



V SBQEE
Seminário Brasileiro sobre Qualidade da Energia Elétrica
17 a 20 de Agosto de 2003
Aracaju – Sergipe – Brasil



Código: AJU 04 119
Tópico: Análise, Diagnósticos e Soluções

ADEQUAÇÃO DA QUALIDADE DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS INDUSTRIAIS A QUALIDADE DA ENERGIA ELÉTRICA DA CONCESSIONÁRIA

Josué de Camargo*
Expertise Engenharia

Eric Rubens Zanetti
Expertise Engenharia

Fernando Ortiz Martinz
Expertise Engenharia

Marlos Mazzeu Silveira
Expertise Engenharia

RESUMO

O objetivo do trabalho é apresentar os resultados da avaliação da qualidade da energia elétrica nas instalações de uma indústria do interior de São Paulo, que apresentava problemas de desligamento de micro computadores, provocando enormes prejuízos pela perda da informação e necessidade de re-trabalhos.

Apresenta como foram feitas as avaliações dos níveis de Qualidade de Energia Elétrica, e também as soluções apontadas para eliminação dos problemas.

PALAVRAS-CHAVE

Qualidade da Energia Elétrica, Monitoramento, Adequação das Instalações Elétricas, Desligamentos indevidos de máquinas e Distorção Harmônica.

1.0 - INTRODUÇÃO

O questionamento sobre a QEE – Qualidade da Energia Elétrica – vem aumentando a cada dia. Profissionais do setor elétrico, tanto do lado das Concessionárias, quanto dos consumidores, tentam esboçar os limites das responsabilidades de cada lado.

Pode-se dizer que a Energia Elétrica de boa Qualidade é aquela que permite ao consumidor operar sua instalação com a máxima eficiência. Isso significa, que uma determinada indústria pode operar com energia ininterrupta e livre de qualquer distúrbio que possa afetar sua produção.

Mas nem só a QEE deve ser questionada, a qualidade das instalações elétricas também tem que ser considerada. Caso o projeto da instalação não tenha considerado, com o devido rigor, o balanceamento das fases, os efeitos das cargas não lineares, a interligação dos pontos de aterramento, os ajustes da proteção, a sensibilidade das máquinas e demais fatores ligados à qualidade da instalação elétrica, a planta industrial poderá ter problemas de desligamento de máquinas e equipamentos.

As maiorias dos trabalhos de QEE efetuados nas indústrias apontam para soluções dentro da própria instalação. Isto mostra que ainda não existe, entre os profissionais da indústria, cultura suficiente sobre os conceitos de QEE, que permita separar problemas internos e externos às plantas. Assim, os problemas são, na maioria das vezes, atribuídos a quem fornece o produto “energia elétrica”, ou seja, a Concessionária Local.

A análise da Qualidade da Energia Elétrica em ambientes industriais é uma tarefa que muitas vezes pode exigir intervenção no processo industrial e que deve ser cuidadosamente realizada.

Na maioria dos casos, exige monitoração da tensão e corrente, tanto no ponto de entrada como em pontos internos da planta, exigindo uma grande disponibilidade de equipamentos registradores de custos elevados, por longos períodos de medição, a fim de capturar todas as variações possíveis de carga – incluindo período de ponta e fora de ponta, madrugadas e finais de semana.

* Expertise Engenharia Ltda. Av. Júlia Vasconcelos Bufarah, 1325 - CEP 13170-030 - Sumaré - SP - BRASIL
Tel.: +55 (019) 3828-5974 - FAX: +55 (019) 3828-8140 - E-mail: expertise@expertise-eng.com.br

O presente artigo destaca os esforços da Expertise Engenharia em levantar e analisar os problemas que causavam prejuízos em uma pequena indústria localizada em um distrito industrial rural do interior do Estado de São Paulo, com demanda aproximada de 85 kW, cargas resistivas, constituídas principalmente de estufas, vários aparelhos de ar-condicionado, necessários para atender às condições climáticas exigidas pelo seu processo industrial, e muitas cargas não lineares, como lâmpadas, equipamentos de laboratório, e principalmente, muitos microcomputadores, necessários para o gerenciamento da empresa.

A indústria recebe energia elétrica em tensão secundária, 220V, alimentada através de uma linha rural de 13,2 kV, através de um transformador de 112,5 kVA.

Em virtude dos prejuízos que a interrupção do fornecimento provoca, associado ao racionamento, a empresa tinha instalado um gerador de emergência, projetado para entrar em operação automaticamente após a interrupção do fornecimento por parte da concessionária.

Os problemas concentravam-se na parada súbita, que eram chamados de “reset”, dos microcomputadores - PC, que causavam perda de informações e constantes re-trabalhos.

Além dos “reset”, eram observadas constantes perdas de conexão com a rede que interligava as estações de trabalho.

Foram feitas várias medições e levantamentos na instalação para identificar as causas destes problemas. Através da análise dos dados, são destacadas as soluções propostas para a solução dos problemas.

As conclusões das análises dos registros das medições, e dos levantamentos efetuados, apontaram que a má qualidade da instalação, motivada pela falta de um projeto elétrico bem elaborado, provocavam os problemas enfrentados pela indústria.

Problemas como estes estão presentes em boa parte das MPME – Micros, Pequenas e Médias Empresas. Conforme dados do Programa Energia Brasil as MPME são responsáveis por 32% de todo o consumo de energia no país. As MPME também correspondem por 98% do total de empresas do Brasil e empregam 60% do total dos trabalhadores do país.

2.0 - AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA

Os trabalhos para avaliação da Qualidade da Energia Elétrica nas dependências da indústria foram

feitos através de inspeções no local e avaliações de medições efetuadas.

Nas inspeções buscou-se identificar problemas que poderiam ser solucionados de maneira imediata.

Para avaliar as condições da energia elétrica foram utilizadas três estratégias de medição.

2.1 Análise dos Níveis de Tensão através de Alicates Multímetros.

Os alicates multímetros foram utilizados para se medir corrente (nas fases, neutro e terra) e tensão (entre fases, entre fase e neutro e entre neutro e terra) com o objetivo de identificar possíveis anomalias.

2.2 Análise da Qualidade da Energia Elétrica através das Medições de Grandezas Elétricas

A instalação do Registrador de Grandezas Elétricas (RGE) teve como objetivo coletar dados dos níveis e variações da tensão e da corrente, distorções harmônicas, de tensão e corrente, potências, fator de potência, e energia, tanto no ponto de fornecimento da concessionária, como nos quadros de distribuição internos da indústria.

Estes equipamentos possuem taxa de amostragem de 128 amostras por ciclo, o que permite a monitoração de harmônicas até a 41ª ordem, mas não registram formas de onda.

Foram registrados níveis de corrente e tensão, potência, fator de potência, energia, distorções harmônicas de tensão e corrente, através de dois tipos de medições:

- i. O primeiro tipo envolveu dois RGE (Registrador de Grandezas Elétricas) instalados no mesmo período (horário comercial de um dia de trabalho da empresa) para comparar a QEE no ponto de conexão com a concessionária e no quadro de distribuição dos ramais que alimentam as cargas da indústria, com medições a cada minuto.
- ii. O segundo tipo, envolveu apenas um equipamento instalado, por um período de 5 dias, junto ao quadro de distribuição geral da planta, coletando informações a cada 15 minutos.

2.3 Análise da Qualidade da Energia Elétrica através do Registrador da Qualidade da Energia Elétrica.

O Registrador da Qualidade da Energia Elétrica - RQEE foi configurado para registrar informações a respeito dos seguintes fenômenos:

- i. VTCD's - Variações de Tensão de Curta Duração;
- ii. Distorções Harmônicas de Tensão;

iii. Variações de Frequência.

Este equipamento faz uma análise mais profunda dos principais fenômenos ligados a distúrbios que interferem na Qualidade da Energia Elétrica, registrando inclusive, oscilografias da tensão e corrente. Possui uma taxa de amostragem de 192 por amostras por ciclo, o que permite a obtenção de ordens harmônicas superiores à 50ª.

O RQEE foi configurado para armazenar registros para afundamentos de tensão superiores a 10%, ou seja, onde a tensão remanescente ficasse abaixo de 90% da nominal, 127 V fase-terra, e instalado junto ao quadro de distribuição geral da indústria, ficando nesta condição por duas semanas.

3.0 - RESULTADOS DAS INSPEÇÕES E ANÁLISES DOS REGISTROS DAS MEDIÇÕES

Após o período de monitoração, os dados das inspeções e das medições foram reunidos e comparados, buscando identificar os principais problemas que estavam interferindo nos processos da empresa.

3.1 Resultados das Inspeções e Medições com Alicates Multímetros

Logo na primeira inspeção, foi verificado, através de medição com alicate multímetro, que existia uma queda de tensão de 10% no circuito que derivava do padrão de entrada o gerador de emergência. Ou seja, na condição de fornecimento normal, o referido circuito, com comprimento padrão de entrada – gerador – padrão de entrada, já provocava uma queda de tensão não aceitável para os equipamentos da planta.

A primeira medida eficaz para reduzir os problemas já foi tomada na primeira visita, e consistiu na desativação da entrada automática em operação do Gerador de Emergência, através do jumpeamento do circuito, a fim de eliminar a queda de tensão de 10%.

Outra irregularidade verificada logo na primeira visita foi a falta de identificação no quadro de distribuição da empresa, onde não era possível localizar os circuitos de cargas que os disjuntores protegiam. Neste mesmo ponto, foi verificado desbalanço de carga entre as fases, situação que estava presente também no padrão de entrada. Este quadro não estava aterrado.

A falta de identificação dos circuitos foi observada nos demais quadros disjuntores, situação que prejudicou o andamento dos trabalhos, gerando problemas para identificação de fases que deveriam ser monitoradas.

Junto às dependências do Centro de Processamento de Dados da Empresa, foi verificado que existiam dois circuitos alimentando os equipamentos - o primeiro dentro das paredes e sem o condutor terra - circuito antigo, e o segundo em eletroduto galvanizado metálico, sobre as paredes, com o condutor terra - circuito novo.

Foram efetuadas medição da tensão entre neutro e o terra, encontrando valores de 2 a 5 Volts, situação observada em diversos pontos da empresa, principalmente na área administrativa, onde predominava os micro computadores, servidores e fotocopiadoras.

Um grande problema para o entendimento da situação foi a falta do projeto elétrico completo das instalações. As informações foram fornecidas pelo único eletricitista da planta, sendo apresentado apenas um desenho contendo informações, sobre o circuito novo e eletroduto. Mesmo assim, o mesmo não refletia a realidade.

Outro documento apresentado foi um projeto de prevenção contra descargas atmosféricas, recentemente executado, mas sem comprovação de que tivesse sido elaborado por um técnico legalmente credenciamento.

3.2 Avaliação das Medições do Equipamento Registrador de Grandezas Elétricas

Os perfis da tensão e corrente são apresentados abaixo. A figura 1 mostra o perfil de tensão nas três fases, obtido junto ao padrão de entrada da indústria, e a figura 2 mostra o perfil de corrente.

Para o quadro de distribuição geral, os perfis de tensão e corrente são apresentados nas figuras 3 e 4 respectivamente.

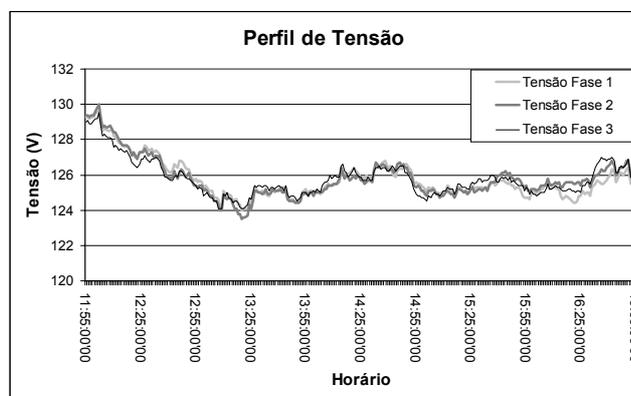


Figura 1 – Perfil de Tensão no Quadro de Entrada.

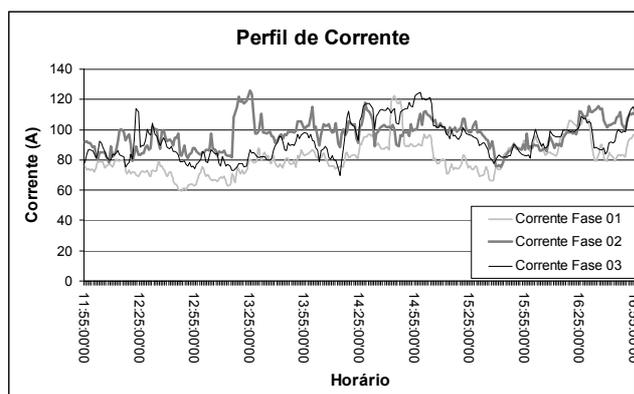


Figura 2 – Perfil de Corrente no Quadro de Entrada.

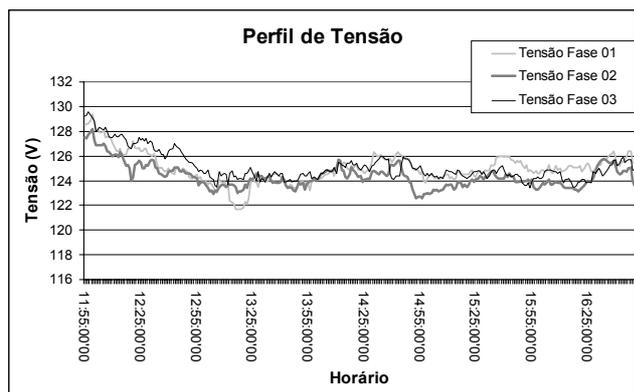


Figura 3 – Perfil de Tensão no Quadro de Distribuição Geral.

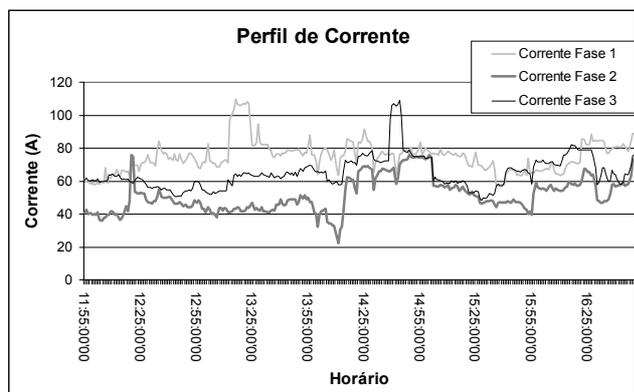


Figura 4 – Perfil de Corrente no Quadro de Distribuição Geral.

A tabela 1 apresenta os valores de distorção harmônica total de tensão nos quadros de entrada e de distribuição Geral avaliados pelo equipamento Registrador de Grandezas Elétricas.

Distorção Harmônica Total de Tensão - DHTT			
	Fase A	Fase B	Fase C
Quadro de Entrada	3,15 %	3,53 %	3,13 %
Quadro de Distribuição Geral	4,13 %	4,59 %	3,96 %

Tabela 1 – Distorção Harmônica Total de Tensão.

Analisando os resultados, foi verificado que as tensões permaneceram dentro das faixas consideradas normais pela Resolução 505 da ANEEL, ou seja, as tensões permaneceram entre 115,6 e 132,1 V.

Os valores encontrados de DHTT - Distorção Harmônica Total de Tensão se apresentam abaixo de 5%, limite considerado normal pela Norma Americana - IEEE 519 e também pelas contidas nos Procedimentos Padrões para a Rede Básica, estabelecidos pelo Operador Nacional do Sistema – ONS. Para a corrente, os valores de distorção encontrados foram mais elevados, em função da presença de cargas não lineares na empresa. Foi realizada também uma avaliação das harmônicas individuais de tensão e corrente que se apresentaram em valores dentro de limites aceitáveis segundo a IEEE 519 e ONS.

No entanto, essa avaliação apontou para a presença da terceira harmônica de corrente e de tensão no quadro de distribuição geral da empresa, com valores maiores que os encontrados no padrão de entrada.

Com os perfis de tensão e corrente de um dia, foi realizada uma análise mais profunda do comportamento da tensão no horário comercial. Observou-se que existiam vários picos de corrente que causavam ligeiras quedas de tensão. Este fenômeno estava associado à entrada de aparelhos condicionadores de ar, com significativa presença na instalação. Essa situação pode ser observada na Figura 5.

Estes picos de corrente foram associados às ocorrências registradas junto ao CPD – Centro de Processamento de Dados – da indústria.

A figura 6 apresenta o perfil de potência da Fase A, registrado pelo equipamento que ficou monitorando o sistema durante dois dias úteis e meio e dois dias do final de semana, guardando registros de 15 em 15 minutos.

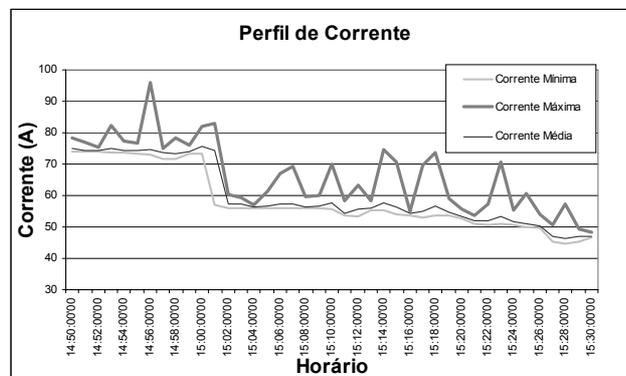


Figura 5 – Perfil de Corrente com máximos e mínimos.

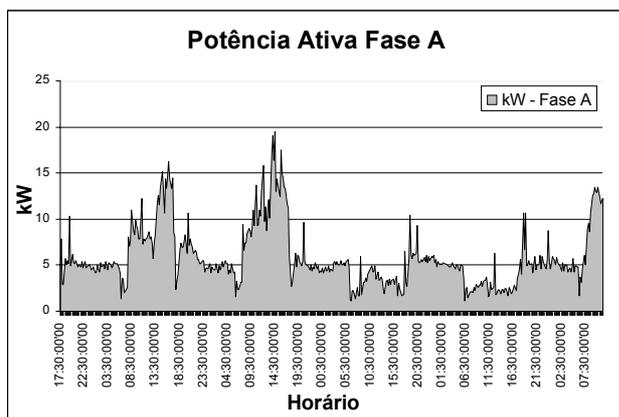


Figura 6 – Perfil de Potência Ativa Fase A.

A figura 6 mostra o comportamento das cargas durante o período de avaliação. Fica claro que durante o horário comercial (8:00 as 18:00), o carregamento é maior. No período noturno e durante o fim de semana, a potência registrada permanece em níveis mais baixos.

A análise do fator de potência mostrou que durante os dias ele permanece dentro da legislação, ou seja, acima de 0,92. Nos finais de semana, foram observadas variações, já que somente equipamentos necessários para a manutenção da empresa estavam ligados.

Como foi destacado, a presença da terceira harmônica, com valores maiores no quadro de distribuição, mostrou que esta distorção é ampliada dentro das instalações da empresa.

A presença de Terceira Harmônica causa circulação de corrente em condutores de neutro ou de retorno em instalações onde eles estejam presentes. Esse fato pode ocasionar condutores de neutro com temperaturas elevadas (redução de vida útil) além do aparecimento de tensões entre neutro e terra devido à interação entre a corrente e a impedância da fiação, fato comprovado pelas medições da tensão entre neutro e terra, efetuadas durante as inspeções.

3.3 Avaliação das Medições do Equipamento Registrador da Qualidade da Energia Elétrica

O RQEE não registrou nenhum evento de Variação de Tensão de Curta Duração durante o período, ou seja, não foi verificada nenhuma queda de tensão que resultasse em níveis inferiores a 90% da tensão nominal (127 V), denotando distúrbios com característica de regime permanente.

Os registros harmônicos deste equipamento coincidiram com os registros do Registrador de Grandezas Elétricas.

O equipamento não apontou nenhuma variação acentuada na frequência.

As indicações dos níveis de tensão confirmaram as análises feitas pelo equipamento registrador de grandezas elétricas, mas não foi registrada nenhuma oscilografia, ou seja não foi violado os níveis de variação estabelecidos como limite.

4.0 - SOLUÇÕES APONTADAS

As investigações não apontaram para problemas oriundos de fenômenos causados por perturbações externas.

Mesmo após a redução da queda de tensão, 10%, proporcionada pela “eliminação do trecho do circuito entre o padrão de entrada e o gerador de emergência” ainda foram registrados desligamentos de microcomputadores, motivo pelo qual conclui-se que a causa principal destes problemas é a diferença de potencial existente entre o neutro e terra. Estes equipamentos utilizam baixas tensões para operação e têm como referência o condutor terra. Como este possuía uma tensão em relação ao neutro, provocava o desligamento dos micros.

O grande motivo dos prejuízos da indústria, devido ao desligamento dos equipamentos do CPD – Centro de Processamento de Dados deveu-se a falta de planejamento elétrico da expansão da planta, que não possuía nenhum projeto básico, que orientasse a escolha da fase a ser ligada uma nova carga. Em geral, os circuitos de uma instalação elétrica de baixa tensão devem ser projetados para atender uma certa potência a tensão constante, levando em conta basicamente dois critérios: a capacidade de corrente e a queda de tensão. À medida que novas cargas são incluídas sem respeitar os limites fixados em projeto, a qualidade da energia consumida pelo equipamento é comprometida, seja pelo aquecimento de condutores, atuações da proteção ou quedas de tensão elevadas.

Como foi observado em dias úteis, o chaveamento constante de equipamentos, tais como aparelhos de ar-condicionado, também afeta cargas sensíveis a afundamentos de tensão, principalmente se elas estiverem ligadas nos mesmos circuitos ou nas mesmas fases do quadro de distribuição.

Como foi detectado que os problemas estavam relacionado às instalações elétricas (circuitos, cabos, aterramento, quadro de distribuição, etc.) da empresa, foram propostas as seguintes providências para solucionar os problemas:

i - Levantamento de Cargas

Este procedimento consiste na determinação das cargas instaladas em cada quadro, obtendo os valores de potência, tensão, corrente e a qual(is)

fase(s) elas estão conectadas. Foi recomendado que este procedimento fosse acompanhado da elaboração de um projeto “as built” da instalação elétrica da planta. Esta providência permite verificar a ocorrência de circuitos sobrecarregados e/ou com quedas de tensão acentuadas.

ii - Balanceamento das Cargas

Após o levantamento das cargas, deve-se procurar redistribuir as cargas entre fases, de maneira a obter o melhor balanceamento possível, reduzindo o desequilíbrio de tensão, a circulação de corrente no neutro, a diferença de tensão entre neutro e terra, e a ampliação da terceira harmônica, que potencializa as perdas dos circuitos, sobreaquece os condutores, etc.

iii - Aterramento adequado dos circuitos

Para mitigar os problemas, foi recomendado que fosse revisado o sistema de aterramento das instalações, pois foram constatados circuitos sem condutor terra, falta de interligação do sistema de aterramento e quadros de distribuição não aterrados. Apenas este procedimento já proporciona um maior grau de estabilização da tensão. Além disso, foi proposta uma avaliação da resistência de aterramento do sistema de proteção contra descargas atmosféricas, para interligação com o sistema de aterramento das cargas, ou seja, um único sistema de aterramento, como recomenda a NBR 5419 “Proteção de Estruturas Contra Descargas Atmosféricas”.

5.0 - CONCLUSÕES

Problemas relacionados à Qualidade da Energia Elétrica causando desligamento de equipamentos de computação geram perdas de informações, retrabalhos e são responsáveis por prejuízos enormes para muitas indústrias. Algumas soluções para estes problemas possuem custos altíssimos, e muitas vezes o problema origina-se na fase de projeto da planta. Dessa forma, detalhes relacionados à preservação da Qualidade da Energia Elétrica devem ser sempre considerados, pois são de extrema importância. Muitas vezes, cuidados simples solucionam grandes problemas.

No caso estudado, foi constatado que as instalações elétricas estavam em desacordo com as normas técnicas vigentes, que de certa forma, garantem a operação satisfatória dos equipamentos. O desequilíbrio de cargas, tão fácil de ser resolvido, chegou a provocar desligamentos do disjuntor de entrada, por sobrecarga em uma das fases.

As avaliações realizadas e apresentadas neste trabalho indicaram que o não cuidado com a instalação elétrica, tanto na fase de projeto inicial ou

da expansão da planta, em geral, compromete seriamente o desempenho da mesma, provocando problemas que podem significar sérios prejuízos para a indústria.

A situação é pior no caso das Micros, Pequenas e Médias empresas, que em geral, não se preocupam com as instalações elétricas, tanto no caso de manutenção quando no caso de ampliação de cargas. Muitas delas não possuem sequer um técnico para acompanhar a situação das instalações. Este fato faz com que ocorram paradas constantes de máquinas, gerando sérios prejuízos, tanto para a Indústria, quanto para o consumidor final, e para o país.

Por desconhecer o assunto, muitos tentam responsabilizar as concessionárias dos prejuízos pelas paradas de produção.

Por este motivo, e pela grande participação da MPME no uso da energia e geração de empregos no país, vale a pena as Concessionárias implementarem programas orientativos de adequação das instalações elétricas a qualidade da energia elétrica fornecida.

6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica – “Resolução 505”. 26 de Novembro de 2001.
- [2] ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico. “Módulo 2 - Submódulo 2.2 – Padrões de Desempenho da Rede Básica”. Outubro de 2002.
- [3] NBR 5410 – “Instalações Elétricas em Baixa Tensão”.
- [4] NBR 5419 – “Proteção de Estruturas contra Descargas Atmosféricas”.
- [5] IEEE 519 – “Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems”. 1993.
- [6] A. Stano Jr., D. F. Bernardes, J. C. G. Rodrigues, J. M. E. Vicente. “O impacto do uso de microcomputadores na Qualidade da Energia Elétrica”. // *SBQEE*. 1997.
- [7] R. Aldabó. “Qualidade na Energia Elétrica”, Artliber Editora. 2001