

# **XIV SEMINÁRIO NACIONAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

## **A QUALIDADE DA ENERGIA EM CONSONÂNCIA COM A SEGURANÇA INDUSTRIAL**

BENEDITO DONIZETI BONATTO  
ERNESTO ALBERTO MERTENS JR.  
FRANCISCO ALFREDO FERNANDES  
LUÍS FERNANDO SOUZA DIAS

ELEKTRO – Eletricidade e Serviços S.A.

**Palavras-chave:** qualidade da energia elétrica, segurança industrial, variações momentâneas de tensão, “voltage sag”, monitoramento, análise, soluções

**Foz do Iguaçu, 19 a 23 de novembro de 2000**

## 1. INTRODUÇÃO

O aumento das exigências dos consumidores, em função das mudanças de comportamento dos mercados mundiais, tem forçado empresários de diversos setores produtivos a buscarem cada vez mais eficiência e eficácia, objetivando principalmente a constante redução de custos e a melhoria da qualidade do produto final. A conseqüente modernização de linhas de produção industriais, então cada vez mais automatizadas e utilizando microprocessadores em larga variedade de equipamentos, processos e controles, tem tornado esses processos industriais bastante vulneráveis a problemas de qualidade da energia elétrica. Principalmente nos últimos anos, portanto, esta tendência acentuada de crescimento de cargas baseadas na eletrônica de potência e microcomputadores, com processos e controle operativos extremamente sensíveis a variações das características da energia eletromagnética entregue, tem sido causa de muitas das reclamações por uma “qualidade melhor” no fornecimento de energia elétrica pelas concessionárias [1-4].

Este trabalho relata um estudo de caso, com uma solução conjunta adotada em um cliente da concessionária ELEKTRO – Eletricidade e Serviços S.A., atuando no ramo de cerâmica (produtor de pisos e revestimentos), e cuja carga elétrica apresentava grande sensibilidade a variações momentâneas de tensão, tipicamente subtensões transitórias ou quedas momentâneas de tensão (“voltage sag’s). A ocorrência normal deste tipo de fenômeno no sistema elétrico, quando ultrapassados os níveis de compatibilidade das cargas sensíveis do cliente, resultavam na paralisação do seu processo de produção, gerando sérios prejuízos materiais e financeiros.

O atendimento efetuado pela ELEKTRO ao cliente envolveu, além de serviços de assessoria técnica, também a realização de medições especiais tanto no ponto de acoplamento comum (PCC), como também a realização simultânea de monitoramentos internos à sua planta industrial. Após a avaliação do processo produtivo utilizado pelo cliente, verificou-se que o ponto crítico do processo e a carga considerada sensível era o forno, que possui como fonte de calor a queima de gás (GLP- Gás Liquefeito de Petróleo). Porém, todo o controle da injeção e queima deste combustível é feito eletronicamente por um sistema que controla temperaturas específicas ao longo do forno em função de cada etapa do processo de fabricação de pisos e revestimentos cerâmicos.

Aparentemente a solução seria clássica, uma vez que a adoção de uma fonte auxiliar (“UPS” ou “NO-BREAK”) no sistema de controle, permitiria o funcionamento ininterrupto do processo de fabricação, pois a grande maioria das variações momentâneas de tensão não deveriam, então, afetar a operação do forno, devido à sua grande e inerente “inércia” térmica. Porém, o ponto crucial de uma solução eficaz neste tipo de processo de fabricação era a questão da segurança industrial, uma vez que a não interrupção da entrada do gás GLP, no caso da ocorrência de fenômenos de qualidade da energia elétrica de mais longa duração, poderia causar sobreaquecimentos extremos, e até provocar a explosão do forno com consequências trágicas.

Portanto, justificava-se a necessidade de avaliação detalhada do processo envolvendo também o fabricante do forno, visando compatibilizar as alternativas de solução do problema de qualidade da energia com as questões de segurança de operação do processo industrial, cuja experiência prática é apresentada neste trabalho. A seção 2 descreve as principais características do problema apresentado pelo cliente e o registro das perturbações transitórias no sistema elétrico. Na seção 3 apresenta-se os resultados das análises efetuadas com base nos dados disponíveis, e a seção 4 apresenta as principais conclusões e recomendações para o caso analisado neste artigo.

## 2. – MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA TENSÃO ELÉTRICA

### 2.1 – Caracterização de Variações Momentâneas de Tensão

O cliente industrial é suprido pela ELEKTRO através da S/E Rio Claro I, circuito Alimentador 21 em tensão de 13,8 kV, e distando 3,4 km da S/E conforme demonstrado no diagrama da Fig. 1.

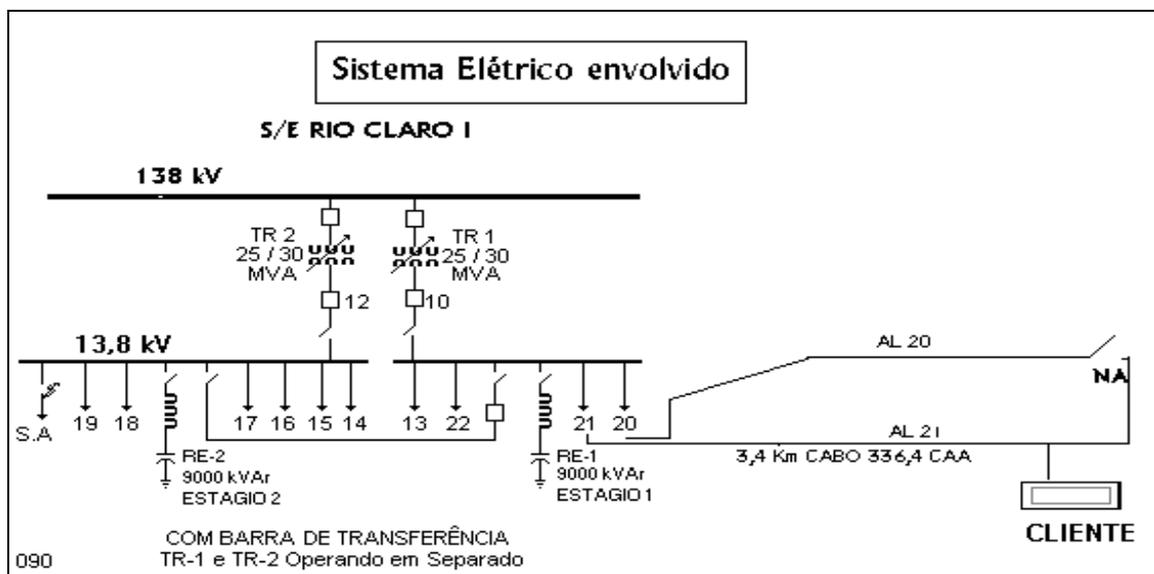


Figura 1 – Sistema elétrico envolvido

As perturbações reclamadas pelo cliente caracterizavam-se por variações momentâneas na tensão fornecida (tipicamente queda momentânea no nível da tensão eficaz, “voltage sag”), e que eventualmente causava a paralisação do processo de produção industrial, resultando em perdas materiais e problemas com a retomada do processo de fabricação de pisos e revestimentos cerâmicos.

As quedas momentâneas de tensão (“voltage sag’s”) são condições de tensão baixa com duração entre 0,5 ciclo e 2 minutos e em geral decorrem de faltas em outras partes do sistema elétrico ou partida de grandes motores. Por outro lado, elevações momentâneas de tensão (“voltage swells”) são condições de tensão alta com duração entre 0,5 ciclo e 2 minutos e em geral ocorrem nas fases boas de um sistema elétrico trifásico durante uma falta fase-terra ou quando da saída de grandes blocos de carga.

Usualmente, quedas momentâneas de tensão são causadas por faltas em “outras partes do sistema”, que não o próprio circuito que atende a carga do cliente. Assim, uma falta transitória no sistema de transmissão interligado ou mesmo uma falta em um outro circuito alimentador de distribuição não supridor do cliente, pode resultar em uma queda momentânea na tensão da barra de 13,8 kV na qual está conectado o alimentador que atende o cliente, sujeitando então suas cargas sensíveis à esta variação momentânea de tensão. Também uma falta nas instalações internas do cliente, pode ter como consequência, uma queda transitória de tensão.

Tipicamente, o menor tempo em que a proteção de um sistema de distribuição consegue “perceber uma falta (ou curto-circuito)”, enviar sinal de comando ao disjuntor e este abrir os contatos, é da ordem de 6 a 8 ciclos (de 100 a 133ms para a frequência do sistema elétrico igual a 60Hz) . Assim, durante este curto período de tempo, o sistema elétrico em questão, experimenta uma variação momentânea de tensão.

## 2.2 – Planejamento e Esquema de Medições Realizadas

Com o objetivo de verificar a intensidade e frequência de ocorrência do fenômeno reclamado, foi prevista a execução de uma medição especial com dois analisadores de qualidade da energia apropriados para esta função, sendo um instalado na planta industrial interna do cliente, em tensão de 0,38kV, e o outro na cabina de medição (ponto de entrega ou ponto de acoplamento comum), em tensão de 13,8kV.

O motivo de ter sido planejada a instalação de dois equipamentos prende-se ao fato da necessidade de identificar-se, de fato, a origem dos problemas, ou seja, se as perturbações foram causadas na própria instalação interna do cliente ou se tiveram origem no sistema de suprimento da concessionária, provocando assim perturbações no circuito monitorado.

Os tipos de analisadores de qualidade de energia utilizados pela ELEKTRO (DRANETZ-BMI PQNode 8010 e 8020) permitem o registro de perturbações (tais como impulsos, distorções de forma de onda, oscilações transitórias de tensão, interrupções, transitórios de energização) o que exige que os sinais sejam amostrados continuamente e registrados quando estes ultrapassam limites pré-estabelecidos ('thresholds'). Além disso, permitem o monitoramento de grandezas elétricas tais como tensão, corrente, potência ativa, reativa e aparente, distorções harmônicas. Logo, são instrumentos adequados para diagnóstico de problemas de qualidade da energia elétrica. Um destes equipamentos foi então instalado no circuito de baixa tensão alimentador de uma das máquinas ou equipamentos que apresentavam o problema em questão, como forma de subsidiar o processo de solução da compatibilização entre as características de oscilação de tensão (amplitude e duração) causadas por fenômenos no sistema elétrico e as características exigidas em função da sensibilidade das cargas do cliente.

## 2.3 – Características de “Regime Permanente”

### 2.3.1 - Nível de tensão de fornecimento

A primeira providência possível com a instalação dos equipamentos analisadores da qualidade da energia pela ELEKTRO foi a verificação quanto aos níveis de tensão de fornecimento tanto no ponto de entrega da concessionária, quanto na baixa tensão no circuito que supre os equipamentos sensíveis. Verificou-se que os níveis de tensão de fornecimento pela ELEKTRO em regime permanente estavam adequados, conforme pode-se visualizar nos gráficos a seguir. A tensão de fornecimento em 13,8kV apresentava boa regulação, mantendo-se entre 98,4 % e 103,9 % do valor da tensão nominal, como pode ser verificado nas Figs. 2, 3, e 4.

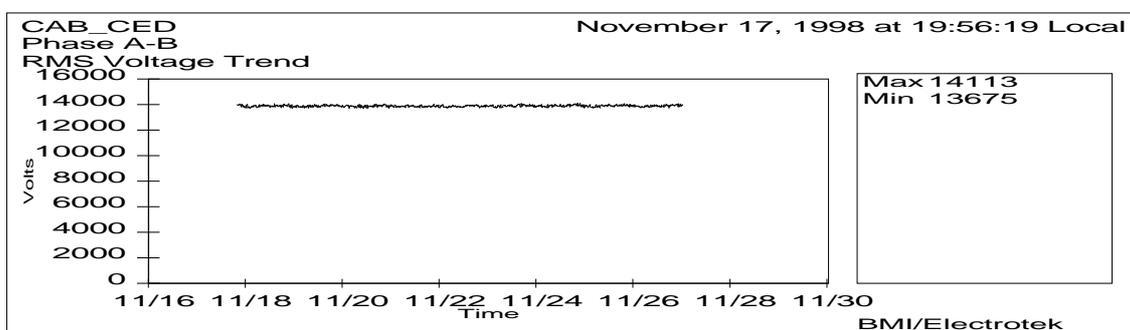


Figura 2 - Gráfico da tensão de fornecimento em 13,8kV no período de 17/11 a 27/11/98.

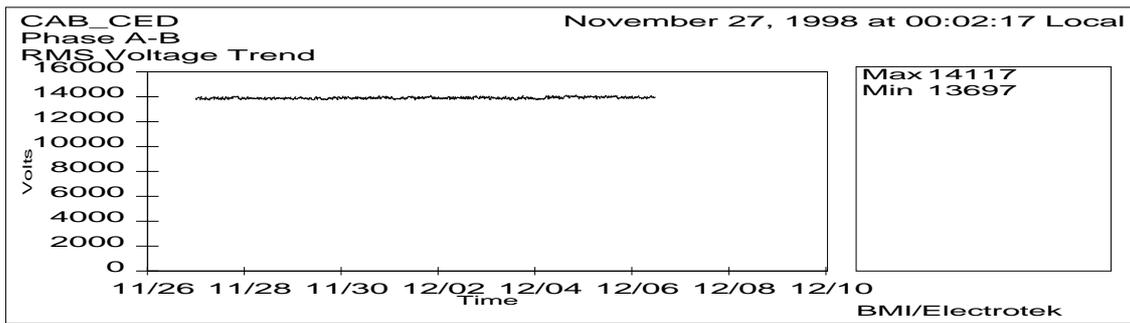


Figura 3 - Gráfico da tensão de fornecimento em 13,8kV no período de 27/11 a 07/12/98.

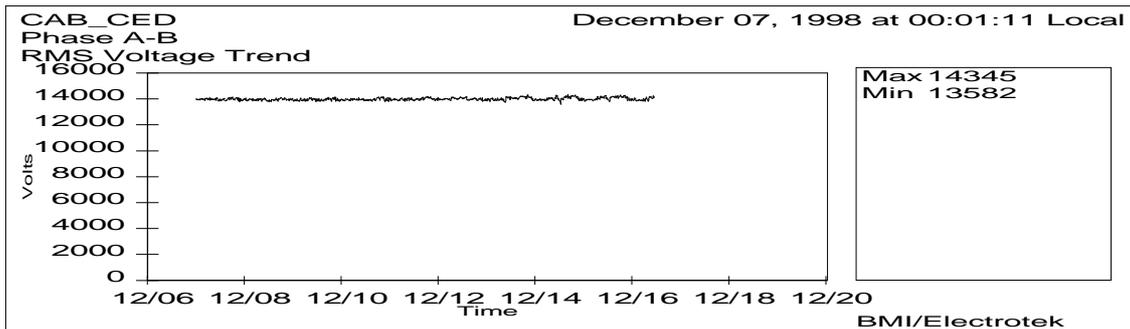


Figura 4 - Gráfico da tensão de fornecimento em 13,8kV no período de 07/12 a 17/12/98.

### 2.3.2 - Nível de tensão interna na indústria

A seguir, apresenta-se os gráficos resultantes do monitoramento da tensão interna na indústria, na baixa tensão com valor nominal de 380V. Os valores de tensão apresentados neste gráfico ao longo do período de medição, são os valores médios resultantes da integralização feita pelo equipamento analisador da qualidade da energia a cada 10 minutos. Calculando-se o valor médio dessas tensões medidas em condições operativas normais na indústria, resulta em cerca de 395,5 volts, ou seja, aproximadamente 4,1% acima da tensão nominal. Isto se deve ao fato de que o cliente está utilizando um “tap” maior em seu transformador interno abaixador, a fim de obter um valor próximo da tensão nominal nos equipamentos instalados “muito muito” mais distantes da fonte. Esta condição operativa ensejaria, idealmente, uma revisão no projeto das instalações elétricas industriais, pois tal procedimento prático torna seus equipamentos próximos à fonte, sujeitos a queimas ou conseqüente redução no tempo de vida útil dos mesmos.

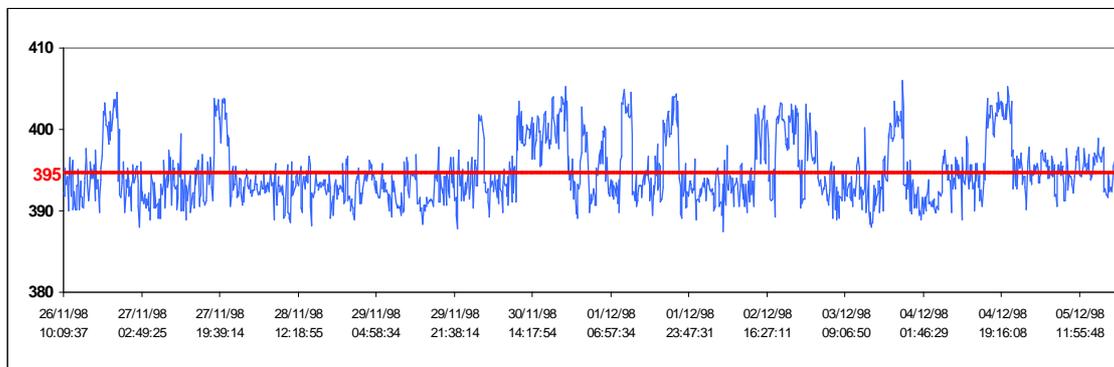


Figura 5 - Gráfico da tensão interna na indústria, de valor nominal 380V, no período de 26/11 a 05/12/98.

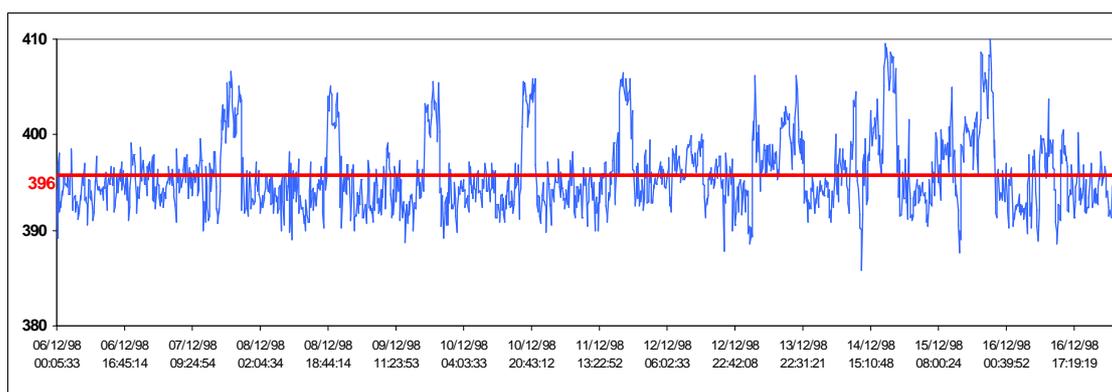


Figura 6 - Gráfico da tensão interna na indústria, de valor nominal 380V, no período de 06/12 a 17/12/98.

## 2.4 – Características de “Regime de Curta Duração ou Momentâneo”

### 2.4.1 – Perturbações críticas registradas no período de medição e suas causas

Após a avaliação dos níveis de tensão de regime permanente, partiu-se para a avaliação das perturbações causadoras de paradas e suas causas. Durante o monitoramento efetuado ao longo de 30 dias, foi registrado apenas uma perturbação com potencial para provocar a parada do processo do cliente, relacionada a seguir:

Tabela 1 – Perturbações críticas registradas e suas causas

Data	Hora	Ocorrências no Sistema Elétrico da ELEKTRO	Oscilação de tensão
30/11/98	15:12	Falha em Para Raio na fase C do AL. 20 da SE RIC1, com atuação dos relés 50/51, fases B, V e N e bloqueio do Disjuntor.	SIM

Dados estatísticos mostram que entre 80% a 85% dos curto-circuitos em sistemas de distribuição são do tipo fase-terra. De fato, relatórios das ocorrências da SE RIC1 dos últimos 2 anos comprovam que a maioria dos curto circuitos são fase-terra pela atuação dos relés 50/51N.

Para iniciar o registro de perturbações consideradas como anormalidades, os limites nos equipamentos de medição foram ajustados em 5% de sobretensão e 5% de subtensão, no medidor instalado na cabina de medição em 13,8kV, e em 5% de sobretensão e 7,5% de subtensão no medidor instalado na baixa tensão de 380V, internamente à indústria. Portanto, os equipamentos iniciaram o registro dos sinais elétricos sempre que, por um período de no mínimo 1 ciclo (a 60Hz), os níveis de tensão monitorados ultrapassaram os limites estabelecidos.

A seguir, apresenta-se, respectivamente nas Figs. 7 e 8, a variação momentânea de tensão, simultaneamente registrada na média tensão de 13,8 kV, e na baixa tensão de 0,38kV, e que foi causada pela perturbação descrita na Tabela 1.

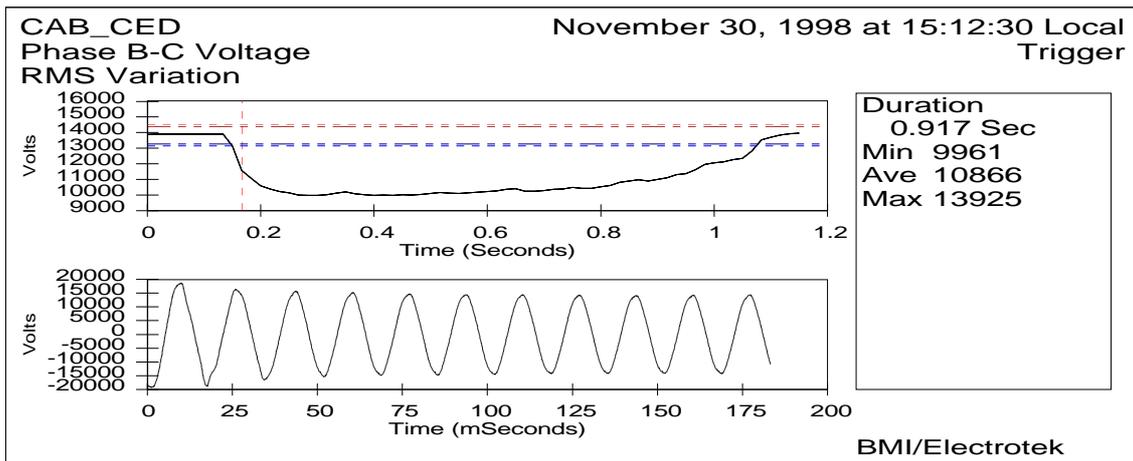


Figura 7 – Subtensão momentânea (“Voltage Sag”), registrada na **média tensão de 13,8 kV**

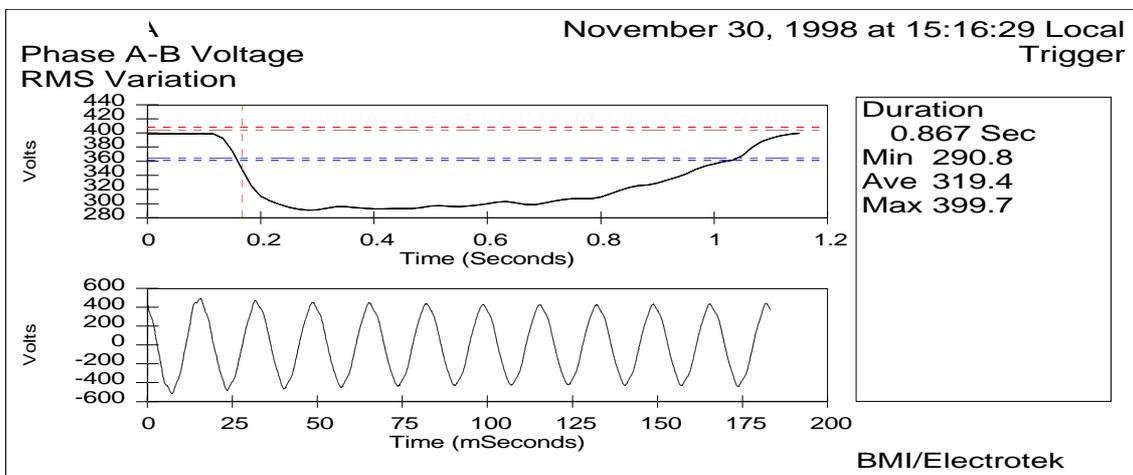


Figura 8 - Subtensão momentânea (“Voltage Sag”), registrada na **baixa tensão de 0,38 kV**

Como pode ser verificado nos gráficos acima, os perfis dos afundamentos verificados tanto na média como na baixa tensão possuem praticamente as mesmas características. No caso do gráfico registrado na baixa tensão (vide Fig. 8), a forma da variação momentânea de tensão percebida pela carga sensível do cliente, com duração de 0,867 segundos (52,2 ciclos), resultou na parada do processo industrial do cliente. O gráfico da Fig. 9 demonstra o detalhamento do perfil de tensão, no dia em que ocorreu a parada no processo industrial do cliente (30/11/98 às 15:12hs). Neste gráfico são apresentados os valores máximos, médios e mínimos, integralizados pelo equipamento analisador da qualidade da energia, em intervalos de tempo de 10 minutos, refletindo, portanto, as condições extremas de tensão a que as cargas do cliente foram submetidas.

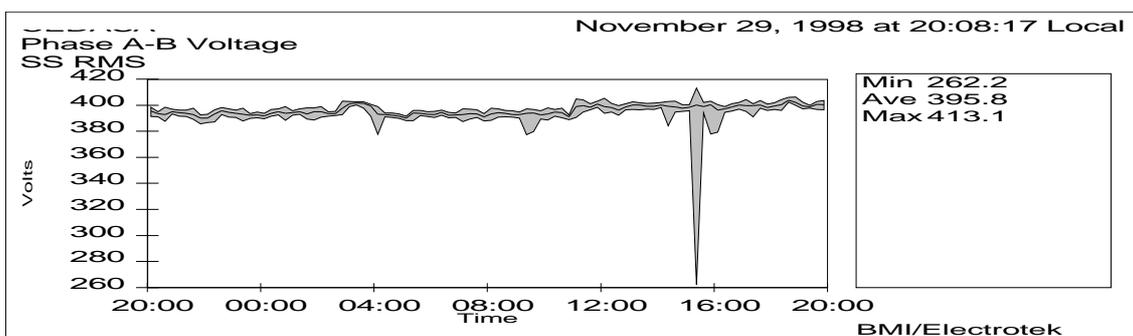


Figura 9 – Perfil de tensão (valores máximos, médios e mínimos) registrado na **baixa tensão de 0,38 kV**

## 2.4.2 – Variações momentâneas na tensão eficaz de fornecimento de 13,8kV e na tensão interna da indústria de 380V

### 2.4.2.1 – Determinação empírica da sensibilidade da carga a variações momentâneas de tensão

Através dos gráficos magnitude (% Volts) e duração (ciclos) apresentados a seguir, estão representadas todas as variações momentâneas de tensão aquisitadas no período de 17/11/98 a 17/12/98, tanto na média como na baixa tensão, 13,8kV e 380V, respectivamente. Destaca-se nestes gráficos uma perturbação (ponto A) que provocou a parada do processo produtivo do cliente. Também destaca-se outra perturbação (ponto B) que poderia ter interrompido o processo de produção industrial, mas como esta ocorreu alguns segundos após a anterior (devido ao religamento do circuito alimentador), o sistema do cliente já havia, então, sido interrompido. Nestes gráficos também estão realçados os limites ajustados nos equipamentos analisadores da qualidade da energia, de forma a identificar anormalidades e registrar os sinais elétricos dos eventos, portanto, sempre que ocorrer uma variação que ultrapasse esses limites pré-definidos.

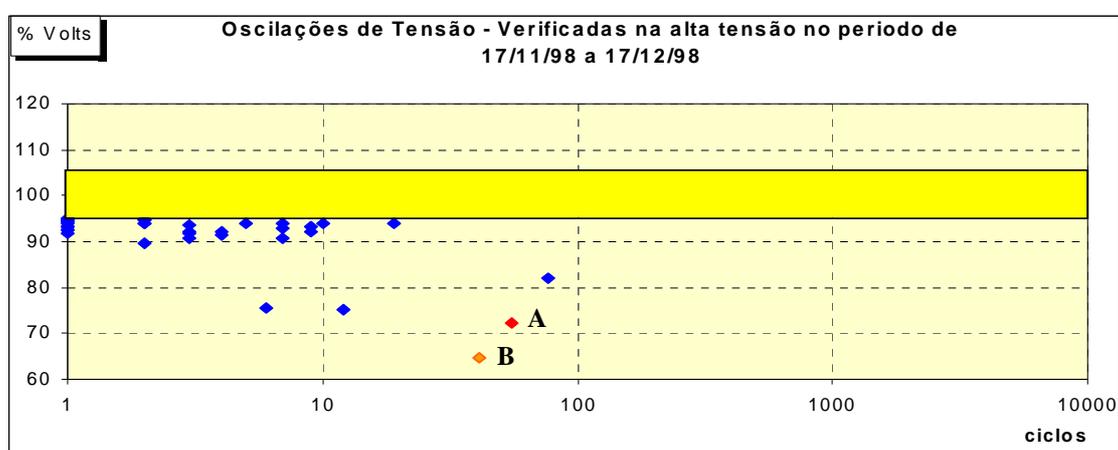


Figura 10 – Magnitude x duração das variações momentâneas de tensão registradas em **tensão de 13,8kV**

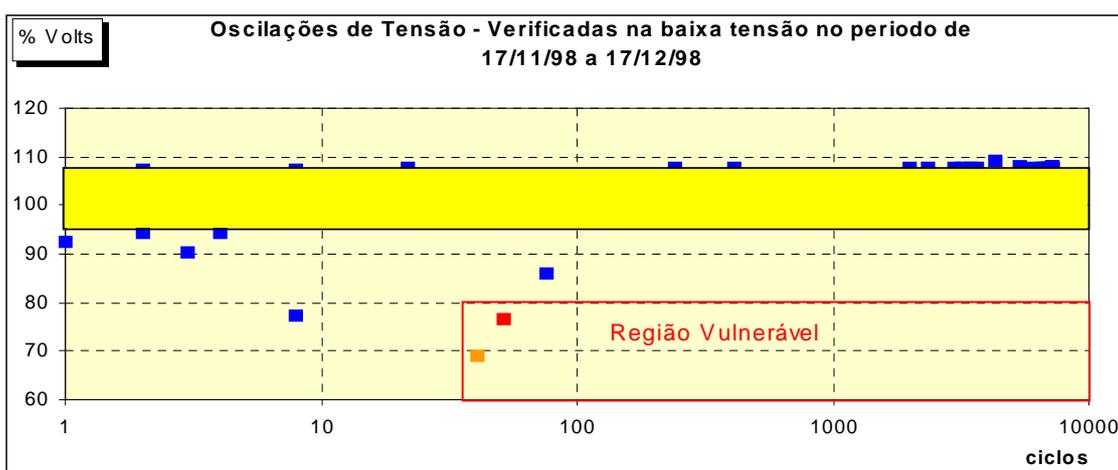


Figura 11 - Magnitude x duração das variações momentâneas de tensão registradas em **tensão de 380V**

A identificação, por parte do cliente, e idealmente, do próprio fabricante, das características de sensibilidade dos equipamentos que sofrem desligamentos devido a variações no sinal elétrico de alimentação é condição básica e necessária para a busca de soluções de custo mínimo para problemas de

qualidade de energia elétrica. Com estas informações pode-se sobrepor às perturbações registradas, as curvas (ou limites) de sensibilidade dos equipamentos a variações de tensão, visualizando-se um gráfico magnitude x duração. Isto possibilita identificar soluções práticas para problemas de qualidade da energia elétrica suprida de forma a minimizar os desligamentos, adequando-se, quando viável, a sensibilidade das cargas do cliente às características próprias do sistema elétrico da concessionária e garantindo-se a qualidade do produto final. Há casos, entretanto, em que o uso de modernas técnicas de compensação dinâmica baseadas no uso de eletrônica de potência parecem ser a melhor solução. Ocorre que, porém, geralmente as características de sensibilidade das cargas a variações de tensão não são, *a priori*, conhecidas pelo cliente, e muitas vezes, nem são fornecidas pelo fabricante, sendo então determinadas empiricamente através de medições efetuadas pela concessionária na tentativa de diagnosticar e propor soluções ao problema reclamado pelo seu cliente.

Com relação ao gráfico da Fig. 11, pode-se observar que existe uma área de vulnerabilidade, a qual foi identificada, após análise da totalidade das perturbações registradas no período, como sendo a área em que qualquer subtensão momentânea sustentada de aproximadamente 20% e com duração de aproximadamente 30 ciclos (0.5s a 60Hz), deveria causar a interrupção no processo produtivo do cliente. Observa-se, entretanto, que não houve o registro de um número suficiente de eventos causadores de interrupções para então se identificar com maior precisão a duração da perturbação que realmente afeta a carga sensível do cliente, sendo esta apenas uma estimativa da sensibilidade do equipamento ou processo industrial do cliente.

Como pode-se observar nos registros aquisitados na baixa tensão (vide novamente a Fig. 11), a maioria das subtensões momentâneas (“Voltage Sag’s”) são de baixa amplitude e duração, desta forma não afetando as cargas sensíveis do cliente em questão. Destaca-se ainda, que grande parte das mesmas são causados por partidas dos motores que compõem a própria linha de produção do cliente. Quanto às sobretensões momentâneas (“Voltage Swell’s”), pode-se verificar a ocorrência de muitas oscilações inclusive de longas durações. Possivelmente, isto resulta em função do “tap” utilizado no transformador abaixador do cliente, visando uma tensão secundária mais elevada.

#### 2.4.2.2 – Variações momentâneas de tensão registradas e curva CBEMA

Nos gráficos seguintes, todas as variações momentâneas de tensão aquisitadas durante o período de medição (magnitude e duração) são representadas permitindo-se uma comparação com a **curva de suportabilidade** de microcomputadores adotada pela CBEMA - “Computer Business Equipment Manufacturer Association” dos E.U.A. Desta forma, pode-se verificar o número de vezes em que variações momentâneas de tensão possam ter comprometido processos industriais controlados por computadores.

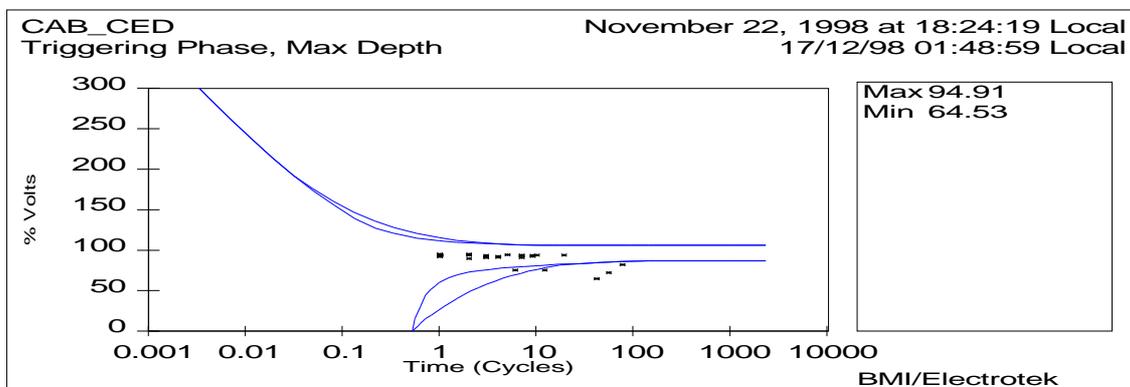


Figura 12 – Média tensão de 13.8kV – “Sags e Swells” x curva CBEMA (Os pontos situados dentro do “envelope” não provocariam problemas no funcionamento de computadores)

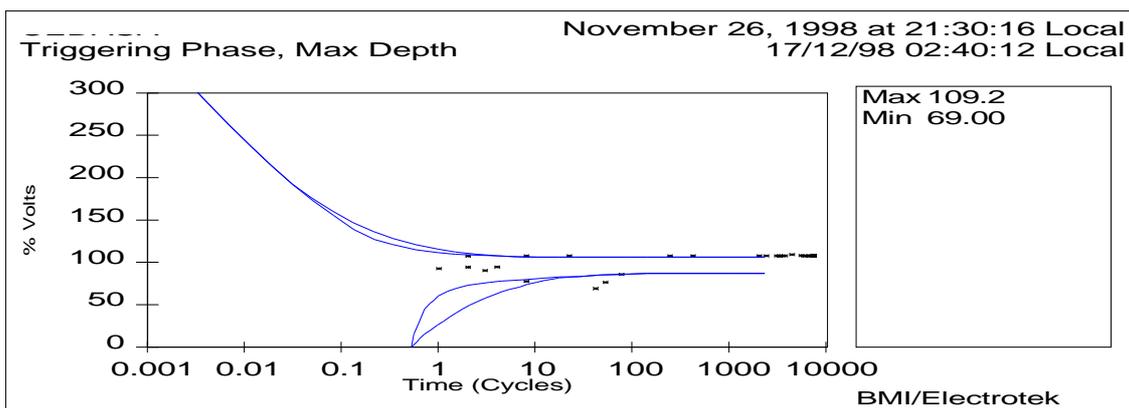


Figura 13 – **Baixa tensão de 380V** – “Sags e Swells” x curva CBEMA (Os pontos situados dentro do “envelope” não provocariam problemas no funcionamento de computadores)

A simples visualização das variações momentâneas de tensão registradas em comparação aos limites de suportabilidade apresentados pela curva CBEMA também mostra que a grande maioria das quedas rápidas de tensão não chegaria a provocar danos ao funcionamento de processos controlados por computadores.

As oscilações registradas abaixo da linha inferior do “envelope” são as identificadas como críticas para o funcionamento de processos controlados por computadores, e que neste caso, são justamente as verificadas na “área de vulnerabilidade” demonstradas no gráfico da Fig. 11. Portanto, pode-se inferir que, neste caso, a curva CBEMA desenhada no gráfico da Fig. 13 possui boa aderência ao processo do cliente.

Nas perturbações demonstradas nos gráficos anteriores, pode-se verificar que se os equipamentos sensíveis do cliente suportassem as quedas ou afundamentos momentâneas de tensão por um período superior a 0,7 segundos não teria ocorrido nenhuma parada no processo produtivo durante o período monitorado. Obviamente, quanto maior o período de tempo suportável pela carga sensível em condições de perturbações, menores as chances de ocorrerem paralisações na indústria.

### 3. – ANÁLISES E PROPOSIÇÃO DE SOLUÇÕES

Uma vez que o ponto crítico do processo industrial de fabricação de pisos e revestimentos cerâmicos era o forno, que tem como fonte de calor a queima de gás (GLP), deveria-se, então, aumentar a sua “robustez” a perturbações na tensão de alimentação. Todo o controle de queima do combustível utilizado no forno é feito eletronicamente por um sistema que controla temperaturas específicas em cada etapa do processo. Com base na análise dos dados registrados e interrupções de processo de fabricação até então experimentados pelo cliente, aparentemente a solução seria clássica, pois a instalação de uma fonte auxiliar no sistema de controle, permitiria o funcionamento ininterrupto do processo. Porém, o ponto crucial de uma solução eficaz neste tipo de processo de fabricação era a questão da segurança industrial, uma vez que a não interrupção da entrada do gás GLP, no caso da ocorrência de fenômenos de qualidade da energia elétrica de mais longa duração, poderia causar sobreaquecimentos extremos, e até provocar a explosão do forno com consequências trágicas.

Considerando-se a abrangência dos aspectos de segurança, os fabricantes dos equipamentos considerados sensíveis ou críticos foram envolvidos e convidados a participar das análises e detalhamento da operação dos diversos dispositivos. Após avaliações operacionais de funcionamento, foi estabelecido um limite de 1,2 segundos de duração para um possível condicionamento da energia elétrica fornecida durante a ocorrência de afundamentos momentâneos de tensão. Considerou-se, então, que para o processo em questão, este limite não introduziria nenhum risco adicional ao processo inerentemente perigoso, sendo estabelecido como possível solução a instalação de um dispositivo que proporcionasse uma suportabilidade na tensão de até 1,2 segundos, durante a ocorrência destas perturbações.

Com base nos monitoramentos de fenômenos de qualidade de energia efetuados pela Elektro nas instalações do cliente, dando ênfase na aquisição das variações momentâneas de tensão, pode-se estimar que, com a temporização a ser adotada no sistema de condicionamento, será possível eliminar mais de 90% das paradas indesejáveis, permitindo-se, inclusive, aumentar a suportabilidade do processo também a “interrupções momentâneas” do fornecimento de energia elétrica, ou seja, interrupções ou desligamentos momentâneos, seguidos de religamento do circuito alimentador.

O cliente, de posse destes resultados de análise e recomendações de solução, efetuou junto ao próprio fabricante do forno a aquisição e instalação de dispositivo “UPS” ou “NO BREAK” atendendo as especificações, não tendo sido relatadas à ELEKTRO maiores paralisações no processo industrial.

Este processo de busca de soluções conjuntas objetiva a compatibilização das cargas sensíveis, à operação normal do sistema elétrico, minimizando os problemas de qualidade da energia, e satisfazendo, quando possível, as necessidades e expectativas do cliente, da concessionária e do próprio fabricante.

#### **4. CONCLUSÕES**

Este trabalho relata um estudo de caso, com uma solução conjunta adotada em um cliente da concessionária ELEKTRO – Eletricidade e Serviços S.A., atuando no ramo de cerâmica (produtor de pisos e revestimentos), e cuja carga elétrica (forno a GLP) apresentava grande sensibilidade a variações momentâneas de tensão, tipicamente subtensões transitórias ou quedas momentâneas de tensão (“voltage sag’s). A ocorrência normal deste tipo de fenômeno no sistema elétrico, quando ultrapassados os níveis de compatibilidade das cargas sensíveis do cliente, resultavam na paralisação do seu processo de produção, gerando sérios prejuízos materiais e financeiros.

Aparentemente a solução seria clássica, pois a instalação de uma fonte auxiliar no sistema de controle, permitiria o funcionamento ininterrupto do processo. Porém, o ponto crucial de uma solução eficaz neste tipo de processo de fabricação era a questão da segurança industrial, uma vez que a não interrupção da entrada do gás GLP no forno, no caso da ocorrência de fenômenos de qualidade da energia elétrica de mais longa duração, poderia causar sobreaquecimentos extremos, e até provocar a explosão do forno com conseqüências trágicas.

Considerando-se a abrangência dos aspectos de segurança, os fabricantes dos equipamentos considerados sensíveis ou críticos foram envolvidos e convidados a participar das análises e detalhamento da operação dos diversos dispositivos. Após avaliações operacionais de funcionamento, foi estabelecido um limite de 1,2 segundos de duração para um possível condicionamento da energia elétrica fornecida durante a ocorrência de afundamentos momentâneos de tensão. Considerou-se, então, que para o processo em questão, este limite não introduziria nenhum risco adicional ao processo inerentemente perigoso, sendo estabelecido como possível solução a instalação de um dispositivo que proporcionasse uma suportabilidade na tensão de até 1,2 segundos, durante a ocorrência destas perturbações.

O cliente, de posse destes resultados de análise e recomendações de solução, efetuou junto ao próprio fabricante do forno a aquisição e instalação de dispositivo “UPS” ou “NO BREAK” atendendo as especificações, não tendo sido relatadas à ELEKTRO maiores paralisações no processo industrial.

O objetivo deste trabalho, por fim, é demonstrar a necessidade de avaliar-se detalhadamente o processo produtivo de um cliente industrial com problemas de qualidade na energia elétrica, de forma a evitar que determinadas soluções consideradas clássicas, possam interferir nos aspectos de segurança, eventualmente aumentando os riscos existentes em determinados processos industriais. Portanto, as soluções a serem adotadas devem considerar, como no caso apresentado, prioritariamente as questões de segurança de operação do processo, evitando-se que a instalação de dispositivos que aumentem a suportabilidade dos equipamentos a variações momentâneas de tensão venham também comprometer a segurança de toda uma planta industrial.

A experiência adquirida pela ELEKTRO mostra também, idealmente, que:

- geralmente, muitos problemas de qualidade da energia elétrica poderiam ser resolvidos já na fase de projeto de construção ou expansão ou modernização das plantas industriais;
- as concessionárias devem promover a educação e conscientização interna de seus funcionários em assuntos de qualidade da energia elétrica, especialmente os que primeiro recebem as reclamações de clientes, de forma a se evitar “atritos de desinformação e desgastes institucionais” desnecessários e orientar a o problema a equipes especializadas;
- as concessionárias devem se equipar de infra-estrutura básica, ou seja instrumentos e principalmente de pessoal especializado, em questões de qualidade de energia e promover a constante atualização teórico-prática destes profissionais, através de atividades de pesquisa, ensino e interação multidisciplinar interna e externa, com outros profissionais da área e com seus clientes;
- o diagnóstico preciso, a análise e proposição de soluções a problemas de qualidade da energia elétrica devem estar perfeitamente compatibilizados não somente com questões técnicas de engenharia mas também com as questões de segurança industrial e de operação eficaz do processo considerado;
- última e otimamente, a qualidade da energia elétrica deve ser tal que satisfaça as necessidades dos clientes a preços e custos razoáveis para promover o desenvolvimento do setor elétrico e consequentemente do país.

## 5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Bonatto, B.D., Mertens Jr., E.A e Fernandes, F.A., “*Diagnóstico da Qualidade de Energia em Clientes Industriais – Estudo de Caso*,” SBQEE’99 – III Seminário Brasileiro sobre Qualidade da Energia Elétrica, Brasília – DF, Brasil, 08 a 12 de Agosto de 1999.
- [2] Bonatto, B.D., Mertens Jr. and Fernandes, F.A., “*Diagnóstico da Qualidade de Energia no Sistema de Distribuição*,” III CONLADIS – III Congresso Latino Americano de Distribuição de Energia Elétrica, Escola Politécnica da USP, Cidade Universitária, São Paulo - SP, Brasil, 08 a 10 de Setembro de 1998.
- [3] Pinheiro, L.E.O., Bonatto, B.D., et ali, “*Monitoramento da Qualidade de Energia Elétrica Fornecida: Casos Práticos, Soluções e a Visão de Planejamento*,” XIII SENDI - Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica, São Paulo - SP, Brasil, 11 a 16 de Maio de 1997.
- [4] Pinheiro, L.E.O., Bonatto, B.D., et ali, “*Medições para Monitoramento da Qualidade de Energia em Sistema de Distribuição*,” I SBQEE- Seminário Brasileiro de Qualidade de Energia, UFU, Uberlândia - MG, Brasil, 10 a 13 de Junho de 1996.