

XIV SEMINÁRIO NACIONAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

CORREÇÃO DE FATOR DE POTÊNCIA EM UNIDADES CONSUMIDORAS VIA CONCESSIONÁRIA DE ENERGIA

José Eduardo Pereira

Joelcio Thadeu Scalfoni

Fabício Teixeira Zorzanelli

ESCELSA – Espírito Santo Centrais Elétricas SA
DGDM – Gerência de Desenvolvimento de Mercado

Palavras-chave: fator de potência, FP, correção, energia reativa, FER, FDR

Foz do Iguaçu, 19 a 23 de novembro de 2000

1 - INTRODUÇÃO

Apresenta o projeto de comercialização e instalação de capacitores de baixa tensão pela ESCELSA para seus clientes, como mais um negócio associado a eficiência energética. O projeto teve início em maio/99 e compõe o “Plano Anual de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica” da ANEEL ciclo 98/99, com meta de instalação de 2700 kVAr em unidades do setor público, comercial / serviço e industrial. Descreve as metodologias de seleção dos clientes, contato, medição para verificação da necessidade de compensação reativa, aceitação e instalação. Analisa a redução de perda com a instalação de capacitores de baixa tensão e os benefícios técnicos e econômicos para a empresa. Conclui-se que é economicamente viável, onde os benefícios com a redução de perdas e comercialização dos capacitores é superior a perda de receita de energia e demanda reativa excedente, além de propiciar a satisfação dos clientes pelo benefício econômico e melhoria da qualidade de energia.

2 - HISTÓRICO

A origem das cláusulas de ajuste do FP na tarifa de energia elétrica no Brasil remonta ao início do século, através do desenvolvimento industrial, quando o número de cargas elétricas cresceu muito, principalmente motores, ainda em fase primitiva, construídos com chapas de aço de baixa permeabilidade magnética, exigindo elevadas correntes de excitação. Com a utilização intensiva de energia elétrica na indústria e a necessidade de suprir o crescimento do mercado, a geração foi ficando cada vez mais distantes dos centros de consumo, exigindo linhas de transmissão que tiveram que alcançar novos padrões de aproveitamentos. As empresas de energia elétrica sentiram, então, que a capacidade de geração de suas usinas e seu aparelhamento de transmissão e distribuição estavam sendo sobrecarregados por causa da elevada energia reativa solicitada pelos motores, exigindo maiores investimentos em subestações e linhas.

Objetivando compensar investimentos adicionais para suprir as necessidades de reativos e redução de perdas, o Poder Concedente introduziu a cláusula de ajuste do fator de potência nas contas de energia elétrica, através do decreto 62.724/68 com a nova redação dada pelo Decreto 75.887/75, que fixou o fator de potência indutivo médio das instalações em 0,85, verificado pela concessionária através de medição apropriada.

Mais recentemente o Decreto nº 479, de 20 de março de 1992, determinou que o fator de potência das instalações elétricas deve ser mantido sempre o mais próximo possível de 1,00. Este Decreto foi regulamentado pela Portaria nº 1569/DNAEE, de 23/12/93 que fixou o limite mínimo de referência do fator de potência de uma instalação em 0,92, capacitivo ou indutivo, e que valores médios ou horários abaixo deste são passíveis de faturamento de energia e demanda reativa excedente, sendo o período capacitivo compreendido no período de 00:00 às 06:00 horas.

A correção do fator de Potência sempre fez parte das recomendações técnicas das concessionárias as seus clientes, visando melhoria da qualidade de energia, assim como a ótima ocupação de potência nos sistemas elétricos. Entretanto nunca houve por parte da maioria dos clientes de pequeno e médio porte a preocupação com esta adequação, uma vez que numa análise quase sempre simplista, não percebiam o retorno que o investimento inicial em correção poderia lhes trazer.

3 – MEDIÇÃO DE ENERGIA E DEMANDA REATIVA NA ESCELSA

A medição é efetuada em todos os clientes atendidos no grupo tarifário de alta tensão AT e para alguns clientes do grupo de baixa tensão BT, conforme Tabela 1. Atualmente no segmento de baixa tensão a medição de energia reativa é instalada nas unidades consumidoras que se enquadram nas seguintes condições:

- ◆ Possuam medição indireta;
- ◆ Estejam ligados há mais de 6 meses;
- ◆ Possuam pelo menos 2 registros de consumo ativo acima de 5000 kWh nos últimos 6 meses;

- ◆ Pertencam as atividades econômicas: serralheria, serralha, supermercado, oficina mecânica, lanchonete, bar, restaurante, churrasceria, motel, hotel, açougue, abatedouro, fábrica de gelo, peixaria, condomínio e padaria.

Tabela1 – Condições de faturamento de energia e demanda reativa

Classificação	Tarifa	
	Horosazonal	Convencional
Grupo A	Medição horária indutivo e capacitivo (FER e FDR)	Média mensal indutivo (FER e FDR)
Grupo B	-	Média Mensal indutivo (FER)

Obs.: FER – Faturamento de Energia Reativa Excedente e FDR – Faturamento de Demanda Reativa Excedente.

A Tabela 2 relaciona mercado potencial para correção do fator de potência na área de concessão da ESCELSA. Na definição deste mercado foram adotados os seguintes critérios:

- ◆ clientes na tarifa convencional, que possuem faturamento de energia e demanda reativa excedente superior a R\$ 45,00 na média de 4 meses;
- ◆ todos os horosazonais com faturamento de energia e demanda reativa excedente .

Tabela 2 – Número de clientes com FP < 0,92

Classificação tarifária	Nº clientes	FER e FDR excedente mensal	FER e FDR média mensal / cliente
Convencional do grupo de alta e baixa tensão	444	R\$ 75.875,70 / mês	R\$ 170,89
Horo-sazonal (*)	405	R\$ 116.909,88 / mês	R\$ 288,66
Total	849	R\$ 192.785,58 / mês	R\$ 227,07

(*) Num primeiro momento foram efetuadas instalações apenas nas unidades consumidoras com tarifa convencional.

É concedido um prazo de 3 meses a partir da instalação do medidor de kVA_{rh} aos novos clientes para que os mesmos façam os ajustes necessários quando apresentarem um fator de potência inferior ao previsto na legislação, ou seja, a cobrança do faturamento de energia reativa se inicia sempre após o 4º ciclo de medição.

A ESCELSA sempre procurou atuar através da conscientização dos clientes, realizando estudos orientativos gratuitos informando aos consumidores como proceder, já que muitos não possuem estrutura técnica especializada para solucionar tal problema. O estudo informava ao cliente qual o capacitor ideal e especificava também os acessórios necessários à sua instalação, mostrando o investimento inicial e o ganho que passaria a ter na conta de energia elétrica. Tal adequação na grande maioria dos casos era economicamente viável, com pay-back curtíssimo.

Ao contrário do que poderíamos esperar, mesmo com a emissão de documentos alertando estes clientes das vantagens de efetuar a correção do fator de potência, muitos deles optaram por não fazê-la. Outros indagavam se a ESCELSA efetuava a instalação, ocasião em que recomendávamos que procurassem o serviço de terceiros. A relutância de um determinado número de clientes em corrigir o fator de potência, ou ainda a falta de interesse ou mesmo o desconhecimento destas informações, fez com que surgissem empresas propondo as vantagens da correção, convencendo-os principalmente pelo ponto de vista

econômico do retorno do investimento. Algumas dessas empresas se mostraram desqualificadas, gerando problemas aos clientes.

Conhecendo esta necessidade de nossos clientes e das vantagens que o projeto poderia proporcionar a ambos, tomou-se a decisão de analisar a viabilidade de prestação do serviço de comercialização de capacitores de baixa tensão.

4 - DESCRIÇÃO DO PROJETO

O projeto teve início com a seleção dos clientes potenciais para os quais foram realizados estudos preliminares com base no histórico de consumo de energia ativa, energia reativa, demanda registrada e fator de potência. Este estudo é enviado aos clientes, juntamente com uma proposta comercial preliminar de venda e instalação dos capacitores, bem como um folder orientativo sobre consumo de energia reativa.

Foi desenvolvido um sistema em Microsoft Access™, com a finalidade de facilitar a confecção dos estudos e emissão das propostas. Este sistema efetua os seguintes cálculos:

- ◆ Potência capacitiva necessária em kVAR;
- ◆ Faturamento de energia reativa excedente;
- ◆ Composição ideal do banco de capacitores;
- ◆ Simulação do fator de potência para o banco de capacitores proposto;
- ◆ Composição do custo dos capacitores e mão de obra para instalação;
- ◆ Composição do valor do financiamento;
- ◆ Composição do valor das parcelas;

Caso o cliente aceite a proposta preliminar, é realizado um estudo detalhado nas instalações. Com base neste estudo define-se a real necessidade da potência capacitiva. O estudo detalhado e serviço de instalação é realizado por empresas prestadoras de serviços e supervisionados pela ESCELSA.

Para que não houvesse diversidade entre as instalações e como forma de garantia da qualidade do serviço, foi elaborado um Manual de Instalação de Capacitores de Baixa Tensão conforme Figura 1, com procedimentos padrão de instalação.

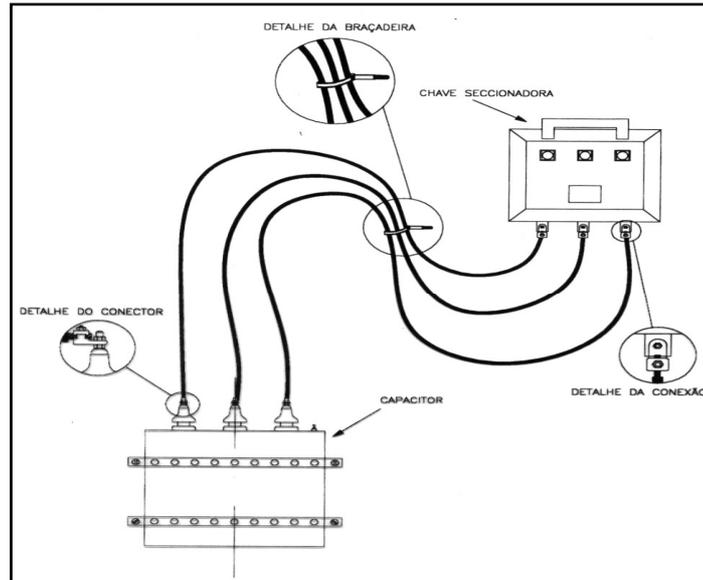


Figura 1 – Exemplo de instalação de capacitores

As Figuras 2 e 3 mostram os tipos de instalações realizadas, onde a formação da potência dos bancos de capacitores foram de 5 kVAr até 50 kVAr, sendo a maioria dos bancos instalados em 220 V e uma pequena parcela em 380 V e 440 V.

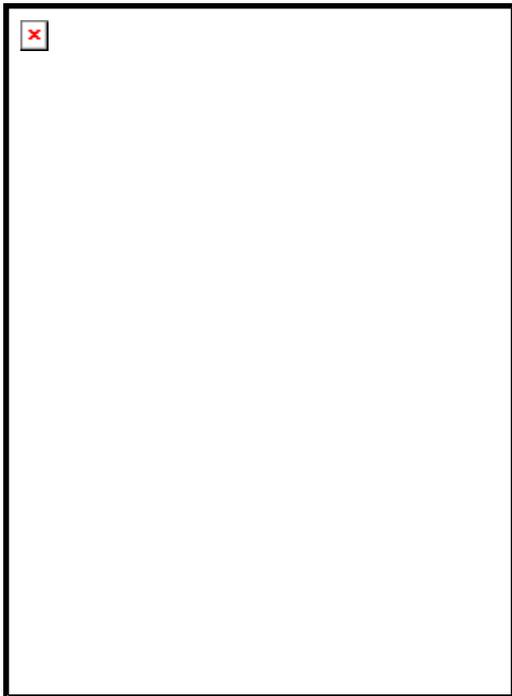


Figura 2 – instalação com caixa de proteção



Figura 3 – instalação sem caixa de proteção

4.1 – ESTRATÉGIA DE FORMAÇÃO DE PREÇO

Os valores financeiros envolvidos no projeto, são função principalmente do tipo de composição do banco de capacitores as condições de negociação e aquisição do material e da mão de obra a ser contratada.

Após a seleção do público alvo e análise das características de consumo desses clientes, optamos por bancos fixos de capacitores, face a simplicidade de instalação e o baixo custo dos equipamentos, possibilitando uma maior competitividade no mercado, haja visto que, a maioria dos clientes selecionados são consumidores de pequeno e médio porte atendidos na baixa e média tensão do subgrupo tarifário A4. Esses, geralmente não tem uma equipe de técnicos especializados com capacidade para solucionar esse tipo de problema.

Uma vez elaborada a especificação técnica dos equipamentos que seriam utilizados, foi feita uma coleta de preços e adquiridos os equipamentos. Obviamente deve ser analisada pela equipe técnica supervisora do projeto, uma configuração básica, que permita preços competitivos com os praticados pelo mercado local. No mercado capixaba obtivemos, mediante consultas preliminares, um valor médio do kVAr instalado, valor este que serviu como referência para nossos limites superiores de preços, mesmo sob condições vantajosas de financiamento parcelado em até 8 vezes para o cliente.

O valor a ser cobrado do cliente é financiado em prestações cujo valor é sempre inferior ao que o cliente esteja pagando de energia reativa excedente. A primeira parcela somente é cobrada, após a eliminação da cobrança do faturamento de energia reativa na conta de energia do cliente.

4.2 – AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

O projeto possui como meta prevista conforme Tabela 3 a instalação de 2700 kVAr em unidades consumidoras do setor público, comercial/serviço e industrial.

Tabela 3 – Metas previstas

Classe	Número de clientes	Potência em kVAr	kVAr médio / instalação
Industrial	50	1500	30
Comercial / Serviço	15	450	30
Poder Público	15	750	50
Total	80	2700	33,75

As instalações dos bancos de capacitores tiveram início em janeiro/2000, e até final de junho/2000, obtivemos o seguinte resultados, conforme Tabela 4.

Tabela 4 – Instalações realizadas

Classe	Número de clientes	Potência em kVAr	kVAr médio / instalação
Industrial	47	1265	26,91
Comercial / Serviço	34	645	18,97
Poder Público	19	585	30,78
Total	100	2495	24,95

As Tabelas 5 e 6, apresentam os valores médios antes e após a instalação dos capacitores, de consumo de energia ativa, consumo de energia reativa, demanda registrada e fator de potência das 40 primeiras unidades consumidoras, que já efetuaram a correção, objetivando verificar a potência liberada no sistema elétrico.

Tabela 5 – Registros médios totais - período de 8 meses anterior a correção

Consumo Ativo kWh/mês	Consumo reativo kVArh/mês	Demanda Registrada kW	FP	Potência Aparente kVA
522.040	341.080	2640	0,76	3474

Tabela 6 – Registros médios totais - período de 4 meses após a correção

Consumo Ativo kWh/mês	Consumo kVArh/mês	Demanda kW	FP	Potência Aparente kVA
587.447	116.539	2878	0,98	2937

Conforme análise do comportamento do consumo de energia elétrica obtidos dos clientes, é possível calcular as potências médias ativa, reativa e aparente por instalação, conforme Tabela 7. Nos cálculos foi considerado que a potência ativa não sofreu variação antes e após a correção do fator de potência, visando desconsiderar eventuais aumentos de carga ocorridos após a instalação dos capacitores.

Tabela 7 – Potências médias / instalação

Situação	FP	Potência Reativa kVAr	Potência Ativa kW	Potência Aparente kVA	Faturamento de Energia e Demanda Reativa R\$
Antes	0,76	56	66	87	R\$ 167,33
Depois	0,98	13	66	67	-

A Figura 4 ilustra a liberação de capacidade do sistema elétrico com a correção do fator de potência.

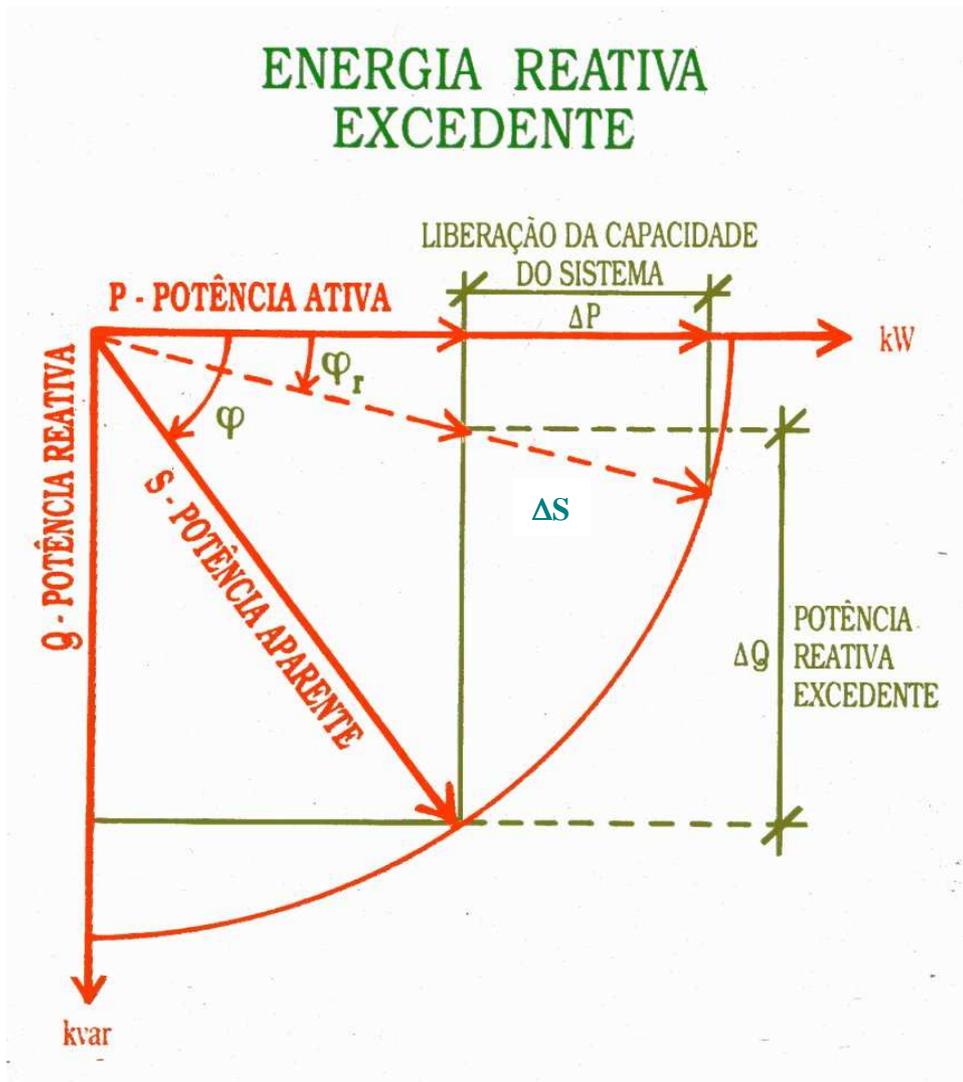


Figura 4 – Capacidade liberada do sistema elétrico com a correção do fator de potência

Onde temos:

- ◆ P - Potência ativa (kW)
- ◆ Q - Potência reativa (kVAr)
- ◆ S - Potência aparente (kVA)
- ◆ Φ - Fator de potência antes da correção
- ◆ Φ_r - Fator de potência depois da correção
- ◆ ΔP - Liberação de potência ativa (kW)
- ◆ ΔQ - Liberação de potência reativa (kVAr)
- ◆ ΔS - Liberação de potência aparente (kVA)

5 – ANÁLISE CUSTO / BENEFÍCIO

A metodologia descrita a seguir foi desenvolvida de forma a permitir a análise de viabilidade econômica de instalação de capacitores de BT do ponto de vista da concessionária.

5.1 – Equação para cálculo dos benefícios (B_g)

$$B_g = B_1 + B_2 \quad (1)$$

B_1 = Custo evitado com a compra de energia e demanda, bem como o custo de transporte, devido a redução de perdas elétricas após a instalação dos capacitores. No caso da ESCELSA foi considerada apenas a tarifa de compra de Furnas, uma vez que a contratação a Itaipu é compulsória e não poderia ser reduzida (R\$/kVAr.ano).

$$B_1 = (8.760 \times T_e \times F_{cp}) / 1000 + 12 \times (T_d + T_t) \times D_{\max} / Q_v \times (\Phi_r / \Phi - 1) \quad (2)$$

$$F_{cp} = 0,15 \times FC + 0,85 FC^2 \quad (3)$$

Onde para equação 2 e 3 temos:

F_{cp} = Fator de cargas da curva de perdas;

T_e = Tarifa de energia de Furnas (R\$/MWh);

T_d = Tarifa de demanda de Furnas (R\$/kW);

T_t = Tarifa de transporte rede básica (R\$/kW);

Φ = Fator de potência antes da correção;

Φ_r = Fator de potência depois da correção;

D_{\max} = Demanda máxima registrada – média dos últimos 12 meses (kW);

Q_v = Potência reativa a ser instalada (kVAr);

FC = Fator de Carga da curva do segmento analisado.

B_2 = Receita líquida com a comercialização dos capacitores. Esta parcela considera a receita, já descontados os impostos e custos de aquisição e instalação (R\$/kVAr.ano).

$$B_2 = L_c \times FRC \quad (4)$$

Onde :

L_c = Lucro Líquido com a venda de capacitores;

FRC = Fator de recuperação de Capital

$$FRC = \frac{i \times (1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (5)$$

5.2 – Cálculo da Perda da Receita Bruta com o Faturamento de Energia e Demanda Reativa Excedente (L_r).

$$L_r = \sum_{i=1}^{12} (FER_i + FDR_i) / Q_v \quad (6)$$

Onde:

ΣFER_i = Somatório de faturamento de energia reativa excedente nos últimos 12 meses (R\$ / mês)

ΣFDR_i = Somatório de faturamento de demanda reativa excedente nos últimos 12 meses (R\$ / mês)

Q_v = Potência reativa a ser instalada (kVAr)

5.3 – Análise Econômica de Comercialização de Capacitores na ESCELSA.

Com base na metodologia descrita nos itens 5.1 e 5.2, é possível avaliar a viabilidade de comercialização de capacitores de baixa tensão. A Tabela 8 apresenta os dados referentes as unidades consumidoras onde foram instalados os capacitores.

Tabela 8 – Dados considerados na análise econômica

Descrição	Valores
Potência média reativa instalada	24,95 kVAr / instalação
Demanda máxima	66 kW / instalação
Fator de carga médio das instalações	0,27
Fator de potência médio antes	0,76
Fator de potência médio depois	0,98
Taxa de atratividade	16 % a.a
Vida útil do capacitor	10 anos
Perda de receita bruta média FER e FDR	R\$ 167,33 / instalação

A Tabela 9 apresenta os resultados obtidos com o projeto.

Tabela 9 – Custo / Benefício

Descrição dos Benefícios / Custos	Valor
BENEFÍCIOS	
B1 - Custo evitado com a redução de perdas no sistema	R\$ 69,70 / kVAr.ano
B2 – Lucro anualizado com a comercialização dos capacitores	R\$ 2,00 / kVAr.ano
Bg (Benefício global) = B1 + B2	R\$ 71,70 / kVAr.ano
CUSTOS	
Perda de receita bruta com FER e FDR	R\$ 80,47 / kVAr.ano
(-) Imposto sobre faturamento de FER e FDR (ICMS + PIS/COFINS)	R\$ 23,05 / kVAr.ano
(=) Perda de receita líquida com o faturamento de FER e FDR	R\$ 57,42 / kVAr.ano
RELAÇÃO CUSTOS / BENEFÍCIOS	
Bg (Benefício global)	R\$ 71,70 / kVAr.ano
(-) Perda de receita líquida com FER e FDR	R\$ 57,42 / kVAr.ano
(=) Benefício do projeto	R\$ 14,28 / kVAr.ano
Valor Presente Líquido - VPL	R\$ 69,00 / kVAr
Relação Custo Benefício - RCB	0,80

6 – CONCLUSÕES

Conclui-se que o projeto de comercialização de capacitores de baixa tensão nas unidades consumidoras é economicamente viável, onde os benefícios com a redução de perdas e comercialização dos capacitores é superior a perda de receita de energia e demanda reativa excedente.

Na análise econômica os cálculos foram conservadores, pois os benefícios com a redução de perdas são bem menores se considerados do ponto de vista de compra de energia, quando comparados com análise considerando os custos marginais de expansão dos segmentos anteriores aos pontos de instalação dos capacitores.

Propicia a satisfação do cliente pelo benefício econômico, uma vez que ele não investe nenhuma quantia extra na correção do fator de potência, sendo processado o pagamento das parcelas com o benefício correspondente à economia de faturamento de energia e demanda reativa excedente.

A experiência adquirida no contato direto com os clientes possibilitará ampliar e ofertar outras formas de atendimento ao projeto, com a instalação de bancos de capacitores fixos ou automáticos a um custo que garanta os benefícios tanto do cliente quanto da concessionária de energia elétrica.

7 – BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ESCELSA. *Programa Anual de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica*. 1999.

ESCELSA. Resolução nº 027/78. *Dispõe sobre o início de ajuste de faturamento dos consumidores de distribuição que apresentarem fator de potência inferior a 0,85*. 1978.

INEPAR. *Correção do Fator de potência, aplicação de capacitores e harmônicos em sistemas elétricos*. 1994.

CODI. *Técnicas de desenvolvimento de campanhas sobre correção do fator de potência e sugestão de material a ser utilizado*. 1977.

CODI. *Manual de orientação aos consumidores: Energia reativa excedente*. 1994.

CONLADIS III, *Análise econômica de investimentos na expansão do sistema elétrico da ESCELSA com enfoque de Custo / Benefício*, São Paulo, 1998.