06/12	15:45	0,94
06/12	16:00	0,94
06/12	16:15	0,94
06/12	16:30	0,95
06/12	16:45	0,95
06/12	17:00	0,95
06/12	17:15	0,95
06/12	17:30	0,94
06/12	17:45	0,94
06/12	18:00	0,95
06/12	21:15	0,95
06/12	21:30	0,95
06/12	21:45	0,95
06/12	22:00	0,95
06/12	22:15	0,95
06/12	22:30	0,95
06/12	22:45	0,95
06/12	23:00	0,95
06/12	23:15	0,95
06/12	23:30	0,95
06/12	23:45	0,95

07/12	00:00	0,95
07/12	00:15	0,97
07/12	00:30	0,97
07/12	00:45	0,97
07/12	01:00	0,97
07/12	01:15	0,97
07/12	01:30	0,97
07/12	01:45	0,97
07/12	02:00	0,97
07/12	02:15	0,97
07/12	02:30	0,97
07/12	02:45	0,97
07/12	03:00	0,97
07/12	03:15	0,97
07/12	03:30	0,97
07/12	03:45	0,97
07/12	04:00	0,97
07/12	04:15	0,97
07/12	04:30	0,97
07/12	04:45	0,97
07/12	05:00	0,97
07/12	05:15	0,97
07/12	05:30	0,97
07/12	05:45	0,97
07/12	06:00	0,97
07/12	06:15	0,97
07/12	06:30	0,94
07/12	06:45	0,93
07/12	07:00	0,93
07/12	07:15	0,92
07/12	07:30	0,92
07/12	07:45	0,92
07/12	08:00	0,92
07/12	08:15	0,92
07/12	08:30	0,92
07/12	08:45	0,92
07/12	09:00	0,92
07/12	09:15	0,92
07/12	09:30	0,92
07/12	09:45	0,92
07/12	10:00	0,92
07/12	10:15	0,92
07/12	10:30	0,92
07/12	10:45	0,91
07/12	11:00	0,95

07/12	11:15	0,97
07/12	11:30	0,97
07/12	11:45	0,97
07/12	12:00	0,92
07/12	12:15	0,91
07/12	12:30	0,91
07/12	12:45	0,91
07/12	13:00	0,92
07/12	13:15	0,92
07/12	13:30	0,91
07/12	13:45	0,91
07/12	14:00	0,91
07/12	14:15	0,92
07/12	14:30	0,92
07/12	14:45	0,92
07/12	15:00	0,92
07/12	15:15	0,93
07/12	15:30	0,93
07/12	15:45	0,93
07/12	16:00	0,93
07/12	16:15	0,95
07/12	16:30	0,97
07/12	16:45	0,97
07/12	17:00	0,97
07/12	17:15	0,97
07/12	17:30	0,97
07/12	17:45	0,97
07/12	18:00	0,97
07/12	21:15	0,97
07/12	21:30	0,97
07/12	21:45	0,97
07/12	22:00	0,97
07/12	22:15	0,97
07/12	22:30	0,97
07/12	22:45	0,97
07/12	23:00	0,97
07/12	23:15	0,97
07/12	23:30	0,97
07/12	23:45	0,97
08/12	00:00	0,97
08/12	00:15	0,97
08/12	00:30	0,97
08/12	00:45	0,97
08/12	01:00	0,97
08/12	01:15	0,97

08/12	01:30	0,97
08/12	01:45	0,97
08/12	02:00	0,97
08/12	02:15	0,97
08/12	02:30	0,94
08/12	02:45	0,97
08/12	03:00	0,97
08/12	03:15	0,97
08/12	03:30	0,97
08/12	03:45	0,97
08/12	04:00	0,97
08/12	04:15	0,97
08/12	04:30	0,97
08/12	04:45	0,95
08/12	05:00	0,89
08/12	05:15	0,89
08/12	05:30	0,89
08/12	05:45	0,91
08/12	06:00	0,88
08/12	06:15	0,97
08/12	06:30	0,97
08/12	06:45	0,97
08/12	07:00	0,97
08/12	07:15	0,97
08/12	07:30	0,97
08/12	07:45	0,97
08/12	08:00	0,97
08/12	08:15	0,97
08/12	08:30	0,97
08/12	08:45	0,97
08/12	09:00	0,97
08/12	09:15	0,97
08/12	09:30	0,97
08/12	09:45	0,97
08/12	10:00	0,97
08/12	10:15	0,97
08/12	10:30	0,97
08/12	10:45	0,97
08/12	11:00	0,97
08/12	11:15	0,97
08/12	11:30	0,97
08/12	11:45	0,97
08/12	12:00	0,97
08/12	12:15	0,97
08/12	12:30	0,97

08/12	12:45	0,97
08/12	13:00	0,97
08/12	13:15	0,97
08/12	13:30	0,97
08/12	13:45	0,97
08/12	14:00	0,97
08/12	14:15	0,97
08/12	14:30	0,97
08/12	14:45	0,97
08/12	15:00	0,97
08/12	15:15	0,97
08/12	15:30	0,97
08/12	15:45	0,97
08/12	16:00	0,97
08/12	16:15	0,97
08/12	16:30	0,97
08/12	16:45	0,97
08/12	17:00	0,97
08/12	17:15	0,97
08/12	17:30	0,97
08/12	17:45	0,97
08/12	18:00	0,97
08/12	21:15	0,97
08/12	21:30	0,97
08/12	21:45	0,97
08/12	22:00	0,97
08/12	22:15	0,97
08/12	22:30	0,97
08/12	22:45	0,97
08/12	23:00	0,97

08/12	23:15	0,97
08/12	23:30	0,97
08/12	23:45	0,97
09/12	00:00	0,97
09/12	00:15	0,92
09/12	00:30	0,89
09/12	00:45	0,89
09/12	01:00	0,97
09/12	01:15	0,96
09/12	01:30	0,96
09/12	01:45	0,96
09/12	02:00	0,96
09/12	02:15	0,97
09/12	02:30	0,97
09/12	02:45	0,97
09/12	03:00	0,97
09/12	03:15	0,97
09/12	03:30	0,97
09/12	03:45	0,97
09/12	04:00	0,97
09/12	04:15	0,97
09/12	04:30	0,97
09/12	04:45	0,97
09/12	05:00	0,96
09/12	05:15	0,97
09/12	05:30	0,72
09/12	05:45	0,56
09/12	06:00	0,9
09/12	06:15	0,97
09/12	06:30	0,95

09/12	06:45	0,93
09/12	07:00	0,92
09/12	07:15	0,91
09/12	07:30	0,92
09/12	07:45	0,92
09/12	08:00	0,92
09/12	08:15	0,93
09/12	08:30	0,92
09/12	08:45	0,92
09/12	09:00	0,92
09/12	09:15	0,92
09/12	09:30	0,92
09/12	09:45	0,92
09/12	10:00	0,91
09/12	10:15	0,92
09/12	10:30	0,92
09/12	10:45	0,92
09/12	11:00	0,95
09/12	11:15	0,97
09/12	11:30	0,97
09/12	11:45	0,97
09/12	12:00	0,94
09/12	12:15	0,92
09/12	12:30	0,92
09/12	12:45	0,92
09/12	13:00	0,93
09/12	13:15	0,92
09/12	13:30	0,92
09/12	13:45	0,92
09/12	14:00	0,91

09/12	14:15	0,91
09/12	14:30	0,92
09/12	14:45	0,92
09/12	15:00	0,92
09/12	15:15	0,92
09/12	15:30	0,92
09/12	15:45	0,92
09/12	16:00	0,92
09/12	16:15	0,91
09/12	16:30	0,91
09/12	16:45	0,92
09/12	17:00	0,93
09/12	17:15	0,93
09/12	17:30	0,94
09/12	17:45	0,94
09/12	18:00	0,96
09/12	21:15	0,95
09/12	21:30	0,95
09/12	21:45	0,95
09/12	22:00	0,95
09/12	22:15	0,95
09/12	22:30	0,95
09/12	22:45	0,95
09/12	23:00	0,95
09/12	23:15	0,95
09/12	23:30	0,95
09/12	23:45	0,95

Aqui são apresentados os dados para o cálculo dos volumes e do faturamento da empresa de refrigerante no horário fora de ponta.

$$C_{mfp} = 262.603 \text{ KW};$$

$$TC_{fp} = 0,12358 \text{ R\$/KWh};$$

$$D_{Mfp} = 743 \text{ KW};$$

$$TD_{fp} = 8,70 \text{ R\$/KW};$$

$$fc_1 = 0,164136;$$

$$fc_2 = 0,709976;$$

$$fp_1 = 0,56;$$

$$fp_2 = 0,97.$$

Os volumes são obtidos utilizando: fator de carga, fator de potência e faturamento.

O Volume Atual (V_A) determinado pelo A_{fp} -Hiperbolóide de Carga e Potência, para a empresa em estudo no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, representa o volume ocupado pela empresa atualmente. Como $fp_1 < 0,92 < fp_2$, pela fórmula (3.29), tem-se:

$$V_A = \int_{fp_1}^{0,92} \int_{fc_1}^{fc_2} \frac{0,92}{x} \left(TC_{fp} + \frac{TD_{fp}}{664y} \right) \times C_{mfp} dydx + \int_{0,92}^{fp_2} \int_{fc_1}^{fc_2} \left(TC_{fp} + \frac{TD_{fp}}{664y} \right) \times C_{mfp} dydx, \quad (4.34)$$

$$V_A = \int_{0,56}^{0,92} \int_{0,164136}^{0,709976} \frac{0,92}{x} \left(0,12358 + \frac{8,7}{664y} \right) 262.603 dydx + \int_{0,92}^{0,97} \int_{0,164136}^{0,709976} \left(0,12358 + \frac{8,7}{664y} \right) 262.603 dydx$$

$$= 11.529,4 \text{ u.c.} \quad (4.35)$$

O Volume Atual Eficiente (V_{AEf}), determinado pelo A_{fp} -Hiperbolóide de Carga e Potência, para a empresa em estudo no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, representa a melhora que pode haver em relação ao fator de potência. Como $fp_1 < 0,92 < fp_2$, pela fórmula (3.32), tem-se:

$$V_{AEf} = \int_{fp_1}^{0,92} \int_{fc_1}^{fc_2} \frac{0,92}{x} \left(TC_{fp} + \frac{TD_{fp}}{664y} \right) \times C_{mfp} dydx + \int_{0,92}^1 \int_{fc_1}^{fc_2} \left(TC_{fp} + \frac{TD_{fp}}{664y} \right) \times C_{mfp} dydx, \quad (4.36)$$

$$V_{AEf} = \int_{0,56}^{0,92} \int_{0,164136}^{0,709976} \frac{0,92}{x} \left(0,12358 + \frac{8,7}{664y} \right) 262.603 dydx + \int_{0,92}^1 \int_{0,164136}^{0,709976} \left(0,12358 + \frac{8,7}{664y} \right) 262.603 dydx$$

$$= 12.212 \text{ u.c.} \quad (4.37)$$

O Volume Atual Racional (V_{ARac}) determinado pelo A_{fp} -Hiperbolóide de Carga e Potência, para a empresa em estudo no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, representa a melhora que pode haver em relação ao fator de carga; ou seja, procura-se chegar ao maior fator de carga possível. Como $fp_1 < 0,92 < fp_2$, pela fórmula (3.35), tem-se:

$$V_{ARac} = \int_{fp_1}^{0,92} \int_{fc_1}^1 \frac{0,92}{x} \left(TC_{fp} + \frac{TD_{fp}}{664y} \right) \times C_{mfp} dydx + \int_{0,92}^{fp_2} \int_{fc_1}^1 \left(TC_{fp} + \frac{TD_{fp}}{664y} \right) \times C_{mfp} dydx, \quad (4.38)$$

$$V_{ARac} = \int_{0,56}^{0,92} \int_{0,164136}^1 \frac{0,92}{x} \left(0,12358 + \frac{8,7}{664y} \right) 262.603 dydx + \int_{0,92}^{0,97} \int_{0,164136}^1 \left(0,12358 + \frac{8,7}{664y} \right) 262.603 dydx$$

$$= 16.895,9 \text{ u.c.} \quad (4.39)$$

O Volume Eficiente Racional ($V_{Ef/Rac}$) determinado pelo A_{fp} -Hiperbolóide de Carga e Potência, para a empresa em estudo no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, representa a melhora que pode haver do fator de potência e do fator de carga ao mesmo tempo, pois se quer a intersecção da melhor região que se pode obter em relação ao fator de potência e ao fator de carga ao mesmo tempo. Como $fp_1 < 0,92 < fp_2$, pela fórmula (3.38), tem-se:

$$V_{Ef/Rac} = \int_{fp_2}^1 \int_{fc_2}^1 \left(TC_{fp} + \frac{TD_{fp}}{664y} \right) \times C_{mfp} dydx, \quad (4.40)$$

$$V_{Ef/Rac} = \int_{0,97}^1 \int_{0,709976}^1 \left(0,12358 + \frac{8,7}{664y} \right) 262.603 dydx = 317,716 \text{ u.c.} \quad (4.41)$$

O Volume Total Útil (V_{TU}) representa o máximo volume que a empresa pode utilizar. A empresa ao atingir este máximo, estará utilizando a energia da melhor forma possível.

$$V_{TU} = V_{AEf} + V_{ARac} + V_{Ef/Rac} - V_A, \quad (4.42)$$

$$V_{TU} = 12.212 \text{ u.c.} + 16.895,9 \text{ u.c.} + 317,716 \text{ u.c.} - 11.529,4 \text{ u.c.} = 17.896,2 \text{ u.c.} \quad (4.43)$$

A razão V_A/V_{TU} mostra a porcentagem do Volume Total Útil que está sendo ocupado pelo Volume Atual, assim,

$$\frac{V_A}{V_{TU}} = \frac{11.529,4 \text{ u.c.}}{17.896,2 \text{ u.c.}} = 0,644237 \quad (4.44)$$

Tem-se, $V_A = 64,4237\% V_{TU}$.

O complementar dos 64,4237% do V_{TU} , utilizado pelo Volume Atual, é 35,5763% do V_{TU} , e a empresa ao alcançar este aumento de 35,5763% no V_{TU} estará obtendo maiores índices de fator de carga e fator de potência, o que significa que haverá

uma considerável redução na demanda. Como o fator de carga é a relação entre demanda média e demanda máxima medida, se o fator de carga aumenta e o consumo é mantido, então a demanda máxima diminui, ocasionando uma estimável redução na conta a ser paga para a concessionária de energia elétrica.

4.1.5. CÁLCULO DOS VOLUMES DETERMINADOS PELO A_{fp} – HIPERBOLÓIDE DE CARGA E POTÊNCIA ATRAVÉS DO MÉTODO PROPOSTO

Nos cálculos aqui apresentados, procura-se reduzir os gastos da empresa considerada em relação ao fator de potência, pois se este já estiver acima de 0,92, não precisa ser melhorado, pois não há multa.

Para os cálculos serão utilizados os mesmos dados apresentados na seção 4.1.4. Como foi observado em 4.1.2, para o cálculo dos volumes atual eficiente e eficiente racional, que estão apresentados na seção 3.6.2, à diferença está no limite de variação das integrais.

O Volume Atual (V_A) é determinado da mesma maneira que na seção 4.1.4 (ver equação (4.35)).

$$V_A = \int_{0,56}^{0,92} \int_{0,164136}^{0,709976} \frac{0,92}{x} \left(0,12358 + \frac{8,7}{664y} \right) 262.603 dy dx + \int_{0,92}^{0,97} \int_{0,164136}^{0,709976} \left(0,12358 + \frac{8,7}{664y} \right) 262.603 dy dx$$

$$= 11.529,4 \text{ u.c.} \quad (4.45)$$

O Volume Atual Eficiente (V_{AEf}) determinado pelo A_{fp} -Hiperbolóide de Carga e Potência, para a empresa em estudo no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, representa a melhora que pode haver em relação ao fator de potência. De acordo com a proposta feita em 3.6.2, como o fator de potência está no intervalo de 0,56 a 0,97, o objetivo é melhorar somente os fatores de potência que estiverem abaixo de 0,92, pois a partir de 0,92 o fator de potência já está eficiente e não se paga multa. Como $fp_1 < 0,92 < fp_2$, pela fórmula (3.58), tem-se:

$$V_{AEf} = \int_{fp_1}^{0,92} \int_{fc_1}^{fc_2} \frac{0,92}{x} \left(TC_{fp} + \frac{TD_{fp}}{664y} \right) \times C_{mfp} dydx + \int_{0,92}^{fp_2} \int_{fc_1}^{fc_2} \left(TC_{fp} + \frac{TD_{fp}}{664y} \right) \times C_{mfp} dydx, \quad (4.46)$$

$$V_{AEf} = \int_{0,56}^{0,92} \int_{0,164136}^{0,709976} \frac{0,92}{x} \left(0,12358 + \frac{8,7}{664y} \right) 262.603 dydx + \int_{0,92}^{0,97} \int_{0,164136}^{0,709976} \left(0,12358 + \frac{8,7}{664y} \right) 262.603 dydx$$

$$= 11.529,4 \text{ u.c.} \quad (4.47)$$

O Volume Atual Racional (V_{ARac}) é determinado da mesma maneira que na seção 4.1.4 (ver equação (4.39)).

$$V_{ARac} = \int_{0,56}^{0,92} \int_{0,164136}^1 \frac{0,92}{x} \left(0,12358 + \frac{8,7}{664y} \right) 262.603 dydx + \int_{0,92}^1 \int_{0,164136}^1 \left(0,12358 + \frac{8,7}{664y} \right) 262.603 dydx$$

$$= 16.895,9 \text{ u.c.} \quad (4.48)$$

O Volume Eficiente Racional ($V_{Ef/Rac}$) determinado pelo A_{fp} -Hiperbolóide de Carga e Potência, para a empresa em estudo no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, representa a melhora que pode haver do fator de potência e do fator de carga ao mesmo tempo, neste caso será considerado apenas os fatores de potência acima de 0,92. Como $fp_1 < 0,92 < fp_2$, pela fórmula (3.64), tem-se:

$$V_{Ef/Rac} = \int_{0,92}^{fp_2} \int_{fc_2}^1 \left(TC_{fp} + \frac{TD_{fp}}{664y} \right) \times C_{mfp} dydx, \quad (4.49)$$

$$V_{Ef/Rac} = \int_{0,92}^{0,97} \int_{0,709976}^1 \left(0,12358 + \frac{8,7}{664y} \right) 262.603 dydx = 529,527 \text{ u.c.} \quad (4.50)$$

O Volume Total Útil (VT_U) representa o máximo volume que a empresa pode utilizar. A empresa ao atingir este máximo, estará utilizando a energia da melhor forma possível.

$$V_{TU} = V_{AEf} + V_{ARac} + V_{Ef/Rac} - V_A, \quad (4.51)$$

$$V_{TU} = 11.529,4 \text{ u.c.} + 16.895,9 \text{ u.c.} + 529,527 \text{ u.c.} - 11.529,4 \text{ u.c.} = 17.425,4 \text{ u.c.} \quad (4.52)$$

A razão V_A/V_{TU} mostra a porcentagem do Volume Total Útil que está sendo ocupado pelo Volume Atual. Assim,

$$\frac{V_A}{V_{TU}} = \frac{11.529,4 u.c.}{17.529,4 u.c.} = 0,661643 \quad (4.53)$$

Tem-se, $V_A = 66,1643\% V_{TU}$.

O complementar dos 66,1643% do V_{TU} , utilizado pelo Volume Atual, é 33,8357% do V_{TU} . A empresa ao alcançar este aumento de 33,8357% no V_{TU} estará obtendo maiores índices de fator de carga, o que significa que haverá uma considerável redução na demanda, pois um alto fator de carga indica uma racionalidade alta. Como o fator de carga é a relação entre demanda média e demanda máxima medida, se o fator de carga aumenta e o consumo é mantido, então a demanda máxima diminui, ocasionando uma estimável redução no faturamento que deve ser pago a concessionária de energia elétrica.

4.1.6. CÁLCULO DO FATURAMENTO NO HORÁRIO FORA DE PONTA

Nesta seção, serão calculados os valores do faturamento que devem ser pagos à concessionária de energia elétrica. Em um dos cálculos será utilizada a demanda fornecida pela empresa, e no outro será utilizada a nova demanda, sendo esta, menor que a demanda fornecida.

Para o cálculo do faturamento que deve ser pago a concessionária de energia elétrica, na tarifa azul no horário fora de ponta é utilizada a seguinte fórmula:

$$F_{fp} = D_{fatfp} \times TD_{fp} + C_{mfp} \times TC_{fp} + \left(\frac{0,92}{FP_{fp}} - 1 \right) \times C_{mfp} \times TC_{fp} + \left(D_{Mfp} \times \frac{0,92}{FP_{fp}} - D_{fatfp} \right) \times TD_{fp} \quad (4.54)$$

assim, para a empresa de refrigerante no horário fora de ponta, de acordo com os dados fornecidos pela CPFL, com os dados apresentados na Tabela 4.5 e usando a equação (4.33), na seção 4.1.4, tem-se:

$$\begin{aligned} F_{fp} &= 743 \times 8,7 + 262.603 \times 0,12358 + \left(\frac{0,92}{0,56} - 1 \right) \times 262.603 \times 0,12358 \times 0,12358 + \\ &+ \left(743 \times \frac{0,92}{0,56} - 743 \right) \times 8,7 = R\$ 63.934,38 \end{aligned} \quad (4.55)$$

Outra forma para calcular este faturamento é através da fórmula:

$$F_{fp} = \left(\frac{0,92}{x} \right) \left(TC_{fp} + \frac{TD_{fp}}{h_{fp} \times FC_{fp}} \right) \times C_{fp} . \quad (4.56)$$

sendo h_{fp} o número de horas mensal do horário fora de ponta e FC_{fp} é o fator de carga mensal fora de ponta, que é a razão entre a demanda média mensal do horário fora de ponta e a demanda máxima registrada no mesmo horário. Assim,

$$F_{fp} = \left(\frac{0,92}{0,56} \right) \left(0,12358 + \frac{8,7}{664 \times \left(\frac{395,4857}{743} \right)} \right) \times 262603 = R\$ 63.934,38 . \quad (4.57)$$

Para obtenção de redução no faturamento da conta de energia elétrica, é determinada uma nova demanda:

$$FC_{fp} = \frac{D_{fp}}{D_{Mfp}} \Rightarrow D_{Mfp} = \frac{D_{fp}}{FC_{fp}} \quad (4.58)$$

assim, para obter a nova demanda é considerado o maior fator de carga de ponta no período de 05 a 09 de dezembro de 2005 e mantém-se a demanda média, pois a intenção é reduzir a demanda, mantendo o consumo.

$$D_{Mfp1} = \frac{D_{fp}}{Máximo FC_{fp}} \quad (4.59)$$

em que D_{Mfp1} é a nova demanda máxima fora de ponta a ser contratada, e $Máximo FC_{fp}$ = maior fator de carga registrado no horário fora de ponta.

Portanto, utilizando a equação (4.59), a nova demanda será:

$$D_{Mfp1} = \frac{395,4857}{0,709976} \cong 556 \quad (4.60)$$

logo, o novo faturamento que deve ser pago a concessionária será:

$$F_{fp} = 262.602,5 \times 0,12358 + 556 \times 8,7 = R\$ 37.289,62 \quad (4.61)$$

Outro método para se calcular o faturamento que deve ser pago a concessionária é realizado utilizando a fórmula:

$$F_{fp} = \left(0,012358 + \frac{8,7}{664 \times \left(\frac{395,4857}{556} \right)} \right) \times 262603 = R\$37.289,62. \quad (4.62)$$

Este fator de carga mensal é aproximadamente 0,7113, e como afirmado na seção 3.8, quando o fator de potência é menor que 0,92 e calcula-se o novo faturamento, é considerado o maior fator de potência do período. Pois, se este já foi obtido uma vez pode ser obtido mais de uma vez, assim, em vez de considerar o fator de potência 0,56 consideramos o fator de potência 0,97, que não ocasiona multa para a empresa.

A redução no faturamento de R\$ 63.934,38 (da equação (4.55)) para R\$ 37.289,62 (da equação (4.61)) é dada pelo fato de se ter mantido o consumo da empresa no horário fora de ponta, e ter reduzido a demanda máxima de 743 KW para 556 KW.

4.2. EMPRESA FRIGORÍFICA

Nas seções que se seguem, desta seção, serão apresentados os cálculos concernentes aos volumes obtidos com o método de Gabriel e o método proposto para a empresa frigorífica. Apresenta-se também o cálculo do faturamento que deve ser pago por esta empresa a concessionária de energia elétrica.

4.2.1. CÁLCULO DOS VOLUMES DETERMINADOS PELO A_p – HIPERBOLÓIDE DE CARGA E POTÊNCIA ATRAVÉS DO MÉTODO DE GABRIEL

A tarifa de consumo no horário de ponta é $TC_p = 0,22738$ R\$/KWh, a tarifa de demanda no horário de ponta é $TD_p = 29,40$ R\$/KW, as tarifas citadas acima são da CPFL (Companhia Paulista de Força e Luz), Resolução N°. 81/ANEEL/2005 DOU de 08/04/2005.

Os dados relacionados ao cálculo dos volumes; e ao faturamento da conta de energia elétrica, que deve ser pago a concessionária, estão na subseção 4.1.1.

Como o consumo de energia tem o mesmo comportamento para todas as semanas, foi considerado somente uma, e apenas os dias úteis (segunda-feira a sexta-feira).

O consumo da referida semana está representado pela Tabela 4.6, no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, com seus respectivos valores de medição, integralizados de 15 em 15 minutos; de demanda média; demanda máxima; e fator de carga.

Tabela 4.6 – Valores do consumo de energia no horário de ponta no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, para a empresa frigorífica

VALOR KW NO HORÁRIO DE PONTA					
Horário	Dia 05	Dia 06	Dia 07	Dia 08	Dia 09
18:15	2707	2657	2600	2454	2461
18:30	2630	2527	2577	2481	2469
18:45	2600	2531	2569	2481	2454
19:00	2573	2561	2623	2519	2446
19:15	2588	2604	2569	2519	2385
19:30	2642	2596	2596	2561	2385
19:45	2554	2630	2584	2588	2316
20:00	2600	2592	2634	2577	2262
20:15	2484	2550	2515	2504	2231
20:30	2408	2454	2450	2442	2250
20:45	2300	2454	2415	2412	2289
21:00	2511	2911	2557	2557	2534
D_p	2549,75	2588,917	2557,417	2507,917	2373,5
D_{Mp}	2707	2911	2634	2588	2534
FC	0,94191	0,889356	0,970925	0,969056	0,936661

Devido o fato de se estar considerando somente uma semana, temos que a demanda média no horário de ponta, para o mês de dezembro de 2005, é dada através da soma de todas as demandas médias de ponta registradas, no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, divididas pelo número de dias do respectivo período. Pois, se todas as semanas têm o mesmo comportamento, logo, a demanda média semanal ou mensal será a mesma, assim:

$$D_p = 2.515,5 \text{ KW} \quad (4.63)$$

O consumo mensal na tarifa azul no horário de ponta é dado pela demanda média neste horário, vezes o número de horas mensal do horário de ponta.

$$C_p = 2.515,5 \times 66 = 166.023 \text{ KWh} \quad (4.64)$$

Na Tabela 4.7 tem-se os valores do fator de potência, obtidos entre os dias 05 a 09 de dezembro de 2005, no horário de ponta, e o valor do menor fator de potência (Menor *FP*) e o maior fator de potência (Maior *FP*), para cada dia.

Tabela 4.7 – Valores do fator de potência no horário de ponta no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, para a empresa frigorífica.

VALOR DO FATOR DE POTÊNCIA NO HORÁRIO DE PONTA					
Horário	Dia 05	Dia 06	Dia 07	Dia 08	Dia 09
18:15	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99
18:30	0,98	0,99	0,98	0,99	0,99
18:45	0,98	0,99	0,98	0,99	0,99
19:00	0,98	0,99	0,98	0,99	0,99
19:15	0,98	0,98	0,98	0,99	0,99
19:30	0,98	0,98	0,98	0,99	0,99
19:45	0,98	0,98	0,98	0,99	0,99
20:00	0,98	0,98	0,98	0,99	0,99
20:15	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
20:30	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98
20:45	0,96	0,99	0,99	0,99	0,98
21:00	0,94	0,97	0,98	0,98	0,96
Menor <i>FP</i>	0,94	0,97	0,98	0,98	0,96
Maior <i>FP</i>	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99

Aqui são apresentados os dados para o cálculo dos volumes e do faturamento da empresa frigorífica no horário de ponta.

$$C_p = 166.023 \text{ KW};$$

$$TC_p = 0,22738 \text{ R\$/KWh};$$

$$D_{Mp} = 2.911 \text{ KW};$$

$$TD_p = 29,40 \text{ R\$/KW};$$

$$fc_1 = 0,889356;$$

$$fc_2 = 0,970925;$$

$$fp_1 = 0,94;$$

$$fp_2 = 0,99.$$

Os volumes são obtidos utilizando: fator de carga, fator de potência e faturamento.

O Volume Atual (V_A) determinado pelo A_p -Hiperbolóide de Carga e Potência, para a empresa em estudo no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, representa o volume ocupado pela empresa atualmente. Como $\hat{f}p_1 \geq 0,92$, pela fórmula (3.13), tem-se:

$$V_A = \int_{\hat{f}p_1}^{\hat{f}p_2} \int_{\hat{f}c_1}^{\hat{f}c_2} \left(TC_p + \frac{TD_p}{66y} \right) \times C_{mp} dydx, \quad (4.65)$$

$$V_A = \int_{0,94}^{0,99} \int_{0,889356}^{0,970925} \left(0,22738 + \frac{29,4}{66y} \right) 166.023 dydx = 478,449 u.c. \quad (4.66)$$

O Volume Atual Eficiente (V_{AEf}), determinado pelo A_p -Hiperbolóide de Carga e Potência, para a empresa em estudo no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, representa, a melhora que pode haver em relação ao fator de potência. Como $\hat{f}p_1 \geq 0,92$, pela fórmula (3.16), tem-se:

$$V_{AEf} = \int_{\hat{f}p_1}^1 \int_{\hat{f}c_1}^{\hat{f}c_2} \left(TC_p + \frac{TD_p}{66y} \right) \times C_{mp} dydx, \quad (4.67)$$

$$V_{AEf} = \int_{0,94}^1 \int_{0,889356}^{0,970925} \left(0,22738 + \frac{29,4}{66y} \right) 166.023 dydx = 574,139 u.c. \quad (4.68)$$

O Volume Atual Racional (V_{ARac}) determinado pelo A_p -Hiperbolóide de Carga e Potência, para a empresa em estudo no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, representa a melhora que pode haver em relação ao fator de carga; ou seja, procura-se chegar ao maior fator de carga possível. Como $\hat{f}p_1 \geq 0,92$, pela fórmula (3.19), tem-se:

$$V_{ARac} = \int_{\hat{f}p_1}^{\hat{f}p_2} \int_{\hat{f}c_1}^1 \left(TC_p + \frac{TD_p}{66y} \right) \times C_{mp} dydx, \quad (4.69)$$

$$V_{ARac} = \int_{0,94}^{0,99} \int_{0,889356}^1 \left(0,22738 + \frac{29,4}{66y} \right) 166.023 dydx = 642,436 u.c. \quad (4.70)$$

O Volume Eficiente Racional ($V_{Ef/Rac}$) determinado pelo A_p -Hiperbolóide de Carga e Potência, para a empresa em estudo no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, representa a melhora que pode haver do fator de potência e do fator de carga ao mesmo tempo, pois se quer a intersecção da melhor região que se pode obter em relação ao fator de

potência e ao fator de carga ao mesmo tempo. Como $\bar{f}p_1 \geq 0,92$, pela fórmula (3.22), tem-se:

$$V_{Ef/Rac} = \int_{\bar{f}p_2}^1 \int_{\bar{f}c_2}^1 \left(TC_p + \frac{TD_p}{66y} \right) \times C_{mp} dydx, \quad (4.71)$$

$$V_{Ef/Rac} = \int_{0,99}^1 \int_{0,970925}^1 \left(0,22738 + \frac{29,4}{66} \right) 166.023 dydx = 32,7973 u.c. \quad (4.72)$$

O Volume Total Útil (V_{TU}) representa o máximo volume que a empresa pode utilizar. A empresa ao alcançar este máximo, estará utilizando a energia da melhor forma possível.

$$V_{TU} = V_{AEf} + V_{ARac} + V_{Ef/Rac} - V_A, \quad (4.73)$$

$$V_{TU} = 574,139 u.c. + 642,436 u.c. + 32,7973 u.c. - 478,449 u.c. = 770,923 u.c. \quad (4.74)$$

A razão V_A/V_{TU} mostra a porcentagem do Volume Total Útil que está sendo ocupado pelo Volume Atual, assim,

$$\frac{V_A}{V_{TU}} = \frac{478,449 u.c.}{770,923 u.c.} = 0,626018 \quad (4.75)$$

Logo, $V_A = 62,6018\% V_{TU}$.

O complementar dos 62,6018% do V_{TU} , utilizado pelo Volume Atual, é 37,3982% do V_{TU} . A empresa ao alcançar este aumento de 37,3982% no V_{TU} estará obtendo maiores índices de fator de carga, e fator de potência, o que significa que haverá uma considerável redução na demanda, pois um alto fator de potência indica uma eficiência alta, e um alto fator de carga indica uma racionalidade alta. Como o fator de carga é a relação entre demanda média e demanda máxima medida, se o fator de carga aumenta e o consumo é mantido, então a demanda máxima diminui, ocasionando uma estimável redução na conta a ser paga para a concessionária de energia elétrica.

4.2.2. CÁLCULO DOS VOLUMES DETERMINADOS PELO A_p – HIPERBOLÓIDE DE CARGA E POTÊNCIA ATRAVÉS DO MÉTODO PROPOSTO

Na proposta aqui apresentada, procura-se reduzir os gastos da empresa em relação ao fator de potência, pois se este já estiver acima de 0,92, não precisa ser melhorado, pois não há multa.

Para os cálculos serão utilizados os mesmos dados apresentados na seção 4.2.1, a diferença está no limite de variação das integrais, para o cálculo dos volumes atual eficiente e eficiente racional, que estão apresentados na seção 3.6.1.

O Volume Atual (V_A) é determinado da mesma maneira que na seção 4.2.1, (ver fórmula (4.4)), assim,

$$V_A = \int_{0,94}^{0,99} \int_{0,889356}^{0,970925} \left(0,22738 + \frac{29,4}{66y} \right) 166.023 dy dx = 478,449 u.c. \quad (4.76)$$

O Volume Atual Eficiente (V_{AEf}) determinado pelo A_p -Hiperbolóide de Carga e Potência, para a empresa em estudo no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, representa a melhora que pode haver em relação ao fator de potência; de acordo com a proposta feita, como o fator de potência já está acima de 0,92, ele já está eficiente, então não precisa ser melhorado. Como $fp_1 \geq 0,92$, pela fórmula (3.46), tem-se:

$$V_{AEf} = \int_{fp_1}^{fp_2} \int_{fc_1}^{fc_2} \left(TC_p + \frac{TD_p}{66y} \right) \times C_{mp} dy dx, \quad (4.77)$$

$$V_{AEf} = \int_{0,94}^{0,99} \int_{0,889356}^{0,970925} \left(0,22738 + \frac{29,4}{66y} \right) 166.023 dy dx = 478,449 u.c. \quad (4.78)$$

O Volume Atual Racional (V_{ARac}) é determinado da mesma maneira que na seção 4.2.1, (ver fórmula (4.8)), assim,

$$V_{ARac} = \int_{0,94}^{0,99} \int_{0,889356}^1 \left(0,22738 + \frac{29,4}{66y} \right) 166.023 dy dx = 642,436 u.c. \quad (4.79)$$

O Volume Eficiente Racional ($V_{Ef/Rac}$) determinado pelo A_p -Hiperbolóide de Carga e Potência, para a empresa em estudo no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, representa a melhora que pode haver do fator de potência e do fator de carga ao mesmo tempo. Como o fator de potência já está acima de 0,92, ele já está eficiente e não é preciso melhorá-lo, logo só teremos alteração no fator de carga, que deve variar do maior fator de carga encontrado no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, até o fator de carga ideal que é 1. Pois, se quer a intersecção da melhor região que se pode obter em relação ao fator de potência e ao fator de carga ao mesmo tempo. Como $fp_1 \geq 0,92$, pela fórmula (3.52), tem-se:

$$V_{Ef/Rac} = \int_{fp_1}^{fp_2} \int_{fc_2}^1 \left(TC_p + \frac{TD_p}{66y} \right) \times C_{mp} dydx, \quad (4.80)$$

$$V_{Ef/Rac} = \int_{0,94}^{0,99} \int_{0,970925}^1 \left(0,22738 + \frac{29,4}{66y} \right) 166.023 dydx = 163,987 \text{ u.c.} \quad (4.81)$$

O Volume Total Útil (V_{TU}) representa o máximo volume que a empresa pode utilizar. A empresa ao atingir este máximo, estará utilizando a energia da melhor forma possível.

$$V_{TU} = V_{AEf} + V_{ARac} + V_{Ef/Rac} - V_A, \quad (4.82)$$

$$V_{TU} = 478,449 \text{ u.c.} + 642,436 \text{ u.c.} + 136,987 \text{ u.c.} - 478,449 = 806,423 \text{ u.c.} \quad (4.83)$$

A razão V_A/V_{TU} mostra a porcentagem do Volume Total Útil que está sendo ocupado pelo Volume Atual. Assim,

$$\frac{V_A}{V_{TU}} = \frac{478,449 \text{ u.c.}}{806,423 \text{ u.c.}} = 0,593298 \quad (4.84)$$

Tem-se, $V_A = 59,3298\% V_{TU}$.

O complementar dos 59,3298% do V_{TU} , utilizado pelo Volume Atual, é 40,6702% do V_{TU} . A empresa ao alcançar este aumento de 40,6702% no V_{TU} estará obtendo maiores índices de fator de carga, o que significa que haverá uma considerável redução na demanda. Pois, um alto fator de carga indica uma racionalidade alta. Como o fator de carga é a relação entre demanda média e demanda máxima medida, se o fator de carga aumenta e

o consumo é mantido, então a demanda máxima diminui, ocasionando uma estimável redução no faturamento que deve ser pago a concessionária de energia elétrica.

4.2.3. CÁLCULO DO FATURAMENTO NO HORÁRIO DE PONTA

Nesta seção, serão calculados os valores do faturamento que devem ser pagos à concessionária de energia elétrica. Em um dos cálculos será utilizada a demanda fornecida pela empresa, e no outro será utilizada a nova demanda, sendo esta, menor que a demanda fornecida.

O cálculo do faturamento que deve ser pago à concessionária de energia elétrica, na tarifa azul, no horário de ponta é realizado utilizando a seguinte fórmula:

$$F_p = TC_p \times C_p + TD_p \times D_{Mp} \quad (4.85)$$

Assim, para a empresa frigorífica no horário de ponta, de acordo com os dados fornecidos pela CPFL, os dados apresentados na Tabela 4.8 e pela equação (4.64), na seção 4.2.1, tem-se:

$$F_p = 166.023 \times 0,22738 + 2.911 \times 29,4 = R\$123.333,70 \quad (4.86)$$

Para obtenção de redução no faturamento da conta de energia elétrica, encontra-se uma nova demanda:

$$FC_p = \frac{D_p}{D_{Mp}} \Rightarrow D_{Mp} = \frac{D_p}{FC_p} . \quad (4.87)$$

Assim, para obter a nova demanda considera-se o maior fator de carga de ponta no período de 05 a 09 de dezembro de 2005 e mantém-se a demanda média, pois a intenção é reduzir a demanda, mantendo o consumo.

$$D_{Mp1} = \frac{D_p}{\text{Máximo } FC_p} \quad (4.88)$$

Portanto, utilizando a equação (4.88), a nova demanda será:

$$D_{Mpl} = \frac{2515,5}{0,970925} \cong 2.590 \quad (4.89)$$

Logo, o novo faturamento que deve ser pago a concessionária será:

$$F_p = 166.023 \times 0,22738 + 2.590 \times 29,4 = R\$113.896,30 \quad (4.90)$$

A redução no faturamento de R\$ 123.333,70 (da equação (4.86)) para R\$ 113.896,30 (da equação (4.90)) é dada pelo fato de se ter mantido o consumo da empresa no horário de ponta, e ter reduzido a demanda máxima de 2.911 KW para 2.590 KW.

4.2.4. CÁLCULO DOS VOLUMES DETERMINADOS PELO A_{fp} – HIPERBOLÓIDE DE CARGA E POTÊNCIA ATRAVÉS DO MÉTODO DE GABRIEL

A tarifa de consumo no horário fora de ponta é $TC_{fp} = 0,12358$ R\$/KWh, a tarifa de demanda no horário de ponta é $TD_{fp} = 8,70$ R\$/KW, as tarifas citadas acima são da CPFL (Companhia Paulista de Força e Luz), Resolução N° 81/ANEEL/2005 DOU de 08/04/2005.

Os dados relacionados ao cálculo dos volumes; e ao faturamento da conta de energia elétrica que deve ser pago a concessionária, estão na seção 4.1.4.

Como o consumo de energia tem o mesmo comportamento para todas as semanas, foi considerado somente uma, e o consumo da referida semana está representado na Tabela 4.8, no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, com seus respectivos valores de medição, integralizados de 15 em 15 minutos.

Tabela 4.8 – Valores do consumo de energia no horário de ponta no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, para a empresa frigorífica

Data	Hora	KW	05/12	02:00	1617	05/12	04:15	2289	05/12	06:30	3310
05/12	00:00	1478	05/12	02:15	1678	05/12	04:30	2354	05/12	06:45	3337
05/12	00:15	1578	05/12	02:30	1763	05/12	04:45	2335	05/12	07:00	3510
05/12	00:30	1563	05/12	02:45	1839	05/12	05:00	2523	05/12	07:15	3640
05/12	00:45	1590	05/12	03:00	2008	05/12	05:15	2596	05/12	07:30	3763
05/12	01:00	1567	05/12	03:15	2223	05/12	05:30	2684	05/12	07:45	3702
05/12	01:15	1559	05/12	03:30	2266	05/12	05:45	2845	05/12	08:00	3736
05/12	01:30	1605	05/12	03:45	2281	05/12	06:00	3080	05/12	08:15	3732
05/12	01:45	1601	05/12	04:00	2292	05/12	06:15	3203	05/12	08:30	3713

05/12	08:45	3840
05/12	09:00	3756
05/12	09:15	3798
05/12	09:30	3759
05/12	09:45	3683
05/12	10:00	3636
05/12	10:15	3652
05/12	10:30	3686
05/12	10:45	3832
05/12	11:00	3898
05/12	11:15	4051
05/12	11:30	4055
05/12	11:45	3967
05/12	12:00	3924
05/12	12:15	3913
05/12	12:30	3909
05/12	12:45	3775
05/12	13:00	3997
05/12	13:15	3986
05/12	13:30	4093
05/12	13:45	4044
05/12	14:00	3994
05/12	14:15	4020
05/12	14:30	4040
05/12	14:45	4151
05/12	15:00	4147
05/12	15:15	4147
05/12	15:30	4163
05/12	15:45	4093
05/12	16:00	4140
05/12	16:15	4136
05/12	16:30	4128
05/12	16:45	4082
05/12	17:00	3997
05/12	17:15	3798
05/12	17:30	3156
05/12	17:45	2853
05/12	18:00	2742
05/12	21:15	2757
05/12	21:30	3675
05/12	21:45	3713
05/12	22:00	3360
05/12	22:15	3352
05/12	22:30	3752
05/12	22:45	3798

05/12	23:00	3763
05/12	23:15	3690
05/12	23:30	3644
05/12	23:45	3583
06/12	00:00	3625
06/12	00:15	3556
06/12	00:30	3521
06/12	00:45	3475
06/12	01:00	3437
06/12	01:15	3444
06/12	01:30	3425
06/12	01:45	3391
06/12	02:00	3333
06/12	02:15	3099
06/12	02:30	3218
06/12	02:45	3306
06/12	03:00	3272
06/12	03:15	3252
06/12	03:30	3222
06/12	03:45	3149
06/12	04:00	3130
06/12	04:15	3060
06/12	04:30	2899
06/12	04:45	2842
06/12	05:00	3176
06/12	05:15	3272
06/12	05:30	3214
06/12	05:45	3498
06/12	06:00	3713
06/12	06:15	3748
06/12	06:30	3752
06/12	06:45	3882
06/12	07:00	3936
06/12	07:15	3978
06/12	07:30	3971
06/12	07:45	4063
06/12	08:00	4113
06/12	08:15	4236
06/12	08:30	4155
06/12	08:45	4189
06/12	09:00	4201
06/12	09:15	4239
06/12	09:30	4001
06/12	09:45	4063
06/12	10:00	4105

06/12	10:15	4097
06/12	10:30	4040
06/12	10:45	4032
06/12	11:00	4040
06/12	11:15	4086
06/12	11:30	4082
06/12	11:45	3986
06/12	12:00	4028
06/12	12:15	3994
06/12	12:30	3909
06/12	12:45	3994
06/12	13:00	4055
06/12	13:15	4151
06/12	13:30	4293
06/12	13:45	4328
06/12	14:00	4343
06/12	14:15	4362
06/12	14:30	4385
06/12	14:45	4301
06/12	15:00	4236
06/12	15:15	4282
06/12	15:30	4216
06/12	15:45	4128
06/12	16:00	4097
06/12	16:15	4113
06/12	16:30	4097
06/12	16:45	4001
06/12	17:00	3913
06/12	17:15	3882
06/12	17:30	3226
06/12	17:45	2765
06/12	18:00	2734
06/12	21:15	3487
06/12	21:30	3702
06/12	21:45	3732
06/12	22:00	3748
06/12	22:15	3821
06/12	22:30	3836
06/12	22:45	3875
06/12	23:00	3821
06/12	23:15	3848
06/12	23:30	3840
06/12	23:45	3740
07/12	00:00	3763
07/12	00:15	3713

07/12	00:30	3717
07/12	00:45	3644
07/12	01:00	3529
07/12	01:15	3471
07/12	01:30	3410
07/12	01:45	3402
07/12	02:00	3168
07/12	02:15	3103
07/12	02:30	3229
07/12	02:45	3229
07/12	03:00	3260
07/12	03:15	3222
07/12	03:30	3226
07/12	03:45	3168
07/12	04:00	3114
07/12	04:15	3030
07/12	04:30	3007
07/12	04:45	2918
07/12	05:00	3110
07/12	05:15	3053
07/12	05:30	3172
07/12	05:45	3237
07/12	06:00	3533
07/12	06:15	3675
07/12	06:30	3744
07/12	06:45	3852
07/12	07:00	3974
07/12	07:15	4028
07/12	07:30	4109
07/12	07:45	4082
07/12	08:00	4040
07/12	08:15	3974
07/12	08:30	3848
07/12	08:45	3978
07/12	09:00	4017
07/12	09:15	4020
07/12	09:30	4067
07/12	09:45	4070
07/12	10:00	4082
07/12	10:15	4009
07/12	10:30	3959
07/12	10:45	3982
07/12	11:00	3971
07/12	11:15	4032
07/12	11:30	4132

07/12	11:45	4055
07/12	12:00	3997
07/12	12:15	4009
07/12	12:30	3813
07/12	12:45	3871
07/12	13:00	4090
07/12	13:15	4266
07/12	13:30	4305
07/12	13:45	4347
07/12	14:00	4243
07/12	14:15	4312
07/12	14:30	4305
07/12	14:45	4216
07/12	15:00	4205
07/12	15:15	4247
07/12	15:30	4243
07/12	15:45	4170
07/12	16:00	4101
07/12	16:15	4105
07/12	16:30	4097
07/12	16:45	4055
07/12	17:00	3997
07/12	17:15	3951
07/12	17:30	3395
07/12	17:45	2703
07/12	18:00	2527
07/12	21:15	3256
07/12	21:30	3590
07/12	21:45	3656
07/12	22:00	3759
07/12	22:15	3779
07/12	22:30	3786
07/12	22:45	3817
07/12	23:00	3802
07/12	23:15	3779
07/12	23:30	3759
07/12	23:45	3702
08/12	00:00	3675
08/12	00:15	3575
08/12	00:30	3602
08/12	00:45	3564
08/12	01:00	3491
08/12	01:15	3487
08/12	01:30	3406
08/12	01:45	3268

08/12	02:00	3210
08/12	02:15	3130
08/12	02:30	3091
08/12	02:45	3187
08/12	03:00	3133
08/12	03:15	3164
08/12	03:30	3133
08/12	03:45	3076
08/12	04:00	3034
08/12	04:15	2945
08/12	04:30	2915
08/12	04:45	2911
08/12	05:00	3053
08/12	05:15	3110
08/12	05:30	3118
08/12	05:45	3218
08/12	06:00	3525
08/12	06:15	3594
08/12	06:30	3744
08/12	06:45	3805
08/12	07:00	4040
08/12	07:15	4178
08/12	07:30	4097
08/12	07:45	4105
08/12	08:00	3921
08/12	08:15	3932
08/12	08:30	3959
08/12	08:45	3901
08/12	09:00	3971
08/12	09:15	3951
08/12	09:30	3951
08/12	09:45	3944
08/12	10:00	3913
08/12	10:15	3875
08/12	10:30	3863
08/12	10:45	3909
08/12	11:00	3901
08/12	11:15	4024
08/12	11:30	4182
08/12	11:45	4209
08/12	12:00	4155
08/12	12:15	4097
08/12	12:30	4086
08/12	12:45	3997
08/12	13:00	4074

08/12	13:15	4097
08/12	13:30	4305
08/12	13:45	4308
08/12	14:00	4305
08/12	14:15	4381
08/12	14:30	4320
08/12	14:45	4247
08/12	15:00	4163
08/12	15:15	4113
08/12	15:30	4105
08/12	15:45	4005
08/12	16:00	3890
08/12	16:15	3921
08/12	16:30	3836
08/12	16:45	3775
08/12	17:00	3606
08/12	17:15	3610
08/12	17:30	3425
08/12	17:45	2619
08/12	18:00	2527
08/12	21:15	3276
08/12	21:30	3502
08/12	21:45	3713
08/12	22:00	3740
08/12	22:15	3832
08/12	22:30	3828
08/12	22:45	3790
08/12	23:00	3729
08/12	23:15	3671
08/12	23:30	3610
08/12	23:45	3567
09/12	00:00	3548
09/12	00:15	3525
09/12	00:30	3498
09/12	00:45	3372
09/12	01:00	3291
09/12	01:15	3306
09/12	01:30	3306
09/12	01:45	3168
09/12	02:00	3007
09/12	02:15	3003
09/12	02:30	3156
09/12	02:45	3168
09/12	03:00	3149
09/12	03:15	3141

09/12	03:30	3137
09/12	03:45	3084
09/12	04:00	3034
09/12	04:15	2895
09/12	04:30	2915
09/12	04:45	2972
09/12	05:00	3007
09/12	05:15	3095
09/12	05:30	3068
09/12	05:45	3226
09/12	06:00	3533
09/12	06:15	3725
09/12	06:30	3852
09/12	06:45	3878
09/12	07:00	4093
09/12	07:15	4093
09/12	07:30	3990
09/12	07:45	4047
09/12	08:00	4036
09/12	08:15	4059
09/12	08:30	4067
09/12	08:45	4082
09/12	09:00	4132
09/12	09:15	4140
09/12	09:30	4128
09/12	09:45	4132
09/12	10:00	4101
09/12	10:15	4055
09/12	10:30	4036
09/12	10:45	4044
09/12	11:00	3959
09/12	11:15	4001
09/12	11:30	4201
09/12	11:45	4086
09/12	12:00	4013
09/12	12:15	4059
09/12	12:30	4044
09/12	12:45	4036
09/12	13:00	4178
09/12	13:15	4347
09/12	13:30	4374
09/12	13:45	4328
09/12	14:00	4289
09/12	14:15	4239
09/12	14:30	4274

09/12	14:45	4239	09/12	16:30	3959	09/12	21:15	3521	09/12	23:00	3552
09/12	15:00	4174	09/12	16:45	3828	09/12	21:30	3759	09/12	23:15	3483
09/12	15:15	4201	09/12	17:00	3825	09/12	21:45	3775	09/12	23:30	3437
09/12	15:30	4178	09/12	17:15	3690	09/12	22:00	3794	09/12	23:45	3421
09/12	15:45	4124	09/12	17:30	3325	09/12	22:15	3683			
09/12	16:00	3963	09/12	17:45	2611	09/12	22:30	3567			
09/12	16:15	4036	09/12	18:00	2446	09/12	22:45	3564			

A demanda média, a demanda máxima e o fator de carga estão representados na Tabela 4.9.

Tabela 4.9 – Valores da demanda média, demanda máxima e fator de carga no horário fora de ponta no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, para a empresa frigorífica.

	Dia 5	Dia 6	Dia 7	Dia 8	Dia 9
demanda média	3249,857	3771,512	3742,655	3693,036	3700,917
demanda máxima	4163	4385	4347	4381	4374
fator de carga	0,780653	0,860094	0,860974	0,842966	0,846117

Devido o fato de se estar considerando somente uma semana, tem-se que a demanda média no horário fora de ponta, para o mês de dezembro de 2005, é dada através da soma de todas as demandas médias de ponta registradas, no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, divididas pelo número de dias do respectivo período. Pois, se todas as semanas têm o mesmo comportamento. Logo, a demanda média semanal ou mensal será a mesma, assim:

$$D_{fp} = 3.631,595KW \quad (4.91)$$

O consumo mensal na tarifa azul no horário fora de ponta é dado pela demanda média neste horário, multiplicada pelo número de horas mensal do horário de ponta.

$$C_p = 3.631,595 \times 664 = 2.411.379KWh \quad (4.92)$$

Na Tabela 4.10 apresentada abaixo, temos os valores do fator de potência, obtidos entre os dias 05 a 09 de dezembro de 2005, no horário de ponta.

Tabela 4.10 – Valores do fator de potência no horário de ponta no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, para a empresa frigorífica.

Data	Hora	FP	05/12	10:15	0,93	05/12	23:45	0,94	06/12	10:15	0,92
05/12	00:00	0,99	05/12	10:30	0,93	06/12	00:00	0,94	06/12	10:30	0,92
05/12	00:15	0,99	05/12	10:45	0,92	06/12	00:15	0,99	06/12	10:45	0,92
05/12	00:30	0,99	05/12	11:00	0,92	06/12	00:30	0,99	06/12	11:00	0,93
05/12	00:45	0,99	05/12	11:15	0,92	06/12	00:45	0,99	06/12	11:15	0,92
05/12	01:00	0,99	05/12	11:30	0,92	06/12	01:00	0,99	06/12	11:30	0,92
05/12	01:15	0,99	05/12	11:45	0,92	06/12	01:15	0,99	06/12	11:45	0,92
05/12	01:30	0,99	05/12	12:00	0,93	06/12	01:30	0,99	06/12	12:00	0,92
05/12	01:45	0,99	05/12	12:15	0,93	06/12	01:45	0,99	06/12	12:15	0,93
05/12	02:00	0,99	05/12	12:30	0,93	06/12	02:00	0,99	06/12	12:30	0,93
05/12	02:15	0,99	05/12	12:45	0,93	06/12	02:15	0,99	06/12	12:45	0,93
05/12	02:30	0,99	05/12	13:00	0,93	06/12	02:30	0,99	06/12	13:00	0,93
05/12	02:45	0,99	05/12	13:15	0,93	06/12	02:45	0,99	06/12	13:15	0,93
05/12	03:00	0,99	05/12	13:30	0,92	06/12	03:00	0,99	06/12	13:30	0,92
05/12	03:15	0,99	05/12	13:45	0,92	06/12	03:15	0,99	06/12	13:45	0,92
05/12	03:30	0,99	05/12	14:00	0,92	06/12	03:30	0,99	06/12	14:00	0,92
05/12	03:45	0,99	05/12	14:15	0,92	06/12	03:45	0,99	06/12	14:15	0,92
05/12	04:00	0,99	05/12	14:30	0,92	06/12	04:00	0,99	06/12	14:30	0,92
05/12	04:15	0,99	05/12	14:45	0,92	06/12	04:15	0,99	06/12	14:45	0,92
05/12	04:30	0,99	05/12	15:00	0,92	06/12	04:30	0,99	06/12	15:00	0,92
05/12	04:45	0,99	05/12	15:15	0,92	06/12	04:45	0,99	06/12	15:15	0,92
05/12	05:00	0,99	05/12	15:30	0,92	06/12	05:00	0,99	06/12	15:30	0,92
05/12	05:15	0,99	05/12	15:45	0,92	06/12	05:15	0,99	06/12	15:45	0,93
05/12	05:30	0,99	05/12	16:00	0,92	06/12	05:30	0,99	06/12	16:00	0,93
05/12	05:45	0,99	05/12	16:15	0,92	06/12	05:45	0,99	06/12	16:15	0,92
05/12	06:00	0,99	05/12	16:30	0,92	06/12	06:00	0,99	06/12	16:30	0,92
05/12	06:15	0,92	05/12	16:45	0,92	06/12	06:15	0,92	06/12	16:45	0,93
05/12	06:30	0,93	05/12	17:00	0,92	06/12	06:30	0,93	06/12	17:00	0,93
05/12	06:45	0,94	05/12	17:15	0,93	06/12	06:45	0,93	06/12	17:15	0,93
05/12	07:00	0,93	05/12	17:30	0,95	06/12	07:00	0,93	06/12	17:30	0,95
05/12	07:15	0,93	05/12	17:45	0,96	06/12	07:15	0,93	06/12	17:45	0,97
05/12	07:30	0,93	05/12	18:00	0,97	06/12	07:30	0,94	06/12	18:00	0,98
05/12	07:45	0,93	05/12	21:15	0,93	06/12	07:45	0,92	06/12	21:15	0,95
05/12	08:00	0,93	05/12	21:30	0,92	06/12	08:00	0,92	06/12	21:30	0,94
05/12	08:15	0,92	05/12	21:45	0,93	06/12	08:15	0,93	06/12	21:45	0,94
05/12	08:30	0,92	05/12	22:00	0,92	06/12	08:30	0,92	06/12	22:00	0,94
05/12	08:45	0,92	05/12	22:15	0,93	06/12	08:45	0,92	06/12	22:15	0,93
05/12	09:00	0,93	05/12	22:30	0,93	06/12	09:00	0,92	06/12	22:30	0,94
05/12	09:15	0,93	05/12	22:45	0,94	06/12	09:15	0,92	06/12	22:45	0,94
05/12	09:30	0,93	05/12	23:00	0,94	06/12	09:30	0,92	06/12	23:00	0,93
05/12	09:45	0,93	05/12	23:15	0,94	06/12	09:45	0,92	06/12	23:15	0,93
05/12	10:00	0,93	05/12	23:30	0,94	06/12	10:00	0,92	06/12	23:30	0,94

06/12	23:45	0,93
07/12	00:00	0,94
07/12	00:15	0,99
07/12	00:30	0,99
07/12	00:45	0,99
07/12	01:00	0,99
07/12	01:15	0,99
07/12	01:30	0,99
07/12	01:45	0,99
07/12	02:00	0,99
07/12	02:15	0,99
07/12	02:30	0,99
07/12	02:45	0,99
07/12	03:00	0,99
07/12	03:15	0,99
07/12	03:30	0,99
07/12	03:45	0,99
07/12	04:00	0,99
07/12	04:15	0,99
07/12	04:30	0,99
07/12	04:45	0,99
07/12	05:00	0,99
07/12	05:15	0,99
07/12	05:30	0,99
07/12	05:45	0,99
07/12	06:00	0,99
07/12	06:15	0,92
07/12	06:30	0,93
07/12	06:45	0,93
07/12	07:00	0,93
07/12	07:15	0,92
07/12	07:30	0,92
07/12	07:45	0,92
07/12	08:00	0,92
07/12	08:15	0,92
07/12	08:30	0,93
07/12	08:45	0,93
07/12	09:00	0,93
07/12	09:15	0,93
07/12	09:30	0,93
07/12	09:45	0,93
07/12	10:00	0,93
07/12	10:15	0,93
07/12	10:30	0,94
07/12	10:45	0,93

07/12	11:00	0,93
07/12	11:15	0,93
07/12	11:30	0,92
07/12	11:45	0,92
07/12	12:00	0,93
07/12	12:15	0,93
07/12	12:30	0,93
07/12	12:45	0,93
07/12	13:00	0,92
07/12	13:15	0,92
07/12	13:30	0,92
07/12	13:45	0,91
07/12	14:00	0,92
07/12	14:15	0,92
07/12	14:30	0,92
07/12	14:45	0,92
07/12	15:00	0,92
07/12	15:15	0,92
07/12	15:30	0,92
07/12	15:45	0,92
07/12	16:00	0,92
07/12	16:15	0,93
07/12	16:30	0,93
07/12	16:45	0,92
07/12	17:00	0,93
07/12	17:15	0,93
07/12	17:30	0,94
07/12	17:45	0,97
07/12	18:00	0,98
07/12	21:15	0,96
07/12	21:30	0,94
07/12	21:45	0,94
07/12	22:00	0,93
07/12	22:15	0,93
07/12	22:30	0,93
07/12	22:45	0,93
07/12	23:00	0,93
07/12	23:15	0,93
07/12	23:30	0,94
07/12	23:45	0,94
08/12	00:00	0,94
08/12	00:15	0,99
08/12	00:30	0,99
08/12	00:45	0,99
08/12	01:00	0,99

08/12	01:15	0,99
08/12	01:30	0,99
08/12	01:45	0,99
08/12	02:00	0,99
08/12	02:15	0,99
08/12	02:30	0,99
08/12	02:45	0,99
08/12	03:00	0,99
08/12	03:15	0,99
08/12	03:30	0,99
08/12	03:45	0,99
08/12	04:00	0,99
08/12	04:15	0,99
08/12	04:30	0,99
08/12	04:45	0,99
08/12	05:00	0,99
08/12	05:15	0,99
08/12	05:30	0,99
08/12	05:45	0,99
08/12	06:00	0,99
08/12	06:15	0,92
08/12	06:30	0,93
08/12	06:45	0,93
08/12	07:00	0,93
08/12	07:15	0,92
08/12	07:30	0,93
08/12	07:45	0,92
08/12	08:00	0,93
08/12	08:15	0,93
08/12	08:30	0,92
08/12	08:45	0,93
08/12	09:00	0,93
08/12	09:15	0,92
08/12	09:30	0,93
08/12	09:45	0,93
08/12	10:00	0,93
08/12	10:15	0,93
08/12	10:30	0,93
08/12	10:45	0,93
08/12	11:00	0,93
08/12	11:15	0,93
08/12	11:30	0,92
08/12	11:45	0,91
08/12	12:00	0,92
08/12	12:15	0,93

08/12	12:30	0,93
08/12	12:45	0,93
08/12	13:00	0,93
08/12	13:15	0,93
08/12	13:30	0,92
08/12	13:45	0,92
08/12	14:00	0,92
08/12	14:15	0,92
08/12	14:30	0,92
08/12	14:45	0,93
08/12	15:00	0,93
08/12	15:15	0,93
08/12	15:30	0,93
08/12	15:45	0,93
08/12	16:00	0,93
08/12	16:15	0,93
08/12	16:30	0,94
08/12	16:45	0,93
08/12	17:00	0,94
08/12	17:15	0,94
08/12	17:30	0,95
08/12	17:45	0,98
08/12	18:00	0,99
08/12	21:15	0,95
08/12	21:30	0,94
08/12	21:45	0,93
08/12	22:00	0,93
08/12	22:15	0,93
08/12	22:30	0,93
08/12	22:45	0,94
08/12	23:00	0,94
08/12	23:15	0,94
08/12	23:30	0,94
08/12	23:45	0,94
09/12	00:00	0,94
09/12	00:15	0,99
09/12	00:30	0,99
09/12	00:45	0,99
09/12	01:00	0,99
09/12	01:15	0,99
09/12	01:30	0,99
09/12	01:45	0,99
09/12	02:00	0,99
09/12	02:15	0,99
09/12	02:30	0,99

09/12	02:45	0,99	09/12	07:30	0,92	09/12	12:15	0,92	09/12	17:00	0,93
09/12	03:00	0,99	09/12	07:45	0,92	09/12	12:30	0,93	09/12	17:15	0,94
09/12	03:15	0,99	09/12	08:00	0,92	09/12	12:45	0,93	09/12	17:30	0,95
09/12	03:30	0,99	09/12	08:15	0,92	09/12	13:00	0,93	09/12	17:45	0,98
09/12	03:45	0,99	09/12	08:30	0,92	09/12	13:15	0,92	09/12	18:00	0,99
09/12	04:00	0,99	09/12	08:45	0,92	09/12	13:30	0,92	09/12	21:15	0,93
09/12	04:15	0,99	09/12	09:00	0,92	09/12	13:45	0,92	09/12	21:30	0,93
09/12	04:30	0,99	09/12	09:15	0,92	09/12	14:00	0,92	09/12	21:45	0,93
09/12	04:45	0,99	09/12	09:30	0,92	09/12	14:15	0,92	09/12	22:00	0,94
09/12	05:00	0,99	09/12	09:45	0,92	09/12	14:30	0,92	09/12	22:15	0,94
09/12	05:15	0,99	09/12	10:00	0,92	09/12	14:45	0,92	09/12	22:30	0,94
09/12	05:30	0,99	09/12	10:15	0,93	09/12	15:00	0,92	09/12	22:45	0,95
09/12	05:45	0,99	09/12	10:30	0,93	09/12	15:15	0,92	09/12	23:00	0,94
09/12	06:00	0,99	09/12	10:45	0,93	09/12	15:30	0,92	09/12	23:15	0,95
09/12	06:15	0,92	09/12	11:00	0,93	09/12	15:45	0,92	09/12	23:30	0,95
09/12	06:30	0,92	09/12	11:15	0,92	09/12	16:00	0,92	09/12	23:45	0,95
09/12	06:45	0,93	09/12	11:30	0,92	09/12	16:15	0,92			
09/12	07:00	0,92	09/12	11:45	0,92	09/12	16:30	0,92			
09/12	07:15	0,92	09/12	12:00	0,92	09/12	16:45	0,93			

Aqui são apresentados os dados para o cálculo dos volumes e do faturamento da empresa frigorífica no horário fora de ponta.

$$C_{mfp} = 2.411.379 \text{ KW};$$

$$TC_{fp} = 0,12358 \text{ R\$/KWh};$$

$$D_{Mfp} = 4.385 \text{ KW};$$

$$TD_{fp} = 8,70 \text{ R\$/KW};$$

$$fc_1 = 0,780653;$$

$$fc_2 = 0,860974;$$

$$fp_1 = 0,91;$$

$$fp_2 = 0,99.$$

Os volumes são obtidos utilizando: fator de carga, fator de potência e faturamento.

O Volume Atual (V_A) determinado pelo A_{fp} -Hiperbolóide de Carga e Potência, para a empresa em estudo no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, representa o volume ocupado pela empresa atualmente. Como $fp_1 < 0,92 < fp_2$, pela fórmula (3.29), tem-se:

$$V_A = \int_{fp_1}^{0,92} \int_{fc_1}^{fc_2} \frac{0,92}{x} \left(TC_{fp} + \frac{TD_{fp}}{664y} \right) \times C_{mfp} dydx + \int_{0,92}^{fp_2} \int_{fc_1}^{fc_2} \left(TC_{fp} + \frac{TD_{fp}}{664y} \right) \times C_{mfp} dydx, \quad (4.93)$$

$$\begin{aligned} V_A &= \int_{0,910,780653}^{0,920,860974} \frac{0,92}{x} \left(0,12358 + \frac{8,7}{664y} \right) 2.411.379 dydx + \\ &+ \int_{0,920,780653}^{0,990,860974} \left(0,12358 + \frac{8,7}{664y} \right) 2.411.379 dydx \\ &= 2.163,86 \text{ u.c.} \end{aligned} \quad (4.94)$$

O Volume Atual Eficiente (V_{AEf}), determinado pelo A_{fp} -Hiperbolóide de Carga e Potência, para a empresa em estudo no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, representa, a melhora que pode haver em relação ao fator de potência. Como $fp_1 < 0,92 < fp_2$, pela fórmula (3.32), tem-se:

$$V_{AEf} = \int_{fp_1}^{0,92} \int_{fc_1}^{fc_2} \frac{0,92}{x} \left(TC_{fp} + \frac{TD_{fp}}{664y} \right) \times C_{mfp} dydx + \int_{0,92}^1 \int_{fc_1}^{fc_2} \left(TC_{fp} + \frac{TD_{fp}}{664y} \right) \times C_{mfp} dydx, \quad (4.95)$$

$$\begin{aligned} V_{AEf} &= \int_{0,910,780653}^{0,920,860974} \frac{0,92}{x} \left(0,12358 + \frac{8,7}{664y} \right) 2.411.379 dydx + \\ &\int_{0,920,780653}^1 \left(0,12358 + \frac{8,7}{664y} \right) 2.411.379 dydx \\ &= 2.434,15 \text{ u.c.} \end{aligned} \quad (4.96)$$

O Volume Atual Racional (V_{ARac}) determinado pelo A_{fp} -Hiperbolóide de Carga e Potência, para a empresa em estudo no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, representa a melhora que pode haver em relação ao fator de carga; ou seja, procura-se chegar ao maior fator de carga possível. Como $fp_1 < 0,92 < fp_2$, pela fórmula (3.35), tem-se:

$$V_{ARac} = \int_{fp_1}^{0,92} \int_{fc_1}^1 \left(TC_{fp} + \frac{TD_{fp}}{664y} \right) \times C_{mfp} dydx + \int_{0,92}^{0,97} \int_{fc_1}^1 \left(TC_{fp} + \frac{TD_{fp}}{664y} \right) \times C_{mfp} dydx, \quad (4.97)$$

$$\begin{aligned}
V_{ARac} &= \int_{0,91}^{0,92} \int_{0,780653}^1 \frac{0,92}{x} \left(0,12358 + \frac{8,7}{664y} \right) 2.411.379 dy dx + \\
&\int_{0,92}^{0,99} \int_{0,780653}^1 \left(0,12358 + \frac{8,7}{664y} \right) 2.411.379 dy dx \\
&= 5.859,09 \text{ u.c.}
\end{aligned} \tag{4.98}$$

O Volume Eficiente Racional ($V_{Ef/Rac}$) determinado pelo A_{fp} -Hiperbolóide de Carga e Potência, para a empresa em estudo no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, representa a melhora que pode haver do fator de potência e do fator de carga ao mesmo tempo, pois se quer a intersecção da melhor região que se pode obter em relação ao fator de potência e ao fator de carga ao mesmo tempo. Como $fp_1 < 0,92 < fp_2$, pela fórmula (3.38), tem-se:

$$V_{Ef/Rac} = \int_{fp_2}^1 \int_{fc_2}^1 \left(TC_{fp} + \frac{TD_{fp}}{664y} \right) C_{mfp} dy dx, \tag{4.99}$$

$$V_{Ef/Rac} = \int_{0,99}^1 \int_{0,860974}^1 \left(0,12358 + \frac{8,7}{664y} \right) 2.411.379 dy dx = 461,59 \text{ u.c.} \tag{4.100}$$

O Volume Total Útil (V_{TU}) representa o máximo volume que a empresa pode utilizar. A empresa ao atingir este máximo, estará utilizando a energia da melhor forma possível.

$$V_{TU} = V_{AEf} + V_{ARac} + V_{Ef/Rac} - V_A, \tag{4.101}$$

$$V_{TU} = 2.434,15 \text{ u.c.} + 5859,09 \text{ u.c.} + 461,59 \text{ u.c.} - 2.163,86 \text{ u.c.} = 6.590,97 \text{ u.c.} \tag{4.102}$$

A razão V_A/V_{TU} mostra a porcentagem do Volume Total Útil que está sendo ocupado pelo Volume Atual. Assim,

$$\frac{V_A}{V_{TU}} = \frac{2.163,86 \text{ u.c.}}{6.590,97 \text{ u.c.}} = 0,328176 \tag{4.103}$$

Tem-se, $V_A = 32,8176\% V_{TU}$.

O complementar dos 32,8176% do V_{TU} , utilizado pelo Volume Atual, é 67,1824% do V_{TU} . A empresa ao alcançar este aumento de 67,1824% no V_{TU} estará obtendo maiores índices de fator de carga, e fator de potência, o que significa que haverá uma considerável redução na demanda, pois um alto fator de potência indica uma eficiência alta,

e um alto fator de carga indica uma racionalidade alta. Como o fator de carga é a relação entre demanda média e demanda máxima medida, se o fator de carga aumenta e o consumo é mantido, então a demanda máxima diminui, ocasionando uma estimável redução na conta a ser paga para a concessionária de energia elétrica.

4.2.5. CÁLCULO DOS VOLUMES DETERMINADOS PELO A_{fp} – HIPERBOLÓIDE DE CARGA E POTÊNCIA ATRAVÉS DO MÉTODO PROPOSTO

Na proposta aqui apresentada, procura-se reduzir os gastos da empresa em relação ao fator de potência, pois se este já estiver acima de 0,92, não precisa ser melhorado, pois não há multa.

Para os cálculos serão utilizados os mesmos dados apresentados em 4.2.4. Para os cálculos dos volumes, que estão apresentados na seção 3.6.2, a diferença está no limite de variação das integrais.

O Volume Atual (V_A) é determinado da mesma maneira que na seção 4.2.4, assim:

$$V_A = \int_{0,91}^{0,92} \int_{0,780653}^{0,860974} \frac{0,92}{x} \left(0,12358 + \frac{8,7}{664y} \right) 2.411.379 dy dx +$$

$$\int_{0,92}^{0,99} \int_{0,780653}^{0,860974} \left(0,12358 + \frac{8,7}{664y} \right) 2.411.379 dy dx$$

$$= 2.163,86 \text{ u.c.} \quad (4.104)$$

O Volume Atual Eficiente (V_{AEf}) determinado pelo A_{fp} -Hiperbolóide de Carga e Potência, para a empresa em estudo no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, representa a melhora que pode haver em relação ao fator de potência; de acordo com a proposta feita, como o fator de potência está no intervalo de 0,91 a 0,99 o objetivo é melhorar somente os fatores de potência que estiverem abaixo de 0,92, pois a partir de 0,92 o fator de potência já está eficiente e não se paga multa. Como $fp_1 < 0,92 < fp_2$, pela fórmula (3.55), tem-se:

$$V_{AEf} = \int_{fp_1}^{0,92} \int_{fc_1}^{fc_2} \frac{0,92}{x} \left(TC_{fp} + \frac{TD_{fp}}{664y} \right) \times C_{mfp} dydx + \int_{0,92}^{fp_2} \int_{fc_1}^{fc_2} \left(TC_{fp} + \frac{TD_{fp}}{664y} \right) \times C_{mfp} dydx, \quad (4.105)$$

$$\begin{aligned} V_{AEf} &= \int_{0,91}^{0,92} \int_{0,780653}^{0,860974} \frac{0,92}{x} \left(0,12358 + \frac{8,7}{664y} \right) 2.411.379 dydx + \\ &+ \int_{0,92}^{0,99} \int_{0,780653}^{0,860974} \left(0,12358 + \frac{8,7}{664y} \right) 2.411.379 dydx \\ &= 2.163,86 \text{ u.c.} \end{aligned} \quad (4.106)$$

O Volume Atual Racional (V_{ARac}) é determinado da mesma maneira que na seção 4.2.4, assim:

$$\begin{aligned} V_{ARac} &= \int_{0,91}^{0,92} \int_{0,780653}^1 \frac{0,92}{x} \left(0,12358 + \frac{8,7}{664y} \right) 2.411.379 dydx + \\ &+ \int_{0,92}^{0,99} \int_{0,780653}^1 \left(0,12358 + \frac{8,7}{664y} \right) 2.411.379 dydx \\ &= 5.859,09 \text{ u.c.} \end{aligned} \quad (4.107)$$

O Volume Eficiente Racional ($V_{Ef/Rac}$) determinado pelo A_{fp} -Hiperbolóide de Carga e Potência, para a empresa em estudo no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, representa a melhora que pode haver do fator de potência e do fator de carga ao mesmo tempo, pois se quer a intersecção da melhor região que se pode obter em relação ao fator de potência e ao fator de carga ao mesmo tempo. Como $fp_1 < 0,92 < fp_2$, pela fórmula (3.64), tem-se:

$$V_{Ef/Rac} = \int_{fp_1}^{fp_2} \int_{fc_2}^1 \left(TC_{fp} + \frac{TD_{fp}}{664y} \right) C_{mfp} dydx, \quad (4.108)$$

$$V_{Ef/Rac} = \int_{0,92}^{0,99} \int_{0,860974}^1 \left(0,12358 + \frac{8,7}{664y} \right) 2.411.379 dydx = 3.231,13 \text{ u.c.} \quad (4.109)$$

O Volume Total Útil (VT_U) representa o máximo volume que a empresa pode utilizar. A empresa ao atingir este máximo, estará utilizando a energia da melhor forma possível.

$$V_{TU} = V_{AEf} + V_{ARac} + V_{Ef/Rac} - V_A, \quad (4.110)$$

$$V_{TU} = 2.163,86 \text{ u.c.} + 5.859,09 \text{ u.c.} + 3.231,13 \text{ u.c.} - 2.163,86 \text{ u.c.} = 9.090,22 \text{ u.c.} \quad (4.111)$$

A razão V_A/V_{TU} mostra a porcentagem do Volume Total Útil que está sendo ocupado pelo Volume Atual. Assim,

$$\frac{V_A}{V_{TU}} = \frac{2.163,13 u.c.}{9.090,22 u.c.} = 0,238043 \quad (4.112)$$

Tem-se, $V_A = 23,8043\% V_{TU}$.

O complementar dos 23,8043% do V_{TU} , utilizado pelo Volume Atual, é 76,1957% do V_{TU} . A empresa ao alcançar este aumento de 76,1957% no V_{TU} estará obtendo maiores índices de fator de carga, o que significa que haverá uma considerável redução na demanda, pois um alto fator de carga indica uma racionalidade alta. Como o fator de carga é a relação entre demanda média e demanda máxima medida, se o fator de carga aumenta e o consumo é mantido, então a demanda máxima diminui, ocasionando uma estimável redução no faturamento que deve ser pago a concessionária de energia elétrica.

4.2.6. CÁLCULO DO FATURAMENTO NO HORÁRIO FORA DE PONTA

Nesta subseção, serão calculados os valores do faturamento que devem ser pagos à concessionária de energia elétrica. Em um dos cálculos será utilizada a demanda fornecida pela empresa, e no outro será utilizada a nova demanda, sendo esta, menor que a demanda fornecida.

O cálculo do faturamento que deve ser pago a concessionária de energia elétrica, na tarifa azul no horário de ponta é dado por:

$$F_{fp} = D_{fatfp} \times TD_{fp} + C_{mfp} \times TC_{fp} + \left(\frac{0,92}{FP_{fp}} - 1 \right) \times C_{mfp} \times TC_{fp} + \left(D_{Mfp} \times \frac{0,92}{FP_{fp}} - D_{fatfp} \right) \times TD_{fp} \quad (4.113)$$

Assim, para a empresa frigorífica no horário fora de ponta, de acordo com os dados fornecidos pela CPFL, pela Tabela 4.12 e pela equação 4.92, na seção 4.2.4, tem-se:

$$\begin{aligned} F_{fp} &= 4.385 \times 8,7 + 2.411.379 \times 0,12358 + \left(\frac{0,92}{0,91} - 1 \right) \times 2.411.379 \times 0,12358 + \\ &+ \left(4.385 \times \frac{0,92}{0,91} - 4.385 \right) \times 8,7 = R\$ 339.841,65 \end{aligned} \quad (4.114)$$

Para obtenção de redução no faturamento da conta de energia elétrica, determina-se uma nova demanda:

$$FC_{fp} = \frac{D_{fp}}{D_{Mfp}} \Rightarrow D_{Mfp} = \frac{D_{fp}}{FC_{fp}} \quad (4.115)$$

Assim, para obter a nova demanda considera-se o maior fator de carga de ponta no período de 05 a 09 de dezembro de 2005 e mantém-se a demanda média, pois a intenção é reduzir a demanda, mantendo o consumo.

$$D_{Mfp1} = \frac{D_{fp}}{\text{Máximo } FC_{fp}} \quad (4.116)$$

Portanto, utilizando a equação (4.116) a nova demanda será:

$$D_{Mfp1} = \frac{3.631,595}{0,860974} \cong 4.217 \quad (4.117)$$

Logo, o novo faturamento que deve ser pago a concessionária será:

$$F_{fp} = 2.411.379 \times 0,12358 + 4.217 \times 8,7 = R\$ 334.686,12 \quad (4.118)$$

A redução no faturamento de R\$ 339.841,65 (da equação (4.114)) para R\$ 334.686,12 (da equação (4.118)) é dada pelo fato de se ter mantido o consumo da empresa no horário fora de ponta, e ter reduzido a demanda máxima de 4.385 KW para 4.217 KW.

4.3 EMPRESA ALIMENTÍCIA

Nas subseções que se seguem, serão apresentados os cálculos concernentes aos volumes obtidos com os métodos de Gabriel e o método proposto, e o cálculo do faturamento que deve ser pago a concessionária de energia elétrica, para uma empresa do ramo alimentícia.

4.3.1. CÁLCULO DOS VOLUMES DETERMINADOS PELO A_p – HIPERBOLÓIDE DE CARGA E POTÊNCIA ATRAVÉS DO MÉTODO DE GABRIEL

A tarifa de consumo no horário de ponta é $TC_p = 0,22738$ R\$/KWh, a tarifa de demanda no horário de ponta é $TD_p = 29,40$ R\$/KW, as tarifas citadas acima são da CPFL (Companhia Paulista de Força e Luz), Resolução N°. 81/ANEEL/2005 DOU de 08/04/2005.

Os dados relacionados ao cálculo dos volumes; e ao faturamento da conta de energia elétrica, que deve ser pago a concessionária, estão na seção 4.1.1.

Como o consumo de energia tem o mesmo comportamento para todas as semanas, foi considerado somente uma, e apenas os dias úteis (segunda-feira a sexta-feira), e o consumo da referida semana está representado pela Tabela 4.11, no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, com seus respectivos valores de medição, integralizados de 15 em 15 minutos; de demanda média; demanda máxima; e fator de carga.

Tabela 4.11 – Valores do consumo de energia no horário de ponta no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, para a empresa alimentícia

VALOR KW NO HORÁRIO DE PONTA					
Horário	Dia 05	Dia 06	Dia 07	Dia 08	Dia 09
18:15	2602	3005	2842	2880	2918
18:30	2544	2938	2880	2870	2938
18:45	2534	2909	2909	2909	2851
19:00	2506	2832	2822	2851	2832
19:15	2314	2573	2525	2515	2438
19:30	2304	2573	2573	2554	2496
19:45	2352	2611	2659	2659	2544
20:00	2400	2717	2650	2688	2506
20:15	2486	2909	2755	2832	2640
20:30	2304	2794	2669	2736	2640
20:45	2045	2438	2438	2534	2362
21:00	2016	2429	2496	2467	2371
D_p	2367,25	2727,333	2684,833	2707,917	2628
D_{Mp}	2602	3005	2909	2909	2938
FC	0,909781	0,907598	0,92294	0,930875	0,894486

Devido o fato de se estar considerando somente uma semana, temos que a demanda média no horário de ponta, para o mês de dezembro de 2005, é dada através da soma de todas as demandas médias de ponta registradas, no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, divididas pelo número de dias do respectivo período. Pois, se todas as semanas têm o mesmo comportamento, logo, a demanda média semanal ou mensal será a mesma, assim:

$$D_p = 2.623,067 \text{ KW} \quad (4.119)$$

O consumo mensal na tarifa azul no horário de ponta é dado pela demanda média neste horário, multiplicado pelo número de horas mensal do horário de ponta.

$$C_p = 2.623,067 \times 66 = 173.122 \text{ KWh} \quad (4.120)$$

Na Tabela 4.12, tem-se os valores do fator de potência, obtidos entre os dias 05 a 09 de dezembro de 2005, no horário de ponta, e o valor do menor fator de potência (Menor *FP*) e o maior fator de potência (Maior *FP*), para cada dia.

Tabela 4.12 – Valores do fator de potência no horário de ponta no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, para a empresa alimentícia.

VALOR DO FATOR DE POTÊNCIA NO HORÁRIO DE PONTA					
Horário	Dia 05	Dia 06	Dia 07	Dia 08	Dia 09
18:15	0,82	0,82	0,84	0,82	0,83
18:30	0,82	0,82	0,84	0,81	0,84
18:45	0,82	0,82	0,83	0,82	0,83
19:00	0,82	0,82	0,83	0,82	0,83
19:15	0,83	0,82	0,83	0,83	0,85
19:30	0,83	0,83	0,83	0,83	0,85
19:45	0,82	0,82	0,82	0,83	0,84
20:00	0,82	0,82	0,81	0,82	0,83
20:15	0,83	0,83	0,82	0,83	0,84
20:30	0,82	0,83	0,83	0,82	0,84
20:45	0,84	0,84	0,85	0,84	0,83
21:00	0,84	0,83	0,84	0,84	0,83
Menor FP	0,82	0,82	0,81	0,97	0,83
Maior FP	0,84	0,84	0,85	0,97	0,85

Aqui são apresentados os dados para o cálculo dos volumes e do faturamento da empresa alimentícia no horário de ponta.

$$C_{mp} = 173.122 \text{ KW};$$

$$TC_p = 0,22738 \text{ R\$/KWh};$$

$$D_{Mp} = 3.005 \text{ KW};$$

$$TD_p = 29,40 \text{ R\$/KW};$$

$$fc_1 = 0,909746;$$

$$fc_2 = 0,939412;$$

$$fp_1 = 0,81;$$

$fp_2 = 0,85$.

Os volumes são obtidos utilizando: fator de carga, fator de potência e faturamento.

O Volume Atual (V_A) determinado pelo A_p -Hiperbolóide de Carga e Potência, para a empresa em estudo no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, representa o volume ocupado pela empresa atualmente. Como $fp_2 \leq 0,92$, pela fórmula (3.11), tem-se:

$$V_A = \int_{fp_1}^{fp_2} \int_{fc_1}^{fc_2} \frac{0,92}{x} \left(TC_p + \frac{TD_p}{66y} \right) \times C_{mp} dydx, \quad (4.121)$$

$$V_A = \int_{0,810,909746}^{0,850,939412} \int_{0,810,909746}^{0,939412} \frac{0,92}{x} \left(0,22738 + \frac{29,4}{66y} \right) 173.122,4 dydx = 161,526 u.c. \quad (4.122)$$

O Volume Atual Eficiente (V_{AEf}), determinado pelo A_p -Hiperbolóide de Carga e Potência, para a empresa em estudo no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, representa a melhora que pode haver em relação ao fator de potência. Como $fp_2 \leq 0,92$, pela fórmula (3.14), tem-se:

$$V_{AEf} = \int_{fp_1}^{0,92} \int_{fc_1}^{fc_2} \frac{0,92}{x} \left(TC_p + \frac{TD_p}{66y} \right) C_{mp} dydx, \quad (4.123)$$

$$V_{AEf} = \int_{0,810,909746}^{0,920,939412} \int_{0,810,909746}^{0,939412} \frac{0,92}{x} \left(0,22738 + \frac{29,4}{66y} \right) 173.122,4 dydx = 426,717 u.c. \quad (4.124)$$

O Volume Atual Racional (V_{ARac}) determinado pelo A_p -Hiperbolóide de Carga e Potência, para a empresa em estudo no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, representa a melhora que pode haver em relação ao fator de carga; ou seja, procura-se chegar ao maior fator de carga possível. Como $fp_2 \leq 0,92$, pela fórmula (3.17), tem-se:

$$V_{ARac} = \int_{fp_1}^{fp_2} \int_{fc_1}^1 \frac{0,92}{x} \left(TC_p + \frac{TD_p}{66y} \right) C_{mp} dydx, \quad (4.125)$$

$$V_{ARac} = \int_{0,810,909746}^{0,850,939412} \int_{0,810,909746}^1 \frac{0,92}{x} \left(0,22738 + \frac{29,4}{66y} \right) 173.122,4 dydx = 481,038 u.c. \quad (4.126)$$

O Volume Eficiente Racional ($V_{Ef/Rac}$) determinado pelo A_p -Hiperbolóide de Carga e Potência, para a empresa em estudo no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, representa a melhora que pode haver do fator de potência e do fator de carga ao mesmo

tempo, pois se quer a intersecção da melhor região que se pode obter em relação ao fator de potência e ao fator de carga ao mesmo tempo. Como $fp_2 \leq 0,92$, pela fórmula (3.20), tem-se:

$$V_{Ef/Rac} = \int_{fp_2}^{0,92} \int_{fc_2}^1 \frac{0,92}{x} \left(TC_p + \frac{TD_p}{66y} \right) C_{mp} dydx + \int_{0,92}^1 \int_{fc_2}^1 \left(TC_p + \frac{TD_p}{66y} \right) C_{mp} dydx, \quad (4.127)$$

$$V_{Ef/Rac} = \int_{0,85}^{0,92} \int_{0,939412}^1 \frac{0,92}{x} \left(0,22738 + \frac{29,4}{66y} \right) 173.122,4 dydx + \\ + \int_{0,92}^1 \int_{0,939412}^1 \left(0,22738 + \frac{29,4}{66y} \right) 173.122,4 dydx = 1.100,97 \text{ u.c.} \quad (4.128)$$

O Volume Total Útil (V_{TU}) representa o máximo volume que a empresa pode utilizar. A empresa ao atingir este máximo, estará utilizando a energia da melhor forma possível.

$$V_{TU} = V_{Aef} + V_{ARac} + V_{Ef/Rac} - V_A, \quad (4.129)$$

$$V_{TU} = 426,717 \text{ u.c.} + 481,038 \text{ u.c.} + 1.100,97 \text{ u.c.} - 161.526 \text{ u.c.} = 1.847,2 \text{ u.c.} \quad (4.130)$$

A razão V_A/V_{TU} mostra a porcentagem do Volume Total Útil que está sendo ocupado pelo Volume Atual. Assim,

$$\frac{V_A}{V_{TU}} = \frac{161,526 \text{ u.c.}}{1.847,2 \text{ u.c.}} = 0,0874437 \quad (4.131)$$

Tem-se, $V_A = 8,74437\% V_{TU}$.

O complementar dos 8,74437% do V_{TU} , utilizado pelo Volume Atual, é 91,25563% do V_{TU} . A empresa ao alcançar este aumento de 91,25563% no V_{TU} estará obtendo maiores índices de fator de carga, e fator de potência, o que significa que haverá uma considerável redução na demanda. Pois, um alto fator de potência indica uma eficiência alta, e um alto fator de carga indica uma racionalidade alta. Como o fator de carga é a relação entre demanda média e demanda máxima medida, se o fator de carga aumenta e o consumo é mantido, então a demanda máxima diminui, ocasionando uma estimável redução na conta a ser paga para a concessionária.

4.3.2. CÁLCULO DOS VOLUMES DETERMINADOS PELO A_p – HIPERBOLÓIDE DE CARGA E POTÊNCIA ATRAVÉS DO MÉTODO PROPOSTO

Na proposta aqui apresentada, procura-se reduzir os gastos da empresa em relação ao fator de potência, pois se este já estiver acima de 0,92, não precisa ser melhorado, pois não há multa.

Para os cálculos serão utilizados os mesmos dados apresentados na seção 4.3.1. Para os cálculos dos volumes, que estão apresentados na subseção 3.6.1, a diferença está no limite de variação das integrais.

O Volume Atual (V_A) é determinado da mesma maneira que na seção 4.3.1.

$$V_A = \int_{0,81}^{0,85} \int_{0,909746}^{0,939412} \frac{0,92}{x} \left(0,22738 + \frac{29,4}{66y} \right) 173.122,4 dy dx = 161,526 \text{ u.c.} \quad (4.132)$$

O Volume Atual Eficiente (V_{AEf}) é determinado da mesma maneira que na seção 4.3.1, pois neste caso também se está elevando o fator de potência a 0,92 que é o necessário para a empresa não pagar multa na conta de energia elétrica que deve ser paga a concessionária.

$$V_{AEf} = \int_{0,81}^{0,92} \int_{0,909746}^{0,939412} \frac{0,92}{x} \left(0,22738 + \frac{29,4}{66y} \right) 173.122,4 dy dx = 426,717 \text{ u.c.} \quad (4.133)$$

O Volume Atual Racional (V_{ARac}) é determinado da mesma maneira que na seção 4.3.1.

$$V_{ARac} = \int_{0,81}^{0,85} \int_{0,909746}^1 \frac{0,92}{x} \left(0,22738 + \frac{29,4}{66y} \right) 173.122,4 dy dx = 481,038 \text{ u.c.} \quad (4.134)$$

O Volume Eficiente Racional ($V_{Ef/Rac}$) determinado pelo A_p -Hiperbolóide de Carga e Potência, para a empresa em estudo no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, representa a melhora que pode haver do fator de potência e do fator de carga ao mesmo tempo, pois se quer a intersecção da melhor região que se pode obter em relação ao fator de potência e ao fator de carga ao mesmo tempo. Como $fp_2 \leq 0,92$, pela fórmula (3.50), tem-se:

$$V_{Ef/Rac} = \int_{\bar{p}_2}^{0,92} \int_{\bar{c}_2}^1 \frac{0,92}{x} \left(TC_p + \frac{TD_p}{66y} \right) \times C_{mp} dy dx, \quad (4.135)$$

$$V_{Ef/Rac} = \int_{0,85}^{0,92} \int_{0,939412}^1 \frac{0,92}{x} \left(0,22738 + \frac{29,4}{66y} \right) 173.122,4 dy dx = 524,569 \text{ u.c.} \quad (4.136)$$

O Volume Total Útil (V_{TU}) representa o máximo volume que a empresa pode ocupar, ou seja, quando a empresa estiver utilizando 100% do volume total útil, ela estará utilizando a energia da melhor forma possível.

$$V_{TU} = V_{AEf} + V_{ARac} + V_{Ef/Rac} - V_A, \quad (4.137)$$

$$V_{TU} = 426,717 \text{ u.c.} + 481,038 \text{ u.c.} + 524.569 \text{ u.c.} - 161.526 \text{ u.c.} = 1.270,8 \text{ u.c.} \quad (4.138)$$

A razão V_A/V_{TU} mostra a porcentagem do Volume Total Útil que está sendo ocupado pelo Volume Atual. Assim,

$$\frac{V_A}{V_{TU}} = \frac{161,526 \text{ u.c.}}{1.270,8 \text{ u.c.}} = 0,127106 \quad (4.139)$$

Tem-se, $V_A = 12,7106\% V_{TU}$.

O complementar dos 12,7106% do V_{TU} , utilizado pelo Volume Atual, é 87,2894% do V_{TU} . A empresa ao alcançar este aumento de 87,2894% no V_{TU} estará obtendo maiores índices de fator de carga, o que significa que haverá uma considerável redução na demanda. Pois, um alto fator de carga indica uma racionalidade alta. Como o fator de carga é a relação entre demanda média e demanda máxima medida, se o fator de carga aumenta e o consumo é mantido, então a demanda máxima diminui, ocasionando uma estimável redução no faturamento que deve ser pago a concessionária de energia elétrica.

4.3.3. CÁLCULO DO FATURAMENTO NO HORÁRIO DE PONTA

Nesta seção, serão calculados, os valores do faturamento que devem ser pagos à concessionária de energia elétrica; em um dos cálculos será utilizada a demanda fornecida pela empresa, e no outro será utilizada a nova demanda, sendo esta, menor que a demanda fornecida.

O cálculo do faturamento que deve ser pago a concessionária de energia elétrica, na tarifa azul no horário de ponta é dado por:

$$F_p = D_{fatp} \times TD_p + C_{mp} \times TC_p + \left(\frac{0,92}{FP_p} - 1 \right) \times C_{mp} \times TC_p + \left(D_{Mp} \times \frac{0,92}{FP_p} - D_{fatp} \right) \times TD_p \quad (4.140)$$

Assim, para a empresa alimentícia no horário de ponta, de acordo com os dados fornecidos pela CPFL, pela Tabela 4.15 e pela equação (4.119), na seção 4.3.1, tem-se:

$$F_p = 3.005 \times 29,4 + 173.122,4 \times 0,22738 + \left(\frac{0,92}{0,81} - 1 \right) \times 173.122,4 \times 0,22738 + \left(3.005 \times \frac{0,92}{0,81} - 3.005 \right) \times 29,4 = R\$145.055,10 \quad (4.141)$$

Para obtenção de redução no faturamento da conta de energia elétrica, determina-se uma nova demanda:

$$FC_p = \frac{D_p}{D_{Mp}} \Rightarrow D_{Mp} = \frac{D_p}{FC_p} \quad (4.142)$$

Assim, para obter a nova demanda considera-se o maior fator de carga de ponta período de 05 a 09 de dezembro de 2005 e mantém-se a demanda média, pois a intenção é reduzir a demanda, mantendo o consumo.

$$D_{Mp1} = \frac{D_p}{Máximo FC_p} \quad (4.143)$$

Portanto, utilizando a equação 4.143, a nova demanda será

$$D_{Mp1} = \frac{2.623,067}{0,939412} \cong 2.792 \quad (4.144)$$

Logo, o novo faturamento que deve ser pago a concessionária será:

$$F_p = 2.792 \times 29,4 + 173.122,4 \times 0,22738 + \left(\frac{0,92}{0,85} - 1 \right) \times 173.122,4 \times 0,22738 + \left(2.792 \times \frac{0,92}{0,85} - 2.792 \right) \times 29,4 = R\$131.451,10 \quad (4.145)$$

A redução no faturamento de R\$ 145.055,10 (da equação (4.141)) para R\$ 131.451,10 (da equação (4.145)) é dada pelo fato de se ter mantido o consumo da empresa no horário de ponta, e ter reduzido a demanda máxima de 3.005KW para 2.792 KW.

4.3.4. CÁLCULO DOS VOLUMES DETERMINADOS PELO A_{fp} – HIPERBOLÓIDE DE CARGA E POTÊNCIA ATRAVÉS DO MÉTODO DE GABRIEL

Tem-se que a tarifa de consumo no horário fora de ponta é $TC_{fp} = 0,12358$ R\$/KWh, a tarifa de demanda no horário de ponta é $TD_{fp} = 8,70$ R\$/KW, as tarifas citadas acima são da CPFL (Companhia Paulista de Força e Luz), Resolução N° 81/ANEEL/2005 DOU de 08/04/2005.

Os dados relacionados ao cálculo dos volumes; e ao faturamento da conta de energia elétrica, que deve ser pago a concessionária, estão na seção 4.1.4.

Como o consumo de energia tem o mesmo comportamento para todas as semanas, foi considerado somente uma, e o consumo da referida semana está representado na Tabela 4.13, no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, com seus respectivos valores de medição, integralizados de 15 em 15 minutos.

Tabela 4.13 – Valores do consumo de energia no horário fora de ponta no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, para a empresa alimentícia.

Data	Hora	KW	05/12	05:00	1229	05/12	10:15	2611	05/12	15:30	2448
05/12	00:00	1267	05/12	05:15	1286	05/12	10:30	2563	05/12	15:45	2515
05/12	00:15	1344	05/12	05:30	1334	05/12	10:45	2458	05/12	16:00	2602
05/12	00:30	1315	05/12	05:45	1373	05/12	11:00	2410	05/12	16:15	2669
05/12	00:45	1306	05/12	06:00	1363	05/12	11:15	2102	05/12	16:30	2669
05/12	01:00	1258	05/12	06:15	1373	05/12	11:30	2093	05/12	16:45	2746
05/12	01:15	1258	05/12	06:30	1344	05/12	11:45	2141	05/12	17:00	2698
05/12	01:30	1296	05/12	06:45	1373	05/12	12:00	2285	05/12	17:15	2640
05/12	01:45	1258	05/12	07:00	1430	05/12	12:15	2506	05/12	17:30	2582
05/12	02:00	1210	05/12	07:15	1642	05/12	12:30	2381	05/12	17:45	2189
05/12	02:15	1267	05/12	07:30	1930	05/12	12:45	2054	05/12	18:00	2534
05/12	02:30	1277	05/12	07:45	2323	05/12	13:00	1920	05/12	21:15	2189
05/12	02:45	1229	05/12	08:00	2448	05/12	13:15	1862	05/12	21:30	2275
05/12	03:00	1277	05/12	08:15	2486	05/12	13:30	1920	05/12	21:45	2659
05/12	03:15	1277	05/12	08:30	2525	05/12	13:45	2026	05/12	22:00	2698
05/12	03:30	1277	05/12	08:45	2563	05/12	14:00	2160	05/12	22:15	2707
05/12	03:45	1229	05/12	09:00	2525	05/12	14:15	2371	05/12	22:30	2717
05/12	04:00	1238	05/12	09:15	2602	05/12	14:30	2400	05/12	22:45	2707
05/12	04:15	1306	05/12	09:30	2602	05/12	14:45	2458	05/12	23:00	2746
05/12	04:30	1286	05/12	09:45	2582	05/12	15:00	2467	05/12	23:15	2688
05/12	04:45	1267	05/12	10:00	2582	05/12	15:15	2630	05/12	23:30	2640

05/12	23:45	2774
06/12	00:00	2765
06/12	00:15	2803
06/12	00:30	2803
06/12	00:45	2851
06/12	01:00	2918
06/12	01:15	2890
06/12	01:30	2832
06/12	01:45	2842
06/12	02:00	2870
06/12	02:15	2765
06/12	02:30	2650
06/12	02:45	2410
06/12	03:00	2237
06/12	03:15	2150
06/12	03:30	2016
06/12	03:45	1882
06/12	04:00	1862
06/12	04:15	1862
06/12	04:30	1872
06/12	04:45	1949
06/12	05:00	2141
06/12	05:15	2179
06/12	05:30	2189
06/12	05:45	2141
06/12	06:00	2150
06/12	06:15	2198
06/12	06:30	2208
06/12	06:45	2160
06/12	07:00	2054
06/12	07:15	1939
06/12	07:30	2333
06/12	07:45	2707
06/12	08:00	2851
06/12	08:15	2890
06/12	08:30	2899
06/12	08:45	2976
06/12	09:00	3005
06/12	09:15	2995
06/12	09:30	3120
06/12	09:45	3120
06/12	10:00	3139
06/12	10:15	3130
06/12	10:30	3062
06/12	10:45	2995

06/12	11:00	2918
06/12	11:15	2592
06/12	11:30	2534
06/12	11:45	2496
06/12	12:00	2515
06/12	12:15	2813
06/12	12:30	2736
06/12	12:45	2477
06/12	13:00	2419
06/12	13:15	2333
06/12	13:30	2352
06/12	13:45	2438
06/12	14:00	2438
06/12	14:15	2842
06/12	14:30	2909
06/12	14:45	2966
06/12	15:00	3014
06/12	15:15	3082
06/12	15:30	2851
06/12	15:45	2947
06/12	16:00	2947
06/12	16:15	3034
06/12	16:30	3120
06/12	16:45	3082
06/12	17:00	3005
06/12	17:15	3082
06/12	17:30	2928
06/12	17:45	2506
06/12	18:00	2918
06/12	21:15	2621
06/12	21:30	2698
06/12	21:45	2918
06/12	22:00	2938
06/12	22:15	2870
06/12	22:30	2976
06/12	22:45	2947
06/12	23:00	2976
06/12	23:15	2918
06/12	23:30	2918
06/12	23:45	3072
07/12	00:00	3072
07/12	00:15	3130
07/12	00:30	3158
07/12	00:45	3101
07/12	01:00	3091

07/12	01:15	3101
07/12	01:30	3082
07/12	01:45	3014
07/12	02:00	2870
07/12	02:15	2851
07/12	02:30	2736
07/12	02:45	2496
07/12	03:00	2294
07/12	03:15	2362
07/12	03:30	2266
07/12	03:45	1978
07/12	04:00	1968
07/12	04:15	1891
07/12	04:30	1891
07/12	04:45	2054
07/12	05:00	2141
07/12	05:15	2246
07/12	05:30	2198
07/12	05:45	2237
07/12	06:00	2237
07/12	06:15	2275
07/12	06:30	2237
07/12	06:45	2198
07/12	07:00	2054
07/12	07:15	1843
07/12	07:30	2342
07/12	07:45	2582
07/12	08:00	2890
07/12	08:15	3005
07/12	08:30	3139
07/12	08:45	3110
07/12	09:00	3139
07/12	09:15	3101
07/12	09:30	3082
07/12	09:45	3072
07/12	10:00	3062
07/12	10:15	3110
07/12	10:30	3091
07/12	10:45	3216
07/12	11:00	3206
07/12	11:15	2736
07/12	11:30	2717
07/12	11:45	2746
07/12	12:00	2736
07/12	12:15	2880

07/12	12:30	2851
07/12	12:45	2582
07/12	13:00	2515
07/12	13:15	2314
07/12	13:30	2371
07/12	13:45	2496
07/12	14:00	2602
07/12	14:15	2928
07/12	14:30	2986
07/12	14:45	3014
07/12	15:00	3072
07/12	15:15	3043
07/12	15:30	2803
07/12	15:45	2899
07/12	16:00	2794
07/12	16:15	2842
07/12	16:30	2890
07/12	16:45	2938
07/12	17:00	2947
07/12	17:15	2861
07/12	17:30	2784
07/12	17:45	2467
07/12	18:00	2669
07/12	21:15	2621
07/12	21:30	2640
07/12	21:45	3014
07/12	22:00	3120
07/12	22:15	3139
07/12	22:30	3062
07/12	22:45	3043
07/12	23:00	3034
07/12	23:15	2966
07/12	23:30	2909
07/12	23:45	2822
08/12	00:00	2794
08/12	00:15	2832
08/12	00:30	2784
08/12	00:45	2803
08/12	01:00	2918
08/12	01:15	2957
08/12	01:30	2938
08/12	01:45	2986
08/12	02:00	2966
08/12	02:15	2938
08/12	02:30	2813

08/12	02:45	2400
08/12	03:00	2304
08/12	03:15	2275
08/12	03:30	2246
08/12	03:45	1987
08/12	04:00	2026
08/12	04:15	1958
08/12	04:30	1968
08/12	04:45	2045
08/12	05:00	2227
08/12	05:15	2246
08/12	05:30	2237
08/12	05:45	2208
08/12	06:00	2285
08/12	06:15	2266
08/12	06:30	2208
08/12	06:45	2208
08/12	07:00	2054
08/12	07:15	1939
08/12	07:30	2342
08/12	07:45	2822
08/12	08:00	2995
08/12	08:15	3024
08/12	08:30	3110
08/12	08:45	3139
08/12	09:00	3178
08/12	09:15	3197
08/12	09:30	3053
08/12	09:45	3139
08/12	10:00	3187
08/12	10:15	3082
08/12	10:30	3053
08/12	10:45	3091
08/12	11:00	2995
08/12	11:15	2659
08/12	11:30	2650
08/12	11:45	2650
08/12	12:00	2726
08/12	12:15	2851
08/12	12:30	2822

08/12	12:45	2554
08/12	13:00	2467
08/12	13:15	2400
08/12	13:30	2410
08/12	13:45	2544
08/12	14:00	2582
08/12	14:15	2803
08/12	14:30	2909
08/12	14:45	3091
08/12	15:00	3120
08/12	15:15	3091
08/12	15:30	2784
08/12	15:45	3072
08/12	16:00	3101
08/12	16:15	3091
08/12	16:30	3043
08/12	16:45	3110
08/12	17:00	3082
08/12	17:15	3024
08/12	17:30	2899
08/12	17:45	2486
08/12	18:00	2765
08/12	21:15	2534
08/12	21:30	2611
08/12	21:45	2918
08/12	22:00	2890
08/12	22:15	2909
08/12	22:30	2995
08/12	22:45	3014
08/12	23:00	3062
08/12	23:15	2976
08/12	23:30	2813
08/12	23:45	2890
09/12	00:00	2947
09/12	00:15	2928
09/12	00:30	3024
09/12	00:45	3053
09/12	01:00	3072
09/12	01:15	2966
09/12	01:30	2976

09/12	01:45	2909
09/12	02:00	2928
09/12	02:15	2870
09/12	02:30	2755
09/12	02:45	2448
09/12	03:00	2429
09/12	03:15	2419
09/12	03:30	2304
09/12	03:45	1987
09/12	04:00	2122
09/12	04:15	2122
09/12	04:30	2102
09/12	04:45	2189
09/12	05:00	2390
09/12	05:15	2390
09/12	05:30	2362
09/12	05:45	2400
09/12	06:00	2371
09/12	06:15	2400
09/12	06:30	2314
09/12	06:45	2333
09/12	07:00	2102
09/12	07:15	1978
09/12	07:30	2429
09/12	07:45	2784
09/12	08:00	2957
09/12	08:15	2986
09/12	08:30	2995
09/12	08:45	3043
09/12	09:00	3101
09/12	09:15	3091
09/12	09:30	3062
09/12	09:45	3014
09/12	10:00	3110
09/12	10:15	3120
09/12	10:30	3034
09/12	10:45	2947
09/12	11:00	2995
09/12	11:15	2698
09/12	11:30	2659

09/12	11:45	2755
09/12	12:00	2765
09/12	12:15	2995
09/12	12:30	2794
09/12	12:45	2477
09/12	13:00	2381
09/12	13:15	2429
09/12	13:30	2458
09/12	13:45	2573
09/12	14:00	2650
09/12	14:15	2928
09/12	14:30	3034
09/12	14:45	3043
09/12	15:00	3034
09/12	15:15	3024
09/12	15:30	2794
09/12	15:45	2995
09/12	16:00	2966
09/12	16:15	2995
09/12	16:30	3005
09/12	16:45	3024
09/12	17:00	2976
09/12	17:15	2966
09/12	17:30	2861
09/12	17:45	2544
09/12	18:00	2909
09/12	21:15	2563
09/12	21:30	2688
09/12	21:45	2957
09/12	22:00	2938
09/12	22:15	2794
09/12	22:30	2813
09/12	22:45	2803
09/12	23:00	2899
09/12	23:15	2909
09/12	23:30	2870
09/12	23:45	2870

A demanda média, a demanda máxima e o fator de carga estão representados na Tabela 4.14.

Tabela 4.14 – Valores da demanda média, demanda máxima e fator de carga no horário fora de ponta no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, para a empresa alimentícia.

	Dia 5	Dia 6	Dia 7	Dia 8	Dia 9
demanda média	2038,893	2666,143	2727,048	2721,679	2739,214
demanda máxima	2774	3139	3216	3197	3120
fator de carga	0,735001	0,849361	0,847963	0,851323	0,877953

Devido o fato de se estar considerando somente uma semana, tem-se que a demanda média no horário fora de ponta, para o mês de dezembro de 2005, é dada através da soma de todas as demandas médias de ponta registradas, no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, divididas pelo número de dias do respectivo período. Pois, se todas as semanas têm o mesmo comportamento. Logo, a demanda média semanal ou mensal será a mesma, assim:

$$D_p = 2.578,595 \text{ KW} \quad (4.146)$$

O consumo mensal na tarifa azul no horário fora de ponta é dado pela demanda média neste horário, multiplicado pelo número de horas mensal do horário de ponta.

$$C_p = 2.578,595 \times 664 = 1.172.187 \text{ KWh} \quad (4.147)$$

Na tabela 4.15, tem-se os valores do fator de potência, obtidos entre os dias 05 a 09 de dezembro de 2005, no horário fora de ponta.

Tabela 4.15 – Valores do fator de potência no horário fora de ponta no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, para a empresa alimentícia.

Data	Hora	FP	05/12	02:45	0,82	05/12	05:45	0,82	05/12	08:45	0,81
05/12	00:00	0,83	05/12	03:00	0,82	05/12	06:00	0,82	05/12	09:00	0,81
05/12	00:15	0,82	05/12	03:15	0,82	05/12	06:15	0,82	05/12	09:15	0,82
05/12	00:30	0,82	05/12	03:30	0,83	05/12	06:30	0,82	05/12	09:30	0,81
05/12	00:45	0,82	05/12	03:45	0,83	05/12	06:45	0,81	05/12	09:45	0,81
05/12	01:00	0,8	05/12	04:00	0,83	05/12	07:00	0,8	05/12	10:00	0,81
05/12	01:15	0,83	05/12	04:15	0,84	05/12	07:15	0,8	05/12	10:15	0,82
05/12	01:30	0,82	05/12	04:30	0,84	05/12	07:30	0,82	05/12	10:30	0,81
05/12	01:45	0,82	05/12	04:45	0,82	05/12	07:45	0,83	05/12	10:45	0,81
05/12	02:00	0,82	05/12	05:00	0,82	05/12	08:00	0,82	05/12	11:00	0,82
05/12	02:15	0,82	05/12	05:15	0,82	05/12	08:15	0,81	05/12	11:15	0,82
05/12	02:30	0,83	05/12	05:30	0,81	05/12	08:30	0,82	05/12	11:30	0,82

05/12	11:45	0,81
05/12	12:00	0,81
05/12	12:15	0,82
05/12	12:30	0,81
05/12	12:45	0,8
05/12	13:00	0,82
05/12	13:15	0,81
05/12	13:30	0,81
05/12	13:45	0,84
05/12	14:00	0,83
05/12	14:15	0,83
05/12	14:30	0,83
05/12	14:45	0,82
05/12	15:00	0,82
05/12	15:15	0,82
05/12	15:30	0,8
05/12	15:45	0,82
05/12	16:00	0,82
05/12	16:15	0,82
05/12	16:30	0,82
05/12	16:45	0,82
05/12	17:00	0,82
05/12	17:15	0,83
05/12	17:30	0,82
05/12	17:45	0,83
05/12	18:00	0,82
05/12	21:15	0,84
05/12	21:30	0,83
05/12	21:45	0,83
05/12	22:00	0,82
05/12	22:15	0,81
05/12	22:30	0,81
05/12	22:45	0,81
05/12	23:00	0,82
05/12	23:15	0,83
05/12	23:30	0,82
05/12	23:45	0,82
06/12	00:00	0,83
06/12	00:15	0,84
06/12	00:30	0,83
06/12	00:45	0,83
06/12	01:00	0,83
06/12	01:15	0,83
06/12	01:30	0,83
06/12	01:45	0,82

06/12	02:00	0,82
06/12	02:15	0,81
06/12	02:30	0,81
06/12	02:45	0,82
06/12	03:00	0,83
06/12	03:15	0,82
06/12	03:30	0,82
06/12	03:45	0,81
06/12	04:00	0,81
06/12	04:15	0,81
06/12	04:30	0,81
06/12	04:45	0,82
06/12	05:00	0,84
06/12	05:15	0,85
06/12	05:30	0,84
06/12	05:45	0,83
06/12	06:00	0,83
06/12	06:15	0,85
06/12	06:30	0,85
06/12	06:45	0,83
06/12	07:00	0,83
06/12	07:15	0,82
06/12	07:30	0,85
06/12	07:45	0,82
06/12	08:00	0,82
06/12	08:15	0,83
06/12	08:30	0,82
06/12	08:45	0,82
06/12	09:00	0,82
06/12	09:15	0,83
06/12	09:30	0,82
06/12	09:45	0,81
06/12	10:00	0,82
06/12	10:15	0,82
06/12	10:30	0,82
06/12	10:45	0,81
06/12	11:00	0,81
06/12	11:15	0,83
06/12	11:30	0,82
06/12	11:45	0,81
06/12	12:00	0,81
06/12	12:15	0,83
06/12	12:30	0,83
06/12	12:45	0,8
06/12	13:00	0,82

06/12	13:15	0,81
06/12	13:30	0,82
06/12	13:45	0,82
06/12	14:00	0,83
06/12	14:15	0,84
06/12	14:30	0,83
06/12	14:45	0,81
06/12	15:00	0,82
06/12	15:15	0,83
06/12	15:30	0,83
06/12	15:45	0,82
06/12	16:00	0,81
06/12	16:15	0,82
06/12	16:30	0,82
06/12	16:45	0,81
06/12	17:00	0,82
06/12	17:15	0,82
06/12	17:30	0,82
06/12	17:45	0,82
06/12	18:00	0,83
06/12	21:15	0,84
06/12	21:30	0,84
06/12	21:45	0,82
06/12	22:00	0,82
06/12	22:15	0,83
06/12	22:30	0,82
06/12	22:45	0,82
06/12	23:00	0,81
06/12	23:15	0,82
06/12	23:30	0,82
06/12	23:45	0,82
07/12	00:00	0,82
07/12	00:15	0,83
07/12	00:30	0,83
07/12	00:45	0,83
07/12	01:00	0,82
07/12	01:15	0,83
07/12	01:30	0,83
07/12	01:45	0,83
07/12	02:00	0,82
07/12	02:15	0,83
07/12	02:30	0,83
07/12	02:45	0,84
07/12	03:00	0,83
07/12	03:15	0,84

07/12	03:30	0,83
07/12	03:45	0,82
07/12	04:00	0,82
07/12	04:15	0,82
07/12	04:30	0,83
07/12	04:45	0,83
07/12	05:00	0,83
07/12	05:15	0,84
07/12	05:30	0,83
07/12	05:45	0,83
07/12	06:00	0,83
07/12	06:15	0,84
07/12	06:30	0,84
07/12	06:45	0,82
07/12	07:00	0,8
07/12	07:15	0,81
07/12	07:30	0,83
07/12	07:45	0,82
07/12	08:00	0,79
07/12	08:15	0,81
07/12	08:30	0,82
07/12	08:45	0,82
07/12	09:00	0,81
07/12	09:15	0,81
07/12	09:30	0,81
07/12	09:45	0,82
07/12	10:00	0,81
07/12	10:15	0,82
07/12	10:30	0,82
07/12	10:45	0,83
07/12	11:00	0,81
07/12	11:15	0,83
07/12	11:30	0,82
07/12	11:45	0,8
07/12	12:00	0,81
07/12	12:15	0,83
07/12	12:30	0,83
07/12	12:45	0,82
07/12	13:00	0,83
07/12	13:15	0,81
07/12	13:30	0,82
07/12	13:45	0,83
07/12	14:00	0,82
07/12	14:15	0,83
07/12	14:30	0,83

07/12	14:45	0,83
07/12	15:00	0,83
07/12	15:15	0,83
07/12	15:30	0,81
07/12	15:45	0,82
07/12	16:00	0,82
07/12	16:15	0,82
07/12	16:30	0,82
07/12	16:45	0,82
07/12	17:00	0,82
07/12	17:15	0,82
07/12	17:30	0,82
07/12	17:45	0,85
07/12	18:00	0,83
07/12	21:15	0,83
07/12	21:30	0,84
07/12	21:45	0,83
07/12	22:00	0,83
07/12	22:15	0,82
07/12	22:30	0,83
07/12	22:45	0,83
07/12	23:00	0,84
07/12	23:15	0,83
07/12	23:30	0,83
07/12	23:45	0,82
08/12	00:00	0,82
08/12	00:15	0,82
08/12	00:30	0,82
08/12	00:45	0,82
08/12	01:00	0,83
08/12	01:15	0,84
08/12	01:30	0,83
08/12	01:45	0,84
08/12	02:00	0,84
08/12	02:15	0,82
08/12	02:30	0,82
08/12	02:45	0,83
08/12	03:00	0,83
08/12	03:15	0,82
08/12	03:30	0,83
08/12	03:45	0,82
08/12	04:00	0,83
08/12	04:15	0,82
08/12	04:30	0,83
08/12	04:45	0,82

08/12	05:00	0,84
08/12	05:15	0,83
08/12	05:30	0,85
08/12	05:45	0,85
08/12	06:00	0,85
08/12	06:15	0,84
08/12	06:30	0,83
08/12	06:45	0,83
08/12	07:00	0,82
08/12	07:15	0,8
08/12	07:30	0,81
08/12	07:45	0,81
08/12	08:00	0,8
08/12	08:15	0,8
08/12	08:30	0,81
08/12	08:45	0,83
08/12	09:00	0,82
08/12	09:15	0,81
08/12	09:30	0,8
08/12	09:45	0,8
08/12	10:00	0,81
08/12	10:15	0,8
08/12	10:30	0,81
08/12	10:45	0,81
08/12	11:00	0,8
08/12	11:15	0,82
08/12	11:30	0,81
08/12	11:45	0,8
08/12	12:00	0,8
08/12	12:15	0,82
08/12	12:30	0,81
08/12	12:45	0,81
08/12	13:00	0,82
08/12	13:15	0,82
08/12	13:30	0,82
08/12	13:45	0,83
08/12	14:00	0,83
08/12	14:15	0,83
08/12	14:30	0,83
08/12	14:45	0,82
08/12	15:00	0,81
08/12	15:15	0,8
08/12	15:30	0,79
08/12	15:45	0,81
08/12	16:00	0,81

08/12	16:15	0,81
08/12	16:30	0,8
08/12	16:45	0,81
08/12	17:00	0,81
08/12	17:15	0,81
08/12	17:30	0,8
08/12	17:45	0,83
08/12	18:00	0,82
08/12	21:15	0,84
08/12	21:30	0,83
08/12	21:45	0,82
08/12	22:00	0,82
08/12	22:15	0,82
08/12	22:30	0,81
08/12	22:45	0,81
08/12	23:00	0,81
08/12	23:15	0,82
08/12	23:30	0,82
08/12	23:45	0,82
09/12	00:00	0,82
09/12	00:15	0,82
09/12	00:30	0,82
09/12	00:45	0,82
09/12	01:00	0,82
09/12	01:15	0,82
09/12	01:30	0,81
09/12	01:45	0,81
09/12	02:00	0,82
09/12	02:15	0,82
09/12	02:30	0,82
09/12	02:45	0,83
09/12	03:00	0,83
09/12	03:15	0,83
09/12	03:30	0,83
09/12	03:45	0,82
09/12	04:00	0,82
09/12	04:15	0,83
09/12	04:30	0,81
09/12	04:45	0,82
09/12	05:00	0,84
09/12	05:15	0,85
09/12	05:30	0,85
09/12	05:45	0,85
09/12	06:00	0,85
09/12	06:15	0,86

09/12	06:30	0,85
09/12	06:45	0,83
09/12	07:00	0,83
09/12	07:15	0,82
09/12	07:30	0,82
09/12	07:45	0,82
09/12	08:00	0,82
09/12	08:15	0,82
09/12	08:30	0,82
09/12	08:45	0,8
09/12	09:00	0,81
09/12	09:15	0,81
09/12	09:30	0,82
09/12	09:45	0,82
09/12	10:00	0,83
09/12	10:15	0,83
09/12	10:30	0,82
09/12	10:45	0,82
09/12	11:00	0,82
09/12	11:15	0,84
09/12	11:30	0,83
09/12	11:45	0,82
09/12	12:00	0,82
09/12	12:15	0,84
09/12	12:30	0,83
09/12	12:45	0,82
09/12	13:00	0,84
09/12	13:15	0,84
09/12	13:30	0,83
09/12	13:45	0,83
09/12	14:00	0,84
09/12	14:15	0,84
09/12	14:30	0,83
09/12	14:45	0,81
09/12	15:00	0,82
09/12	15:15	0,82
09/12	15:30	0,82
09/12	15:45	0,81
09/12	16:00	0,82
09/12	16:15	0,82
09/12	16:30	0,82
09/12	16:45	0,82
09/12	17:00	0,82
09/12	17:15	0,82
09/12	17:30	0,83

09/12	17:45	0,83
09/12	18:00	0,82
09/12	21:15	0,84
09/12	21:30	0,84

09/12	21:45	0,84
09/12	22:00	0,82
09/12	22:15	0,83
09/12	22:30	0,83

09/12	22:45	0,83
09/12	23:00	0,82
09/12	23:15	0,83
09/12	23:30	0,83

09/12	23:45	0,84
-------	-------	------

Os dados para o cálculo dos volumes e do faturamento da empresa alimentícia no horário fora de ponta são:

$$C_{mfp} = 1.712.187 \text{ KW};$$

$$TC_{fp} = 0,12358 \text{ R\$/KWh};$$

$$D_{Mfp} = 3.216 \text{ KW};$$

$$TD_{fp} = 8,70 \text{ R\$/KW};$$

$$fc_1 = 0,732778;$$

$$fc_2 = 0,8759;$$

$$fp_1 = 0,79;$$

$$fp_2 = 0,86.$$

Os volumes são obtidos utilizando: fator de carga, fator de potência e faturamento.

O Volume Atual (V_A) determinado pelo A_{fp} -Hiperbolóide de Carga e Potência, para a empresa em estudo no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, representa o volume ocupado pela empresa atualmente. Como $fp_2 \leq 0,92$, pela fórmula (3.28), tem-se:

$$V_A = \int_{fp_1}^{fp_2} \int_{fc_1}^{fc_2} \left(TC_{fp} + \frac{TD_{fp}}{664y} \right) \times C_{mfp} dydx, \quad (4.148)$$

$$V_A = \int_{0,79}^{0,86} \int_{0,732778}^{0,8759} \frac{0,92}{x} \left(0,12358 + \frac{8,7}{664y} \right) 1.712.187 dydx = 2.673 \text{ u.c.} \quad (4.149)$$

O Volume Atual Eficiente (V_{AEf}), determinado pelo A_{fp} -Hiperbolóide de Carga e Potência, para a empresa em estudo no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, representa a melhora que pode haver em relação ao fator de potência. Como $fp_2 \leq 0,92$, pela fórmula (3.31), tem-se:

$$V_{AEf} = \int_{fp_1}^{0,92} \int_{fc_1}^{fc_2} \left(TC_{fp} + \frac{TD_{fp}}{664y} \right) \times C_{mfp} dydx, \quad (4.150)$$

$$V_{AEf} = \int_{0,79}^{0,92} \int_{0,732778}^{0,8759} \frac{0,92}{x} \left(0,12358 + \frac{8,7}{664y} \right) 1.712.187 dy dx = 4.796,34 \text{ u.c} \quad (4.151)$$

O Volume Atual Racional (V_{ARac}) determinado pelo A_{fp} -Hiperbolóide de Carga e Potência, para a empresa em estudo no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, representa a melhora que pode haver em relação ao fator de carga; ou seja, procura-se chegar ao maior fator de carga possível. Como $fp_2 \leq 0,92$, pela fórmula (3.34), tem-se:

$$V_{ARac} = \int_{fp_1}^{fp_2} \int_{fc_1}^1 \left(TC_{fp} + \frac{TD_{fp}}{664y} \right) \times C_{mfp} dy dx, \quad (4.152)$$

$$V_{ARac} = \int_{0,79}^{0,86} \int_{0,732778}^1 \frac{0,92}{x} \left(0,12358 + \frac{8,7}{664y} \right) 1.712.187 dy dx = 4.951,92 \text{ u.c} \quad (4.153)$$

O Volume Eficiente Racional ($V_{Ef/Rac}$) determinado pelo A_{fp} -Hiperbolóide de Carga e Potência, para a empresa em estudo no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, representa a melhora que pode haver do fator de potência e do fator de carga ao mesmo tempo, pois se quer a intersecção da melhor região que se pode obter em relação ao fator de potência e ao fator de carga ao mesmo tempo. Como $fp_2 \leq 0,92$, pela fórmula (3.37), tem-se:

$$V_{Ef/Rac} = \int_{fp_2}^{0,92} \int_{fc_2}^1 \frac{0,92}{x} \left(TC_{fp} + \frac{TD_{fp}}{664y} \right) \times C_{mfp} dy dx + \int_{0,92}^1 \int_{fc_2}^1 \left(TC_{fp} + \frac{TD_{fp}}{664y} \right) \times C_{mfp} dy dx \quad (4.154)$$

$$V_{Ef/Rac} = \int_{0,86}^{0,92} \int_{0,8759}^1 \frac{0,92}{x} \left(0,12358 + \frac{8,7}{664y} \right) 1.712.187 dy dx + \\ + \int_{0,92}^1 \int_{0,8759}^1 \left(0,12358 + \frac{8,7}{664y} \right) 1.712.187 dy dx = 4.144,44 \text{ u.c.} \quad (4.155)$$

O Volume Total Útil (VT_U) representa o máximo volume que a empresa pode utilizar. A empresa ao atingir este máximo, estará utilizando a energia da melhor forma possível.

$$V_{TU} = V_{AEf} + V_{ARac} + V_{Ef/Rac} - V_A, \quad (4.156)$$

$$V_{TU} = 4.796,34 \text{ u.c.} + 4.951,92 \text{ u.c.} + 4.144,44 \text{ u.c.} - 2.673 \text{ u.c.} = 11.219,7 \text{ u.c.} \quad (4.157)$$

A razão V_A/V_{TU} mostra a porcentagem do Volume Total Útil que está sendo ocupado pelo Volume Atual. Assim,

$$\frac{V_A}{V_{TU}} = \frac{2.673 u.c.}{11.219,7 u.c.} = 0,238242 \quad (4.158)$$

Tem-se, $V_A = 23,8242\% V_{TU}$.

O complementar dos 23,8242% do V_{TU} , utilizado pelo Volume Atual, é 76,1758% do V_{TU} . A empresa ao alcançar este aumento de 76,1758% no V_{TU} estará obtendo maiores índices de fator de carga, e fator de potência, o que significa que haverá uma considerável redução na demanda, pois um alto fator de potência indica uma eficiência alta, e um alto fator de carga indica uma racionalidade alta. Como o fator de carga é a relação entre demanda média e demanda máxima medida, se o fator de carga aumenta e o consumo é mantido, então a demanda máxima diminui, ocasionando uma estimável redução na conta a ser paga para a concessionária.

4.3.5. CÁLCULO DOS VOLUMES DETERMINADOS PELO A_{fp} – HIPERBOLÓIDE DE CARGA E POTÊNCIA ATRAVÉS DO MÉTODO PROPOSTO

Na proposta aqui apresentada, procura-se reduzir os gastos da empresa em relação ao fator de potência, pois se este já estiver acima de 0,92, não precisa ser melhorado, pois não há multa.

Para os cálculos serão utilizados os mesmos dados apresentados na seção 4.3.4, a diferença está no limite de variação das integrais, para os cálculos dos volumes, que estão apresentados na seção 3.6.1.

O Volume Atual (V_A) é determinado da mesma maneira que na seção 4.3.4.

$$V_A = \int_{0,79}^{0,86} \int_{0,732778}^{0,8759} \frac{0,92}{x} \left(0,12358 + \frac{8,7}{664y} \right) 1.712.187 dy dx = 2.673 u.c. \quad (4.159)$$

O Volume Atual Eficiente (V_{AEf}) é determinado da mesma maneira que na seção 4.3.4, pois neste caso também se está elevando o fator de potência a 0,92 que é o necessário para a empresa não pagar multa na conta de energia elétrica que deve ser paga a concessionária da mesma.

$$V_{AEf} = \int_{0,79}^{0,92} \int_{0,732778}^{0,8759} \frac{0,92}{x} \left(0,12358 + \frac{8,7}{664y} \right) 1.712.187 dy dx = 4.796,34 \text{ u.c} \quad (4.160)$$

O Volume Atual Racional (V_{ARac}) é determinado da mesma maneira que na seção 4.3.4.

$$V_{ARac} = \int_{0,79}^{0,86} \int_{0,732778}^1 \frac{0,92}{x} \left(0,12358 + \frac{8,7}{664y} \right) 1.712.187 dy dx = 4.951,92 \text{ u.c} \quad (4.161)$$

O Volume Eficiente Racional ($V_{Ef/Rac}$) determinado pelo A_{fp} -Hiperbolóide de Carga e Potência, para a empresa em estudo no período de 05 a 09 de dezembro de 2005, representa a melhora que pode haver do fator de potência e do fator de carga ao mesmo tempo, pois se quer a intersecção da melhor região que se pode obter em relação ao fator de potência e ao fator de carga ao mesmo tempo. Como $fp_2 \leq 0,92$, pela fórmula (3.63), tem-se:

$$V_{Ef/Rac} = \int_{fp_1}^{0,92} \int_{fc_2}^1 \frac{0,92}{x} \left(TC_{fp} + \frac{TD_{fp}}{664y} \right) \times C_{mfp} dy dx, \quad (4.162)$$

$$V_{Ef/Rac} = \int_{0,86}^{0,92} \int_{0,8759}^1 \frac{0,92}{x} \left(0,12358 + \frac{8,7}{664y} \right) 1.712.187 dy dx = 1.810,3 \text{ u.c} \quad (4.163)$$

O Volume Total Útil (V_{TU}) representa o máximo volume que a empresa pode utilizar. A empresa ao atingir este máximo, estará utilizando a energia da melhor forma possível.

$$V_{TU} = V_{AEf} + V_{ARac} + V_{Ef/Rac} - V_A, \quad (4.164)$$

$$V_{TU} = 4.796,34 \text{ u.c.} + 4.951,92 \text{ u.c.} + 1.810,3 \text{ u.c.} - 2.673 \text{ u.c.} = 8.885,56 \text{ u.c.} \quad (4.165)$$

A razão V_A/V_{TU} mostra a porcentagem do Volume Total Útil que está sendo ocupado pelo Volume Atual. Assim,

$$\frac{V_A}{V_{TU}} = \frac{2.673 \text{ u.c.}}{8.885,56 \text{ u.c.}} = 0,300825 \quad (4.166)$$

Tem-se, $V_A = 30,0825\% V_{TU}$.

O complementar dos 30,0825% do V_{TU} , utilizado pelo Volume Atual, é 69,9175% do V_{TU} , e a empresa ao alcançar este aumento de 69,9175% no V_{TU} estará obtendo maiores índices de fator de carga, o que significa que haverá uma considerável

redução na demanda, pois um alto fator de carga indica uma racionalidade alta. Como o fator de carga é a relação entre demanda média e demanda máxima medida, se o fator de carga aumenta e o consumo é mantido, então a demanda máxima diminui, ocasionando uma estimável redução no faturamento que deve ser pago a concessionária de energia elétrica.

4.3.6. CÁLCULO DO FATURAMENTO NO HORÁRIO FORA DE PONTA

Nesta seção, serão calculados, os valores do faturamento que devem ser pagos à concessionária de energia elétrica; em um dos cálculos será utilizada a demanda fornecida pela empresa, e no outro será utilizada a nova demanda, sendo esta, menor que a demanda fornecida.

O cálculo do faturamento que deve ser pago a concessionária de energia elétrica, na tarifa azul no horário de ponta é dado por:

$$F_{fp} = D_{fatfp} \times TD_{fp} + C_{mfp} \times TC_{fp} + \left(\frac{0,92}{FP_{fp}} - 1 \right) \times C_{mfp} \times TC_{fp} + \left(D_{Mfp} \times \frac{0,92}{FP_{fp}} - D_{fatfp} \right) \times TD_{fp} \quad (4.167)$$

Assim, para a empresa alimentícia no horário fora de ponta, de acordo com os dados fornecidos pela CPFL, os dados apresentados na Tabela 4.19 e pela fórmula (4.146), na seção 4.3.4, tem-se:

$$F_{fp} = 3.216 \times 8,7 + 1.712.187 \times 0,12358 + \left(\frac{0,92}{0,79} - 1 \right) \times 1.712.187 \times 0,12358 + \left(3.216 \times \frac{0,92}{0,79} - 3.216 \right) \times 8,7 = R\$ 278.994,40 \quad (4.168)$$

Para obtenção de redução no faturamento da conta de energia elétrica, determina-se uma nova demanda:

$$FC_{fp} = \frac{D_{fp}}{D_{Mfp}} \Rightarrow D_{Mfp} = \frac{D_{fp}}{FC_{fp}} \quad (4.169)$$

Assim, para obter a nova demanda considera-se o maior fator de carga fora de ponta período de 05 a 09 de dezembro de 2005 e mantém-se a demanda média, pois a intenção é reduzir a demanda, mantendo o consumo.

$$D_{Mfp1} = \frac{D_{fp}}{Máximo FC_{fp}} \quad (4.170)$$

Portanto, utilizando a equação (4.170), a nova demanda será:

$$D_{Mfp1} = \frac{2.578,595}{0,8759} \cong 2.943 \quad (4.171)$$

Logo, o novo faturamento que deve ser pago a concessionária será:

$$F_{fp} = 2.943 \times 8,7 + 1.712.187 \times 0,12358 + \left(\frac{0,92}{0,86} - 1 \right) \times 1.712.187 \times 0,12358 +$$

$$\left(2.943 \times \frac{0,92}{0,86} - 2.943 \right) \times 8,7 = R\$ 253.744,80 \quad (4.172)$$

A redução no faturamento de R\$ 278.994,40 (da equação (4.168)) para R\$ 253.744,80 (da equação (4.172)) é dada pelo fato de se ter mantido o consumo da empresa no horário fora de ponta, e ter reduzido a demanda máxima de 4.385 KW para 4.217 KW.

5. ANÁLISE E DISCUSSÃO

5.1. AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS E ANÁLISES EM RELAÇÃO AOS VOLUMES DETERMINADOS PELO K-HIPERBOLÓIDE DE CARGA E POTÊNCIA

5.1.1. COMPARAÇÃO ENTRE O MÉTODO DE GABRIEL E O MÉTODO PROPOSTO NO HORÁRIO DE PONTA PARA A EMPRESA DE REFRIGERANTE

Na Tabela 5.1, são apresentados os dados comparativos entre os volumes obtidos pelo método de Gabriel e o método proposto, a razão entre o volume atual e o volume total útil, e o complementar desta razão para se chegar a 1, ou seja, aos 100% que a empresa pode vir a utilizar.

Tabela 5.1 – Comparação entre o método de Gabriel e o método proposto no horário de ponta, para a empresa de refrigerante.

	Método de Gabriel	Método Proposto
Volume Atual (V_A)	29,9359 u. c.	29,9359 u. c.
Volume Atual Eficiente (V_{AEf})	74,8397 u. c.	29,9359 u. c.
Volume Atual Racional (V_{ARac})	60,6871 u. c.	60,6871 u. c.
Volume Eficiente Racional ($V_{Ef/Rac}$)	46,1269 u. c.	30,7513 u. c.
Volume Total Útil (V_{TU})	151,718 u. c.	91,4384 u. c.
V_A / V_{TU}	0,197313	0,327389
Complementar de V_A / V_{TU}	0,802687	0,672611

O método proposto apresenta melhores resultados que o método de Gabriel, pois o volume atual neste ocupa 32,7389% do V_{TU} , enquanto no método de Gabriel o volume atual está usando uma região que corresponde a 19,7313% do V_{TU} . O que quer dizer, que para se utilizar a energia da melhor maneira possível no método de Gabriel é preciso melhorar o volume total útil em 80,2687%, enquanto no método proposto é preciso melhorar apenas 67,2611% do V_{TU} . Considerando o fato de se tratar da mesma empresa, estudada no período de 05 a 09 de dezembro de 2005 no horário de ponta, e o fato do fator de potência ser maior que 0,92, o custo para aumentar em 67,2611% o V_{TU} é menor do que para aumentar em 80,2687% o V_{TU} , pois o volume atual é o mesmo para os dois métodos. A diferença é que no método de Gabriel o volume a ser alcançado é maior do que no método proposto, pois de acordo com o método proposto não é preciso melhorar o fator de potência, pois este já está eficiente. Mas no método de Gabriel procura-se chegar ao fator de potência 1, o que é desnecessário, pois o dispêndio financeiro que se tem para melhorar este fator de potência não trará nenhum benefício para a empresa. No método de Gabriel, o volume total útil que a empresa pode atingir é maior que no método proposto, mas não há necessidade disto, pois de acordo com o método proposto o volume total útil representa o máximo que uma empresa pode alcançar sem ter gastos relacionados a fator de potência acima de 0,92.

5.1.2. COMPARAÇÃO ENTRE O MÉTODO DE GABRIEL E O MÉTODO PROPOSTO NO HORÁRIO FORA DE PONTA PARA A EMPRESA DE REFRIGERANTE

Na Tabela 5.2, está à comparação entre os volumes obtidos pelo método de Gabriel e o método proposto, a razão entre o volume atual e o volume total útil, e o complementar desta razão para se chegar a 1, que é o máximo que a empresa pode atingir.

Tabela 5.2 – Comparação entre o método de Gabriel e o método proposto no horário fora de ponta, para a empresa de refrigerante

	Método de Gabriel	Método Proposto
Volume Atual (V_A)	11.529,4 u. c.	11.529,4 u. c.
Volume Atual Eficiente (V_{AEf})	12.212 u. c.	11.529 u. c.
Volume Atual Racional (V_{ARac})	16.895,9 u. c.	16.895,9 u. c.
Volume Eficiente Racional ($V_{Ef/Rac}$)	317,716 u. c.	529,527 u. c.
Volume Total Útil (V_{TU})	17.896,2 u. c.	17.425,4 u. c.
V_A / V_{TU}	0,644237	0,661643
Complementar de V_A / V_{TU}	0,355763	0,338357

O método proposto apresenta melhores resultados que o método de Gabriel, pois o volume atual neste ocupa 66,1643% do V_{TU} , enquanto no método de Gabriel o volume atual está usando uma região que corresponde a 64,4237% do V_{TU} . O que quer dizer, que para se utilizar a energia da melhor maneira possível no método de Gabriel é preciso melhorar o volume total útil em 35,5763%, enquanto no método proposto é preciso melhorar apenas 33,8357% do V_{TU} . Considerando o fato de se tratar da mesma empresa, estudada no período de 05 a 09 de dezembro de 2005 no horário de ponta, e o fato do fator de potência estar variando entre 0,56 a 0,97, o custo para aumentar em 33,8357% o V_{TU} é menor do que para aumentar em 35,5763% o V_{TU} , pois o volume atual é o mesmo para os dois métodos. A diferença é que no método de Gabriel o volume a ser alcançado é maior do que no método proposto, pois de acordo com o método proposto só é preciso melhorar o fator de potência que está abaixo de 0,92, pois o que está acima deste já é eficiente, enquanto no método de Gabriel melhora-se também o fator de potência que está acima de 0,92, o que é desnecessário, pois se já está eficiente, não existe vantagens em melhorá-lo.

No método de Gabriel, o volume total útil que a empresa pode atingir é maior que no método proposto, mas não há necessidade disto, pois de acordo com o método proposto o volume total útil representa o máximo que uma empresa pode alcançar sem ter gastos relacionados a fator de potência acima de 0,92.

5.1.3. COMPARAÇÃO ENTRE O MÉTODO DE GABRIEL E O MÉTODO PROPOSTO NO HORÁRIO DE PONTA PARA A EMPRESA FRIGORÍFICA

Na Tabela 5.3, está à comparação entre os volumes obtidos pelo método de Gabriel e o método proposto, a razão entre o volume atual e o volume total útil, e o complementar desta razão para se chegar a 1.

Tabela 5.3 – Comparação entre o método de Gabriel e o método proposto no horário de ponta, para a empresa frigorífica

	Método de Gabriel	Método Proposto
Volume Atual (V_A)	478,449 u. c.	478,449 u. c.
Volume Atual Eficiente (V_{AEf})	574,139 u. c.	478,449 u. c.
Volume Atual Racional (V_{ARac})	642,436 u. c.	642,436 u. c.
Volume Eficiente Racional ($V_{Ef/Rac}$)	32,7973 u. c.	163,987 u. c.
Volume Total Útil (V_{TU})	770,923 u. c.	806,423 u. c.
V_A / V_{TU}	0,620618	0,593298
Complementar de V_A / V_{TU}	0,373982	0,406702

O método proposto apresenta melhores resultados que o método de Gabriel, pois no método proposto o volume total útil que pode ser obtido pela empresa é maior que no método de Gabriel, assim a empresa pode ter uma melhora maior. Nos dois métodos haverá gastos iguais relacionados ao fator de carga, a diferença é que no método proposto não se tem gasto com fator de potência.

5.1.4. COMPARAÇÃO ENTRE O MÉTODO DE GABRIEL E O MÉTODO PROPOSTO NO HORÁRIO FORA DE PONTA PARA A EMPRESA FRIGORÍFICA

Na Tabela 5.4, está à comparação entre os volumes obtidos pelo método de Gabriel e o método proposto, a razão entre o volume atual e o volume total útil, e o complementar desta razão para se chegar a 1.

Tabela 5.4 – Comparação entre o método de Gabriel e o método proposto no horário fora de ponta, para a empresa frigorífica.

	Método de Gabriel	Método Proposto
Volume Atual (V_A)	2.163,86 u. c.	2.163,86 u. c.
Volume Atual Eficiente (V_{AEf})	2.434,15 u. c.	2.163,86 u. c.
Volume Atual Racional (V_{ARac})	5.859,09 u. c.	5.859,09 u. c.
Volume Eficiente Racional ($V_{Ef/Rac}$)	461,59 u. c.	3.231,13 u. c.
Volume Total Útil (V_{TU})	6.590,97 u. c.	9.090,22 u. c.
V_A / V_{TU}	0,328167	0,238043
Complementar de V_A / V_{TU}	0,671824	0,761957

O método proposto apresenta melhores resultados que o método de Gabriel, pois no método proposto o volume total útil que pode ser obtido pela empresa é maior que no método de Gabriel, assim a empresa pode ter uma melhora maior. Nos dois métodos haverá gastos iguais relacionados ao fator de carga, a diferença é que no método proposto não se tem gasto com fator de potência.

5.1.5. COMPARAÇÃO ENTRE O MÉTODO DE GABRIEL E O MÉTODO PROPOSTO NO HORÁRIO DE PONTA PARA A EMPRESA ALIMENTÍCIA

Na Tabela 5.5, está à comparação entre os volumes obtidos pelo método de Gabriel e o método proposto, a razão entre o volume atual e o volume total útil, e o complementar desta razão para se chegar a 1.

Tabela 5.5 – Comparação entre o método de Gabriel e o método proposto no horário de ponta, para a empresa alimentícia.

	Método de Gabriel	Método Proposto
Volume Atual (V_A)	161,526u. c.	161,526 u. c.
Volume Atual Eficiente (V_{AEf})	426,717 u. c.	426,717 u. c.
Volume Atual Racional (V_{ARac})	481,038 u. c.	481,038 u. c.
Volume Eficiente Racional ($V_{Ef/Rac}$)	1.100,97 u. c.	524,569 u. c.
Volume Total Útil (V_{TU})	1.847,2 u. c.	1.270,8 u. c.
V_A/ V_{TU}	0,0874437	0,127106
Complementar de V_A/ V_{TU}	0,9125563	0,872894

O método proposto apresenta melhores resultados que o método de Gabriel, pois considerando o fato da empresa estar com as mesmas condições para ambos os casos, a vantagem no método proposto, é que no volume eficiente racional, se melhora o fator de potência até 0,92, enquanto no método de Gabriel se melhora até 1. E o gasto que se terá a mais para melhorar o fator de potência até 1 não compensará, pois a partir de 0,92 o fator de potência já está eficiente e não há vantagens em melhorá-lo porque já não se está pagando multa no faturamento que deve ser pago a concessionária de energia elétrica.

5.1.6. COMPARAÇÃO ENTRE O MÉTODO DE GABRIEL E O MÉTODO PROPOSTO NO HORÁRIO FORA DE PONTA PARA A EMPRESA ALIMENTÍCIA

Na Tabela 5.6, está à comparação entre os volumes obtidos pelo método de Gabriel e o método proposto, a razão entre o volume atual e o volume total útil, e o complementar desta razão para se chegar a 1.

Tabela 5.6 – Comparação entre o método de Gabriel e o método proposto no horário fora de ponta, para a empresa alimentícia.

	Método de Gabriel	Método Proposto
Volume Atual (V_A)	2.673 u. c.	2.673 u. c.
Volume Atual Eficiente (V_{AEf})	4.796,34 u. c.	4.796,34 u. c.
Volume Atual Racional (V_{ARac})	4.951,92 u. c.	4.951,92 u. c.
Volume Eficiente Racional ($V_{Ef/Rac}$)	4.144,44 u. c.	1.810,3 u. c.
Volume Total Útil (V_{TU})	11.219,7 u. c.	8.885,56 u. c.
V_A / V_{TU}	0,238242	0,300825
Complementar de V_A / V_{TU}	0,761758	0,699175

O método proposto apresenta melhores resultados que o método de Gabriel, pois considerando o fato da empresa estar com as mesmas condições para ambos os casos, a vantagem no método proposto, é que no volume eficiente racional, se melhora o fator de potência até 0,92, enquanto no método de Gabriel se melhora até 1. E o gasto que se terá a mais para melhorar o fator de potência até 1 não compensará, pois a partir de 0,92 o fator de potência já está eficiente e não há vantagens em melhorá-lo porque já não se está pagando multa no faturamento que deve ser pago a concessionária de energia elétrica.

5.2. SITUAÇÃO DAS EMPRESAS EM RELAÇÃO AOS VOLUMES DETERMINADOS PELO K- HIPERBOLÓIDE DE CARGA E POTÊNCIA E AO FATURAMENTO DA CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA

5.2.1. EMPRESA DE REFRIGERANTE

Para a empresa de refrigerante no horário de ponta no período em estudo considerado tem-se que, nos dois métodos, a empresa obterá uma redução mensal na conta de energia elétrica no horário de ponta superior à R\$ 5.880,00. No método de Gabriel a empresa pode utilizar os 80,2687% do V_{TU} restante, e no método proposto a empresa pode utilizar os 67,2611% do V_{TU} restante. O fato de a empresa ter a mesma redução na conta de energia elétrica, nos dois métodos, é porque nas duas propostas se está melhorando o fator

de carga da mesma maneira; a única diferença é que no método proposto, não se melhora o fator de potência, pois este já está acima de 0,92, ou seja, já está eficiente. Logo, ele não influencia no faturamento da conta de energia elétrica que a empresa deve pagar a concessionária. Portanto, para a empresa, se o fator de potência estiver entre 0,95 a 0,97 ou de 0,95 a 1, é a mesma coisa, pois ele já está eficiente, não ocasionando multa para a empresa, assim, compensa manter o fator de potência de 0,95 a 0,97, pois para aumentar o fator de potência até 1, a empresa terá um dispêndio financeiro, que não trará nenhum benefício para a mesma.

Para a empresa de refrigerante no horário fora de ponta no período em estudo considerado tem-se que, nos dois métodos, a empresa obterá uma redução mensal na conta de energia elétrica no horário de ponta superior à R\$ 26.644,76. No método de Gabriel a empresa pode utilizar os 35,5763% do V_{TU} restante, e no método proposto a empresa pode utilizar os 33,8357% do V_{TU} restante. O fato de a empresa ter a mesma redução na conta de energia elétrica, nos dois métodos, é porque nas duas propostas se está melhorando o fator de carga da mesma maneira; a única diferença é que no método proposto não se melhora o fator de potência quando este já está acima de 0,92, ou seja, já está eficiente. Logo, ele não influencia no faturamento da conta de energia elétrica que a empresa deve pagar a concessionária. Portanto, para a empresa, se o fator de potência estiver entre 0,92 a 0,97 ou de 0,92 a 1, é a mesma coisa, pois ele já está eficiente, não ocasionando multa para a empresa. Assim, compensa manter o fator de potência de 0,92 a 0,97, pois para aumentar o fator de potência até 1, a empresa terá um dispêndio financeiro, que não lhe trará nenhum benefício.

5.2.2. EMPRESA FRIGORÍFICA

Para a empresa de frigorífica no horário de ponta no período em estudo considerado tem-se que, nos dois métodos, a empresa obterá uma redução mensal na conta de energia elétrica no horário de ponta superior à R\$ 9.437,40. No método de Gabriel a empresa pode utilizar os 37,3982% do V_{TU} restante, e no método proposto a empresa pode utilizar os 40,6702% do V_{TU} restante. O fato de a empresa ter a mesma redução na conta de energia elétrica, nos dois métodos, é porque nas duas propostas se está melhorando o fator

de carga da mesma maneira, a única diferença é que no método proposto, não se melhora o fator de potência, pois este já está acima de 0,92. Portanto, para a empresa, se o fator de potência estiver entre 0,94 a 0,99 ou de 0,94 a 1, é a mesma coisa, pois ele já está eficiente, não ocasionando multa para a empresa. Assim, compensa manter o fator de potência de 0,94 a 0,99, pois para aumentar o fator de potência até 1, a empresa terá um dispêndio financeiro, que não trará nenhum benefício para a mesma.

Para a empresa frigorífica no horário fora de ponta no período em estudo considerado tem-se que, nos dois métodos, a empresa obterá uma redução mensal na conta de energia elétrica no horário de ponta superior à R\$ 5.155,53. No método de Gabriel a empresa pode utilizar os 67,1824% do V_{TU} restante, e no método proposto a empresa pode utilizar os 76,1957% do V_{TU} restante. O fato de a empresa ter a mesma redução na conta de energia elétrica, nos dois métodos, é porque nas duas propostas se está melhorando o fator de carga da mesma maneira, a única diferença é que no método proposto não se melhora o fator de potência quando este já está acima de 0,92. Portanto, para a empresa, se o fator de potência estiver entre 0,92 a 0,99 ou de 0,92 a 1, é a mesma coisa, pois ele já está eficiente, não ocasionando multa para a empresa, assim, compensa manter o fator de potência de 0,92 a 0,99, pois para aumentar o fator de potência até 1, a empresa terá um dispêndio financeiro, que não trará nenhum benefício para a mesma.

5.2.3. EMPRESA ALIMENTÍCIA

Para a empresa alimentícia no horário de ponta no período em estudo considerado tem-se que, nos dois métodos, a empresa obterá uma redução mensal na conta de energia elétrica no horário de ponta superior à R\$ 13.604,00, no método de Gabriel a empresa pode utilizar os 91,25563% do V_{TU} restante, e no método proposto a empresa pode utilizar os 87,2894% do V_{TU} restante. A diferença é que no método de Gabriel pretende-se obter um fator de potência igual a 1, enquanto no método proposto, quando o fator de potência é maior ou igual a 0,92, ele satisfaz as condições necessárias, pois já está eficiente, e neste caso como o maior fator de potência é menor que 0,92 quer-se no método proposto chegar a 0,92, para que não se pague multa na conta de energia elétrica, enquanto no método de Gabriel quer-se chegar ao fator de potência ideal que é 1.

Para a empresa alimentícia no horário fora de ponta no período em estudo considerado tem-se que, nos dois métodos, a empresa obterá uma redução mensal na conta de energia elétrica no horário fora de ponta superior à R\$ 25.249,60, no método de Gabriel a empresa pode utilizar os 76,1758% do V_{TU} restante, e no método proposto a empresa pode utilizar os 69,9175% do V_{TU} restante. A diferença é que no método de Gabriel pretende-se ter um fator de potência igual a 1, enquanto no método proposto, quando o fator de potência é maior ou igual a 0,92, ele satisfaz as condições necessárias, pois já está eficiente, e neste caso como o maior fator de potência é menor que 0,92 quer-se no método proposto chegar a 0,92, para que não se pague multa na conta de energia elétrica, enquanto no método de Gabriel quer-se chegar ao fator de potência ideal que é 1.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na análise dos resultados obtidos, verifica-se que qualquer empresa, independente do ramo de atividade, que apresentar registros de fator de potência e fator de carga na estrutura tarifária horo-sazonal azul, terá como determinar a redução que ela pode ter no faturamento da conta de energia elétrica. Os mesmos cálculos podem ser realizados para a tarifa convencional e para a tarifa verde.

A proposta do presente trabalho foi apresentar uma metodologia mais eficiente que a realizada por GABRIEL (1997), pois na metodologia dele quando o fator de potência está acima de 0,92 ele eleva para 1, e de acordo com a ANEEL (2000) quando o fator de potência está acima de 0,92 ele já é considerado eficiente. Ou seja, se o fator de potência estiver acima de 0,92 não se precisa pagar multa na conta de energia elétrica que deve ser paga a concessionária da mesma. Assim, desenvolveu-se a presente metodologia com base neste fato.

Logo, na metodologia proposta no presente trabalho quando o fator de potência está acima de 0,92 ele é mantido. Pois quando o fator de potência está acima de 0,92 não se paga a multa e também não se tem outro tipo de vantagem, sem ser este relacionado ao faturamento que deve ser pago a concessionária de energia elétrica. O que quer dizer que o fator de potência só influencia no faturamento quando este está abaixo de 0,92.

A redução na conta de energia tanto pelo método de Gabriel quanto pelo método proposto é a mesma. A diferença encontra-se no fato de que quando o fator de potência está acima de 0,92 no método proposto, ele não é melhorado. Logo, não se terá gasto com capacitores, de modo a reduzir a energia reativa aumentando o fator de potência. Pois se este já está eficiente, não há vantagem em fazer isso, é aí que se está a vantagem em

utilizar o método proposto. E mesmo que o maior fator de potência esteja abaixo de 0,92, nos dois métodos se calcula o volume atual eficiente do mesmo modo. Mas o volume eficiente racional é calculado de maneira diferente, pois no método de Gabriel para o cálculo do volume eficiente racional também se eleva o fator de potência de maneira a obter o fator de potência ideal que é 1, o que é desnecessário, pois com um fator de potência 0,92 a empresa já está eficiente.

Considerando o fato de que no presente trabalho foram obtidos melhores resultados do que no trabalho desenvolvido por GABRIEL (1997), apresentar-se-á aqui somente os resultados obtidos neste trabalho pelo método proposto. A seguir destaca-se os principais resultados em relação ao cálculo dos volumes determinados através dos *K*-Hiperbolóides de Carga e Potência na tarifa azul, e ao faturamento que deve ser pago a concessionária de energia elétrica.

Para a empresa de refrigerante no horário de ponta é possível aumentar seu volume total útil em 67,2611%, e uma redução mensal neste horário superior a R\$ 5.880,00.

Para a empresa de refrigerante no horário fora de ponta é possível aumentar seu volume total útil em 33,8357%, e uma redução mensal neste horário superior a R\$ 26.644,76.

Para a empresa frigorífica no horário de ponta é possível aumentar seu volume total útil em 40,6712%, e uma redução mensal neste horário superior a R\$ 9.437,40.

Para a empresa frigorífica no horário fora de ponta é possível aumentar seu volume total útil em 76,1957%, e uma redução mensal neste horário superior a R\$ 5.155,55.

Para a empresa alimentícia no horário de ponta é possível aumentar seu volume total útil em 87,2894%, e uma redução mensal neste horário superior a R\$ 13.604,00.

Para a empresa alimentícia no horário fora de ponta é possível aumentar seu volume total útil em 69,9175%, e uma redução mensal neste horário superior a R\$ 25.249,60.

Pode-se desenvolver o mesmo trabalho para as tarifas verde e convencional, ou ainda realizar um estudo mais detalhado de uma empresa, para que se possa chegar numa relação melhor entre o aumento no volume total útil e a redução na conta de energia

elétrica. Pois sabe-se, que se aumentar o volume atual de modo a atingir 100% do volume total útil tem-se uma redução mensal na conta de energia elétrica superior a um determinado valor. Mas suponha-se que o volume atual seja 50% do volume total útil, e se quer aumentá-lo de modo a atingir 80% do volume total útil. Pode-se até fazer isso levando em consideração o fator de carga e o fator de potência, mas se atingirmos os 80% do volume total útil, seria interessante determinar em quanto se reduziria a conta de energia elétrica que deve ser paga a concessionária. Esta proposta constitui uma idéia para um trabalho futuro.

7. REFERÊNCIAS

AGÊNCIA PARA APLICAÇÃO DE ENERGIA **Auto avaliação dos pontos de desperdício de energia elétrica nos setores comercial e de serviços**. São Paulo, 1988. 50 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA **Resolução n.456**. Brasília:ANEEL, 2000. 52 p.

BLOOMQUIST, W. C. **Introduction à la electronica de los semicondutores**. Barcelona: Labor, 1973. 440 p.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE SÃO PAULO – CESP **Manual de fator de potência**. São Paulo: CESP, 1980a. 23 p.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE SÃO PAULO – CESP **Manual de fator de carga**. São Paulo: CESP, 1990.18 p.

GABRIEL, L. R. A. **Análise da racionalização do uso de energia elétrica através de hiperbolóides de carga e potência em operações de processamento de arroz (*oriza sativa,l.*)**. Botucatu, 1994. 289 f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura). Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1994.

GABRIEL, L. R. A. **Análise do faturamento do consumo de energia elétrica e demanda através de hiperbolóides de carga e potência em operações de refino de óleo vegetal**. Presidente Prudente, 1997. 311 f. Tese (Livre Docência).p. 311. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 1997.

KUSNETSOV, M. **Fundamentals on electrical engineering**. Moscow: Peace, 1979. 460 p.

LIPKIN, B. Y. **Electrical equipament for industry**. Moscow: Higher School Publishers House, 1978. 277 p.

MAMEDE FILHO, J. Elementos de projeto In:_____ **Instalações elétricas industriais**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001. p. 1-33.

MANNING, L. W. **Distributions systems**. East Pittsburg: Westinghouse Eletric Corporation, 1965. 578 p.

Tenenblat, K. **Introdução a geometria diferencial**. Brasília: Universidade de Brasília, 1990. 278 p.

WWF-Brasil. **Agenda elétrica sustentável 2020**: estudo de cenários para um setor elétrico brasileiro eficiente, seguro e competitivo. Brasília: WWF-Brasil, 2006. 84 p. (Série técnica v.12).