

# Aula 01 – Introdução



Prof. Heverton Augusto Pereira

Prof. Mauro de Oliveira Prates

Universidade Federal de Viçosa - UFV

Departamento de Engenharia Elétrica - DEL

Gerência de Especialistas em Sistemas Elétricos de Potência – Gesep

[heverton.pereira@ufv.br](mailto:heverton.pereira@ufv.br)

[www.gesep.ufv.br](http://www.gesep.ufv.br)

TEL: +55 (31) 3899-3266

# Atenção

---

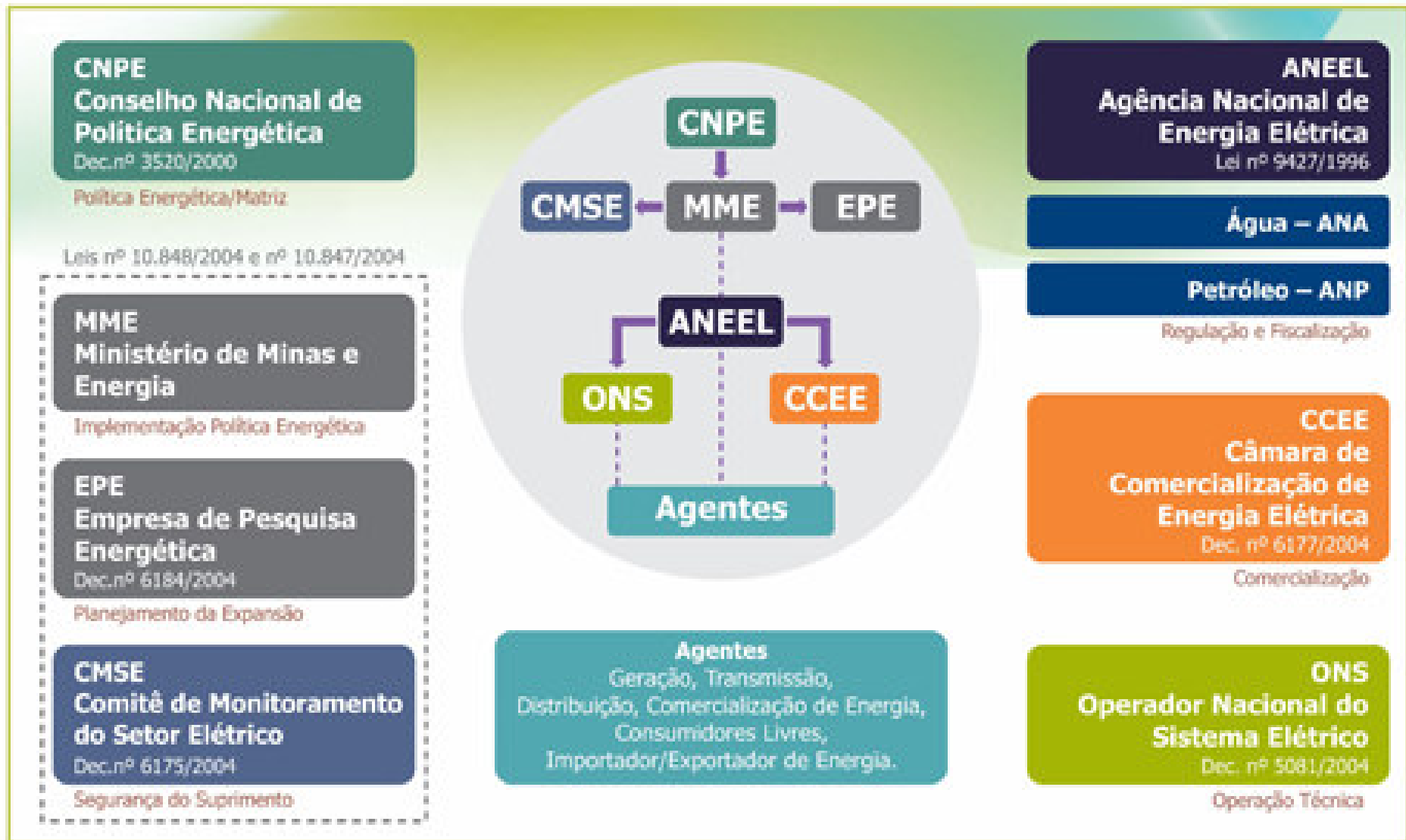
ELT 428 – QUALIDADE DE ENERGIA

O material utilizado na disciplina ELT 428 – Qualidade de Energia, no segundo semestre de 2017, foi baseado no material elaborado pelo professor Mauro Prates contato: [mauoprates@ufv.br](mailto:mauoprates@ufv.br)

Algumas adaptações foram realizadas pelo professor Heverton Pereira.

# Estrutura de Gestão do SIN

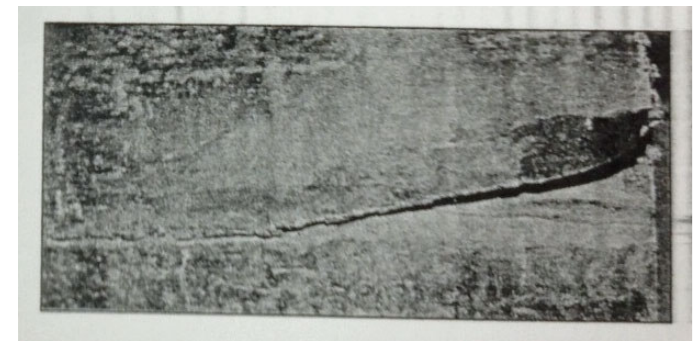
ELT 428 – QUALIDADE DE ENERGIA



# Introdução

ELT 428 – QUALIDADE DE ENERGIA

- ✓ A qualidade da energia elétrica = competitividade das empresas.
- ✓ Ambos, concessionárias e usuários finais de energia elétrica estão se tornando cada vez mais preocupados com a qualidade da energia elétrica.
- ✓ A legislação evolui muito nas últimas décadas.



# Introdução

---

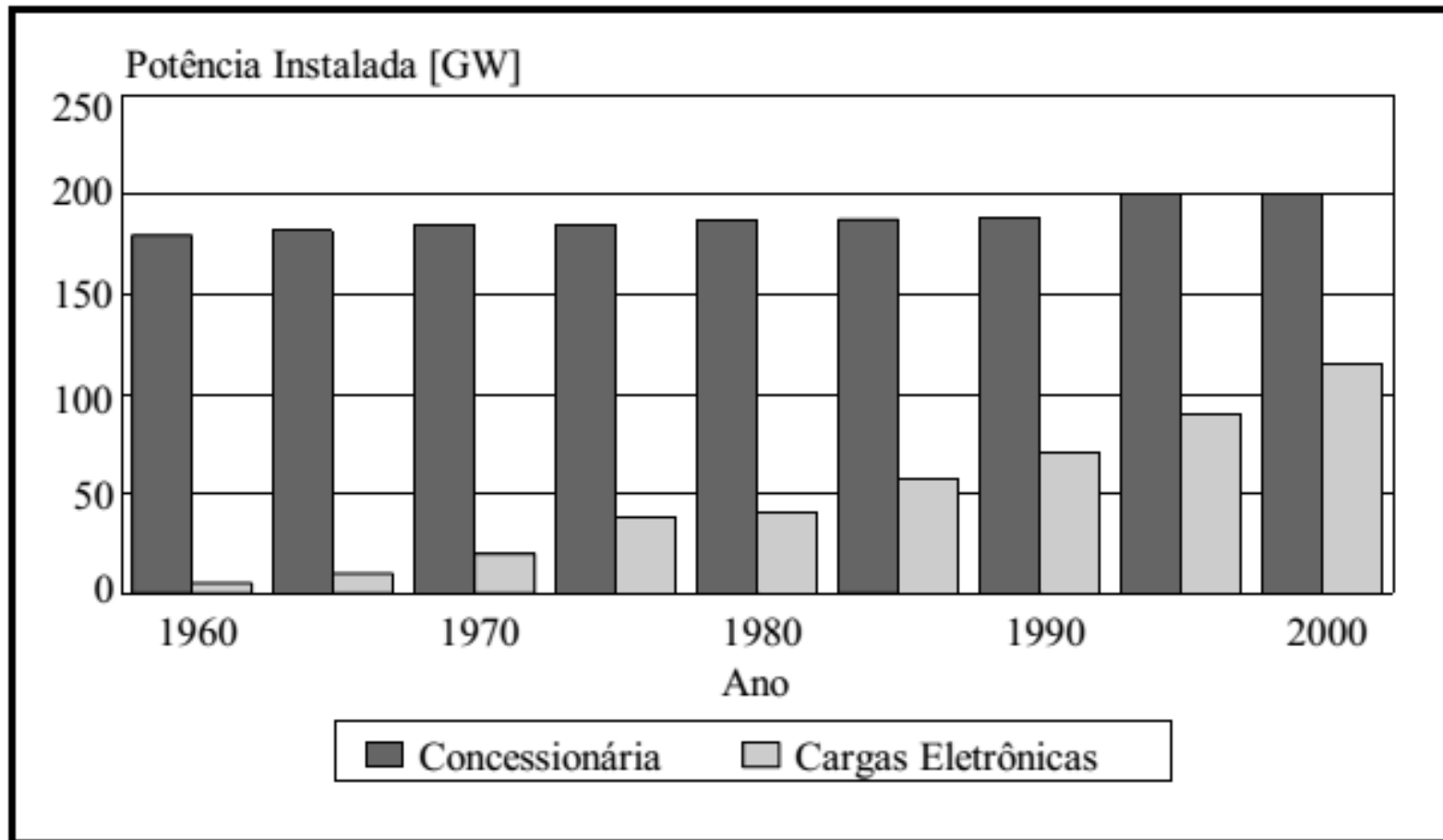
ELT 428 – QUALIDADE DE ENERGIA

- ✓ O setor da energia elétrica encontra-se, sobretudo nas duas últimas décadas, a atravessar profundas mudanças devido a um número considerável de fatores como:
- ✓ a alteração da natureza de cargas consumidoras: controles baseados em microprocessadores e dispositivos de eletrônica de potência são mais sensíveis às variações da QEE;
- ✓ a liberalização, desregulamentação (ou re-regulamentação) em curso a nível mundial;

# Introdução

ELT 428 – QUALIDADE DE ENERGIA

Crescimento de cargas eletrônicas nos EUA nas últimas décadas:



# Introdução

---

ELT 428 – QUALIDADE DE ENERGIA

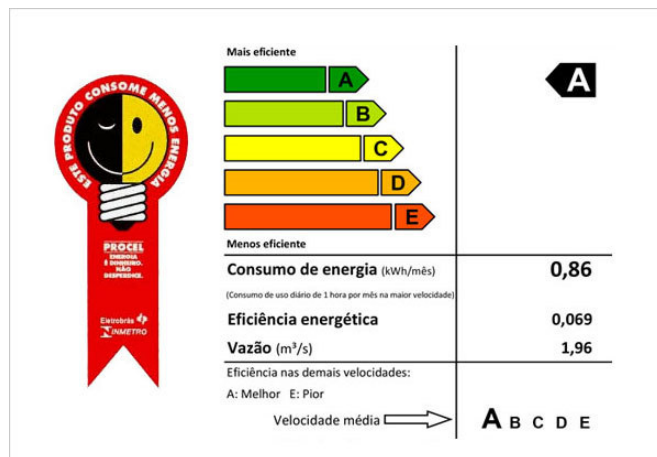
- ✓ A proliferação de autoprodutores, juntamente com o aparecimento de novas tecnologias de geração;



# Introdução

ELT 428 – QUALIDADE DE ENERGIA

- ✓ O crescente interesse pela racionalização e conservação da energia elétrica, com vistas a otimizar a sua utilização, tem aumentado o uso de equipamentos que, em muitos casos, aumentam os níveis de distorções harmônicas e podem levar o sistema a condições de ressonância;





# Introdução

ELT 428 – QUALIDADE DE ENERGIA

- ✓ Desenvolvimento de linhas de transmissão em CC, utilizadas no transporte de energia em longas distâncias;



# Introdução

---

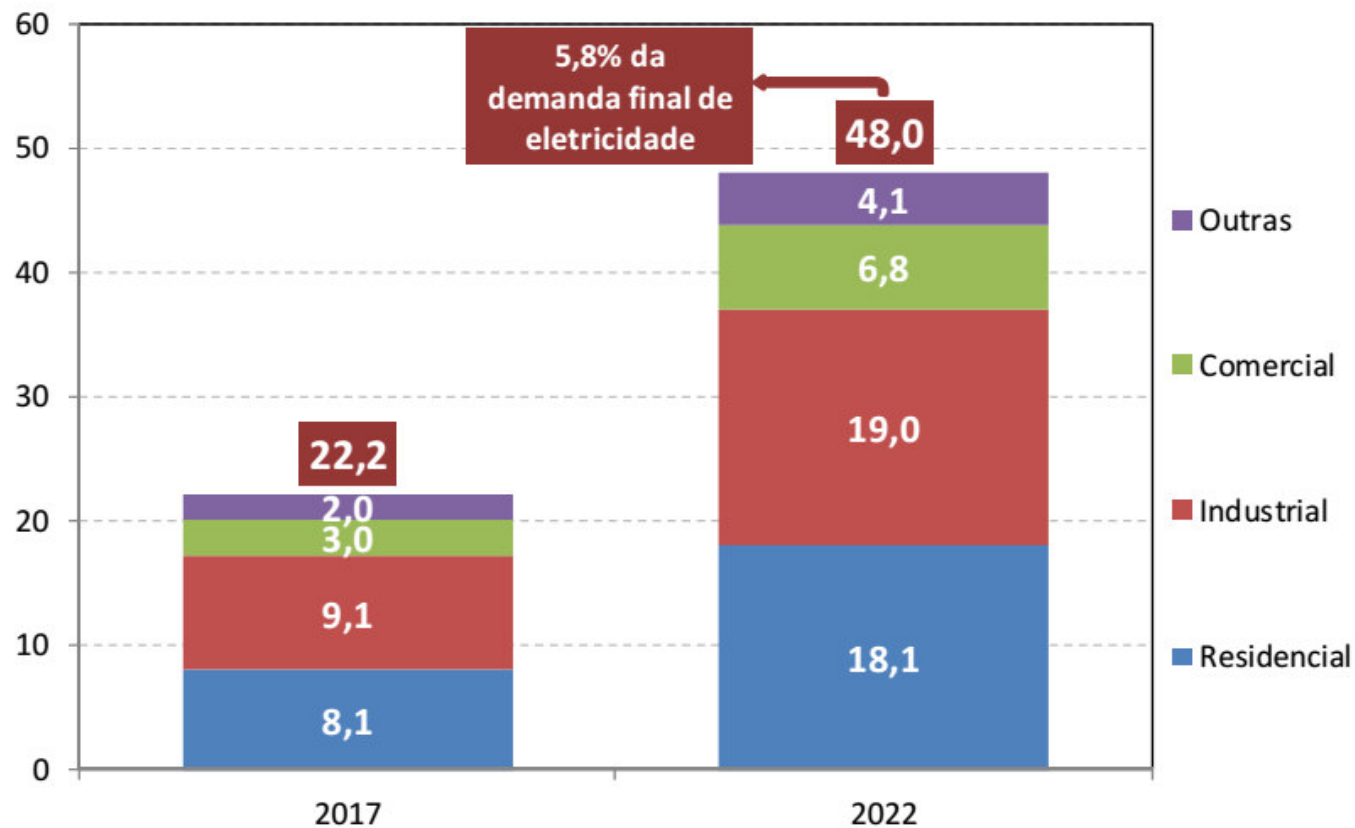
ELT 428 – QUALIDADE DE ENERGIA

- ✓ Conscientização dos consumidores em relação à qualidade do produto fornecido pelas empresas de distribuição de energia,
- ✓ Indicadores de qualidade do serviço nas contas de energia elétrica (DIC, FIC, etc);

# Introdução

Estudo da EPE para o Brasil, sobre aumento da eficiência energética por parte dos consumidores:

Gráfico 17. Ganhos de eficiência (TWh)

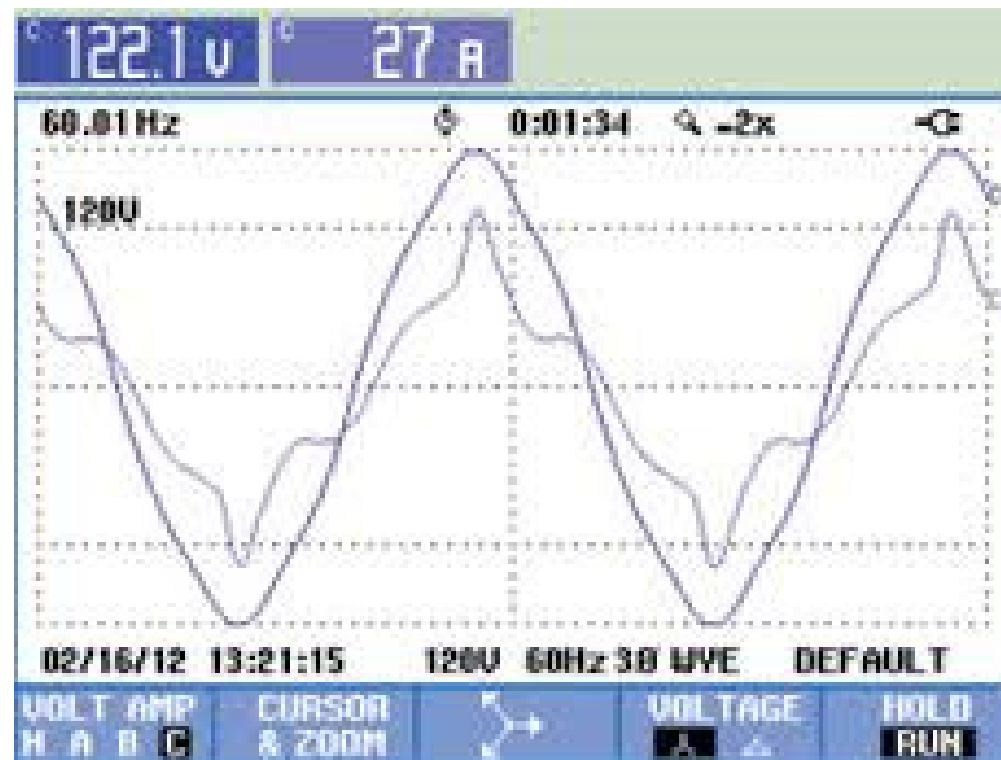


**Obs:** O ganho de eficiência refere-se ao ganho acumulado a partir de 2012, expresso como percentual do consumo em cada ano.

# Introdução

ELT 428 – QUALIDADE DE ENERGIA

- ✓ Fabricação de medidores elétricos capazes de mostrar as formas de onda da tensão e da corrente em tempo real e registrar os fenômenos de QEE, utilizando técnicas de processamento digital de sinal;



# Introdução

ELT 428 – QUALIDADE DE ENERGIA

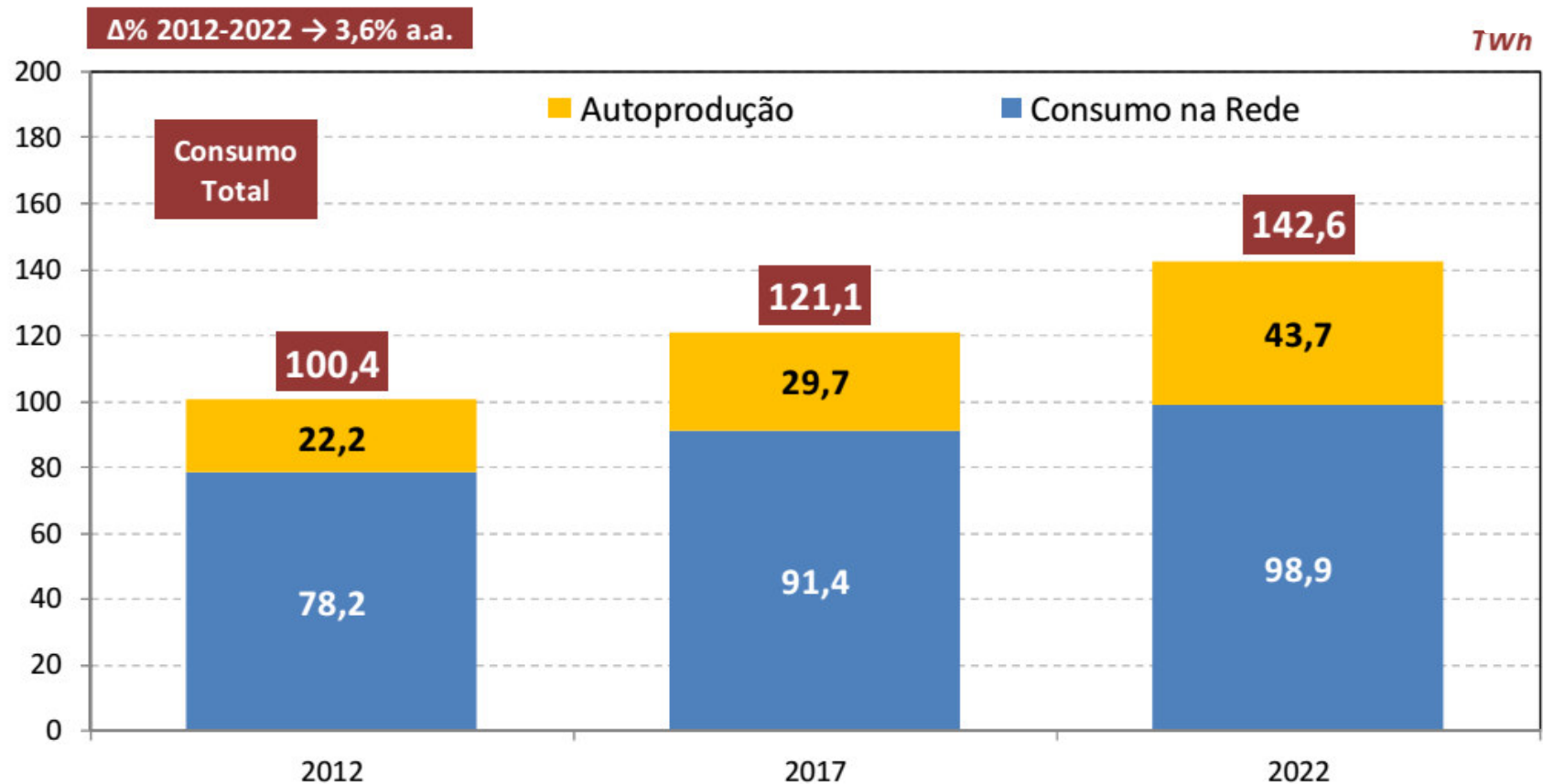
- ✓ As consequências da qualidade da energia sobre a vida útil dos componentes elétricos e eletrônicos;
- ✓ O peso crescente das questões ambientais associadas às tecnologias de geração.



# Introdução

A proliferação de autoprodutores, juntamente com o aparecimento de novas tecnologias de geração. Estudo da EPE para o Brasil:

Gráfico 15. Grandes consumidores industriais: consumo de eletricidade (TWh)



**O principal motivo para o aumento da preocupação com a qualidade da energia elétrica é o impulso contínuo para aumentar a produtividade dos consumidores industriais:**

- ✓ Indústrias querem cada vez mais rapidez e assim necessitam de equipamentos mais eficientes;
- ✓ Concessionárias encorajam esses esforços das indústrias, pois ajuda a adiar grandes investimentos em subestações e geração.
- ✓ Quando processos inteiros são automatizados, o funcionamento eficiente das máquinas se torna cada vez mais dependente de energia de qualidade.

## **Nos últimos anos:**

- ✓ Tem-se intensificado a discussão sobre a constante melhoria da regulamentação.
- ✓ Os reguladores vão ter evoluir para além de índices de confiabilidade tradicionais e abordar a necessidade de relatórios de qualidade de energia e incentivos para as empresas de transmissão e distribuição;
- ✓ Alguns índices têm sido desenvolvidos para ajudar na referência dos vários aspectos de qualidade de energia.



# Introdução

---

ELT 428 – QUALIDADE DE ENERGIA

No âmbito da Engenharia Elétrica, nas diversas áreas de pesquisa, os estudos relacionados à QEE encontram-se em grande ascensão, no Brasil e no exterior, haja vista a quantidade de grupos de pesquisa existentes no mundo, os inúmeros congressos nacionais e internacionais que englobam este tema, como:

- ✓ CBQEE (Congresso Brasileiro de Qualidade de Energia)
- ✓ EPQU (Electrical Power Quality and Utilization)
- ✓ ICHQP (International Conference on Harmonics and Quality of Power)
- ✓ ICREPQ (International Conference on Renewable Energies and Power Quality), entre outros

# Introdução

---

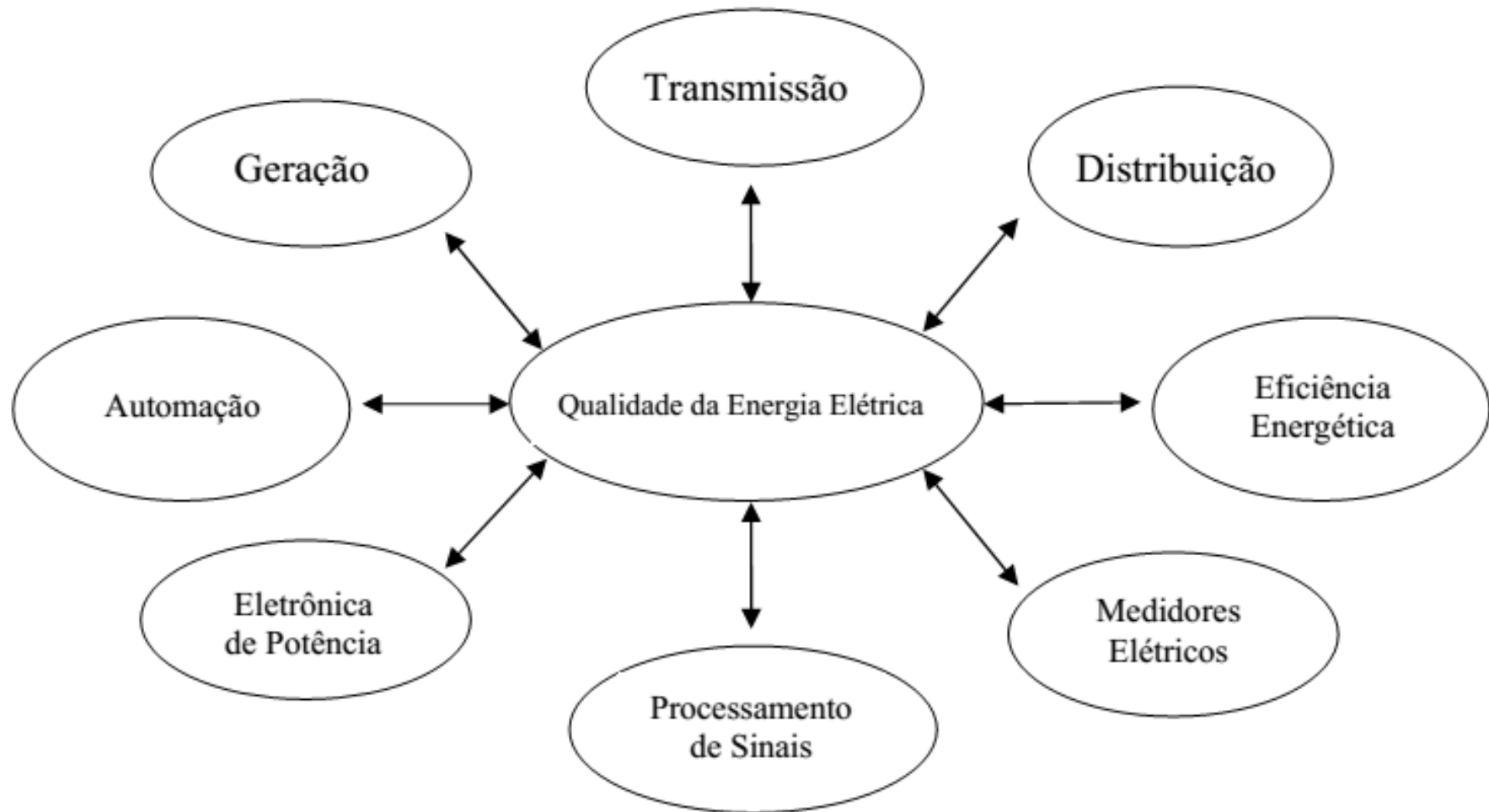
ELT 428 – QUALIDADE DE ENERGIA

- ✓ Seções que abordam o tema em conjunto com outras áreas (COBEP, SNPTEE, SEPOPE, SENDI, SBSE, CIRED, CBA, PESC, PES, APEC, IAS entre outros).
- ✓ A Qualidade da Energia Elétrica ou, em inglês Power Quality, difundiu-se rapidamente em diversas áreas da Engenharia Elétrica como: geração, transmissão, distribuição, automação, eletrônica de potência, processamento de sinais, entre outras.

# Introdução

ELT 428 – QUALIDADE DE ENERGIA

A QEE difundiu-se rapidamente em diversas áreas da Engenharia Elétrica:

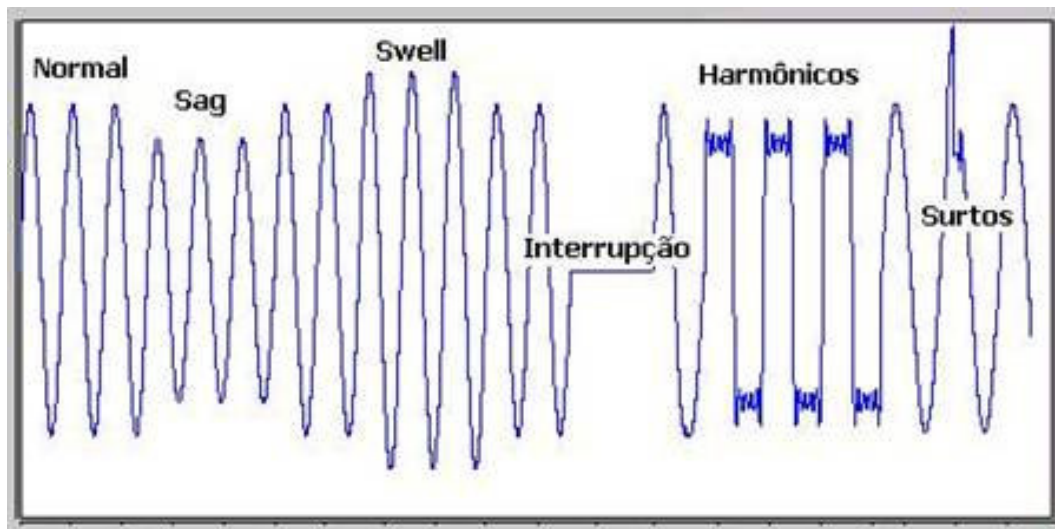


- ✓ O tema “Qualidade de Energia Elétrica” tornou-se uma preocupação comum a todos os agentes do setor elétrico, entre eles: concessionárias, consumidores e órgãos reguladores.
- ✓ Todos os aspectos relacionados aos problemas na qualidade da energia são importantes, desde a sua verificação, o seu diagnóstico e, por último, a sua solução, levando em consideração o impacto econômico relacionado.
- ✓ As anomalias surgem tanto na tensão e corrente, quanto na frequência, podendo causar falhas em equipamentos industriais, comerciais e residenciais.

# O que é Qualidade de Energia?

ELT 428 – QUALIDADE DE ENERGIA

- ✓ O que é Qualidade de Energia?  
R: não existe um consenso em relação à definição de QEE.
- ✓ Tensão é responsabilidade das concessionárias e corrente depende das cargas.



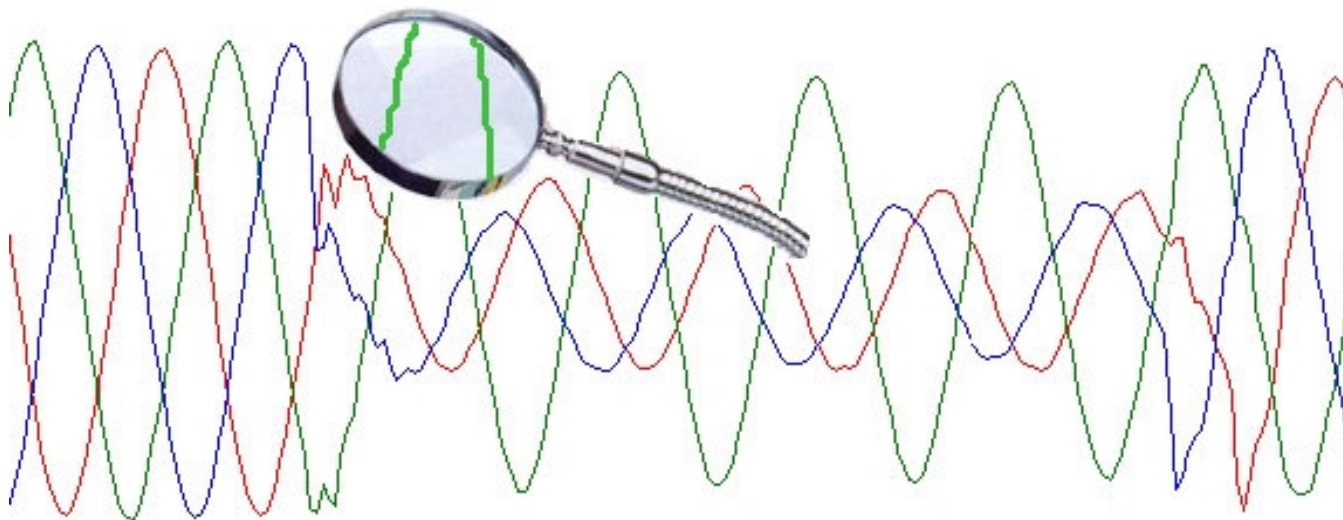
# O que é Qualidade de Energia?

---

ELT 428 – QUALIDADE DE ENERGIA

## Ponto de Vista dos consumidores:

- ✓ Qualquer problema de energia manifestada em desvio de tensão, corrente ou frequência e que resulte em falha ou mau funcionamento de equipamento é considerado um problema de qualidade de energia.

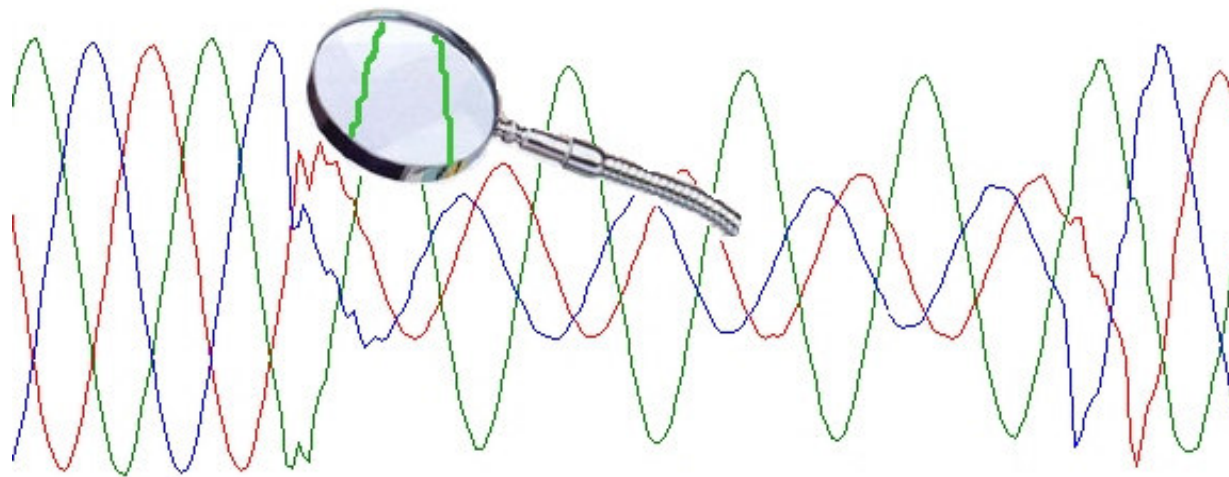


# O que é Qualidade de Energia?

ELT 428 – QUALIDADE DE ENERGIA

## Ponto de Vista das concessionárias:

- ✓ É o grau de proximidade que a tensão fornecida pela concessionária, tem com o caso ideal, em termos de forma de onda, amplitude, frequência, distorção zero, confiabilidade, estabilidade e fontes livres de distúrbios.

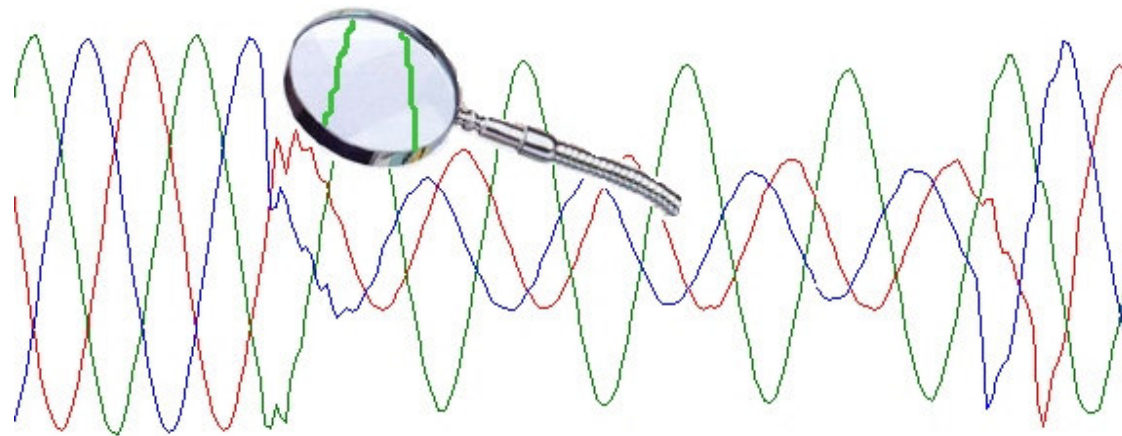


# O que é Qualidade de Energia?

ELT 428 – QUALIDADE DE ENERGIA

## Ponto de Vista dos órgãos reguladores:

- ✓ As concessionárias de energia devem fornecer continuamente energia elétrica, dentro dos limites estabelecidos por normas, sob pena de multa e ressarcimento dos danos causados pelo fornecimento do produto de má qualidade.





# O que é Qualidade de Energia?

---

ELT 428 – QUALIDADE DE ENERGIA

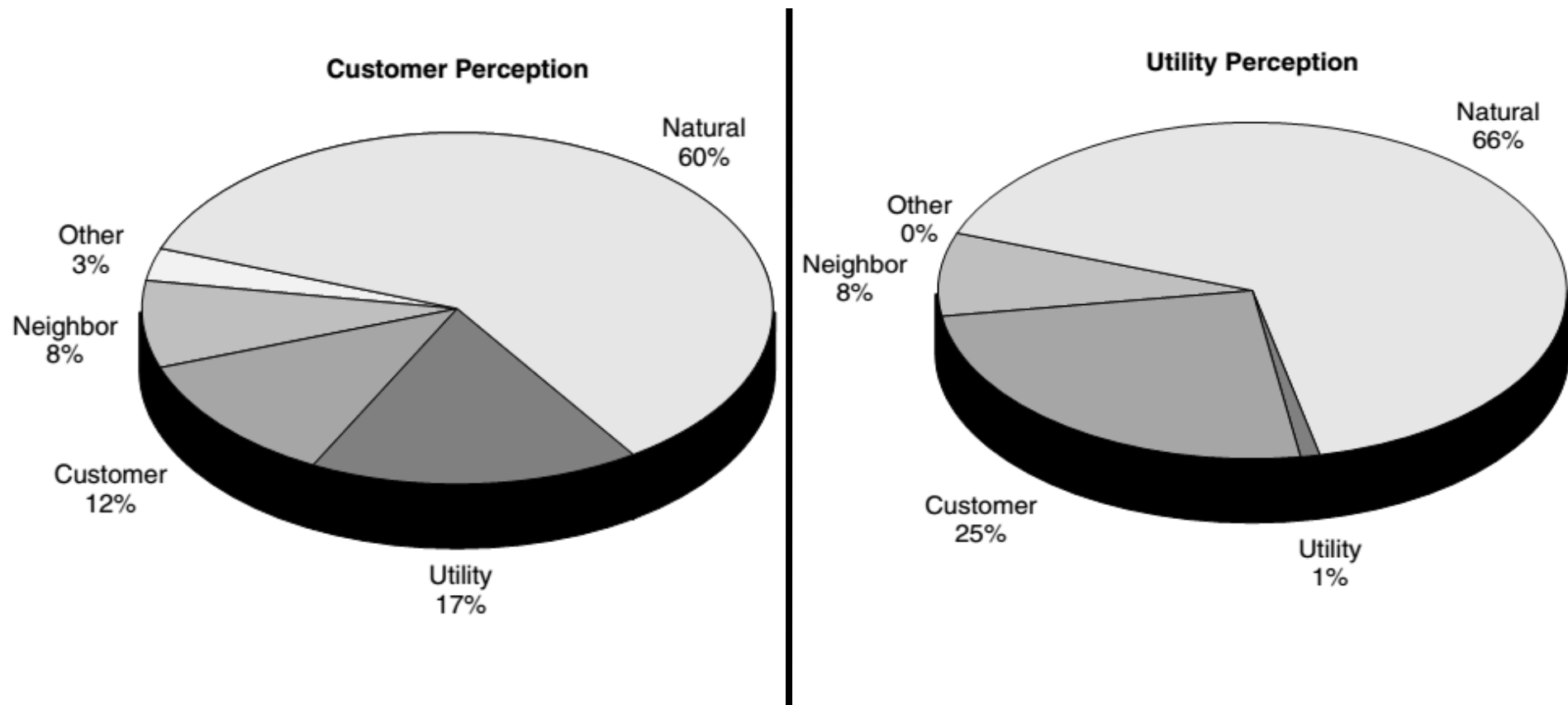
Para alguns fabricantes de equipamentos eletroeletrônicos, é cômodo que não existam normas que determinem:

- ✓ o grau de sensibilidade dos equipamentos frente aos fenômenos de QEE, presentes na rede de energia e;
- ✓ os limites do nível de perturbação que esses equipamentos podem injetar na rede, sem prejudicar os parâmetros estipulados pelos órgãos reguladores. Já que, após a instalação do equipamento a responsabilidade da má QEE é transferida a concessionária e compartilhada com o consumidor.

# O que é Qualidade de Energia?

ELT 428 – QUALIDADE DE ENERGIA

## Pontos de Vista sobre as causas dos problemas de QEE:



# O que é Qualidade de Energia?

---

ELT 428 – QUALIDADE DE ENERGIA

## Resumindo:

- ✓ QEE, como a qualidade em outros bens e serviços, é difícil de quantificar.
- ✓ Não há uma definição única de energia de qualidade.
- ✓ Existem normas para a tensão e outros critérios técnicos que podem ser medidos, mas a decisiva medida da QEE é determinada pelo desempenho e produtividade do equipamento do usuário final.
- ✓ Se a energia elétrica é inadequada para essas necessidades, a "qualidade" é ruim.

## Qualidade de Energia = Qualidade na tensão?

---

ELT 428 – QUALIDADE DE ENERGIA

- ✓ Muitos autores costumam dizer que QEE é, na verdade, a qualidade da tensão.
- ✓ Mas a concessionária não tem controle sobre as correntes que determinadas cargas podem injetar na rede.
- ✓ Sistemas de energia CA são projetados para operar em uma tensão senoidal (normalmente 50Hz ou 60Hz). Qualquer desvio significativo na forma de onda, seja magnitude, frequência, ou a pureza é um potencial problema de qualidade de energia.

## Qualidade de Energia = Qualidade na tensão?

ELT 428 – QUALIDADE DE ENERGIA

- ✓ Embora os geradores possam fornecer uma tensão quase perfeita de onda senoidal, a passagem de corrente através da impedância da LT pode causar uma variedade de perturbações da tensão.

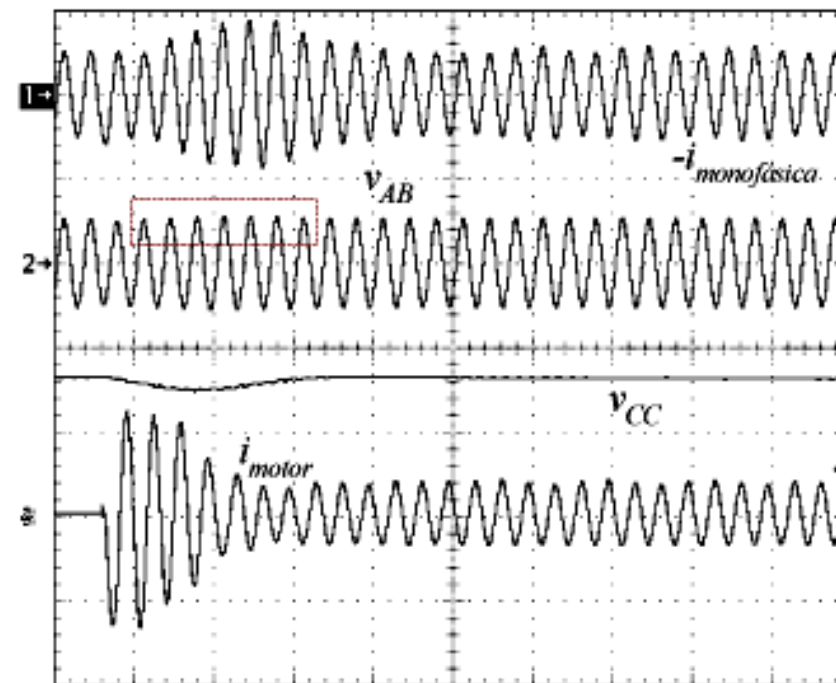


Fig. 9 – Partida de motor trifásico: Corrente na rede monofásica (20A/div). Tensão no barramento CA (500V/div.). Tensão no barramento CC (200V/div.). Corrente no motor (5A/div.). Horizontal: 50ms/div.

## Qualidade de Energia = Qualidade na tensão?

---

ELT 428 – QUALIDADE DE ENERGIA

- ✓ Portanto, embora seja a tensão nossa maior preocupação, devemos também abordar os fenômenos da corrente para compreender a base de muitos problemas de qualidade de energia.

# Por que estamos preocupados com a Qualidade de Energia?

---

ELT 428 – QUALIDADE DE ENERGIA

**A principal razão é, sem dúvida, econômica.**

- ✓ Há muito dinheiro associado a esses distúrbios. Os impactos econômicos associados à sensibilidade dos equipamentos à variação de tensão, por exemplo, deve ser uma preocupação.
- ✓ Com o aumento da concorrência de serviços de geração, os clientes tenderão a optar por um fornecedor que entregue uma energia mais “limpa”.

# Por que estamos preocupados com a Qualidade de Energia?

---

ELT 428 – QUALIDADE DE ENERGIA

- ✓ Para clientes residenciais, o que ele tem em mente como baixa QEE é realmente a falta de energia.
- ✓ Mas o uso doméstico de computadores tem aumentando consideravelmente e mais transações estão sendo feitas através da internet.



# Por que estamos preocupados com a Qualidade de Energia?

---

ELT 428 – QUALIDADE DE ENERGIA

- ✓ Para clientes industriais, se faltar energia durante meio segundo, a fábrica para e o processo industrial tem que ser reiniciado, o que causa grandes prejuízos financeiros.
- ✓ Nos processos de laminação de aço, quando as máquinas param, os operários têm que "desentupir" o laminador, cortando os varões de aço com maçaricos, além de manipulá-los sob altas temperaturas, etc.

# Por que estamos preocupados com a Qualidade de Energia?

---

ELT 428 – QUALIDADE DE ENERGIA

- ✓ Cabe salientar que até bem pouco tempo atrás, a maioria dos consumidores industriais entendia que gerenciar a energia elétrica significava controlar a demanda, o fator de potência, e administrar os contratos junto à concessionária.
- ✓ Pouco se falava em supervisão de grandezas como tensões, correntes, potências e muito menos, em distorções harmônicas ou transientes.

# Por que estamos preocupados com a Qualidade de Energia?

---

ELT 428 – QUALIDADE DE ENERGIA

- ✓ As empresas acompanham o número de interrupções no fornecimento, e o tempo médio destas interrupções;
- ✓ Futuramente, desejarão acompanhar a forma de onda da tensão entregue pela concessionária, de modo a analisar, por exemplo, transitórios, correntes harmônicas e afundamentos de tensão.