

Distúrbios da energia elétrica

Variação de tensão

VARIAÇÃO TENSÃO

- Sabemos que a tensão deve ser mantido dentro de determinados padrões, para o bom funcionamento dos equipamentos.
- O fenômeno variação de tensão pode ser para mais ou para menos.
- A duração pode interferir ou não em um equipamento e quanto maior a duração, maior a probabilidade dos equipamentos serem afetados

O que causa a variação de tensão?

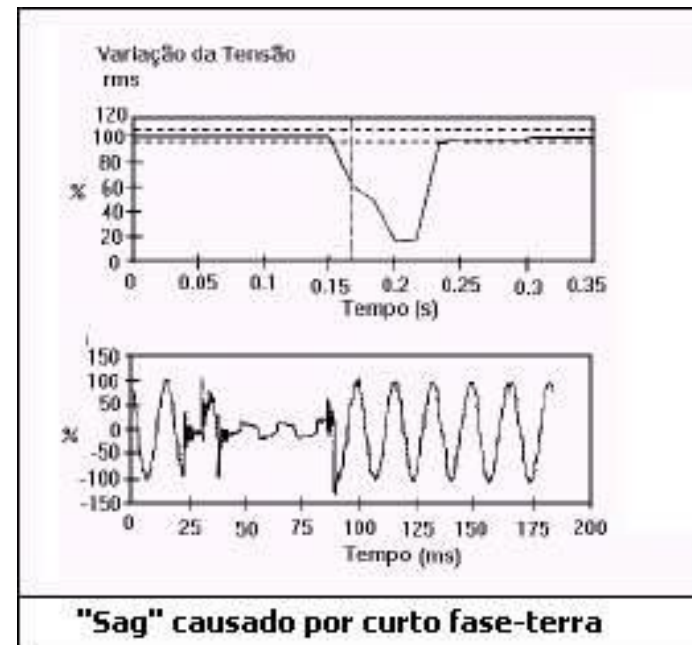
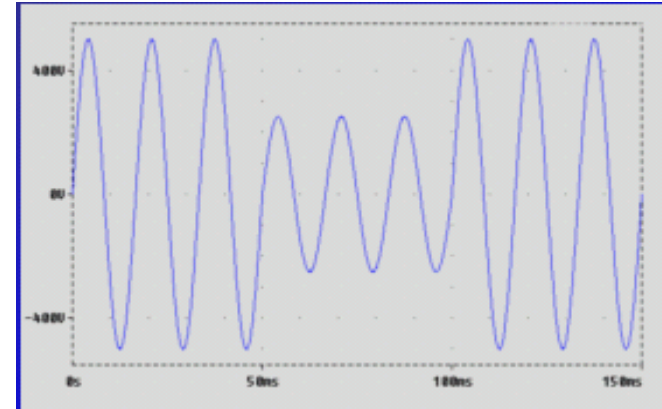
- Energização e desenergização de cargas elevadas, de capacitores.
- Curto circuitos (fase-terra) na linha
- Dispositivos de regulação de tensão

VARIAÇÃO TENSÃO DE CURTA DURAÇÃO

- A variação de tensão de curta duração pode ocorrer por um decréscimo ou acréscimo de tensão por um período que compreende entre 0,5 ciclo e 1 minuto
- São conhecidos popularmente por SAG, DIP ou afundamento e SWEL, SURGE ou elevação de curta duração.

2.0 Variações de Curta Duração		
2.1 Instantâneas		
2.1.1 Interrupção	0,5-30 ciclos	< 0,1 pu
2.1.2 Redução (Sag)	0,5-30 ciclos	0,1-0,9 pu
2.1.3 Elevação (Swell)	0,5-30 ciclos	1,1-1,8 pu
2.2 Momentâneas		
2.2.1 Interrupção	0,5 ciclos-3 s	< 0,1 pu
2.2.2 Redução (Sag)	30 ciclos-3 s	0,1-0,9 pu
2.2.3 Elevação (Swell)	30 ciclos-3 s	1,14-1,4 pu
2.3 Temporárias		
2.3.1 Interrupção	3 s-1 min	<0,1 pu
2.3.2 Redução (Sag)	3 s-1 min	0.1-0.9 pu
2.3.3 Elevação (Swell)	3 s-1 min	1.1-1.2 pu

- ✓ Uma queda de tensão de curta duração.
- ✓ É caracterizada por uma redução no valor eficaz da tensão, entre 0,1 e 0,9 pu, na frequência fundamental, com duração entre 0,5 ciclo e 1 minuto.
- ✓ A figura ao lado ilustra uma subtensão de curta duração típica, causada por uma falta fase-terra. Observa-se um decréscimo de 80% na tensão por um período de aproximadamente 3 ciclos, até que o equipamento de proteção da subestação opere e elimine a corrente de falta.



CAUSA

- Curto circuito fase-terra;
- Condutores danificados, com fuga;
- Energização de carga de elevada potência;
- Acionamento de banco de capacitores;
- Geração instável (gerador, UPS, etc);

EFEITO

- Falha em equipamentos locais e remotos por falta de tensão de alimentação
- Reinicialização de operações como computadores, controladores, etc.
- Acionamento de reles de subtensão
- Impacto econômico por parada de máquinas e dispositivos de proteção

CASO REAL

- Industria de bebida,
 - Supervisorio de garrafas
 - Parada anual de até 15 vezes por falta ou afundamento de tensão por alguns milisegundos
- Efeito:
 - Desligamento do controle do supervisorio por tensão abaixo do limite do equipamento (sensibilidade)
 - 25 segundos de check list para re-início do trabalho

Caso Real 2

- Indústria textil: Extrusoras e bobinadoras (600m fio/minuto)
 - Algumas máquinas sofriam com afundamento típico de 30% entre 4 e 10 ciclos com acionamento de sistema de proteção por aumento de pressão nos fios –ocorria na retomada da tensão que gerava um aumento de pressão nos fios)
 - Solução: modificação dos parâmetros da máquina, alterando os valores na EPROM, diminuindo a sensibilidade ao afundamento para 50% e 500ms
 - Resultado:
 - redução do consumo em KW/ton de 2854,76 para 2543,83
 - Redução de geração de refugo em 43,83% (economia de US\$230 mil)
 - Aumento da produção de 6,7% total
 - Aumento da eficiência energética de 10,7% (economia de 117,5MWh/mês)

Caso Real 3

- Indústria textil: Extrusoras e bobinadoras (900m fio/minuto)
 - Algumas máquinas sofriam com afundamento típico de 30% entre 4 e 10 ciclos com acionamento de sistema de proteção por aumento de pressão nos fios –ocorria na retomada da tensão que gerava um aumento de pressão nos fios)
 - Várias máquinas com parâmetros alterados pela produção em busca de melhoria da performance, porém deixava os equipamentos mais sensíveis a afundamento.
 - Solução:
 - modificação dos parâmetros da máquina, alterando os valores na EPROM, diminuindo a sensibilidade ao afundamento para 50% e 500ms
 - Desligamento do sistema de realimentação do circuito CC do inversor, pelo uso da energia gerada pela bobinadora (com autorização da empresa fabricante do inversor.
 - Resultado:
 - Redução de geração de refugo em 90% (economia de US\$280 mil em 10 meses)
 - Investimento: US\$50 mil

SOLUÇÕES

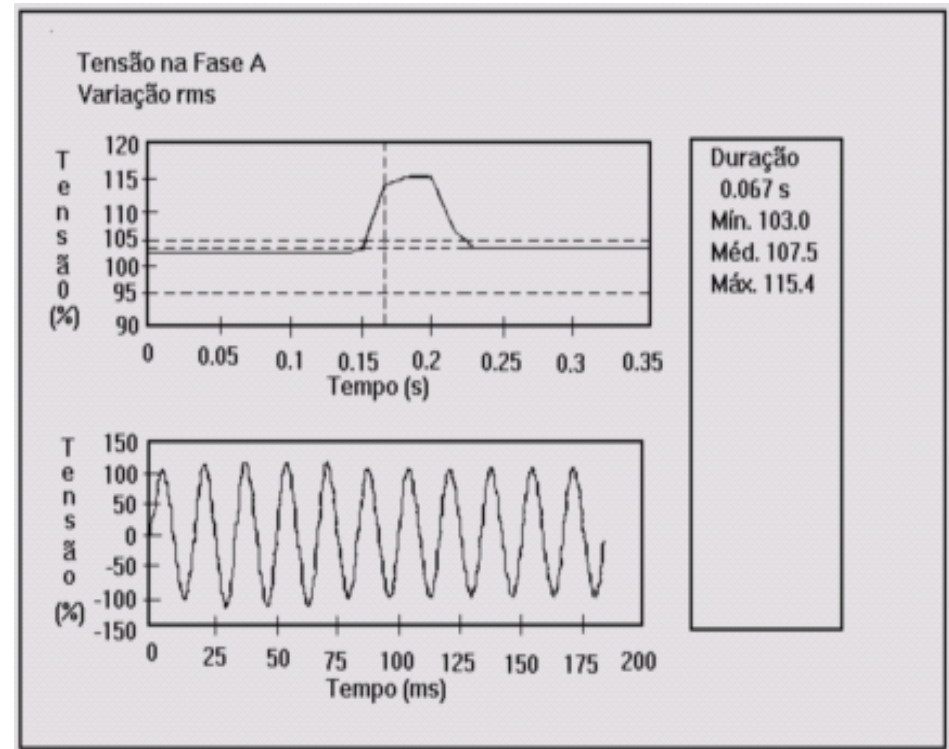
TRATANDO A CAUSA:

- Separação de cargas;
- Uso de acionamentos suaves – SOFTSTARTERS – estrela/ triangulo, auto-trafo (redução $V_{partida}$);
- Controle na geração.

TRATANDO O EFEITO

- Implantação de condicionadores de energia (No-break, estabilizadores);
- Re-dimensionamento da linha;
- Uso de trafos ferro ressonante (CVT – Constant Voltage Transformer)/
- Compensadores estáticos ou dinâmicos

- ✓ Uma sobretensão de curta duração ou "swell" é definida como um aumento entre 1,1 e 1,8 pu na tensão eficaz, na frequência da rede, com duração entre 0,5 ciclo a 1 minuto.
- ✓ A figura ao lado ilustra um "swell" causado por uma falta fase-terra. Este fenômeno pode também estar associado à saída de grandes blocos de cargas ou à energização de grandes bancos de capacitores.



CAUSA

- Desenergização de cargas elevadas;
- Desacionamento de banco de capacitores;
- Atuação de reguladores de tensão;
- Descargas atmosféricas induzidas.

- Sobre-tensão nos equipamentos que podem sofrer danos como queima de circuitos eletrônicos, explosão de capacitores por sobrecarga, etc;
- Acionamento de dispositivos de proteção (fusíveis, disjuntores, reles de sobre-tensão);
- Perda de dados em dispositivos de armazenamento;
- Impacto econômico por parada de produção;

CASO REAL

- Em abril de 2007 a mesma empresa de bebidas citada no caso de SAG, sofreu uma queima de placa de um inversor por uma sobretensão o que, por falta de sobressalente, causou a parada de uma linha de produção de cervejas por um período de 9 horas acarretando uma perda de cerca de 8.000 litros de cerveja não produzidas.

Solução

- Separação de circuitos;
- Eliminação dos efeitos causadores;
- Condicionadores de energia true on line;
- Uso de dispositivos de proteção contra sobretensão;

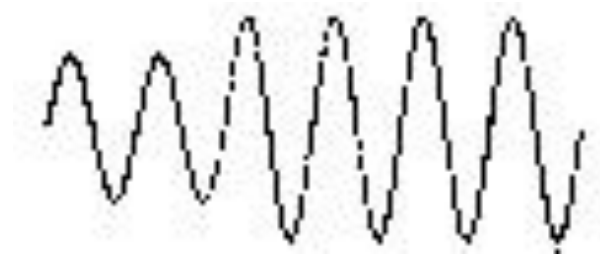
VARIAÇÃO TENSÃO DE LONGA DURAÇÃO

- A variação de tensão de longa duração pode ocorrer por um decréscimo ou acréscimo de tensão por um período maior que 1 minuto
- São conhecidos popularmente por **OVERVOLTAGE** ou **SOBRETENSÃO** e **UNDERVOLTAGE** ou **SUBTENSÃO** ou ainda por afundamento e elevação de longa duração

SOBRETENSÃO

- Caracterizado pelo aumento da tensão RMS em mais que 110 % na frequência fundamental e uma duração maior que 1 minuto

Overvoltage:



- Desligamento de cargas;
- Uso de banco de capacitores fixos (aumento de tensão);
- Sistema de regulação de tensão na geração ou transmissão;
- Falta Fase-terra;
- Variação da impedância da rede;
- Tap de trafos conectados erroneamente;

- Queima de circuitos eletrônicos;
- Aquecimento de condutores e dispositivos de proteção (risco de incêndio)
- Acionamento de dispositivos de proteção contra sobre tensão;
- Parada de produção;
- Impacto econômico;

SOLUÇÃO

- Condicionadores de energia (UPS, Autotrafo, ferroressonante);
- Substituição de bancos fixos por automáticos (correção de fator de potencia);
- Eliminação da causa do distúrbio;
- Separação de circuitos;
- Ajuste dos geradores e transformadores.

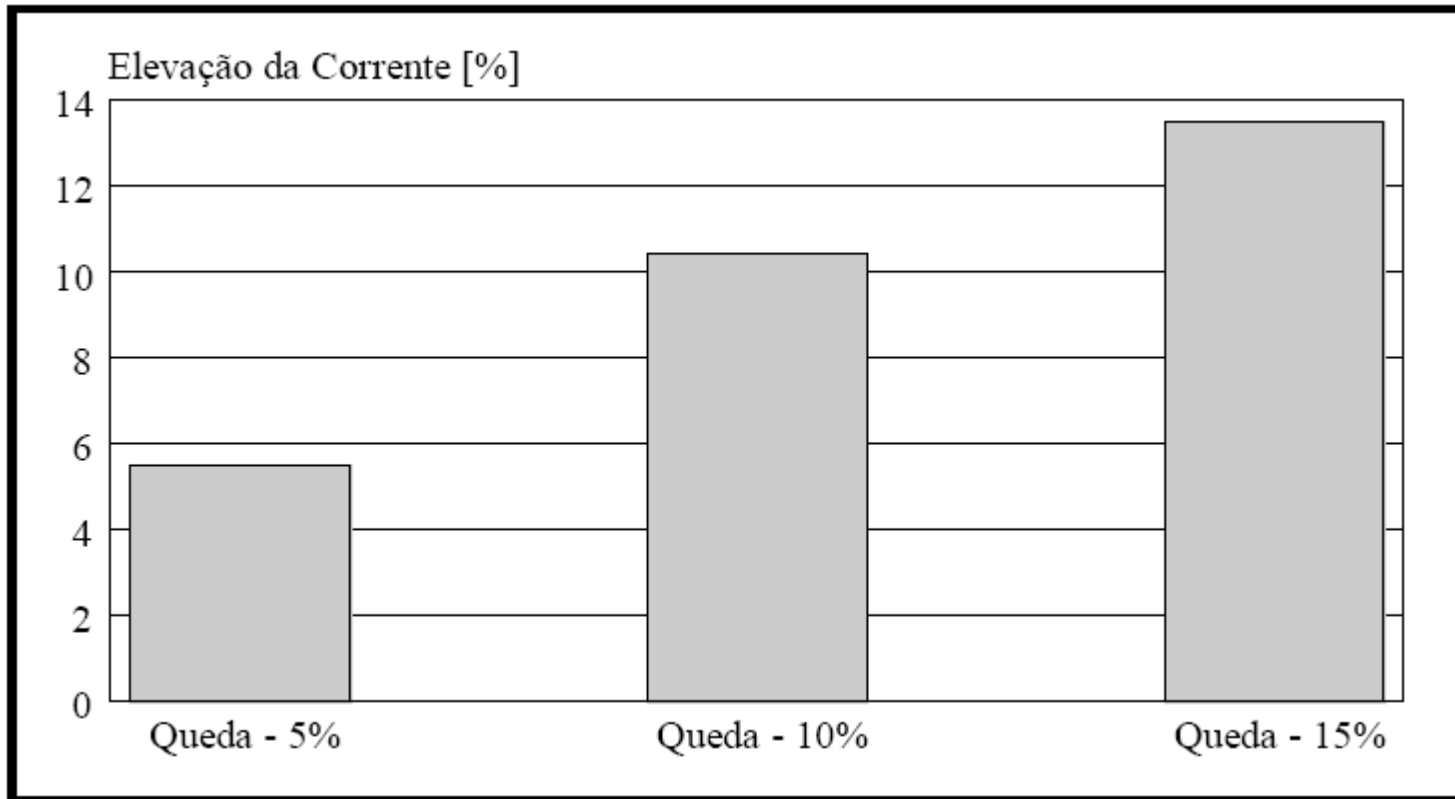
SUBTENSÃO

- Caracterizado pelo decréscimo da tensão RMS para valores menor que 90 % na frequência fundamental e uma duração maior que 1 minuto

Undervoltage:



Elevação de corrente x queda de tensão



Motor de indução de 5CV

CAUSA

- Curto Circuitos
- Fuga em circuitos e condutores
- Regulação de geradores e transformadores

- Parada de funcionamento de equipamentos eletrônicos por falta de tensão suficiente;
- Sobre-aquecimento de motores e transformadores, gerando queima ou princípio de incêndio;
- Acionamento de dispositivos de proteção contra subtensão
- Parada de produção;
- Impacto econômico;

CASO

- Fornecimento de energia em final de linha com variação muito grande, sofrendo diminuição de tensão quando outras cargas são ligadas na linha.

SOLUÇÃO

- Condicionadores de energia;
- Separação de circuitos;
- Redimensionamento de rede e circuitos;

INTERRUPÇÃO

- A interrupção é caracterizada pela ausência total de tensão, ou valores abaixo de 0,1 PU que pode ocorrer por alguns mili segundos chegando a vários minutos. É dividida em
- Momentânea – 05 a 30 ciclos
- Temporária – 31 ciclos a 3 segundos
- longa duração acima de 3 segundos

CAUSA

- Falta temporária;
- Acionamento de dispositivos de segurança;
- Descargas atmosféricas;
- Queda de galhos em arvores;
- Curto circuito fase – terra;
- Acionamento de religadores;

EFEITO

- Desligamento de equipamentos eletro-eletrônicos;
- Queima ou perda de dados eletrônicos (disco rígido corrompido);
- Reinicialização de máquinas eletrônicas (computadores, PLC, etc);
- Falha em fonte chaveada;
- Atuação de proteção;
- Parada de máquina;
- Impacto econômico;

SOLUÇÃO

- Nobreak;
- Geradores;
- Outras fontes de energia;
- Separação de circuitos;
- Redimensionamento da rede.

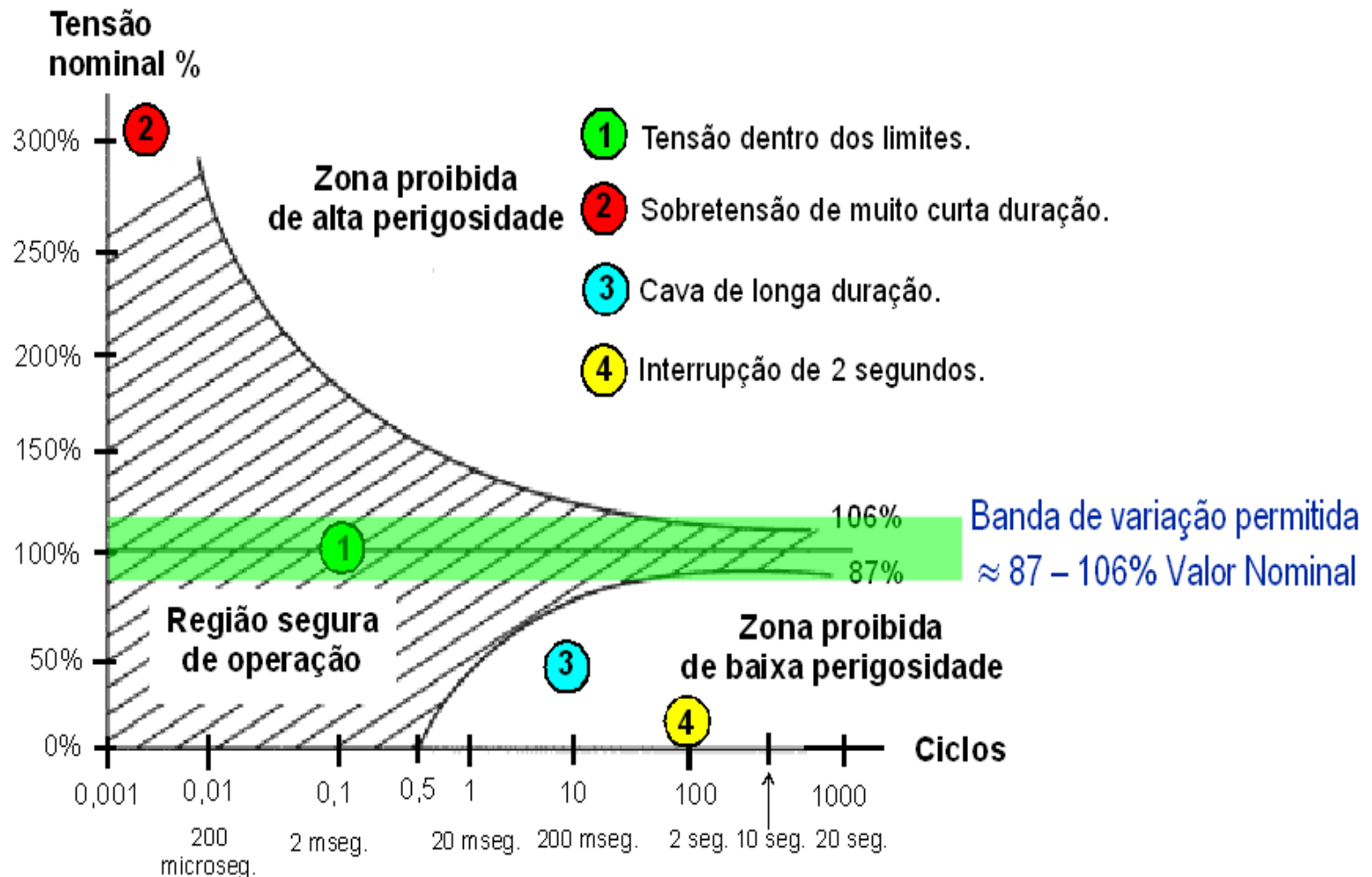


Um estudo realizado pela EPRI (Electric Power Research Institute), com alguns equipamentos industriais, apresenta os níveis de sensibilidade quanto ao afundamento de tensão destes equipamentos, vejamos:

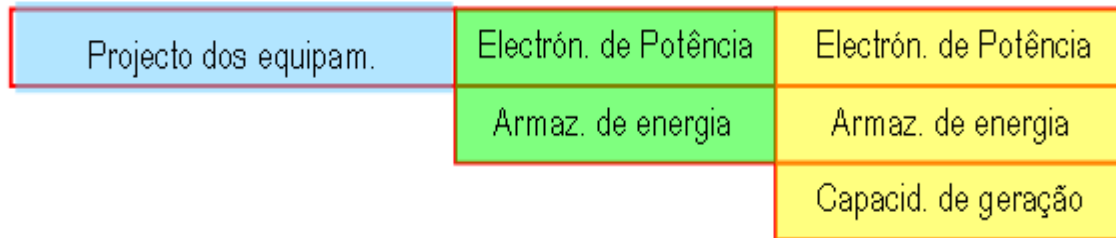
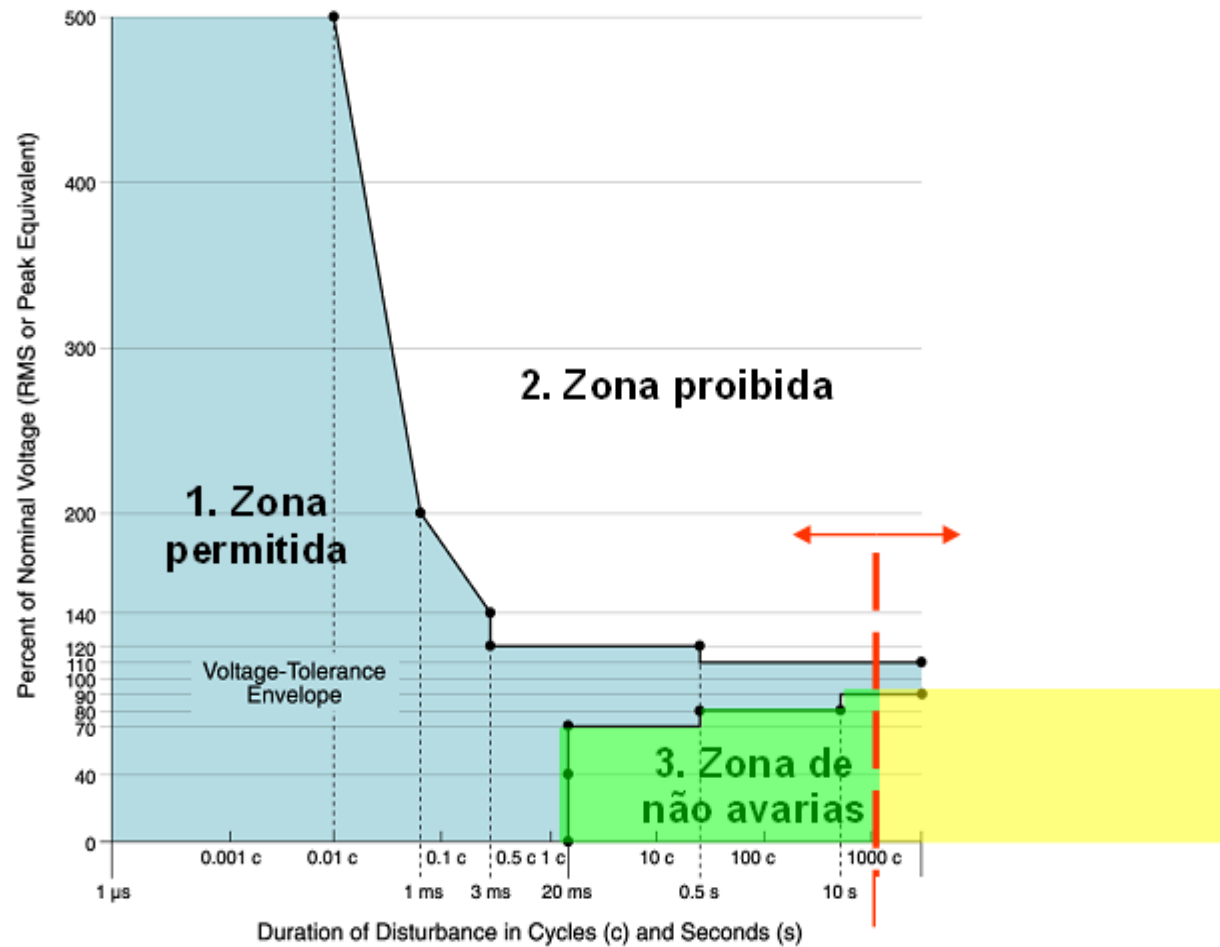
- Controlador de resfriamento: **Apresentam uma sensibilidade a subtensões quando estes valores caem 20%**, ou seja, a menos de 80% da tensão nominal.
- Equipamento de teste de chip (componente eletrônico) – Estes equipamentos **tem sensibilidade a partir de valores abaixo de 85%** da tensão nominal e podem ter seu tempo de reinicialização em até 30 minutos o que acarreta uma perda inestimável de produção.
- Acionadores de corrente contínua: Um equipamento utilizado em larga escala nas indústrias e também em ambientes comerciais e até residenciais, como é o caso de elevadores, os acionadores CC (conhecidos como inversores), **possuem uma sensibilidade muito grande a variação de tensão**. Principalmente no afundamento, pois neste estudo realizado pela EPRI, **apresentou sensibilidade a partir de 88% da tensão nominal**. A presença de valores abaixo desta tensão podem causar funcionamento errôneo dos equipamentos e pode causar inclusive acidentes de grande natureza.
- Controladores lógicos programáveis (PLC ou CLP): Os equipamentos mais antigos e portanto mais robustos, porém mais lentos até podem suportar interrupções de alguns ciclos, porém com o avanço da tecnologia e da velocidade a tensão de alimentação é muito importante e os equipamentos mais recentes **consideram valores de afundamento de curta duração em até 50%** da tensão nominal, porém nem todos tem esta baixa sensibilidade.
- Robôs: Estes equipamentos são eletro-mecânicos, porém necessitam de precisões muito grande de funcionamento, e por isso os circuitos de controle eletrônico são imprescindíveis. Neste caso **afundamentos de tensões a níveis menores que 90% podem fornecer informações errôneas e conseqüentemente causar danos ou acidentes com este tipo de equipamento**.
- Computadores: Estes equipamentos, são hoje o principal dispositivo de controle de todas as organizações. É raro entrar em uma indústria e não encontrar pelo menos um computador controlando várias atividades. Preocupado com esta situação e também com as variações de tensão, a Associação de fabricantes de computadores CBEMA desenvolveu um estudo e definiu as tolerâncias mínimas de variação de tensão que computadores suportam. (figura abaixo).

Curva CBEMA reflecte esta realidade

Base da EN 50160, do RQS, ...



Curva CBEMA - "Computer Business Equipment Manufactures Association", definida pelo EPRI (Tom Key) em 1978.

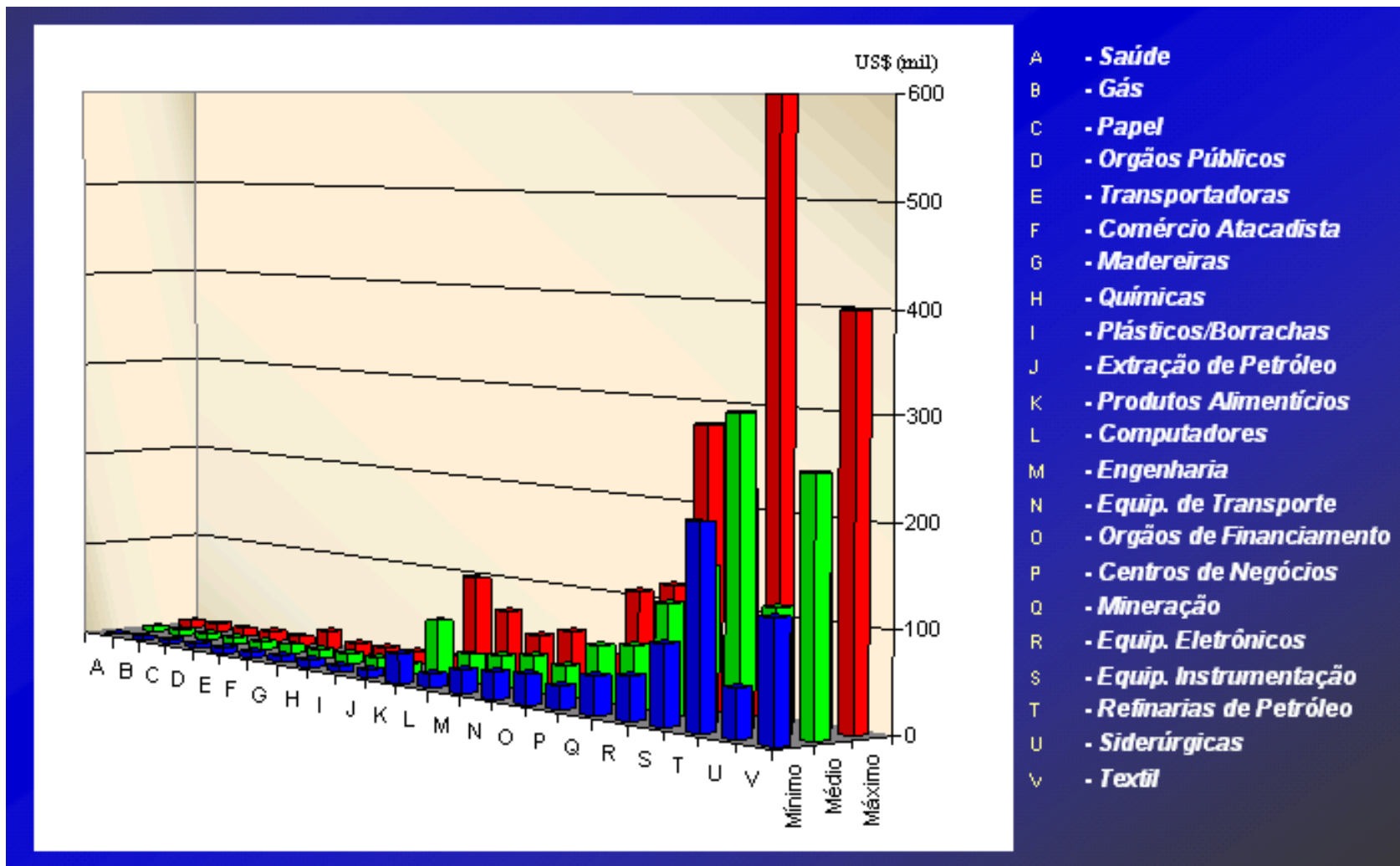


CUSTOS ↑

IMPACTO ECONÔMICO DA INTERRUPÇÃO

- Os **custos de interrupção** para os consumidores estão relacionados com o valor monetário das **perdas geradas pela interrupção do fornecimento de energia ou problemas de qualidade de energia**. Estes custos variam de consumidor para consumidor como uma função de alguns fatores, incluindo:
 - Dependência do consumidor da eletricidade;
 - A natureza e momento do distúrbio;
 - O valor monetário da atividade interrompida.
- **Tipicamente, aproximadamente 15% do custo do prejuízo com matéria prima, durante uma de interrupção de 4hs, acontece dentro dos primeiros segundos da interrupção, sendo que 60% do prejuízo ocorre na 1ª hora de desligamento**. Esta afirmação ilustra a importância dos distúrbios de curta duração sob o aspecto econômico
 - Estudo da PUC MG apresentado no V SBQEE em 2003

Custo estimado para interrupção de até 1 minuto



Caso do estudo – industria de laticínios

- Processamento de leite
- Características da empresa:
 - O número estimativo médio de interrupções 30,71 eventos/ano.
 - Alimentação 13.8 KV



Tabela 2 - Média de ocorrência (afundamentos) por ano para uma amostra de 120 sorteios (120 anos) – Monitoração barra do consumidor.

V (pu)	200 (ms)	300 (ms)	700 (ms)	800 (ms)
0,9	13,88	0,24	19,36	0,76
0,8	21,34	0	14,30	0
0,7	6,61	0	9,28	0
0,6	5,44	0	3,60	0
0,5	2,61	0	1,10	0
0,4	1,37	0	1,36	0
0,3	0,47	0	0,23	0
0,2	0	0	0,05	0
0,1	0	0	0	0
0,0	0	0,21	0	0,79

•PREJUÍZO ANUAL

•R\$ 18600,00 (valores de 2003) somente com afundamento de tensão.

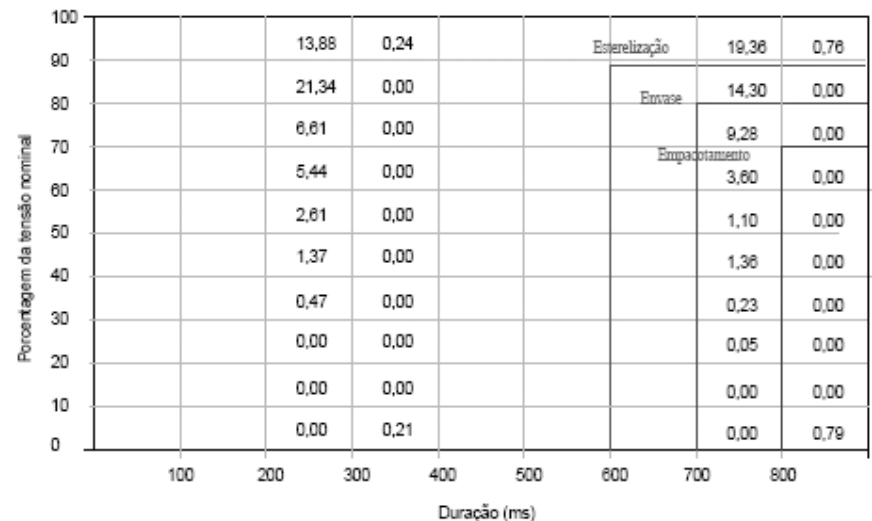


Figura 6 - Curva estimativa da sensibilidade equivalente do consumidor

TECNICA DE MITIGAÇÃO DOS DISTURBIOS DA ENERGIA ELÉTRICA

- Avaliação da instalação elétrica (Subestação, malhas de controle e usuário)
- Identificação dos problemas de QEE por instalação de medidores
- Entendimento do processo produtivo (relato de produção, manutenção, qualidade)
- Histórico de ocorrência de problemas com suspeita de distúrbios de QEE
- Relação dos equipamentos e cargas críticas
- Levantamento de dados estatísticos de paradas
- Simulação dos distúrbios em laboratório (se possível), com implementação de soluções e análise de resultados
- Avaliação dos resultados
- Proposição de soluções
- Implantação das soluções propostas
- Avaliação dos resultados



ALGUMAS SOLUÇÕES

UPS – UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLIES

- Uma fonte de alimentação a base de baterias com objetivo e manter o fornecimento de energia mesmo quando ocorre uma falha na rede elétrica.
- Classificação:
 - UPS Off Line
 - UPS On line
- Tipos:
 - Ferroressonante
 - Linha interativo
 - Dupla conversão
 - Rotativo

UPS – OFF LINE

- Em operação normal a carga é alimentada pela rede elétrica, que também alimenta as baterias através de um retificador. Ao ocorrer a falha na energia principal, a carga é comutada para o inversor que alimenta a carga através das baterias.
 - Tipos de UPS Off Line:
 - Standby
 - Line interactive (interativo de linha)

UPS STANDBY

- As baterias entram em ação fornecendo energia a carga quando ocorre a queda de tensão na rede elétrica

UPS INTERATIVO DE LINHA

- Usa inversor bidirecional, banco de baterias, condicionador de energia e processador interno. O inversor esta sempre em operação fornecendo CA para o condicionador e carregando as baterias, quando ocorre uma falha na energia as baterias passam a alimentar a carga através do inversor.
 - Tempo de chaveamento: 2 a 5ms
 - Problemas:
 - Não é isolado (entrada e saída)
 - Regulação de tensão limitada
 - Sem proteção contra harmônicos
 - Suceptível a distúrbios como forma de onda com fator de potência corrigido, SAG momentâneo seguido de sobretensão, Harmônica e desviode frequencia
 - Não protegem contra transientes.

UPS ON LINE

- Alimenta a carga por uma combinação de rede e baterias, esta sempre on line com a carga.
- A base de retificador / inversor
- Protege a carga da maioria dos distúrbios incluindo harmônicas quando possuem filtros.

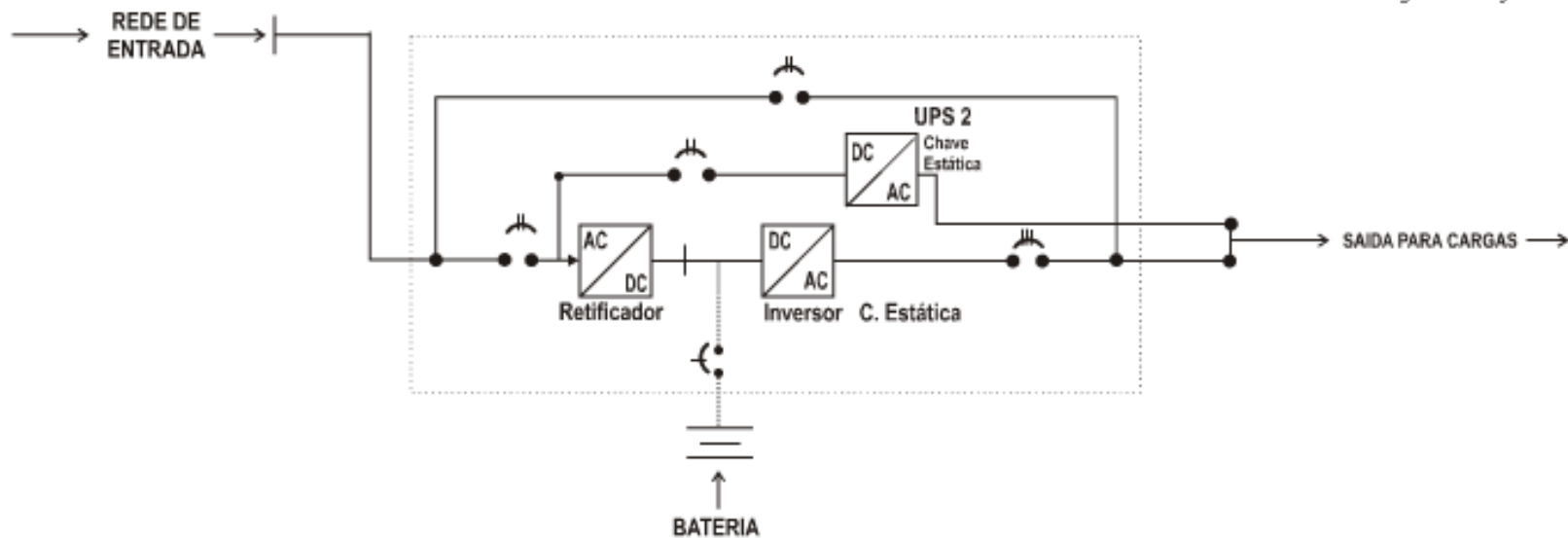
UPS FERRORESONANTE

- Utiliza um trafo ferroresonante como condicionador e regulador de energia no fornecimento da rede.
- Ao ocorrer a interrupção, o UPS utiliza a energia armazenada para suprir energia até que banco de baterias assuma o fornecimento e energia através do inversor.

UPS DUPLA CONVERSÃO

- A carga é alimentada pelo inversor que por sua vez é alimentado pela energia da rede. Em uma falha da rede, o inversor passa automaticamente a ser alimentado pelas baterias não havendo tempo de comutação.

NOBREAK - DUPLA CONVERSÃO



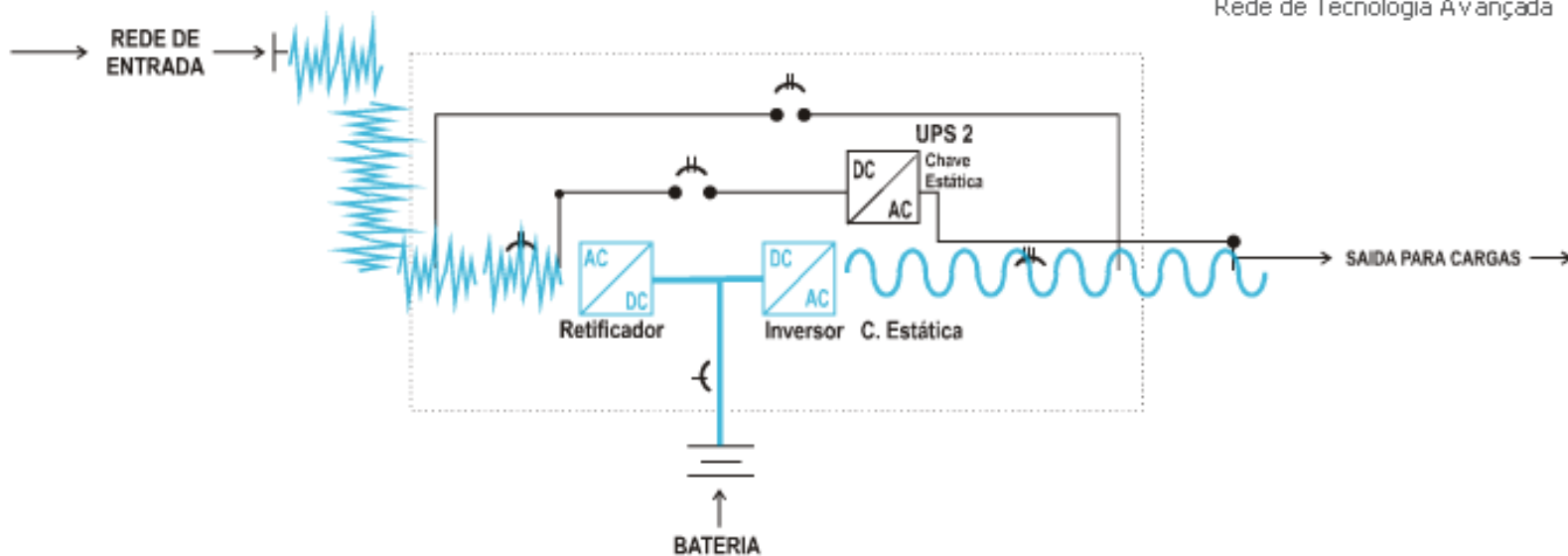
■ By Pass Manutenção ou Manual

■ On Line

■ By Pass Automático

■ Falta de Rede

NOBREAK - DUPLA CONVERSÃO



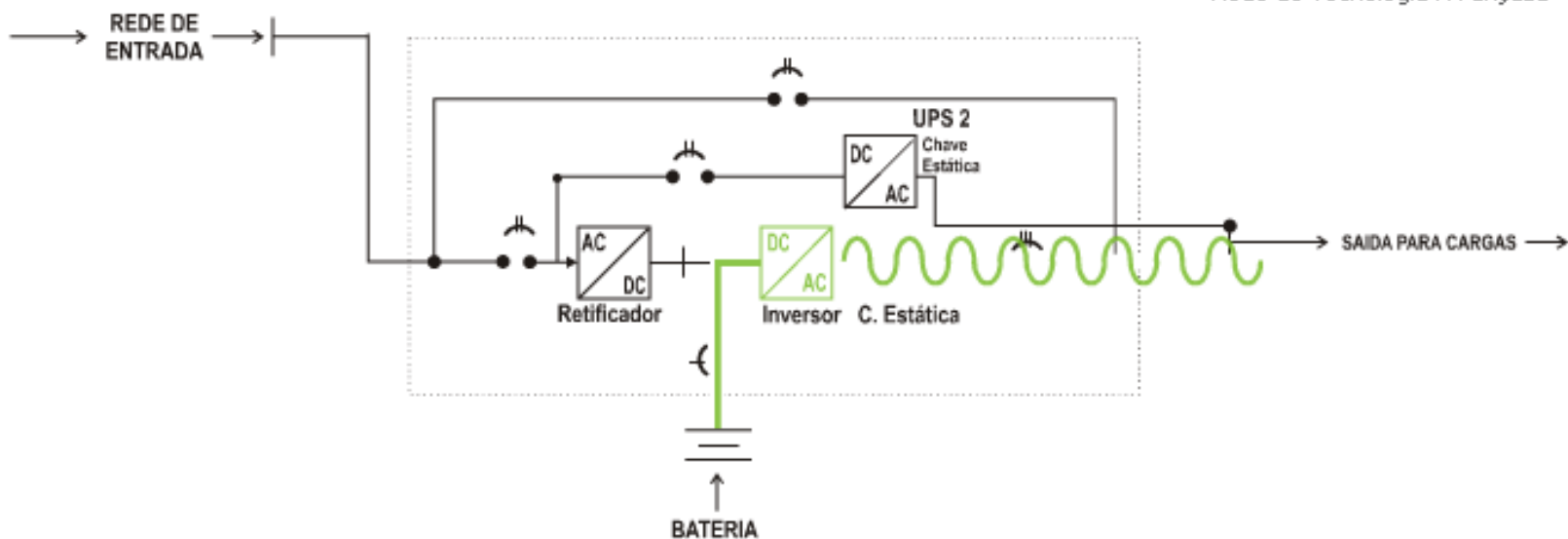
■ By Pass Manutenção ou Manual

■ On Line

■ By Pass Automático

■ Falta de Rede

NOBREAK - DUPLA CONVERSÃO



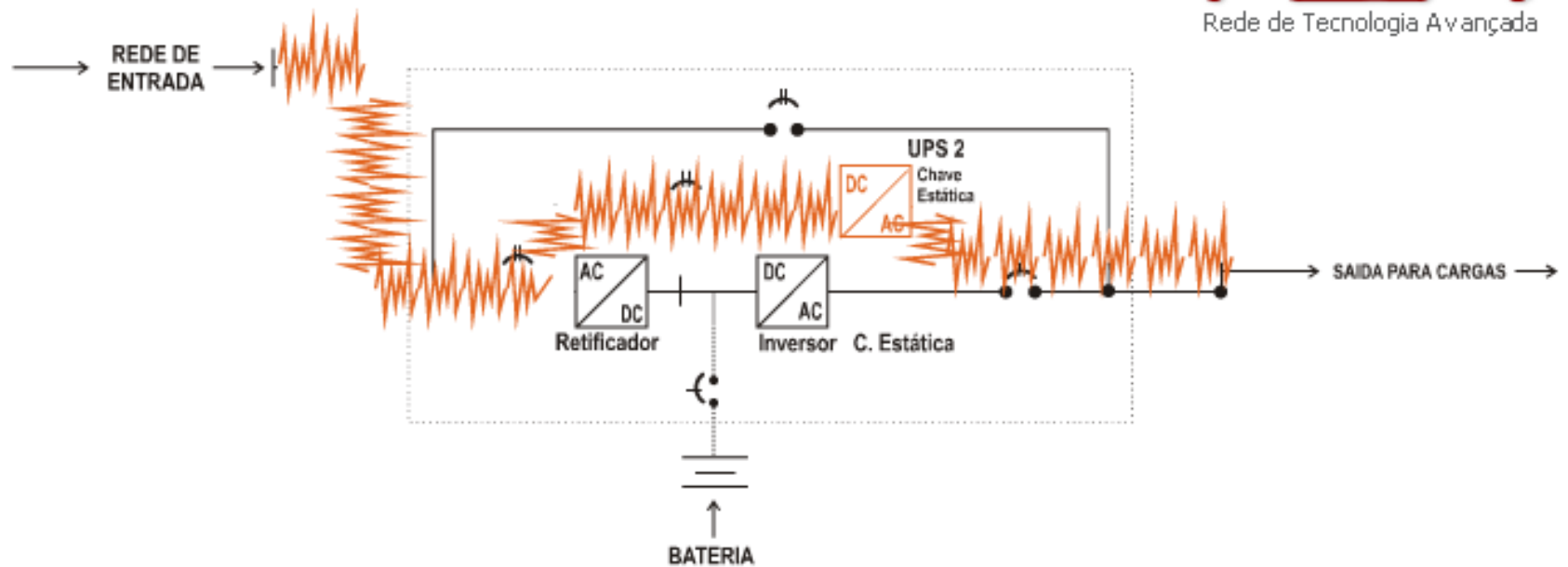
By Pass Manutenção ou Manual

On Line

By Pass Automático

Falta de Rede

NOBREAK - DUPLA CONVERSÃO



By Pass Manutenção ou Manual

On Line

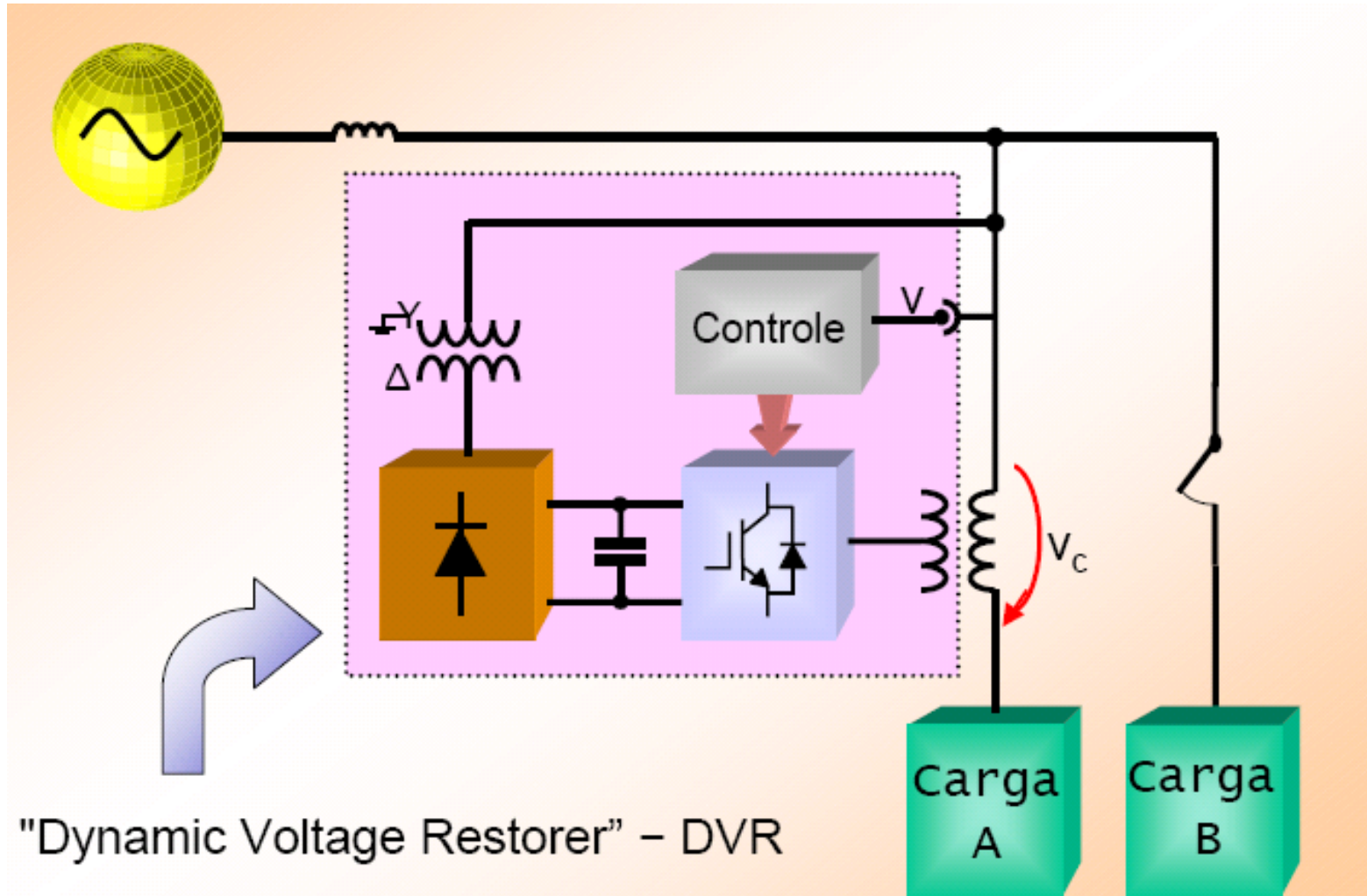
By Pass Automático

Falta de Rede

UPS ROTATIVO

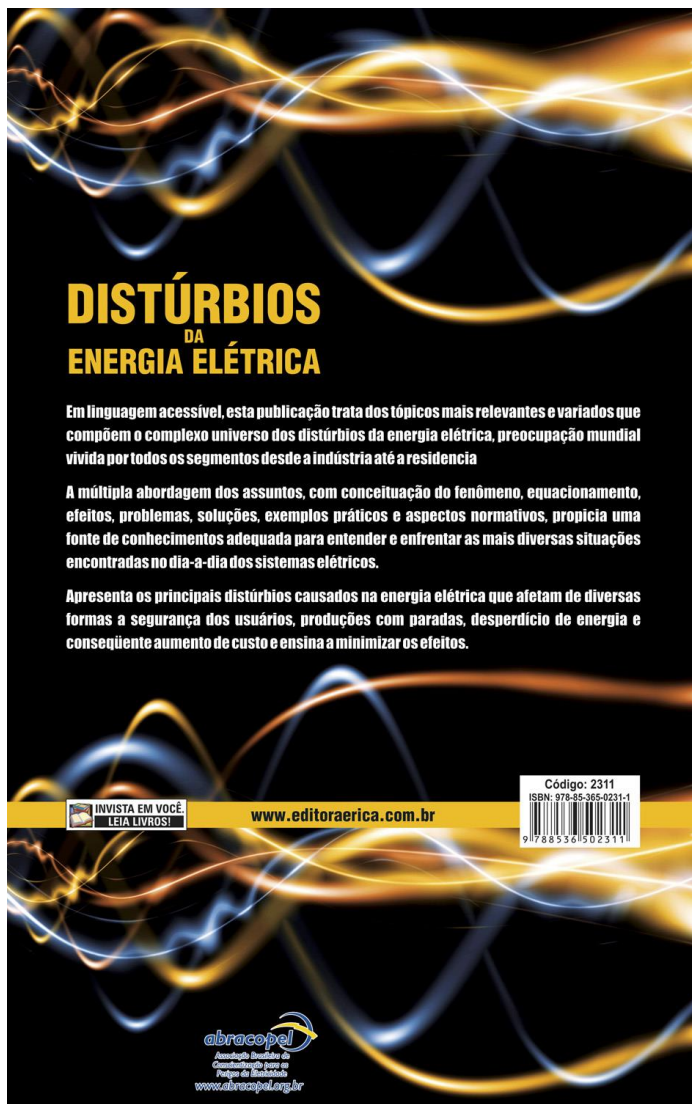
- Utiliza um motor-gerador conjugado com um UPS estático. O motor gerador providencia a isolação total da carga em relação a fonte externa e em condições normais supre 100% da energia para a carga.
- Na interrupção, o conjunto motor-gerador tem uma inércia que faz gerar energia por um curto espaço de tempo, que é suficiente para que as baterias passem a alimentar o conjunto motor-gerador.
- Possui o maior nível de proteção, porém é o mais caro.

Compensador em série com a Carga A"



RESUMINDO

- Cuidar da energia e eliminar as variações traz benefícios como redução das paradas em equipamentos, e perda de produção, bem como melhora de performance de equipamentos e produção.
- Lembre-se de transformar os valores para solucionar os problemas de qualidade de energia em investimento com retorno financeiro, pois isto facilita a aprovação.



DISTÚRBIOS DA ENERGIA ELÉTRICA

Em linguagem acessível, esta publicação trata dos tópicos mais relevantes e variados que compõem o complexo universo dos distúrbios da energia elétrica, preocupação mundial vivida por todos os segmentos desde a indústria até a residência

A múltipla abordagem dos assuntos, com conceituação do fenômeno, equacionamento, efeitos, problemas, soluções, exemplos práticos e aspectos normativos, propicia uma fonte de conhecimentos adequada para entender e enfrentar as mais diversas situações encontradas no dia-a-dia dos sistemas elétricos.

Apresenta os principais distúrbios causados na energia elétrica que afetam de diversas formas a segurança dos usuários, produções com paradas, desperdício de energia e conseqüente aumento de custo e ensina a minimizar os efeitos.

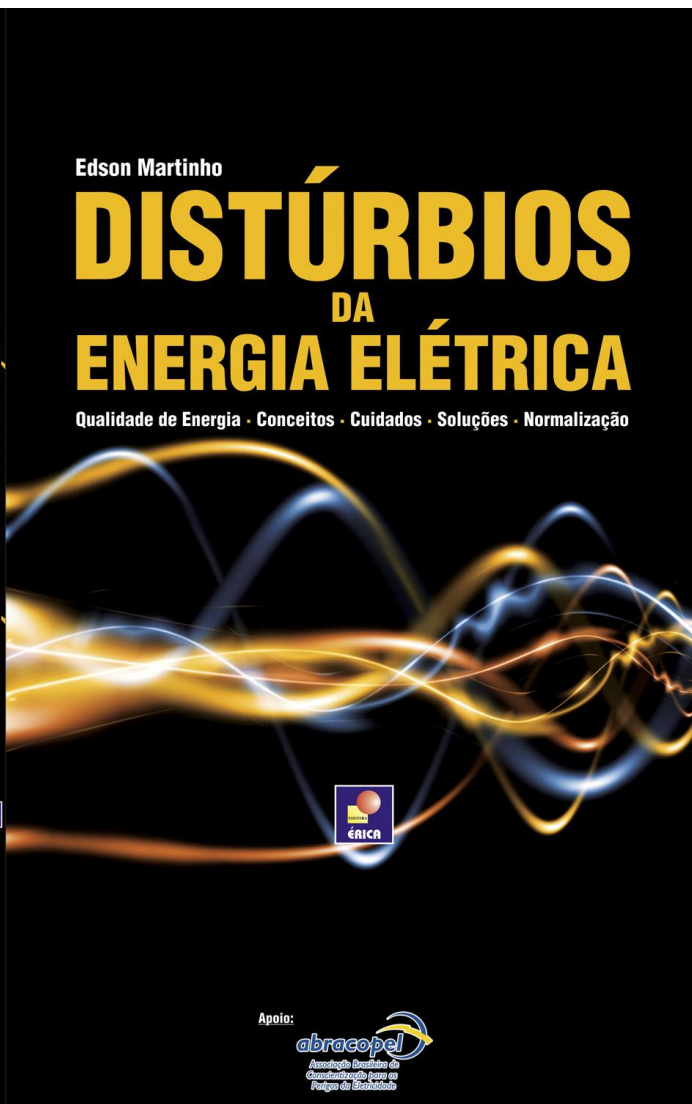
INVISTA EM VOCÊ.
LEIA LIVROS!

www.editoraerica.com.br

Código: 2311
ISBN: 978-85-305-0231-1
9 788530 502311

abracopel
Associação Brasileira de
Comunicação para o
Futuro da Eletricidade
www.abracopel.org.br

Edson Martinho
DISTÚRBIOS DA ENERGIA ELÉTRICA



Edson Martinho

DISTÚRBIOS DA ENERGIA ELÉTRICA

Qualidade de Energia · Conceitos · Cuidados · Soluções · Normalização

ERICA

Apoio:

abracopel
Associação Brasileira de
Comunicação para o
Futuro da Eletricidade



OBRIGADO

Edson Martinho

edson@lambdaconsultoria.com.br