



**XV SNTPEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

**STC/ 02
17 à 22 de outubro de 1999
Foz do Iguaçu – Paraná - Brasil**

**SESSÃO TÉCNICA ESPECIAL
CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA (STC)**

CONSERVAÇÃO DE ENERGIA E SUA RELAÇÃO COM A QUALIDADE DA ENERGIA ELÉTRICA

**Paulo Henrique R. P. Gama*
EFEI**

**Adilson de Oliveira
UFRJ - IE**

RESUMO

Através de alguns exemplos reais, este trabalho aborda a questão da Qualidade da Energia Elétrica e sua relação com a Conservação de energia. Determina as principais medidas de conservação adotadas atualmente pelo PROCEL (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica) dentro dos programas de GLD, quantificando física e economicamente os efeitos destas sobre a Qualidade. Objetivando por fim levantar argumentos para que os programas de conservação incluam em suas análises de viabilidade econômica as medidas de mitigação dos distúrbios gerados.

PALAVRAS-CHAVE

Conservação - Qualidade da Energia - Harmônicos

1.0 - INTRODUÇÃO

No passado, a questão da Qualidade da Energia Elétrica não era importante, por dois motivos principais: o primeiro deles porque a maioria dos usuários não necessitava de um fornecimento de energia de alta qualidade, já que seus processos e equipamentos não eram tão sensíveis aos distúrbios relacionados com a qualidade. O segundo deles está relacionado com as empresas brasileiras de eletricidade, pois a quase meio século, operaram dentro de um regime de monopólio de tarifas com base no custo do serviço. Significando que todo aumento ou redução de custos não implicava em aumento ou redução dos lucros.

Atualmente, a questão da Qualidade da Energia Elétrica surge como um fator muito mais relevante e de necessidade aos vários envolvidos no

sistema elétrico. A deterioração da Qualidade pode provocar ineficiências técnicas e econômicas com significativas perdas para a comunidade.

A revista *Business Week* (de 8 de Abril de 1991), informava que a "poluição" elétrica estava custando cerca de US\$ 26 bilhões por ano em danos e atitudes preventivas, só nos Estados Unidos. E a "poluição" está aumentando, calculando-se que para este fim de milênio, 60% da energia elétrica esteja circulando por cargas não-lineares. E que a maioria destas cargas serão do tipo eletrônica.

Diante de um mercado globalizado crescentemente competitivo, o assunto da Qualidade tem se tornado de fundamental importância no cenário econômico nacional, uma vez que os modernos processos industriais produtivos podem sofrer interrupções mais ou menos longas devido às variações momentâneas da tensão, implicando em significativas perdas econômicas. E também porque a sensibilidade dos equipamentos aos distúrbios originários do sistema elétrico tem aumentado.

Por outro lado a desregulamentação do setor elétrico incorpora uma mudança na atuação das empresas brasileiras de eletricidade, que reduzindo seus custos podem aumentar seus lucros, sem que a tarifa seja modificada.

Ao lado das medidas propostas de conservação de energia, os serviços de melhoria da qualidade da energia elétrica também podem ser feitos pelas concessionárias e/ou pelo PROCEL (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica). Esta nova oportunidade de negócio, para as concessionárias, poderão ampliar os seus serviços e

***ESCOLA FEDERAL DE ENGENHARIA ITAJUBÁ / GRUPO DE ESTUDOS ENERGÉTICOS**

Av. BPS, 1303 – Pinheirinho - 37500-000 – Itajubá, MG

Tel.: (035) 629-1311 / 1340 - Fax.: (035) 6291187, e-mail: pgama@iee.efei.br

umentar a sua competitividade neste mercado desregulamentado.

Mas, para que os resultados destes novos serviços possam ser melhor obtidos, é de suma importância que exista uma Regulação Técnica por parte dos órgãos competentes, garantindo os níveis adequados dos distúrbios (referentes à qualidade da energia) e não permitindo que os problemas de outros consumidores inviabilizem o projeto de qualidade desenvolvido.

Deste modo, este artigo pretende, numa primeira etapa, abordar a questão da qualidade da energia elétrica, em seguida mostrar o Programa de Conservação atualmente realizado pelo PROCEL, identificando dentre os equipamentos eficientes, os que mais prejudicam a QEE, e numa última etapa, realizar um esforço preliminar de quantificação destes efeitos sobre a qualidade da energia elétrica causados por algumas medidas de conservação.

2.0 - QUALIDADE DA ENERGIA ELÉTRICA

Qualidade da energia elétrica (QEE) pode ser definida como a ausência relativa de variações de tensão provocadas pelo sistema da concessionária, particularmente a ausência de desligamentos, flutuações de tensão, surtos e harmônicos (este último pelo lado do cliente), medidos no *ponto de entrega de energia* (trata-se da fronteira entre as instalações da concessionária e as do consumidor).

2.1 - Principais distúrbios

Pesquisas realizadas nos EUA, patrocinadas pelo EPRI (Electrotechnical Power Research Institute), identificaram três distúrbios da QEE que mais tem afetado os consumidores e estão listados nos itens a seguir. Estes distúrbios podem causar problemas, como os listados a seguir.

2.1.1 - Depressão de tensão

Principais problemas:

- Operação inadequada de equipamentos industriais PLC's, responsáveis pelo controle de processos industriais; de relês, responsáveis pela proteção do sistema elétrico; microprocessadores, componente usado em dispositivos de controle; etc.;
- Variação da velocidade ou parada de motores;
- Falhas em inversores de frequência, usados para o controle de velocidade de motores;
- Perda de memória de equipamentos eletrônicos domésticos como vídeos, microondas e relógios digitais, entre outros.

2.1.2 - Harmônicos

Causam diversos problemas tanto para a concessionária quanto para os consumidores em geral:

- Operação incorreta de equipamentos de controle e proteção;
- Erros em medidores de energia ativa, utilizados nas indústrias, comércios e residências;
- Aumento da corrente do neutro de transformadores;
- Aumento das perdas em equipamentos como transformadores, motores, cabos, capacitores, etc.
- Interferência em sistema de comunicação;
- Redução do Fator de Potência;
- Sobretensão devido à circulação de correntes harmônicas.

A Tabela 1 mostra o acréscimo de corrente devido às distorções harmônicas de corrente (THDi) causadas por cargas não lineares. E também os respectivos valores do fator de potência. Tomou-se como base uma corrente (fundamental) de 1 Ampère.

TABELA 1: Influência dos harmônicos no acréscimo de corrente e na redução do fator de potência.

Distorção na Corrente THDi - %	Acréscimo de corrente %	Fator de Potência total
0	0,00	1
10	0,50	0,995
30	4,40	0,958
50	11,80	0,894
70	22,07	0,819
90	34,54	0,743
100	41,42	0,707
120	56,20	0,640
150	80,28	0,555

2.1.3 - Transitórios

Os transitórios, via de regra, provocam a degradação ou falha imediata nos isolamentos de equipamentos elétricos, falhas em fontes eletrônicas e desligamentos indevidos em acionamentos de velocidade variável usados em motores.

3.0 - FATORES DETERMINANTES DA QUALIDADE

Alguns distúrbios da QEE podem ser solucionados. Estas soluções são chamadas de medidas de mitigação e/ou de eliminação, da seguinte forma:

1. Condicionamento de potência ao nível da carga, do equipamento ou na entrada do consumidor (no-breaks; filtros harmônicos). Depende do consumidor.
2. Alterações no sistema da concessionária, na rede do consumidor ou em procedimentos de operação. Solução relacionada com a concessionária de energia.
3. Modificações no projeto das cargas, sensíveis aos distúrbios da qualidade. Depende dos fabricantes.
4. O Órgão Regulador poderá garantir uma boa qualidade da energia através de normas de qualidade

implantadas no país e regulamentações de níveis máximos dos distúrbios gerados pelos equipamentos e produtos de fabricação nacional ou proibindo os importados poluidores, ou talvez, através de uma mudança na estrutura tarifária do País, propondo a cobrança de algumas distorções, como por exemplo os harmônicos, da mesma forma como é feito para o fator de potência (1).

4.0 - OS PROGRAMAS DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA E SEUS IMPACTOS SOBRE A QUALIDADE DA ENERGIA ELÉTRICA

O PROCEL, criado em dezembro de 1985 e instituído no ano seguinte, é um programa do governo, coordenado pelo Ministério das Minas e Energia e cujo controle de sua execução cabe à Eletrobrás. Tem por objetivo promover o combate ao desperdício de energia elétrica em todo o País.

Para atingir as suas metas, o PROCEL tem centrado seu interesse em algumas áreas como: elaboração de planos de ação para programas de combate ao desperdício; projetos de *Gerenciamento pelo Lado da Demanda (GLD)*; *atuação no uso final* (residencial, industrial, comercial, outros), etc..

Destas alternativas de economia de energia, a *gerência pelo lado da demanda (GLD)* e a *atuação no uso final*, incluem diversas medidas, tais como sistemas tarifários diferenciados, programas educativos, auditorias energéticas, ou opções tecnológicas.

Dentre as medidas tomadas através da *gerência pelo lado da demanda e a atuação no uso final*, merecem destaque o uso de alguns equipamentos / componentes, tais como:

- ◆ Controladores de Velocidade Variável para motores;
- ◆ Lâmpadas Fluorescentes Compactas;
- ◆ Controle de Iluminação através de *Dimmers*;
- ◆ Compensação de Potência Reativa através de bancos de capacitores. Estas medidas podem resultar em efeitos negativos sobre o sistema elétrico (ver Tabela 2).

5.0 - ESFORÇO PRELIMINAR DE QUANTIFICAÇÃO DOS EFEITOS SOBRE A QUALIDADE DA ENERGIA ELÉTRICA CAUSADOS POR ALGUMAS MEDIDAS DE CONSERVAÇÃO

5.1 - Quantidades físicas

5.1.1 - Controladores de velocidade variável

O principal distúrbio causado por estes equipamentos é a distorção harmônica, que é medida pelo indicador THD (*Total Harmonic Distortion*).

Cada Controlador pode ter um nível diferente de distorção harmônica. Mas todos eles (por trabalharem com a eletrônica de potência) distorcem a forma de onda de corrente, implicando em emissões de corrente harmônicas.

A referência (2) mostra um exemplo do nível desta distorção deste equipamento, atingindo correntes harmônicas de 51,1% do valor da sua fundamental. Fazendo com que a corrente do circuito passasse de 6,6 (A) para 9,97 (A). Apresentando uma distorção de corrente de $THDi = 113,3\%$.

Como o aumento das perdas é proporcional à corrente que circula no circuito de forma quadrática ($Perda = Resistência \times Corrente^2$), tem-se um aumento de 128 % nestas perdas para este caso em análise.

5.1.2 - Utilização de lâmpadas fluorescentes

A substituição das lâmpadas incandescentes por lâmpadas fluorescentes compactas, injeta níveis substanciais de harmônicos no sistema de distribuição secundária (220/127 V), (devido ao reator das mesmas), principalmente se for considerada a adoção disseminada desta prática por parte dos consumidores, implicando também na redução do fator de potência.

A Tabela 3 mostra o grau desta distorção harmônica e a redução no fator de potência para um *Retrofitting* de lâmpadas incandescentes por fluorescentes compactas em um edifício com carga total de 100kVA, conforme (5). As lâmpadas possuíam $THDi = 115\%$.

Devido ao *Retrofitting*, houve um aumento na distorção harmônica de 0% (com incandescentes) para 23,5% com todas as lâmpadas sendo substituídas por fluorescente. E o fator de potência, inicialmente em 0,85 (com as incandescentes) caiu para 0,65 na situação final.

TABELA 3: Efeitos do *Retrofitting* de lâmpadas na Qualidade da Energia Elétrica. Fonte (5).

	Porcentagem do <i>Retrofitting</i> com lâmpadas fluorescentes compactas			
	10	25	50	100
Distorção Harmônica Total de Corrente (%)	1,7	4,5	9,8	23,5
Fator de Potência Total	0,84	0,82	0,78	0,65

TABELA 2: Benefícios e Efeitos da Conservação sobre a Qualidade da Energia Elétrica. Fonte: (4)

Conservação de energia	Qualidade da energia	
Ação	Benefício	Efeitos
Instalação de Controladores de Velocidade Variável	Economia de Energia e possibilidade de gerência do controle dos fluxos	Geração de Harmônicas; Eliminação das "Voltage Sags" durante a partida de motores
Instalação de Lâmpadas Fluorescentes	Economia de Energia	Geração de Harmônicos; Susceptibilidade ao <i>Flicker</i> ; Redução do Fator de Potência
Instalação de Banco de Capacitores	Melhoria do Fator de Potência	Geração de Transitórios; Amplificação de Harmônicos
Controle da Iluminação através de <i>Dimmers</i>	Melhoria do fator de Carga	Redução no Fator de potência; Geração de Harmônicas; Melhoria de tensão de regime permanente

5.1.3 - Instalação de bancos de capacitores

A instalação de bancos de capacitores é a forma mais utilizada, pela indústria, para realizar a compensação de potência reativa.

Esta instalação, se não for bem executada, todos os benefícios que traria (como liberação do sistema para transmitir potência ativa, sem novos investimentos, além de facilitar o controle de tensão) serão anulados em função dos problemas de qualidade de energia que poderão surgir, tais como:

- amplificação do conteúdo harmônico presente no sistema, bem como seus malefícios sobre os diversos equipamentos;
- estabelecimento de condições de ressonância com conseqüentes sobretensões harmônicas;
- queima prematura dos bancos de capacitores devido ao aquecimento das unidades capacitivas sob condições harmônicas; etc.

5.1.4 - Controladores de intensidade luminosa

A referência (6) analisa a influência deste dispositivo verificando o fator de potência e a distorção harmônica como principais distúrbios desta medida de conservação.

Como resultados da referência, cita-se a redução do fator de potência de 0,99 para 0,31 com 100% do controle de iluminação (menor intensidade de luz), com uma distorção harmônica variando de 3,9% para 87,1% nesta última condição. E o aumento da 3ª harmônica de corrente, tomada para o autor como a mais significativa.

5.2 - Quantidades econômicas

Os itens abaixo apresentam alguns exemplos em que os autores quantificaram as perdas devido às distorções harmônicas e a instalação de bancos para correção do fator de potência.

Um caso real relatado na referência (7) mostra a perda de dois bancos de capacitores de 50 kVAr cada (representando cerca de R\$15.000,00 no total, em valores de julho/95) em um prédio comercial

devido aos problemas harmônicos. Cujas principais cargas eram: Lâmpadas fluorescentes; equipamentos de informática como computadores, estabilizadores de tensão, *no-breaks*; condicionadores de ar e inversores para controle da velocidade dos motores dos elevadores.

Outro caso interessante é o efeito da redução harmônica em um Prédio Comercial relatado na referência (8). Os principais equipamentos utilizados no Prédio Comercial eram: computadores, impressoras, fotocopiadoras, lâmpadas fluorescentes com reatores eletrônicos de alta eficiência e controladores de velocidade de motores. Em resumo, as perdas nos cabos elétricos foram verificadas em US\$888 por ano. Já no transformador (que fornecia energia ao prédio) em US\$1,203 por ano, totalizando US\$2,101 dólares por ano, devido somente ao problema harmônico.

No mesmo estudo ele verificou que o transformador estava sobrecarregado, funcionando com apenas 50% da sua capacidade. Demonstrando que as perdas que ocasionavam isto eram devidas às harmônicas de corrente. Quantificou também o custo para a eliminação destas harmônicas através de filtros, sendo U\$1440 para os 60kW de potência instalada, resultando num *pay-back* de 3.1 anos, levando-se em conta outras perdas e a eficiência do filtro adotado.

O exemplo a seguir determina o custo do consumo de energia de um Controlador de Velocidade Variável com e sem a condição harmônica. Este cálculo se baseia na "Nova Estrutura Tarifária" baseada na referência (1).

" Um Controlador de Velocidade Variável em funcionamento, consome da rede 3,2 kW de potência (2). Se num cálculo hipotético ele funcionar 8 horas por dia e 24 dias ao mês (com fator de potência dentro dos limites permitidos > 0,92), totalizando 192 horas ligado, a Concessionária receberá por este consumo de energia um valor correspondente a R\$73,73 para uma tarifa de R\$120,00 o MWh (sem considerar os impostos).

Já, para o mesmo controlador, se fosse cobrada a distorção harmônica que este causa ao sistema, a concessionária teria que cobrar pelo consumo desta energia, considerando o mesmo tempo de funcionamento, um valor final de R\$89,10 - implicando em um aumento de consumo próprio de 20,8% devido somente às distorções harmônicas.

Uma observação muito importante se faz necessária neste ponto. O cálculo anterior analisou o acréscimo do consumo devido às distorções harmônicas de corrente, para este único controlador. Mas, é sabido que quando várias cargas lineares e não-lineares são colocadas no sistema, existem compensações harmônicas que na maioria das vezes diminuem os níveis destas distorções.

Deste modo, a Tabela 4 calcula a perda de faturamento da concessionária devida às distorções harmônicas para vários níveis de Distorção Harmônica Total de Corrente (THDi), através do consumo não cobrado por elas.

Para isto, considerou-se várias alternativas, onde o nível de mitigação desta distorção vai diminuindo de 100% (significando que existe uma distorção harmônica total de corrente máxima permitida THDi=20% (supondo aqui uma utilização da capacidade do sistema de 20% para a distorção harmônica total de corrente. Este valor ainda não é consenso entre os especialistas mas já é adotado por algumas concessionárias norte americanas. Ver (5), onde nesta ocasião não existe cobrança da distorção) para um valor igual a 0% (representando um valor de, por exemplo, 150% de distorção harmônica total de corrente presente no sistema - adotado). Foi suposto também que o fator de potência está em 0,92."

Verifica-se que caso não sejam tomadas providências no sentido de prevenir, mitigar ou eliminar as distorções harmônicas de corrente, estas poderão gerar perdas para a sociedade como um todo. Pois, atualmente elas não são cobradas dos seus respectivos poluidores implicando em perdas (técnicas) que são incorporadas na tarifa de energia elétrica, fazendo com que toda a sociedade pague por problemas, muitas vezes, devidos a alguns consumidores somente.

6.0 - RECOMENDAÇÕES E CONCLUSÕES

6.1 - Recomendações

A partir destes resultados, cabe-nos uma pergunta: *Qual a percentagem dos danos causados pela má Qualidade da Energia Elétrica anualmente, que poderiam ser evitados caso a Conservação de Energia implantasse em seus programas as medidas de mitigação/eliminação dos distúrbios por eles causados?*

A resposta para esta questão ainda não é fácil, tendo em vista que não existe um programa de qualidade implantado e que atualmente as empresas e concessionárias estão começando a dar relevância para estes problemas. Espera-se que com a QEE, a Eficiência Energética aumente, sem causar posteriormente danos aos processos. E que, de maneira genérica a satisfação social também aumente.

A qualidade da energia pode ser regulamentada pelo Órgão Regulador de forma eficaz, para que os consumidores cativos não sejam prejudicados com o fornecimento da energia de baixa qualidade, num contexto de privatização das concessionárias no qual o país vem passando. Esta regulamentação, pode ser através de duas medidas: - definindo novos indicadores para a qualidade da energia elétrica; - ou através de uma estrutura tarifária mais adequada à realidade elétrica atual, com distorções. Caso seja a primeira a adotada, não basta somente realizar uma regulação, através destes indicadores, para as concessionárias. É preciso também que os problemas de geração de distúrbios dos equipamentos sejam normalizados, por exemplo, via ABNT, para que estes garantam os níveis de qualidade exigidos na regulamentação. Poderiam ser tomadas como base, para um ponto de partida, as normas internacionais IEEE 519-1992, ou a IEC 1000 para a questão dos harmônicos, que o programa nacional de qualidade da energia não está levando em consideração.

TABELA 4: Aumento no custo do consumo de energia, baseado na nova definição de potência.

<i>Nível de Mitigação (%)</i>	<i>Distorção Harmônica Total de Corrente THDi (%)</i>	<i>Aumento no custo do consumo (%), não faturado pela Concessionária</i>
100	20	0,00
80	30	2,31
70	45	7,47
50	75	22,50
30	105	42,10
20	120	53,08
10	135	64,64
0	150	76,67

Tendo em vista o escopo deste artigo, sugere-se que para esta questão de Regulação da Qualidade através de indicadores para as concessionárias ou tarifa, sejam feitos estudos posteriores com intuito de se determinar a melhor opção.

Sugere-se que os programas de conservação implantados nas mais diversas áreas, incorporem em suas linhas de ação uma avaliação prévia dos

equipamentos/produtos utilizados, visando quantificar os principais geradores de distúrbios e os níveis destes, para posteriormente sugerir a utilização dos mesmos. Para isto, o PROCEL deverá buscar juntamente com o Órgão Regulador as normas para a QEE.

Recomenda-se ainda uma metodologia mais adequada por parte do PROCEL, na atuação das suas medidas, podendo-se por exemplo, realizar simulações e estudos de casos relacionados com geração dos distúrbios provocados pelos equipamentos, visando antecipar possíveis problemas (10).

Não deve ser esquecido que outros problemas, tais como o desequilíbrio e a depressão de tensão, são também altamente prejudiciais para o sistema elétrico, piorando a QEE. Deve-se incluí-los também nas análises de caso.

O PROCEL poderá utilizar-se dessa necessidade de normalização dos distúrbios relacionados com a QEE para desenvolver relações institucionais com a ANEEL. Poderão trabalhar em conjunto visando os objetivos de ambas as partes. Por um lado dando apoio na determinação de níveis permissíveis aos distúrbios e por outro a ANEEL implantando, garantindo e fiscalizando tais limites.

6.2 - Conclusões

A Qualidade da Energia Elétrica é um problema comum a todos os envolvidos com o sistema elétrico e de suma importância no contexto atual devido às tecnologias mais sensíveis aos seus distúrbios e devido à mudança na atuação das empresas brasileiras de eletricidade do setor elétrico brasileiro.

Neste contexto, os distúrbios analisados anteriormente mostraram que são capazes de gerar prejuízos econômicos para a sociedade como um todo.

Como todos os consumidores podem ser demandantes e ofertantes da qualidade da energia elétrica, a responsabilidade pela geração dos distúrbios deve ser devida àquele que o gerar tendo que pagar mais pela alta qualidade solicitada, sem que este custo seja repassado aos demais consumidores, como atualmente é feito. Seria justo também que os consumidores ofertantes de qualidade recebessem por esta "virtude", pois houve um custo associado a esta característica relacionado com as medidas de mitigação/eliminação adotadas.

Devido ao crescimento do consumo de energia elétrica nos últimos anos, nas mais diversas áreas de consumo (industrial, comercial e residencial), e o aumento significativo nas vendas de eletroeletrônicos (muitos deles poluidores do sistema) também ocorridos, o sistema apresentará níveis cada vez piores de qualidade de energia, se nada for feito.

Por outro lado, algumas medidas tomadas no campo da conservação de energia, implicam em piora da qualidade da energia elétrica, gerando como

principais problemas para a Qualidade de Energia os Harmônicos e a redução no fator de potência. Causando perdas econômicas em determinadas situações.

Torna-se fundamental a inclusão das medidas mitigadoras/eliminadoras dos problemas causados, nas análises econômicas de viabilidade dos programas propostos pelo PROCEL. Garantindo a verdadeira economia de energia muitas vezes esperada (e talvez até aumentá-la). E também tornando estas medidas mais eficientes do ponto de vista social, pois as perturbações geradas nos programas que não são cobradas, estão sendo pagas pela sociedade como um todo através da parcela de perdas técnicas incorporadas na própria tarifa de energia elétrica.

7.0 - BIBLIOGRAFIA

- (1) ARANGO, HECTOR; et. alli.; "A Estrutura Tarifária no Brasil e sua Atualização para Ambientes Distorcidos", II SBQEE - Seminário Brasileiro de Qualidade da Energia Elétrica (1997). Brasil.
- (2) KARL JOHNSON, et. alli.; "Assessing the Impacts of Nonlinear Loads on Power Quality in Commercial Buildings - An Overview", IEEE Transactions (1991). California.
- (3) PROCEL - <http://www.eletronbras.com.br> (1998). Brasil
- (4) ABREU, JOSÉ POLICARPO DE; et. alli.; "Reflexos da Conservação na Qualidade da Energia Elétrica"; II SBQEE - Seminário Brasileiro de Qualidade da Energia Elétrica (1997). Brasil.
- (5) R. R. VERDERBER, et. alli., "Harmonics From Compact Fluorescent Lamps", IEEE Transactions - (1991).
- (6) SAMIR DATTA, Senior Member, IEEE California Polytechnic State University - "Power Pollution Caused by Lighting Control Systems", IEEE Transactions (1991).
- (7) FILHO, JOSÉ BATISTA SIQUEIRA; et. alli.; "Harmônicos e Capacitores em Prédios Comerciais: Análise de um Caso Real", Revista Eletricidade Moderna, No. 287, Fevereiro de (1998). Brasil.
- (8) THOMAS S. KEY, et. alli.; "Costs and Benefits of Harmonic Current Reduction for Switch-Mode Power Supplies in a Commercial Office Building", IEEE Transactions on Ind. Applications, vol.32, nº5 (1996).
- (9) GAMA, PAULO HENRIQUE R. P., et. alli., "Interferência no Sistema Elétrico Causado pela Utilização de Lâmpadas Fluorescentes Compactas em Consumidores Residenciais", II SBQEE - Seminário Brasileiro de Qualidade da Energia Elétrica, EFEI, (1997). Brasil.
- (10) GAMA, PAULO HENRIQUE R. P., et. alli., "A Conservação de Energia e sua Relação com a Qualidade da Energia Elétrica", Dissertação de Mestrado apresentada à Escola Federal de Engenharia de Itajubá (1998). Brasil.

Artigo apresentado como Monografia no "Curso de Reestruturação do Setor Elétrico e Novos Negócios em Eficiência Energética" realizado no Instituto de Economia da UFRJ, em junho de 1998, Rio de Janeiro - RJ, Brasil.

8.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Paulo Henrique Ramalho Pereira Gama, nascido em São Paulo/SP em 21.05.71. Graduado e Mestre pela Escola Federal de Engenharia de Itajubá - MG em 1996 e 1998 respectivamente. Atua nas áreas de Conservação e Qualidade da Energia Elétrica. Atualmente está como pesquisador na EFEI. Co-autor do programa CONSERVE, premiado no Prêmio SME.

