MANTEST
ENGENHARIA ELÉTRICA

Se energia é fundamental para o bom funcionamento de sua empresa, conte com a MANTEST

Sistemas Elétricos de Potência

Engº Jorge Luis Gennari

Jorge@mantest.com.br

15 3021 3805 – 15 997 424 112

Nossos Clientes

Empresas que têm a Energia Elétrica como um insumo fundamental do processo produtivo, não importando o tamanho da empresa ou do projeto.

Estudos Elétricos

- Estudos de Curto-Circuito
- Estudos de Coordenação da Proteção e Seletividade
- Cálculo de Energia Incidente e Arc Flash
- Estudos de Fluxo de Potência
- Estudos de Correção de Fator de Potência e Harmônicos
- Cálculo de Transitório de Partida de Motores
- Análise de Risco para Sistemas de Missão Crítica: Confiabilidade e Disponibilidade
- Transitórios Eletromecânicos
- Transitórios Eletromagnéticos
- Estudos para Parecer de Acesso

Consultoria

- Engenharia Conceitual
- Estudos Elétricos para Determinação de Viabilidade Técnica
- Especificação de Compra de Materiais e Serviços
- Equalização Técnica da Propostas
- Gerenciamento do Projeto Executivo
- Gerenciamento da Obra
- Operação Assistida
- *Due Diligence* Técnico
- Auditoria Técnica
- Engenharia do Proprietário
- Inspeções de Recebimento em Fabricantes

Comissionamento de Sistemas Elétricos

- Análise e Validação do Projeto
- Acompanhamento de Testes de Fábrica
- Comissionamento Elétrico – Testes de Equipamentos
- Comissionamento Funcional

Projetos Elétricos

- Projeto Executivo de Sistemas de Missão Crítica

Manutenção de Sistemas Elétricos

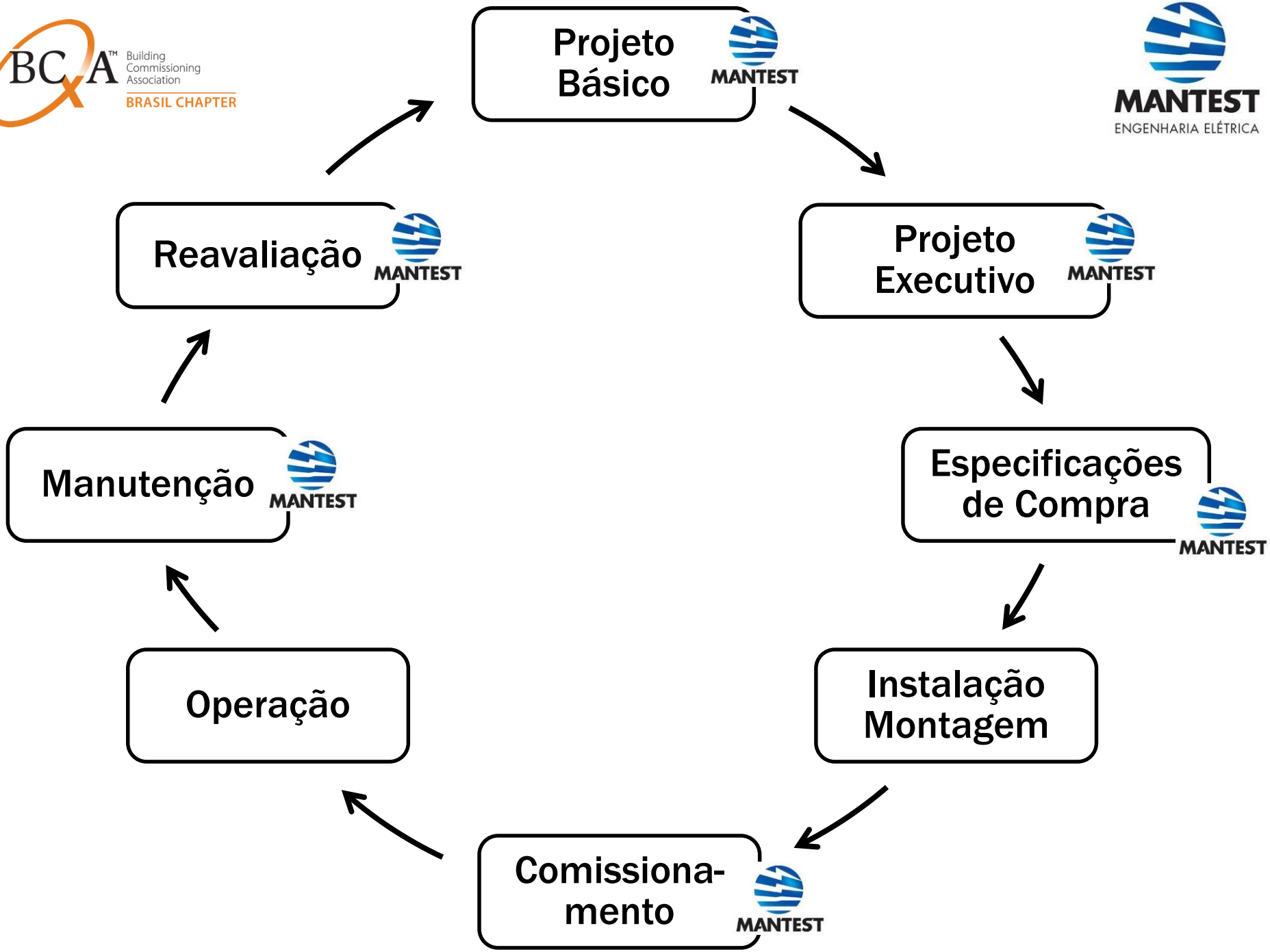
- Operação Assistida
- Estudos Elétricos previstos na NR10
- Inspeções Técnicas Periódicas
- Manutenções Preditivas
- Manutenções Preventivas e Corretivas
- Medições de Qualidade de Energia
- Treinamentos

Auditoria NR10

- Levantamento Físico do SEP e das Instalações Elétricas
- Auditoria do Prontuário das Instalações
- Auditoria do Prontuário dos Prestadores de Serviços
- Montagem de Banco de Dados Digital
- Emissão de Laudo NR10
- Emissão Laudo SPDA

BCxA™ Building Commissioning Association
BRASIL CHAPTER

MANTEST
ENGENHARIA ELÉTRICA



O que é a BCA?

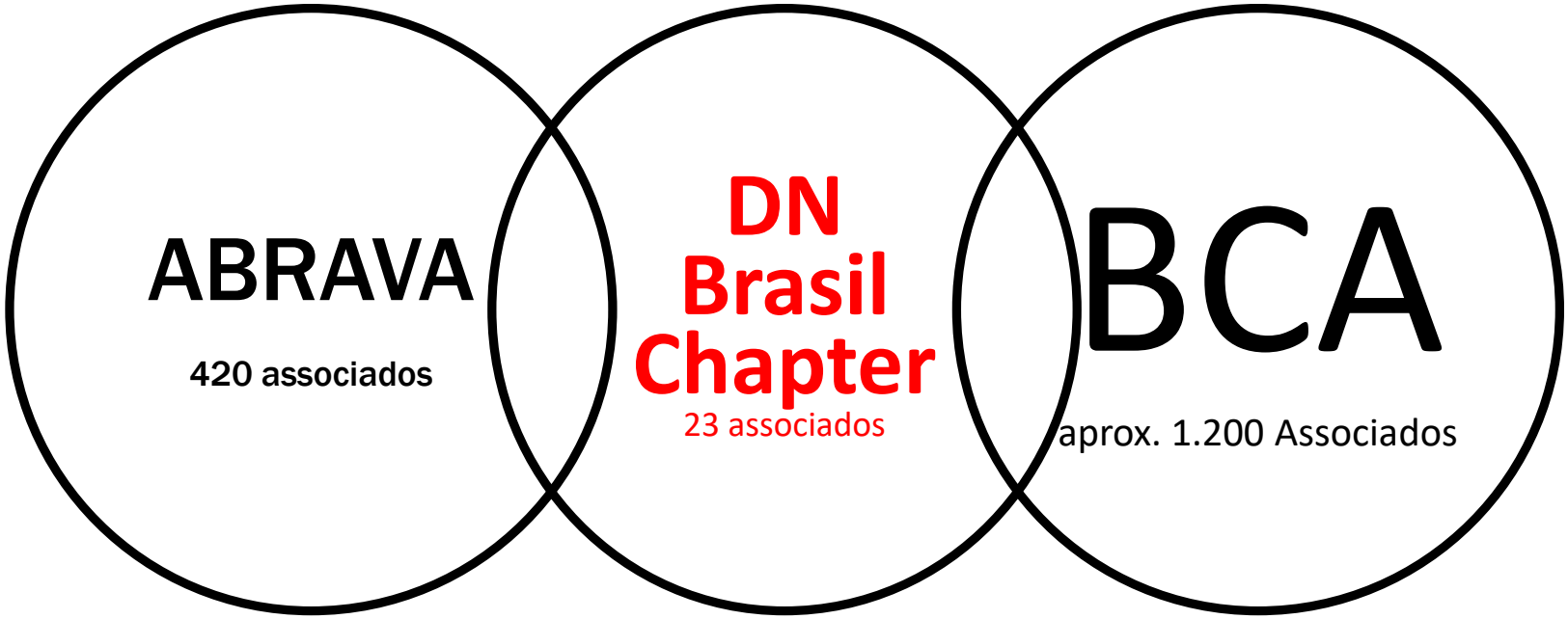
- A **BCA**, sigla em inglês para **Associação Para Comissionamento de Edificações**, é uma organização norte americana, privada e sem fins lucrativos, dedicada a criar e apoiar programas e padrões a serem utilizados nas atividades de comissionamento.

- Através de programas de treinamento de profissionais, programas de certificação de profissionais e empresas de comissionamento, e também através do desenvolvimento de ferramentas de comissionamento, a BCA tornou-se figura central e uma referência técnica no que tange às melhores práticas de engenharia de comissionamento.

Quem são os membros da BCA?

- Comissionadores
- Projetistas: Engenheiros e Arquitetos
- Construtoras
- Investidores
- Proprietários

Brasil Chapter



Brasil Chapter – DN ABRAVA

MANTEST
ENGENHARIA ELÉTRICA

www.bcxa.com.br

www.bcxa.org

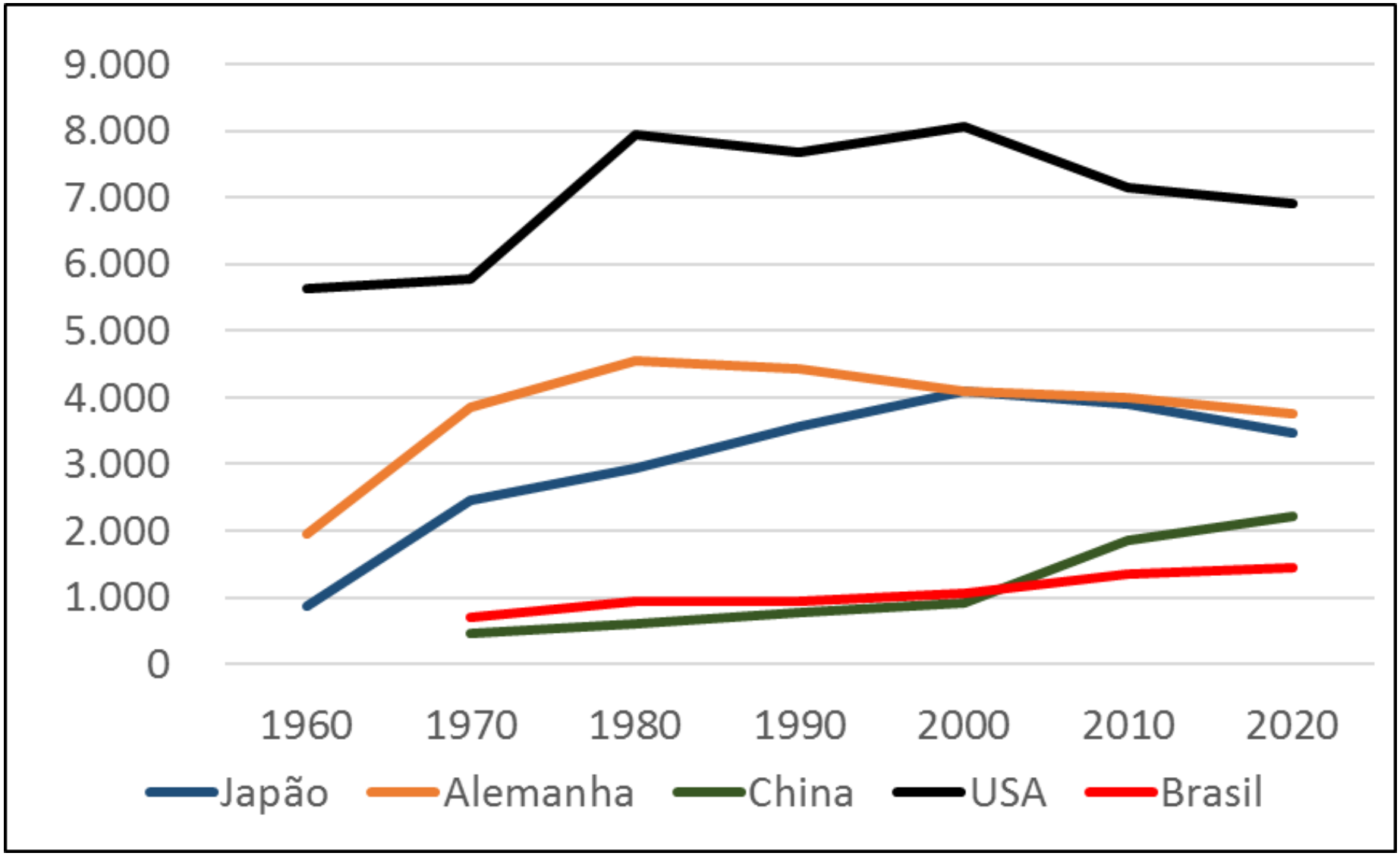
MANTEST
ENGENHARIA ELÉTRICA

Evolução do Consumo de Energia

Ano	População Milhões	PIB Bilhões U$	Energia Bilhões cal/dia
1500	*500*	*250*	*13.000*
2010	*7.000*	*60.000*	*1.500.000*
	14 x	*240 x*	*115 x*

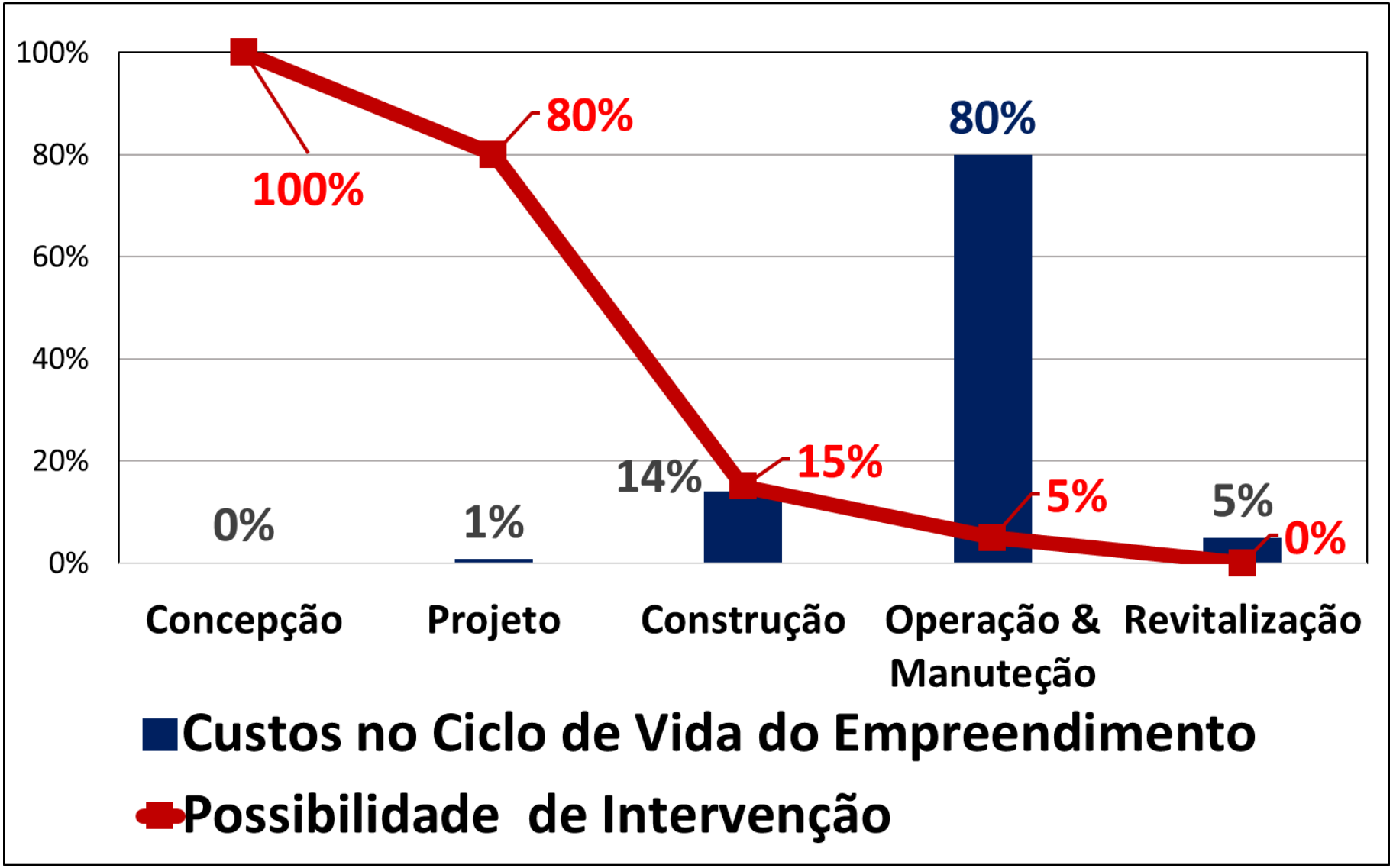
Fonte: Harari, Yuval - 2013

Kg Equivalente de Petróleo per Capita



Fonte: Banco Mundial

Custos x Intervenção



Fonte: Luis Ceotto

O que é o SEP

MANTEST
ENGENHARIA ELÉTRICA

- Meio físico através do qual a energia elétrica é produzida e conduzida até o consumidor final

- Se é um meio físico, tem que ser projetado, construído, operado, mantido, etc.

- Está sujeito a todo tipo de ação (ou degradação) como: envelhecimento, desgaste pelo uso, mau uso, ...

O que é Energia?

- Energia pode ser associada à propriedade de um sistema que lhe permite realizar trabalho
- Pode ter várias formas: potencial, cinética, química, eletromagnética, elétrica, calorífica, eólica, gravitacional, etc
- Essas várias formas de energia podem ser transformadas umas nas outras

O que é Eletricidade?

MANTEST
ENGENHARIA ELÉTRICA

- A energia elétrica - ou eletricidade - é como se designam os fenômenos em que estão envolvidas cargas elétricas
- A carga elétrica é uma das propriedades fundamentais da matéria associada a algumas partículas elementares (partículas que constituem os átomos como: prótons, elétrons, pósitrons, nêutrons, neutrinos, etc.).

A importância da Eletricidade

MANTEST
ENGENHARIA ELÉTRICA

Os sistemas de potência atuais foram originalmente projetados para alimentar as três principais invenções do século XIX:

- a lâmpada elétrica 1860
- o motor elétrico 1866
- o refrigerador 1913

A importância da Eletricidade

MANTEST
ENGENHARIA ELÉTRICA

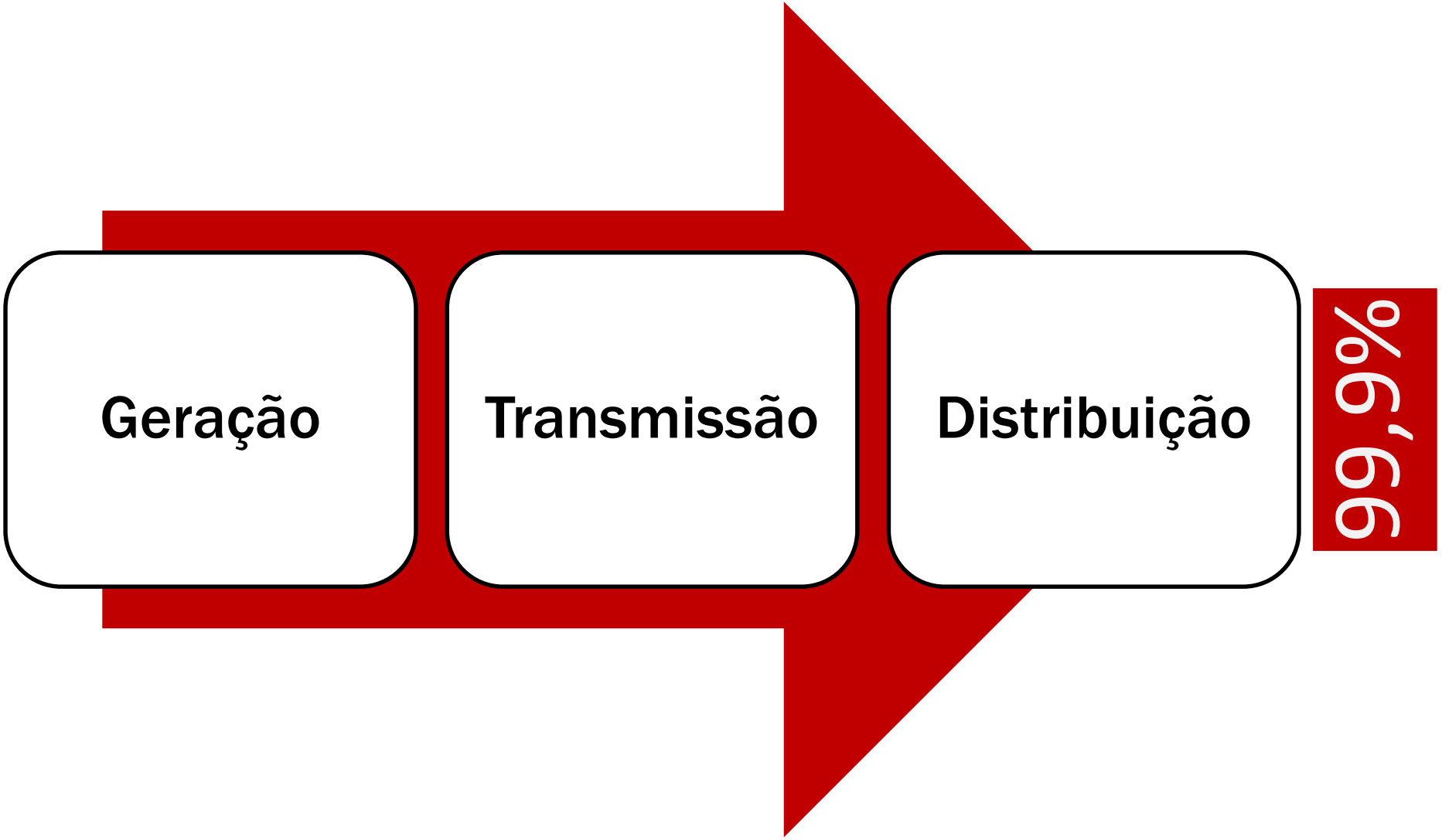
Toda a tecnologia de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica foi criada no final do século XIX com o intuito de atender lâmpadas, geladeiras e motores elétricos.

A Disponibilidade dos sistemas atuais:

- 99,9% - 3σ
- o que equivale a 8,76hs de interrupção por ano!

A importância da Eletricidade

MANTEST
ENGENHARIA ELÉTRICA



A importância da Eletricidade

MANTEST
ENGENHARIA ELÉTRICA

Em 2020

- Nº de computadores será 10x maior que 2000
- Quantidade de dados em trânsito será 12x maior
- Nova geração de servidores: mais de 10 milhões de usuários em paralelo
- Nº de celulares: 15 bilhões, 100% www.able
- 60 milhões de km de fibra óptica instalados

A importância da Eletricidade

MANTEST
ENGENHARIA ELÉTRICA

- Para produzir, armazenar, transferir e recuperar 10 MB de dados consome-se energia equivalente a 1 Kg de carvão!

- Aproximadamente 8,3kWh

A importância da Eletricidade

MANTEST
ENGENHARIA ELÉTRICA

- Um CPD médio consome tanta energia quanto seis edifícios de escritório de 40 andares cada um

- Um smart phone conectado à Internet consome o mesmo que um refrigerador doméstico de tamanho médio

- Fonte: Commonwealth Edison, Chicago Electricity Provider

A importância da Eletricidade

MANTEST
ENGENHARIA ELÉTRICA

- A Disponibilidade de fornecimento exigida para essa infraestrutura é:

  99,9999% 6σ

- aproximadamente 0,52 minutos!

A importância da Eletricidade

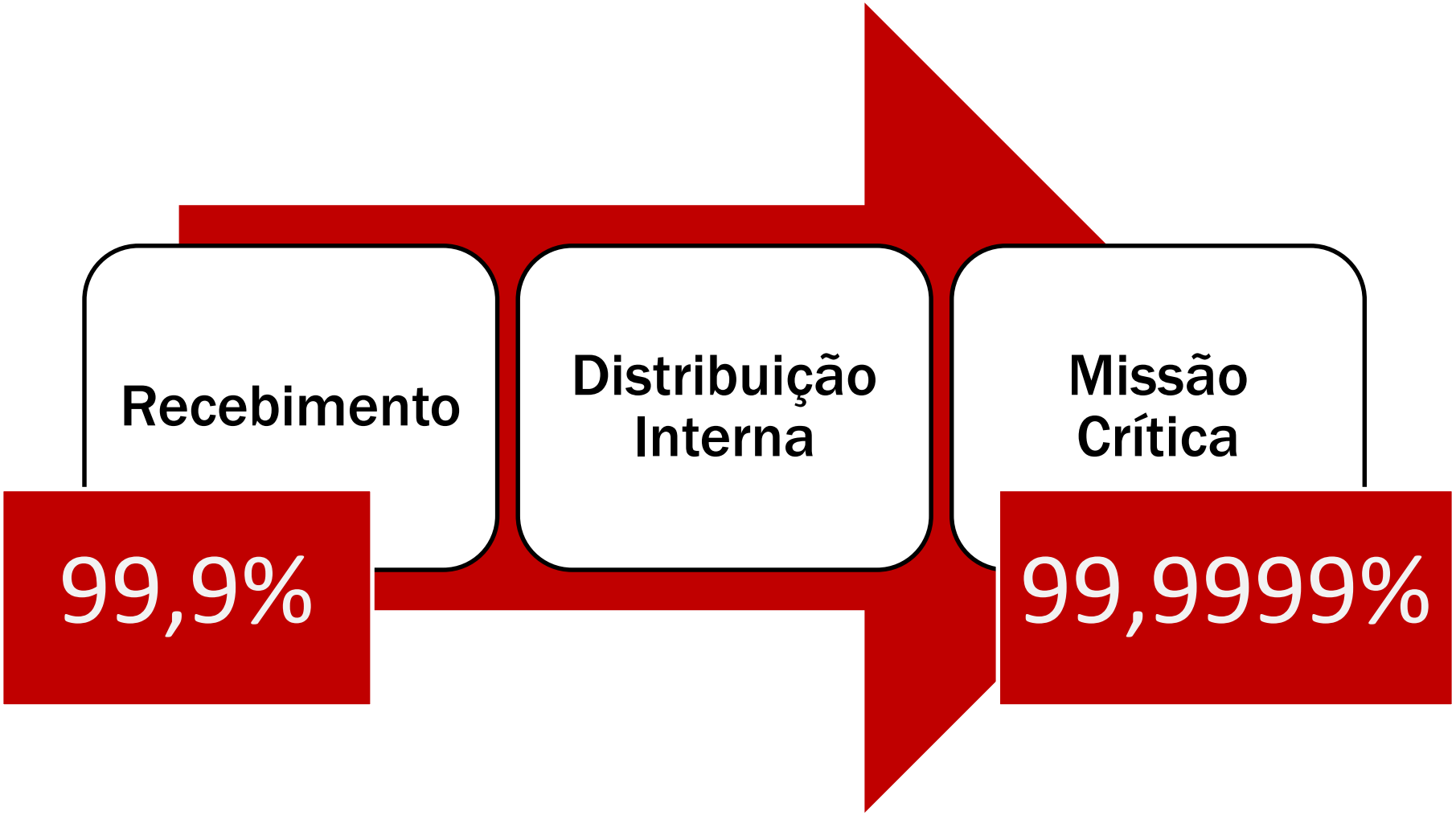
MANTEST
ENGENHARIA ELÉTRICA

- Ou seja, passar de 8,76hs = 525,6min
- Para 0,52min
- O que é aproximandamente:

1010,7 vezes menos!

A importância da Eletricidade

MANTEST
ENGENHARIA ELÉTRICA



A importância da Eletricidade

MANTEST
ENGENHARIA ELÉTRICA

Duas Conclusões:

- A grande dependência da energia elétrica dos processos produtivos atuais

- A falta de capacidade dos sistemas atuais de fornecimento em atender esta demanda com a **Qualidade** necessária

A importância da Eletricidade

MANTEST
ENGENHARIA ELÉTRICA

- Uma simples pergunta: a instalação têm a energia elétrica como um insumo fundamental para seu funcionamento?

- Se a resposta for sim:
  - Não importa se a instalação é de alta, média ou baixa tensão
  - Não Importa se a demanda de EE é alta ou baixa

99,9999%

A importância da Eletricidade

MANTEST
ENGENHARIA ELÉTRICA

AR CONDICIONADO

ENERGIA ELÉTRICA

Missão Crítica

99,9%

99,9999%

COMO?

A Norma IEEE 493

MANTEST
ENGENHARIA ELÉTRICA

- IEEE 493 IEEE Recommended Practice for the Design of Reliable Industrial and Commercial Power Systems

- Define uma metodologia a ser aplicada nesta análise:

1) O cálculo propriamente dito: probabilidade & estatística – Confiabilidade e Disponibilidade

2) E a base de dados de falhas de equipamentos

DADOS IEEE 493		
Equipamento	MTBF (Mean Time Between Failure) Falhas por unidade-ano	MTTR (Mean Time To Repair) Horas
Seccionadora MT	0,0061	1,6 h
Disjuntor MT	0,0176	10,6 h
Barramento	0,0009585 /metro	17,3 h
Gerador	0,1691	32,7 h
Disjuntor BT	0,0042	4,7 h
Cabo BT	0,00001273 /metro	15 h
Transformador < 10MVA	0,0059	297,4 h

MANTEST
ENGENHARIA ELÉTRICA

IEEE 493		
	MTBF (Mean Time Between Failure) Falhas por unidade-ano	MTTR (Mean Time To Repair) Horas
Conc. Circuito Simples	1,956	1,32 h
Conc. Circuito Duplo	0,312	0,52 h
End 1 – Fa. Lima	83,72	–
End 2 – Fa. Lima	111,28	–
End 1 – Chucri Zaidan	70,2	–
End 2 – Chucri Zaidan	70,1	–
Juscelino Kub.	102,96	–

MANTEST
ENGENHARIA ELÉTRICA

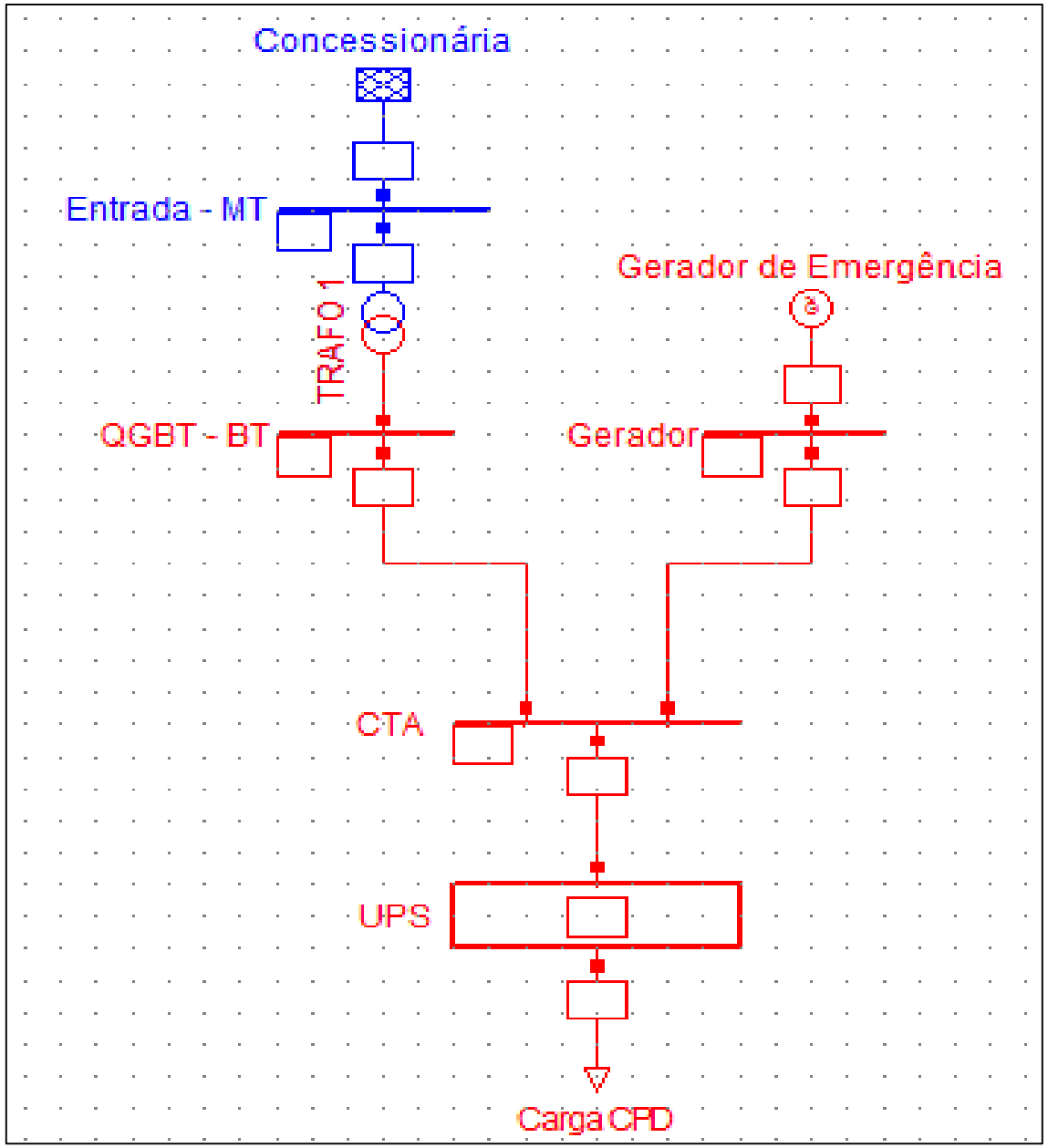
MANTEST
ENGENHARIA ELÉTRICA

99,9999%

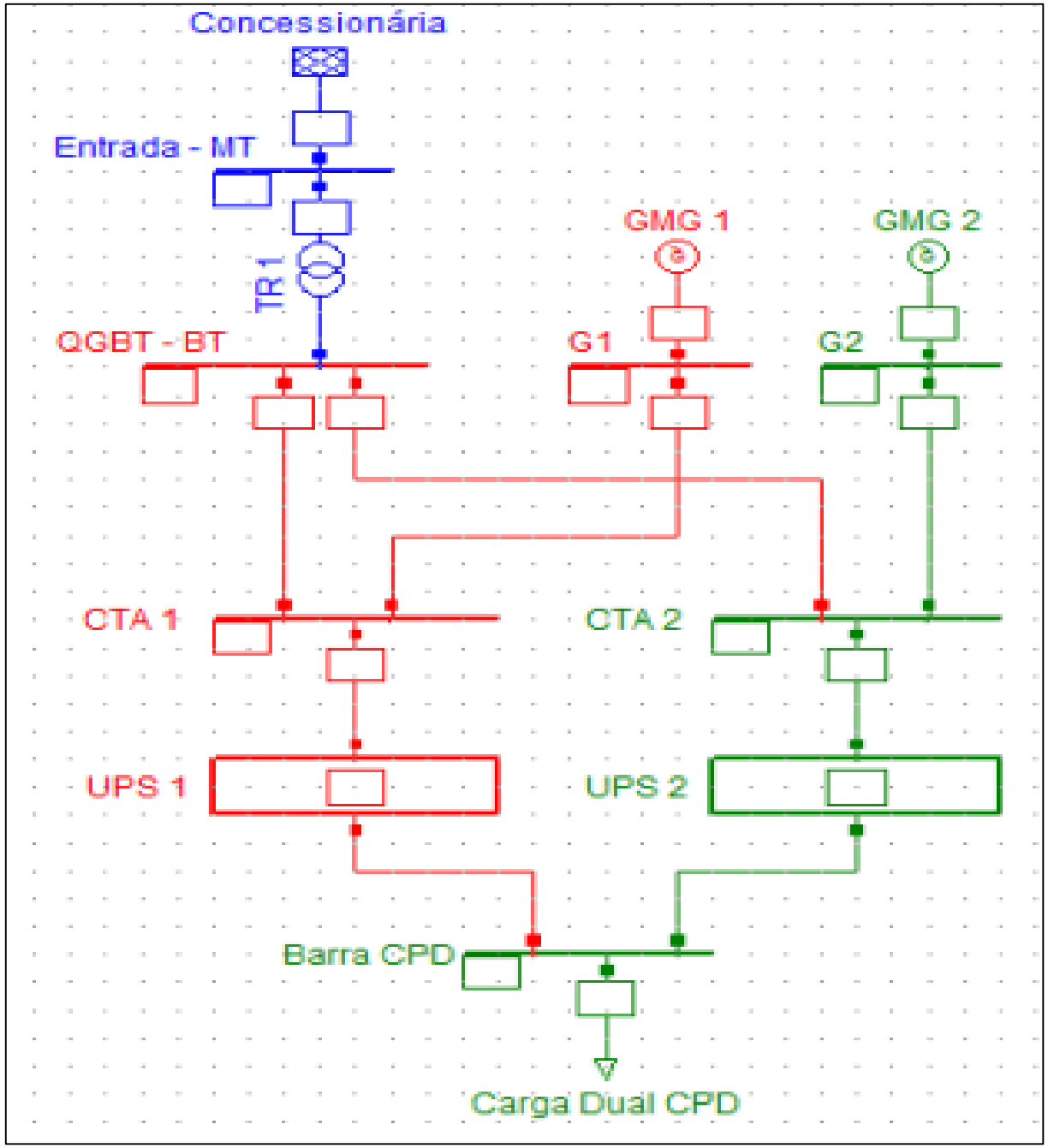
Confiabilidade
Disponibilidade

Topologia do SEP
Tipo de Equipamentos Utilizados

Projeto

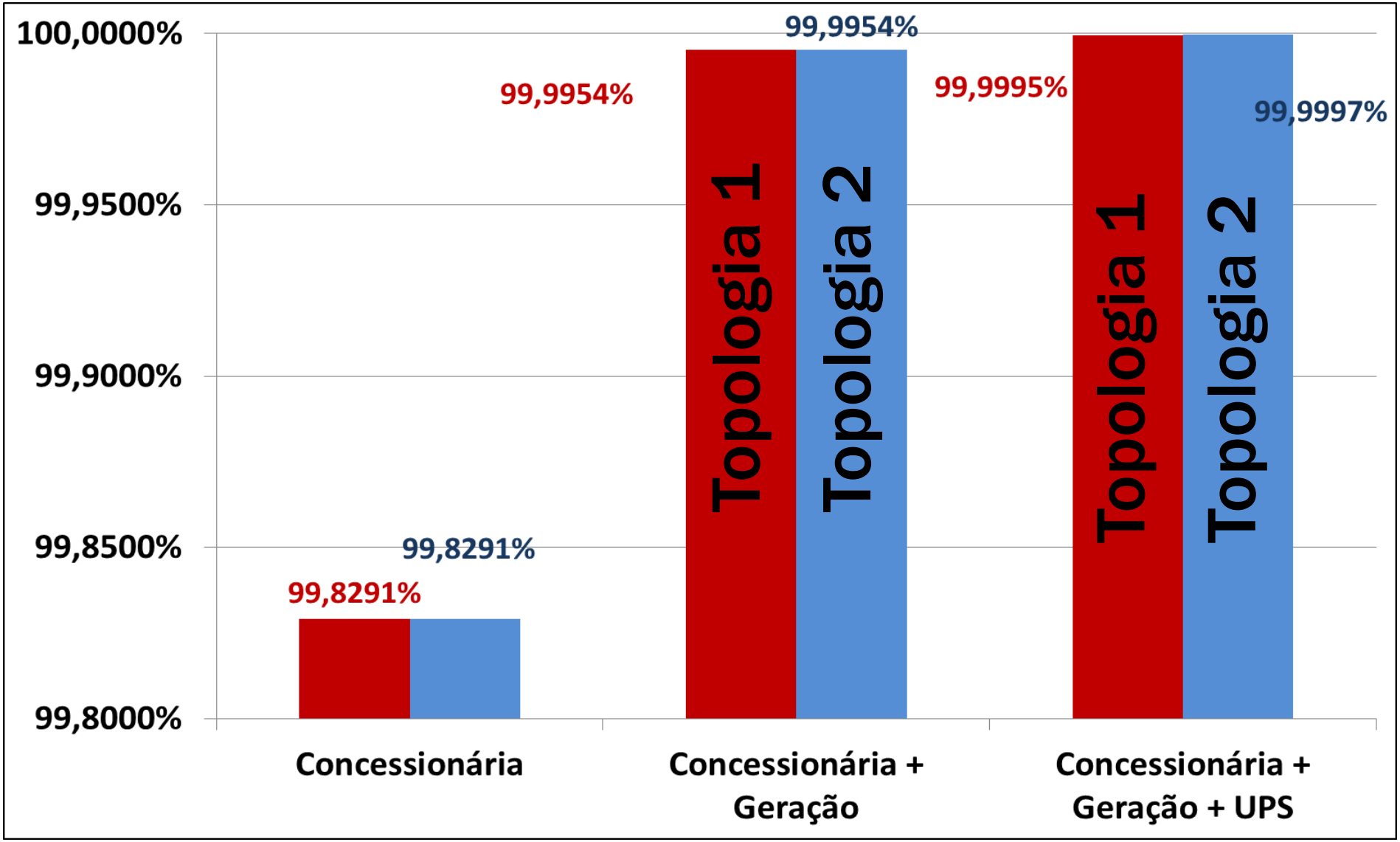

Concessionária
Entrada - MT
TRAFO 1
Gerador de Emergência
QGBT - BT
Gerador
CTA
UPS
Carga CPD

Topologia 1

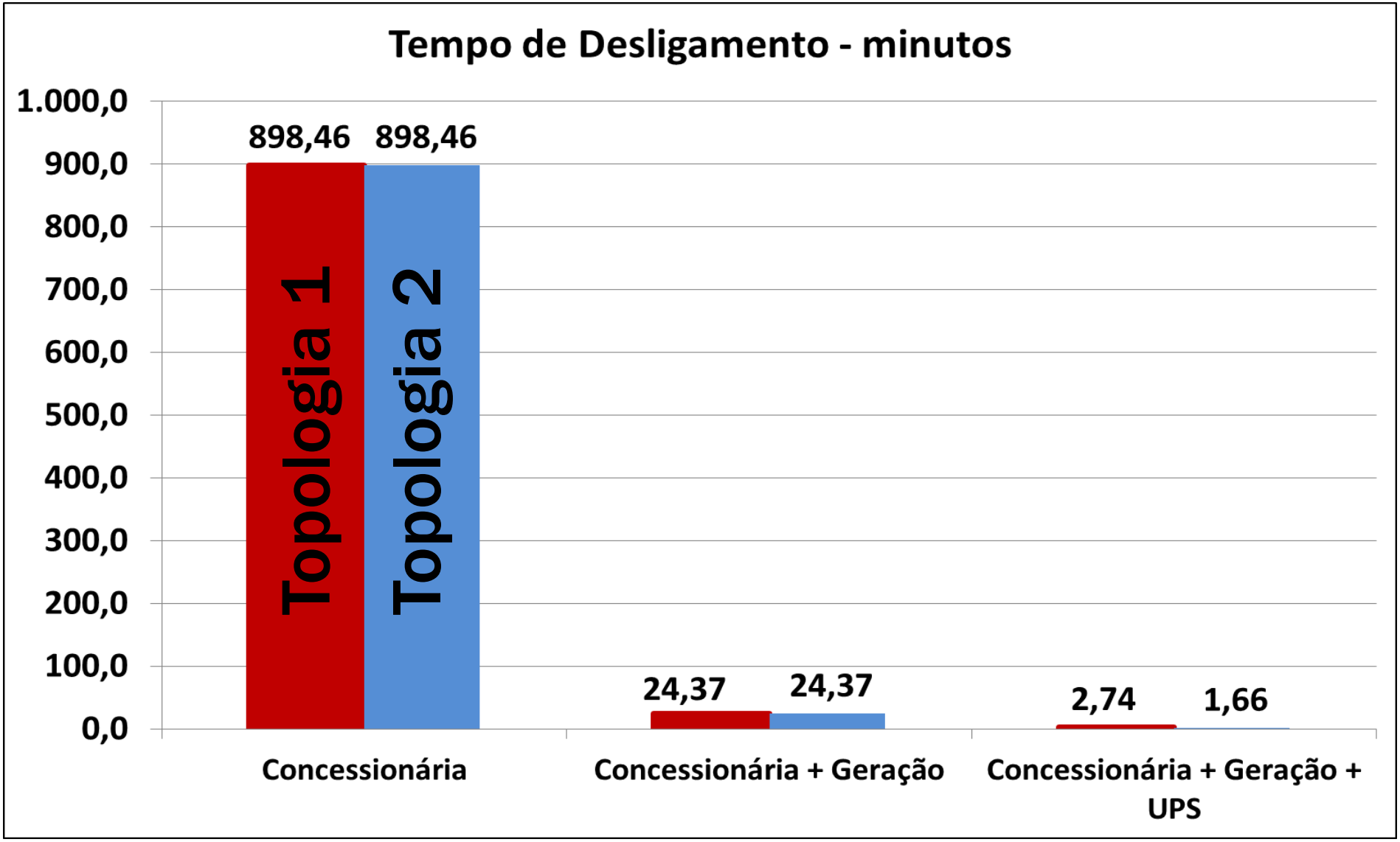

Concessionária
Entrada - MT
TR1
GMG 1
GMG 2
QGBT - BT
G1
G2
CTA 1
CTA 2
UPS 1
UPS 2
Barra CPD
Carga Dual CPD

Topologia 2

Disponibilidade



MANTEST
ENGENHARIA ELÉTRICA

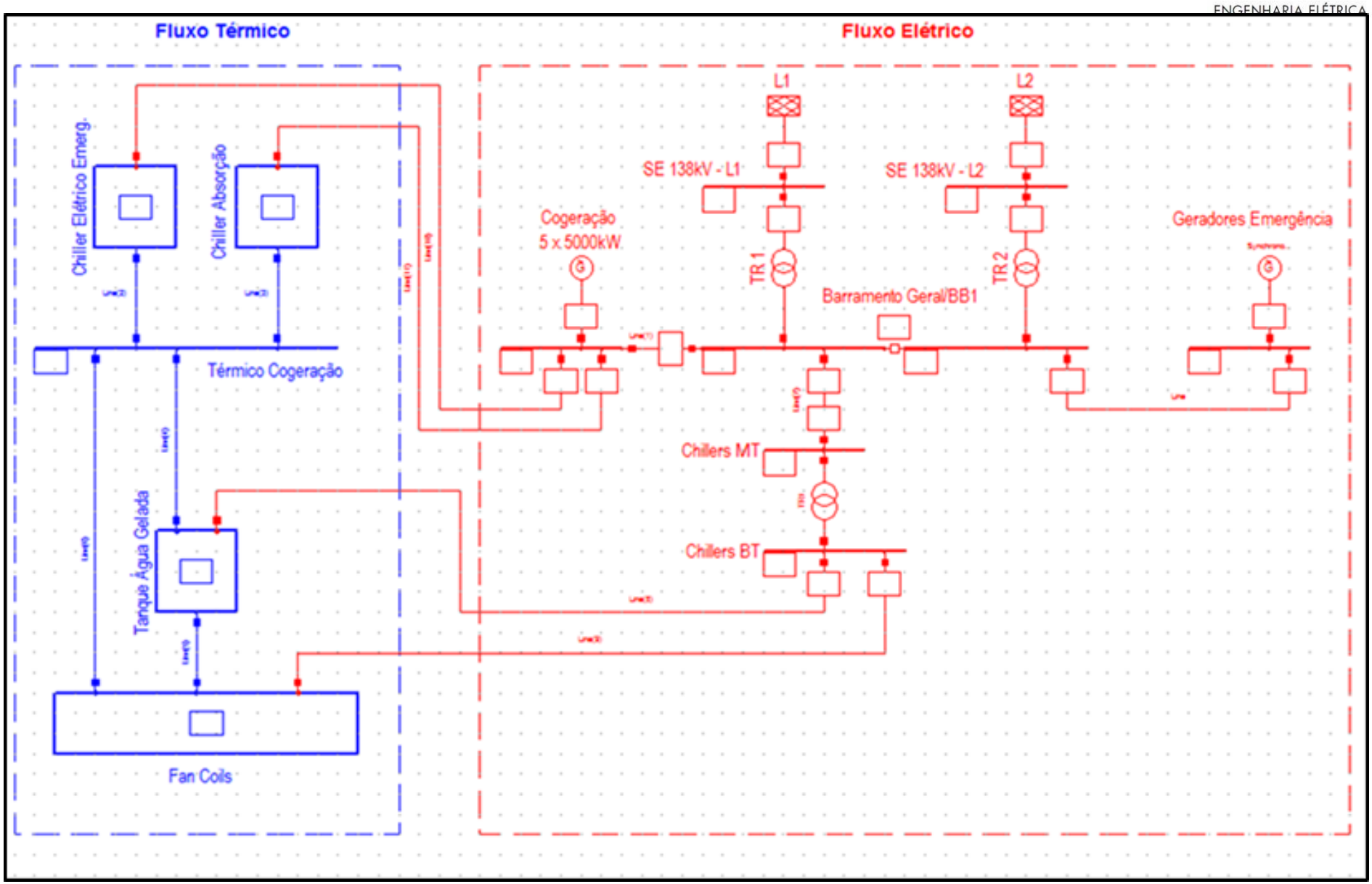


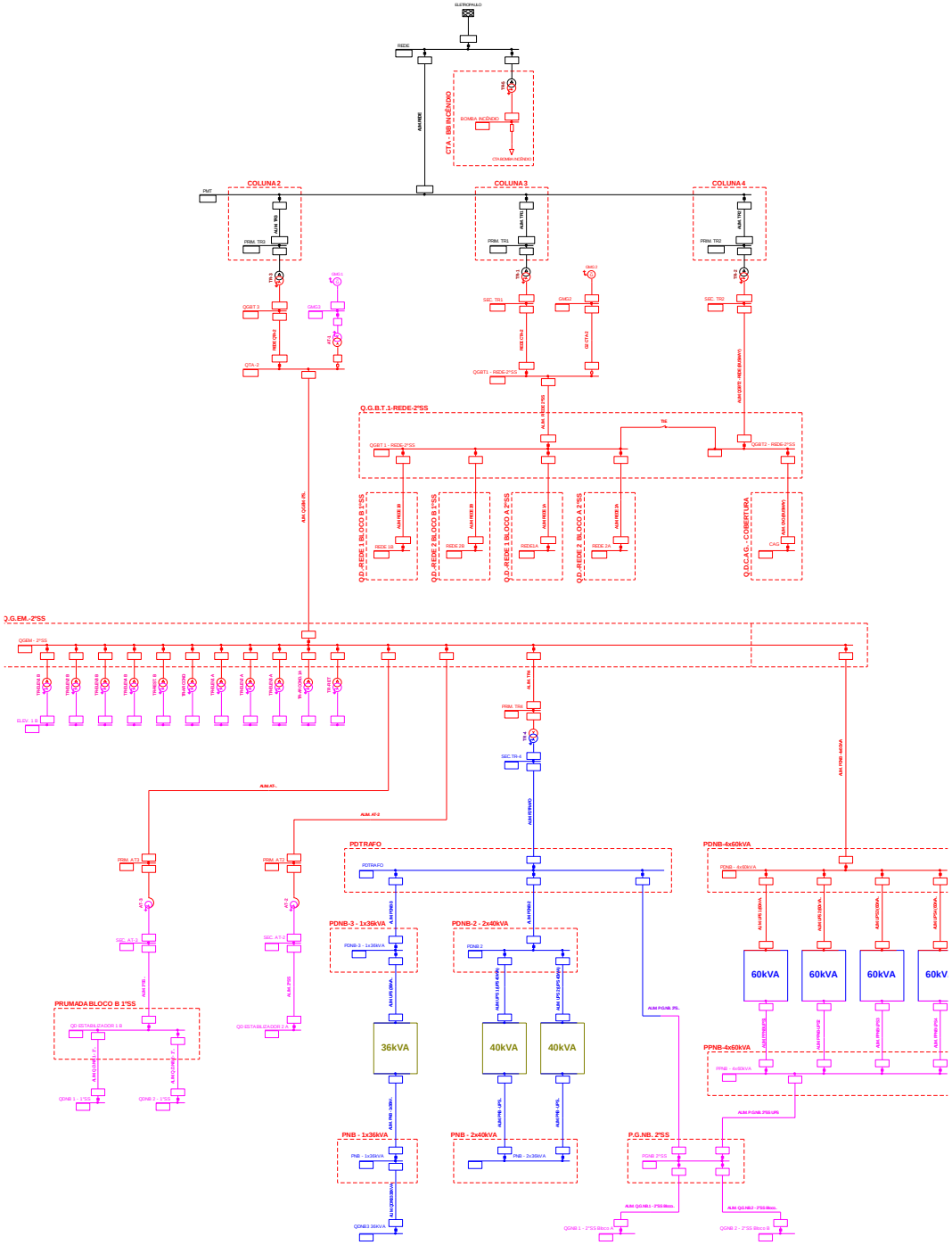
Porque o Projeto é importante?

DADOS IEEE 493		
Equipamento	MTBF (Mean Time Between Failure) Falhas por unidade-ano	MTTR (Mean Time To Repair) Horas
Barramento	0,0009585 /metro	17,3 h
Cabo BT	0,00001273 /metro	15 h

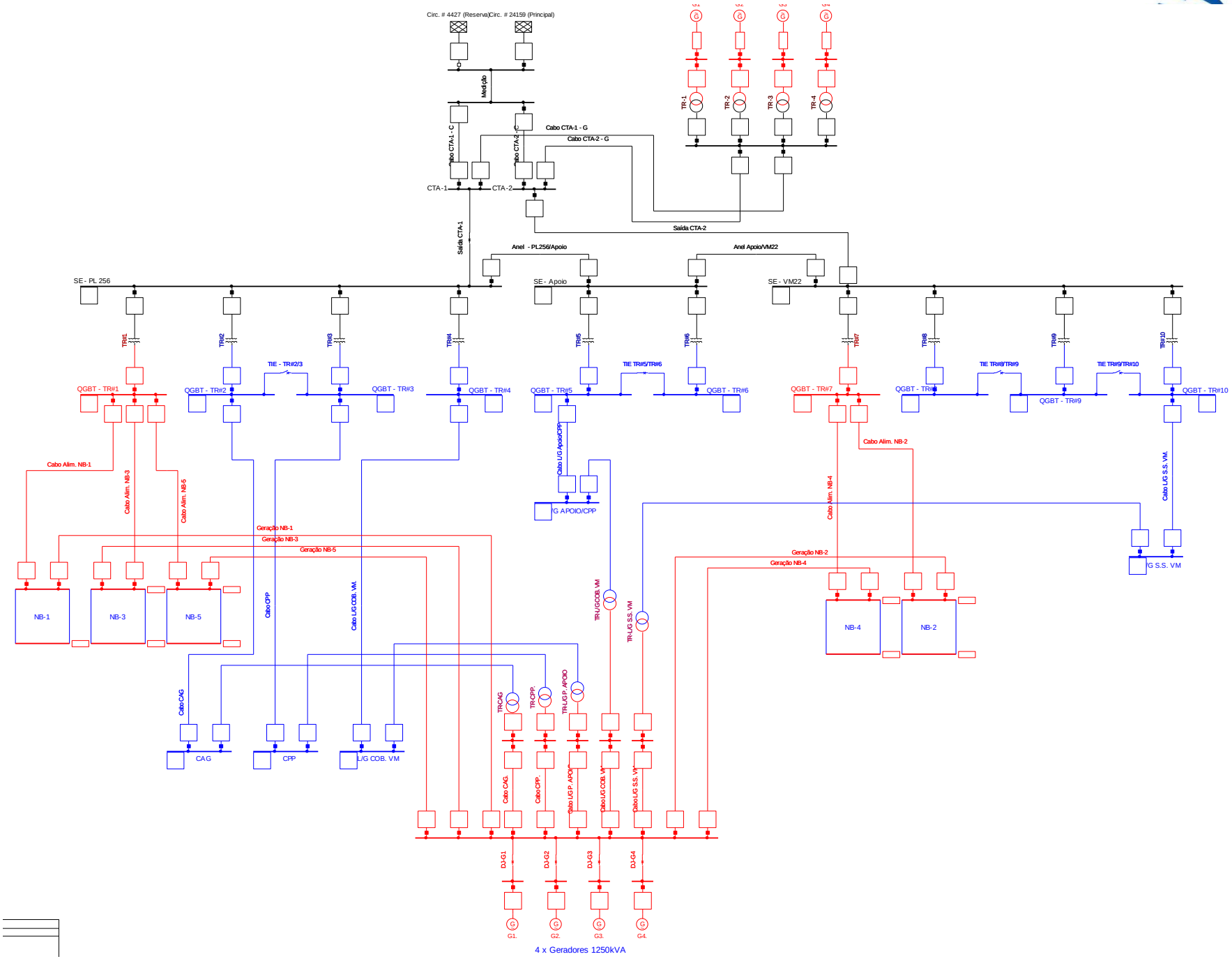
75 x

SEP & Ar Condicionado





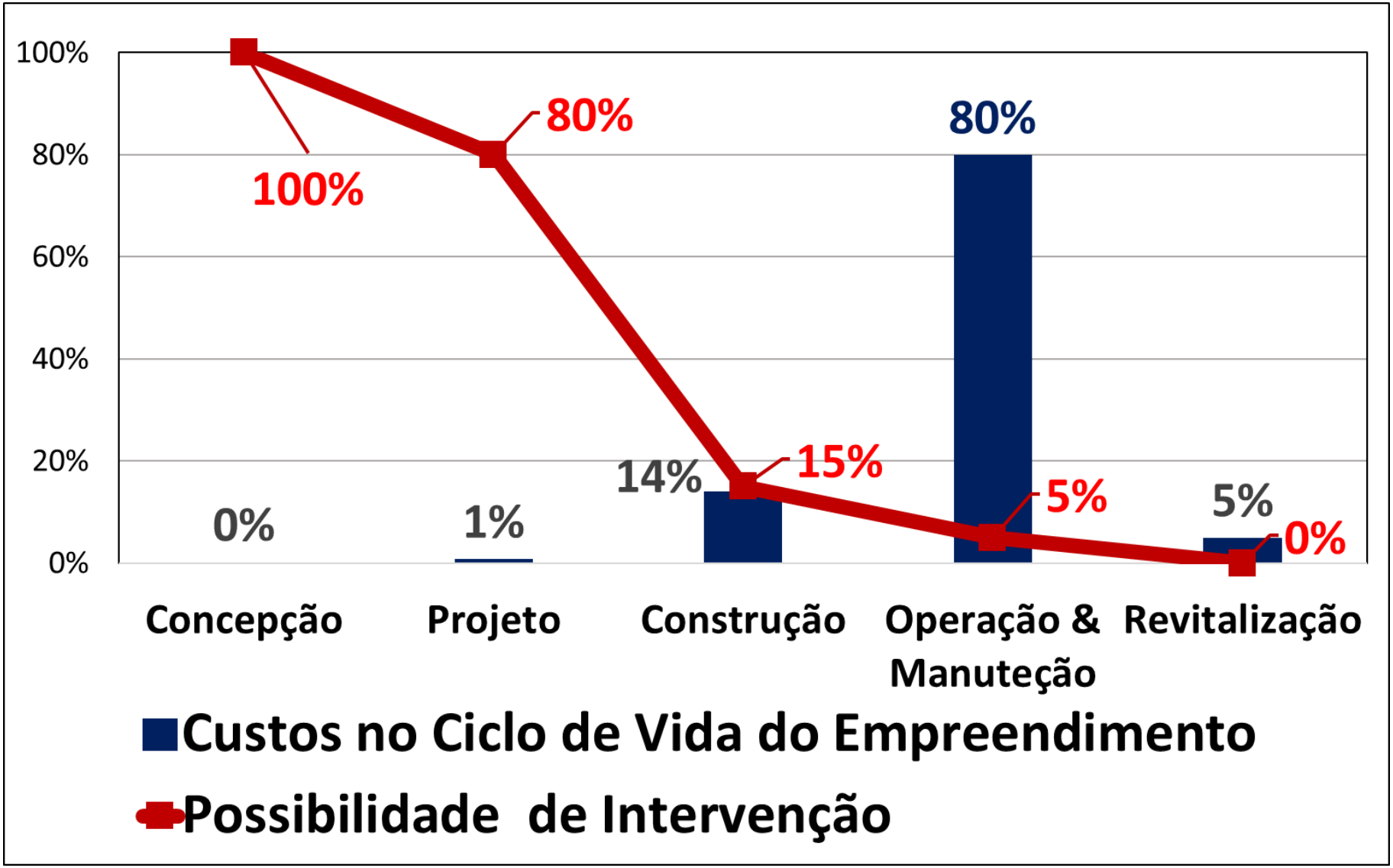
MANTEST
ENGENHARIA ELÉTRICA


Circ. # 4427 (Reserva)Circ. # 24159 (Principal)
Medição
Cabo CTA-1 - C
Cabo CTA-2
Cabo CTA-1 - G
Cabo CTA-2 - G
CTA-1
CTA-2
Saída CTA-1
Saída CTA-2
TR-1
TR-2
TR-3
TR-4
Anel - PL256/Apoio
Anel Apoio/VM22
SE - PL 256
SE - Apoio
SE - VM22
TR#1
TR#2
TR#3
TR#4
TR#5
TR#6
TR#7
TR#8
TR#9
TR#10
TIE - TR#2/3
TIE TR#5/TR#6
TIE TR#8/TR#9
TIE TR#9/TR#10
QGBT - TR#1
QGBT - TR#2
QGBT - TR#3
QGBT - TR#4
QGBT - TR#5
QGBT - TR#6
QGBT - TR#7
QGBT - TR#8
QGBT - TR#9
QGBT - TR#10
Cabo Alim. NB-1
Cabo Alim. NB-3
Cabo Alim. NB-5
Cabo Alim. NB-2
Cabo Alim. NB-4
Cabo L/G Apoio/CPP
Cabo L/G S.S. VM.
L/G APOIO/CPP
L/G S.S. VM
Geração NB-1
Geração NB-3
Geração NB-5
Geração NB-2
Geração NB-4
NB-1
NB-3
NB-5
NB-4
NB-2
Cabo CPP
Cabo L/G COB. VM.
TR-L/G COB. VM
TR-L/G S.S. VM
Cabo CAG
TR-CAG
TR-CPP.
TR-L/G P. APOIO
CAG
CPP
L/G COB. VM
Cabo CAG.
Cabo CPP.
Cabo L/G P. APOIO
Cabo L/G COB. VM
Cabo L/G S.S. VM
DJ-G1
DJ-G2
DJ-G3
DJ-G4
G1.
G2.
G3.
G4.
4 x Geradores 1250kVA

MANTEST
ENGENHARIA ELÉTRICA

DADOS EQUIPAMENTOS DE AR CONDICIONADO		
Equipamento	MTBF (Mean Time Between Failure) Falhas por unidade-ano	MTTR (Mean Time To Repair) Horas
Chillers	0,08760	20 h
Torres de Resfriamento	0,06667	20 h
Bombas	0,06667	12 h
Tanque	0,1691	12 h
Centrífugas	0,3504	37,5 h

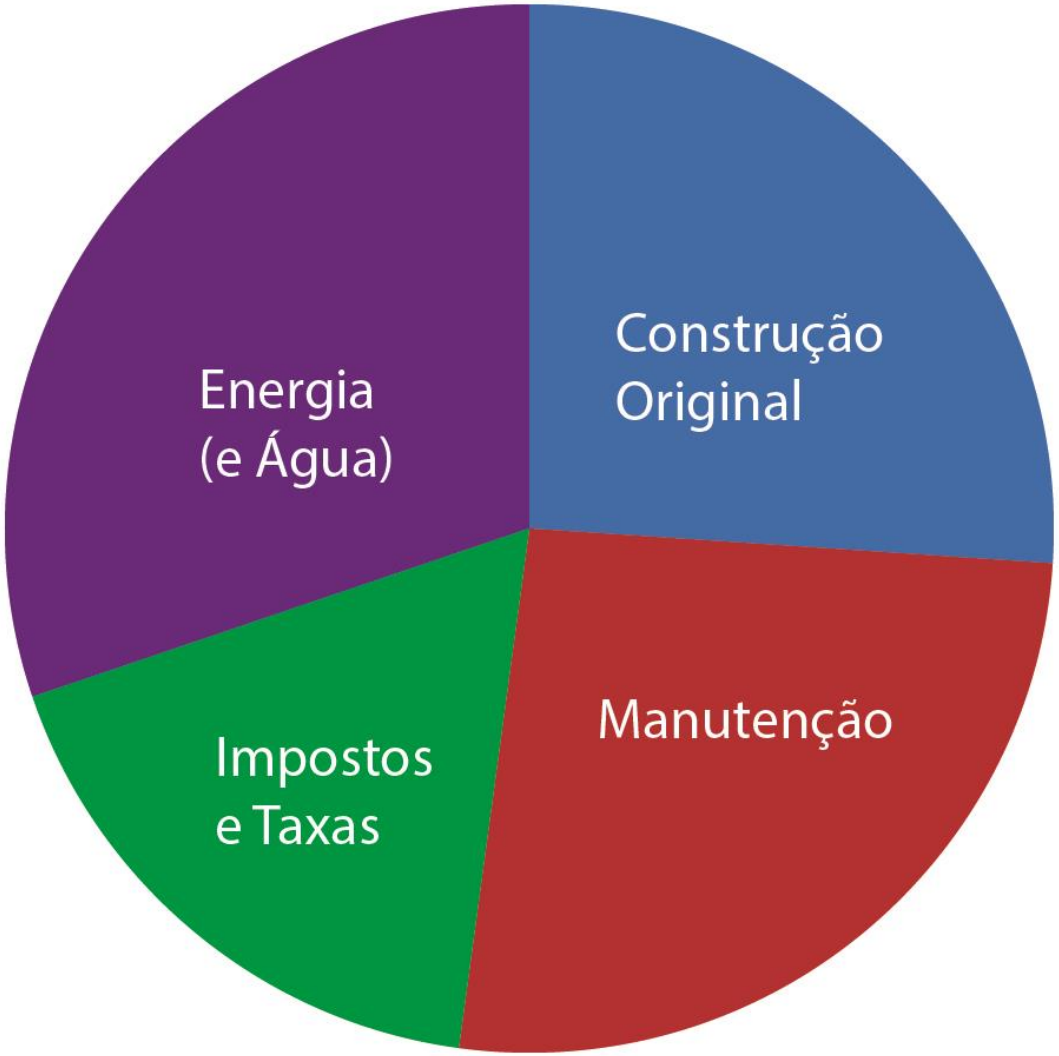
Custos x Intervenção



Fonte: Luis Ceotto

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: Distribuição de Custo de um edifício ao longo da sua vida útil

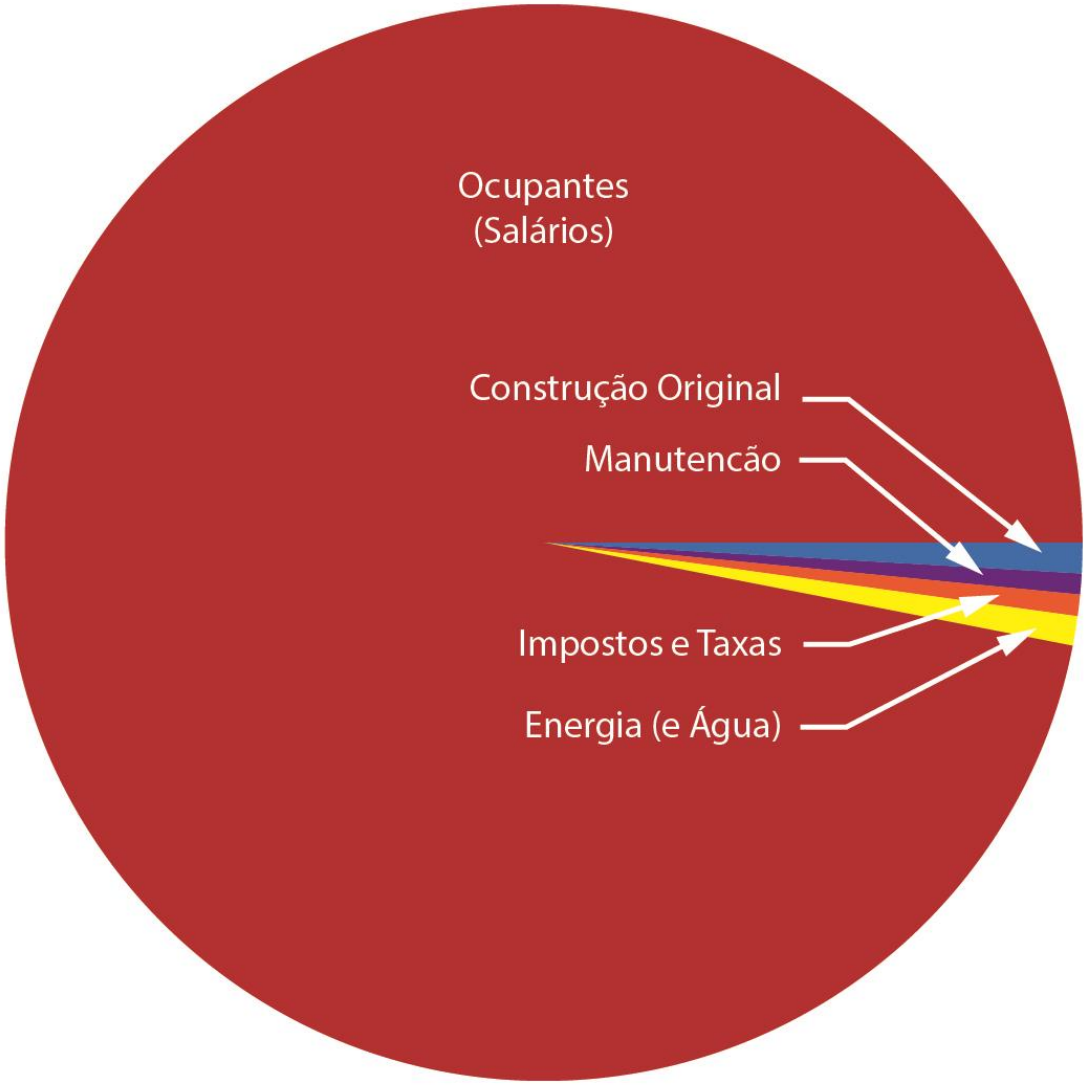
MANTEST
ENGENHARIA ELÉTRICA



Fonte: Steve Tom, PhD, PE – Ecolibrium – 04/2009

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: Distribuição de Custo de um edifício ao longo da sua vida útil

MANTEST
ENGENHARIA ELÉTRICA



Fonte: Steve Tom, PhD, PE – Ecolibrium – 04/2009

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: CUSTO!

MANTEST
ENGENHARIA ELÉTRICA

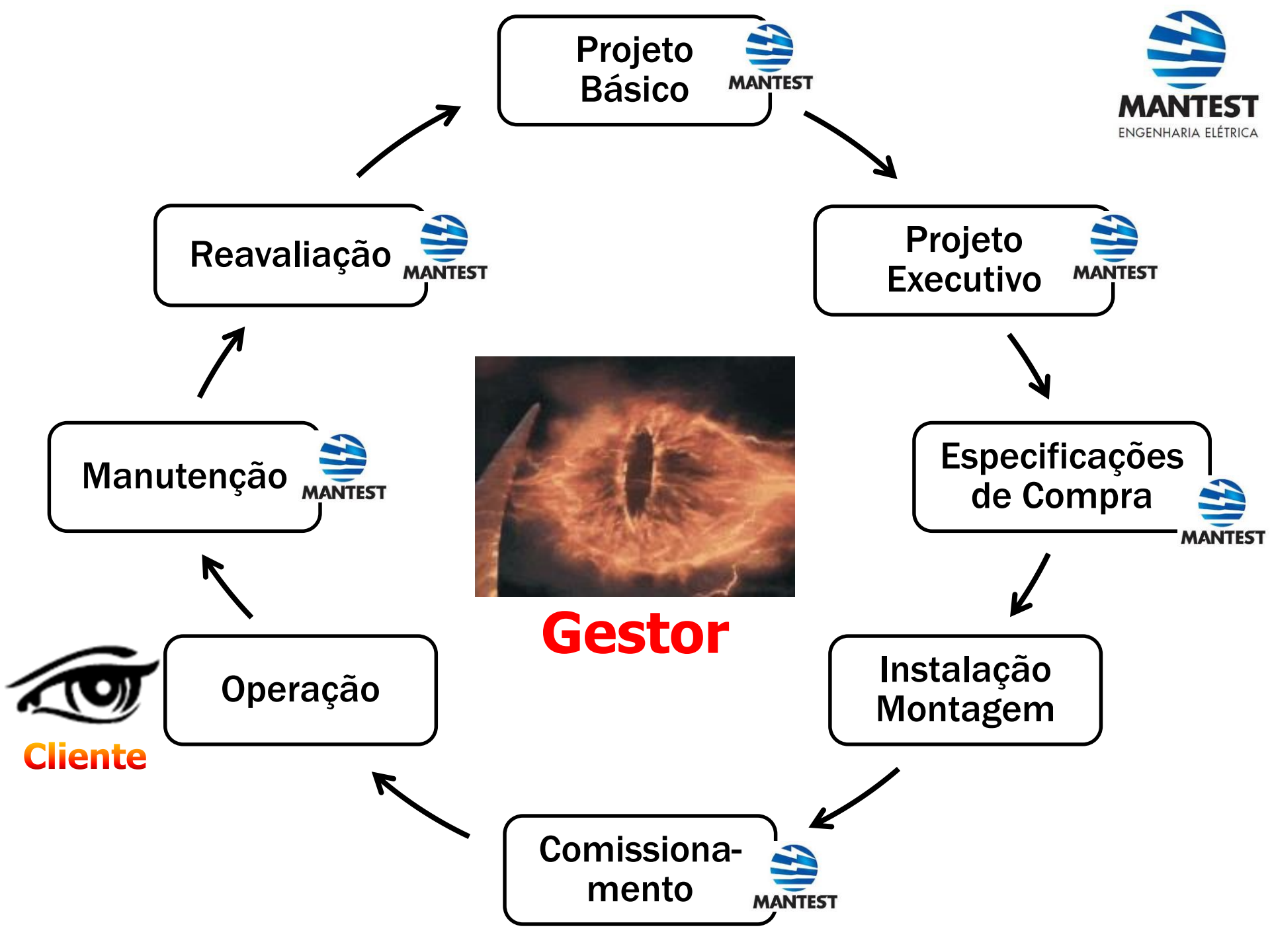
- 1% a 2% de melhoria na produtividade dos usuários (5-9 min/dia) paga os custos totais mensais de energia e manutenção!

- 1% a 2% de melhoria na produtividade dos usuários (5-9 min/dia) paga em **UM ANO** os custos totais de um projeto bem feito!

- 1% a 2% de melhoria na produtividade dos usuários (5-9 min/dia) paga em **2 ANOS** os custos totais da diferença na execução do projeto bem feito!

MANTEST
ENGENHARIA ELÉTRICA

QUALQUER MEDIDA DE ECONOMIA QUE DIMINUA O CONFORTO (PRODUTIVIDADE) DOS USUÁRIOS É INVIÁVEL!


MANTEST
ENGENHARIA ELÉTRICA
Projeto Básico
MANTEST
Projeto Executivo
MANTEST
Especificações de Compra
MANTEST
Instalação Montagem
Comissiona-mento
MANTEST
Operação
Manutenção
MANTEST
Reavaliação
MANTEST
Gestor
Cliente

Projeto Básico

Projeto Executivo

Especificações de Compra

- Missão Crítica?
- Eficiência?
- Budget?

MANTEST
ENGENHARIA ELÉTRICA

O que faz uma edificação ser eficiente?

Projeto Eficiente? → Obra atende o Projeto? → Operação Adequada?

EFICIÊNCIA

MANTEST
ENGENHARIA ELÉTRICA

- Qualidade?

  ou

- Preço?

Instalação
Montagem

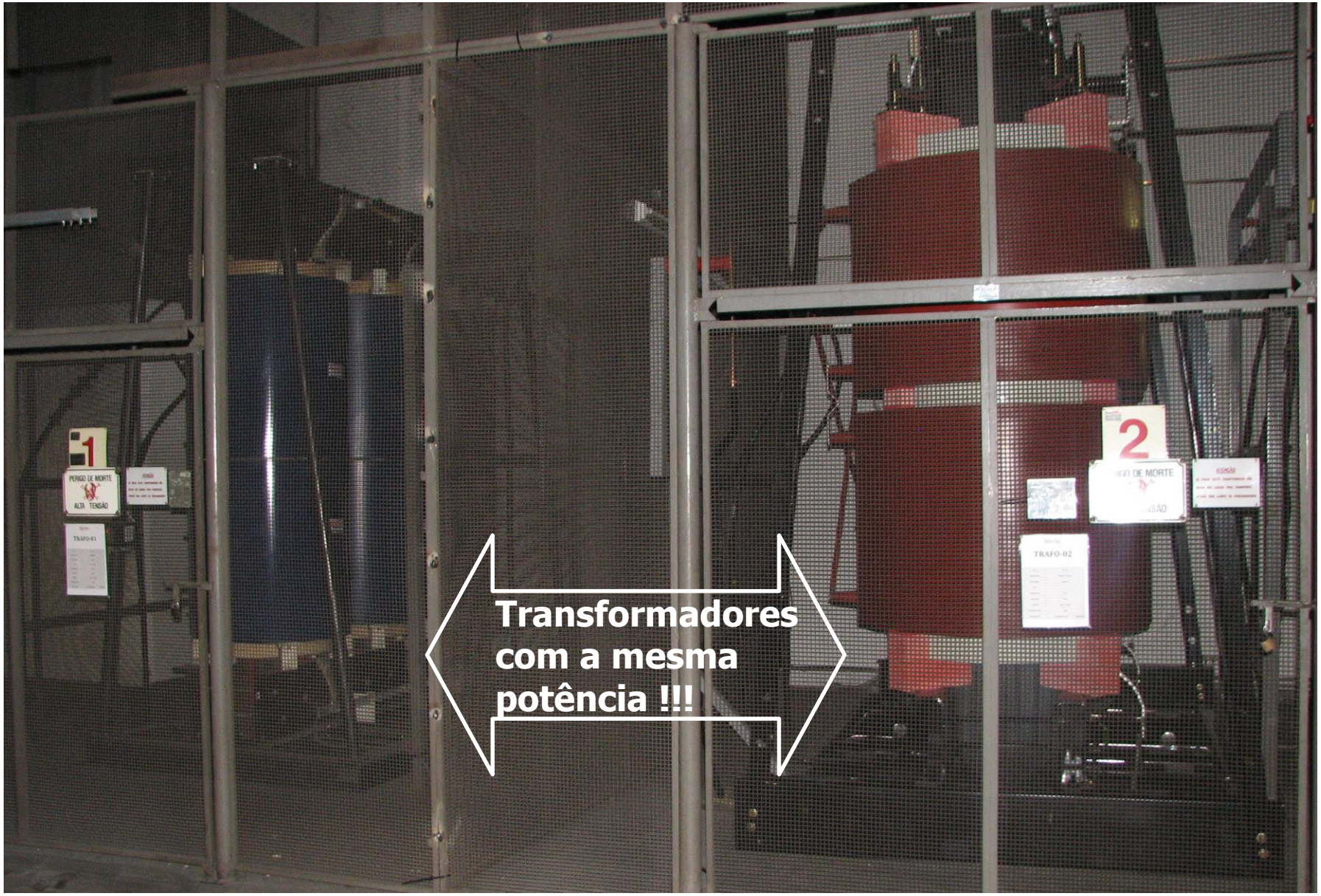
Problemas!
(mesmo em edifícios com um bom projeto)

MANTEST
ENGENHARIA ELÉTRICA

- Alterações no conceito original do projeto (BoD)
- Erros de Instalação
- Complexidade dos sistemas que são montados por empresas e m.o. não qualificadas
- Construção com baixa qualidade
- Componentes baratos e não confiáveis

A Realidade do Mercado Brasileiro

MANTEST
ENGENHARIA ELÉTRICA

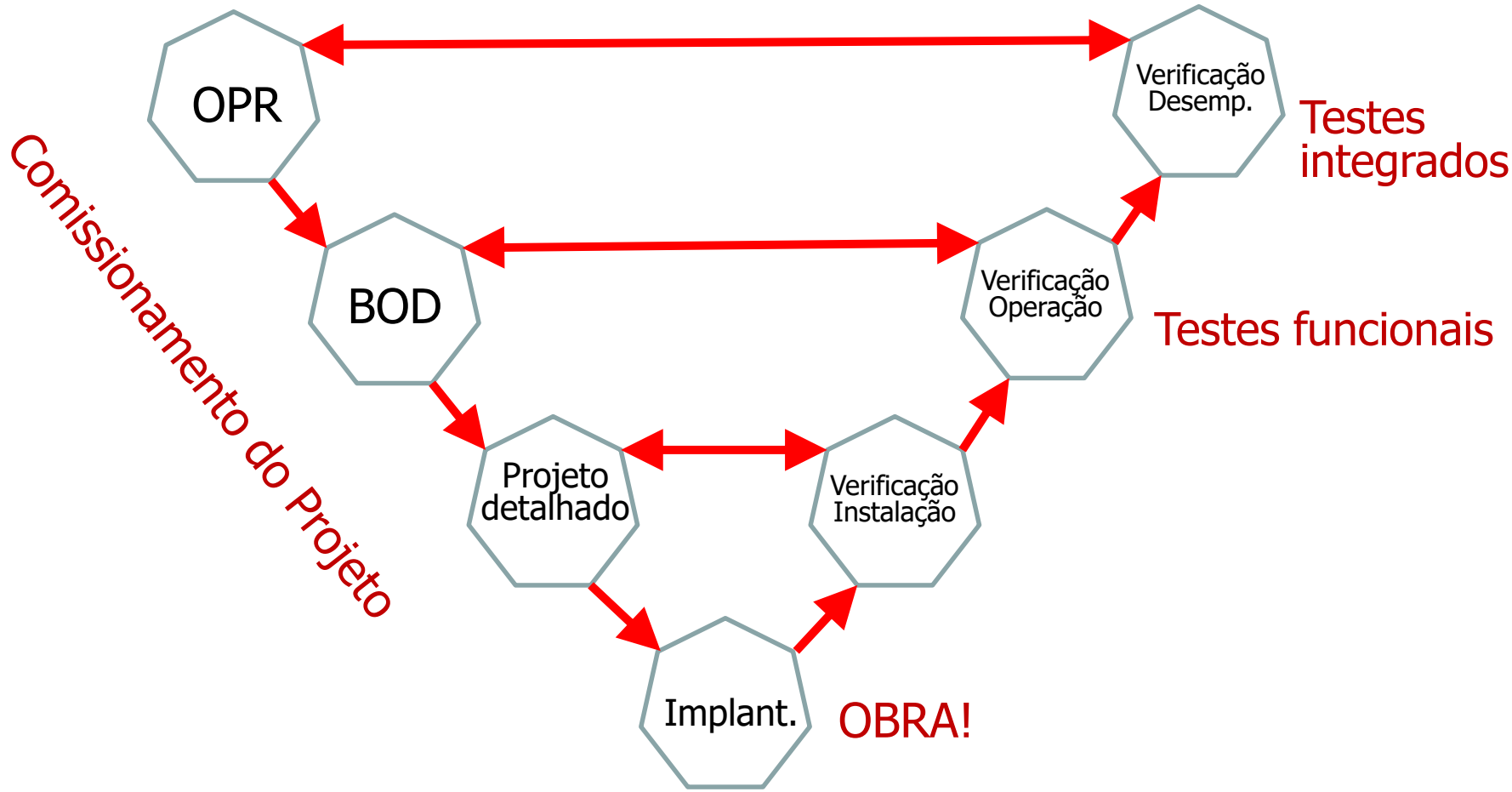


MANTEST
ENGENHARIA ELÉTRICA

Comissiona-
mento

MANTEST

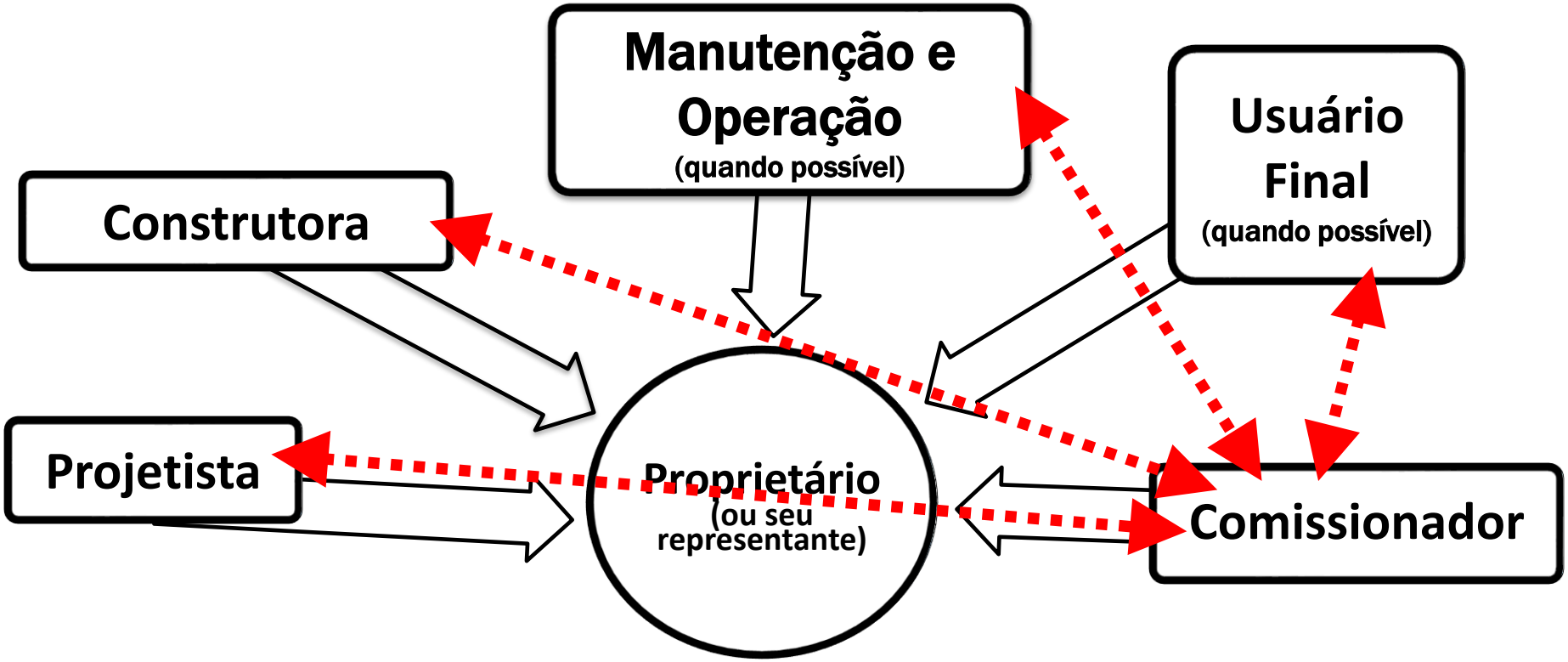
Etapas do Comissionamento



OPR = Owner's Project Requirements (Requisitos do Proprietário)

BOD = Basis of Design (Projeto conceitual)

Quem participa do Comissionamento?



Problemas!
(mesmo em edifícios com uma “boa obra”)

MANTEST
ENGENHARIA ELÉTRICA

- Comissionamento mal executado (ou não realizado)
- Comissionamento mal especificado
- Ausência de ECCCPS
- Ausência de Documentação de Equipos

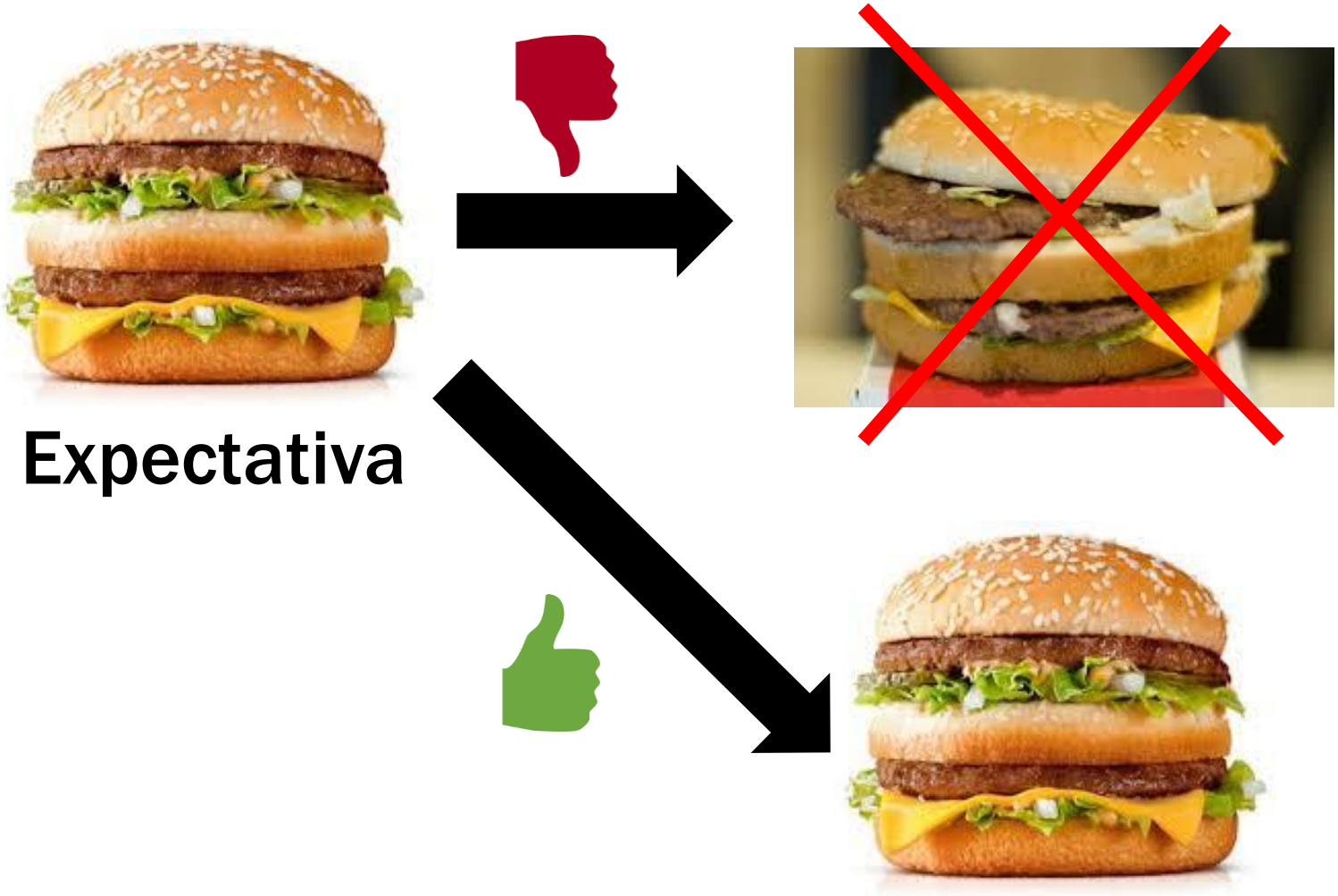
Reavaliação
Manutenção
Operação

Fatores que afetam a eficiência operacional

MANTEST
ENGENHARIA ELÉTRICA

- Operadores sem conhecimento técnico para operar e manter o SEP
- Operadores sem treinamento adequado para operar e manter o SEP
- Ausência de Planos de Contingência
- Ausência de as built, histórico de manutenções, histórico de problemas, etc

Como fazer para a expectativa virar realidade?



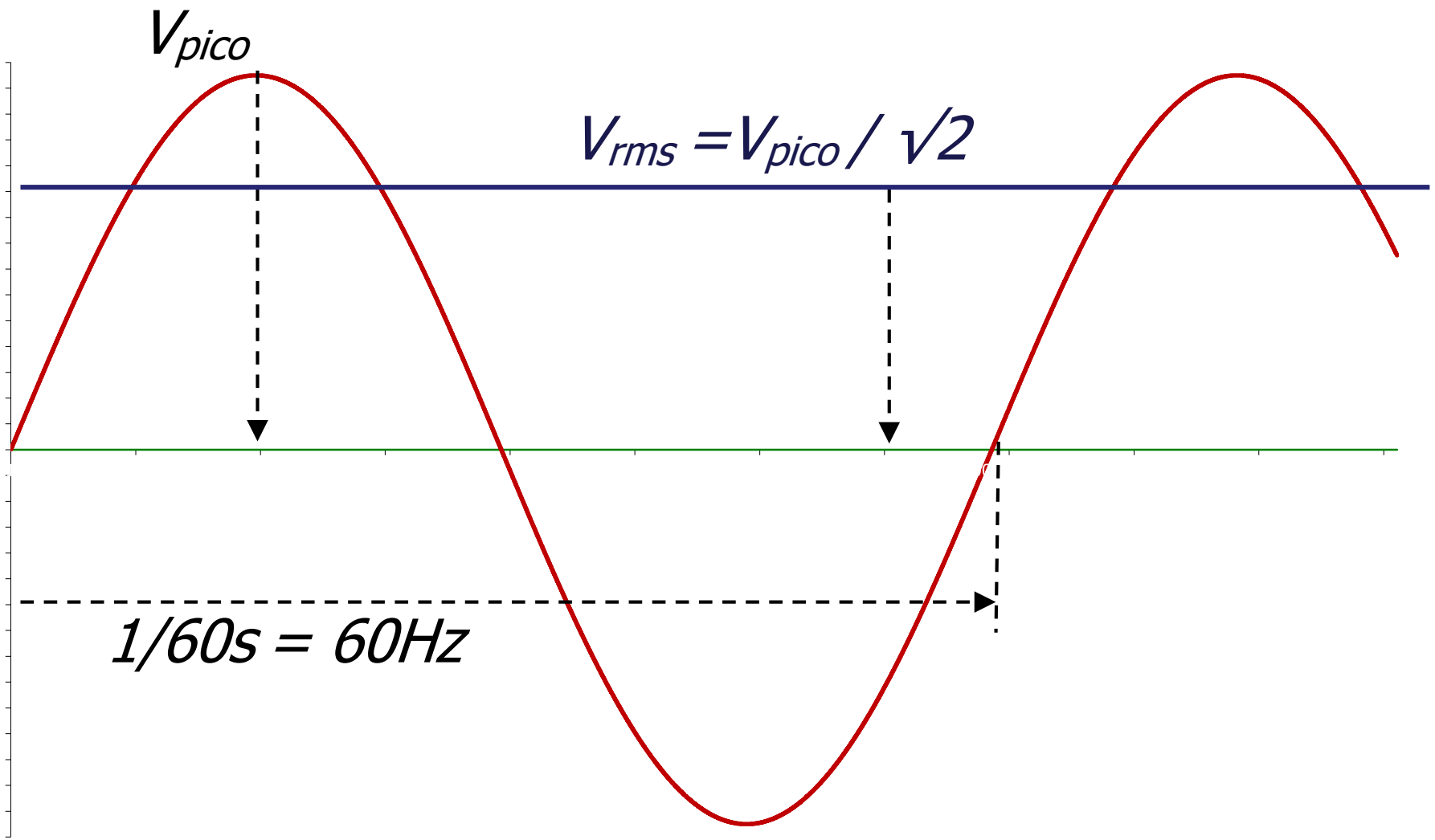
O que é Qualidade de Energia?

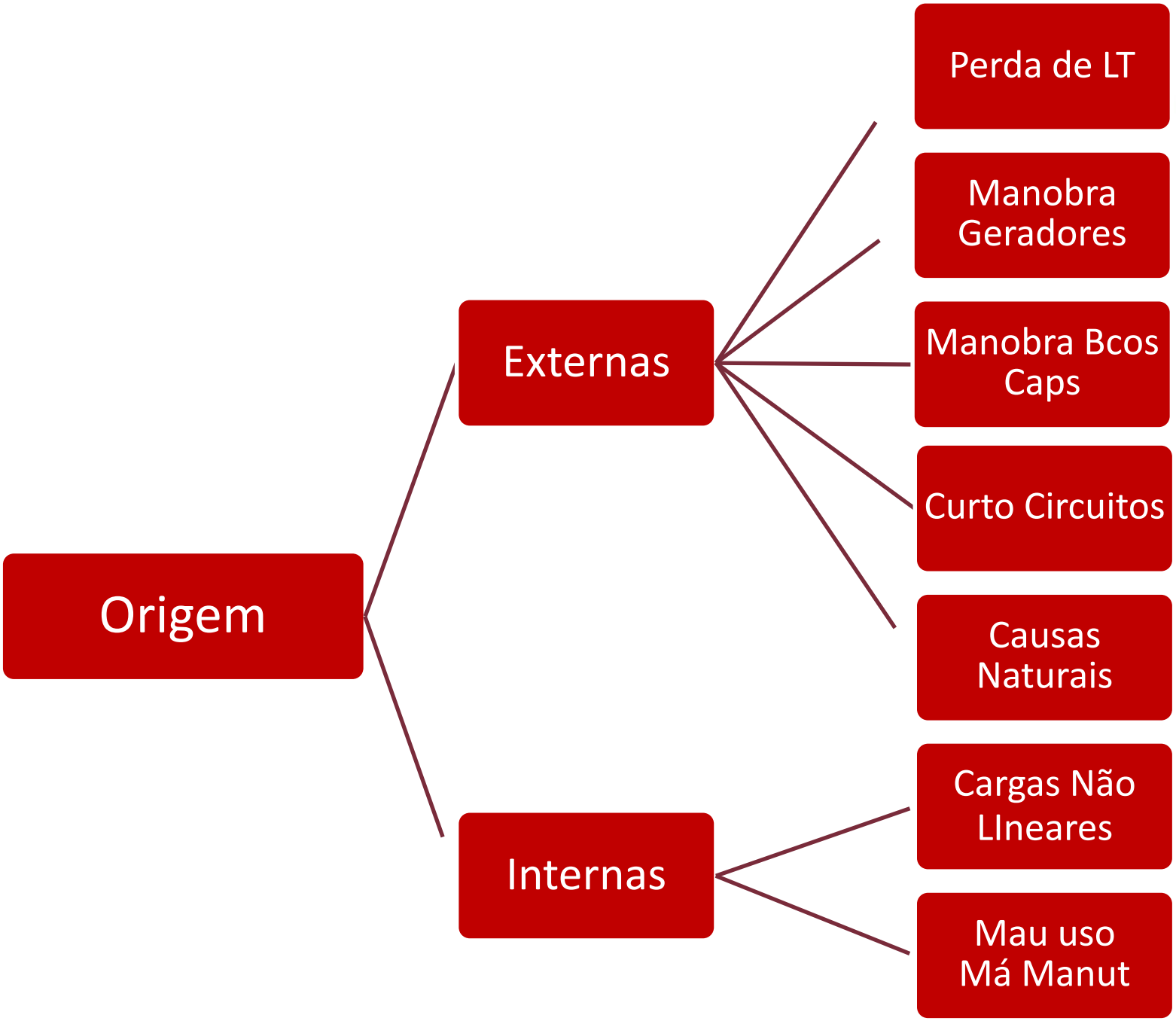
MANTEST
ENGENHARIA ELÉTRICA

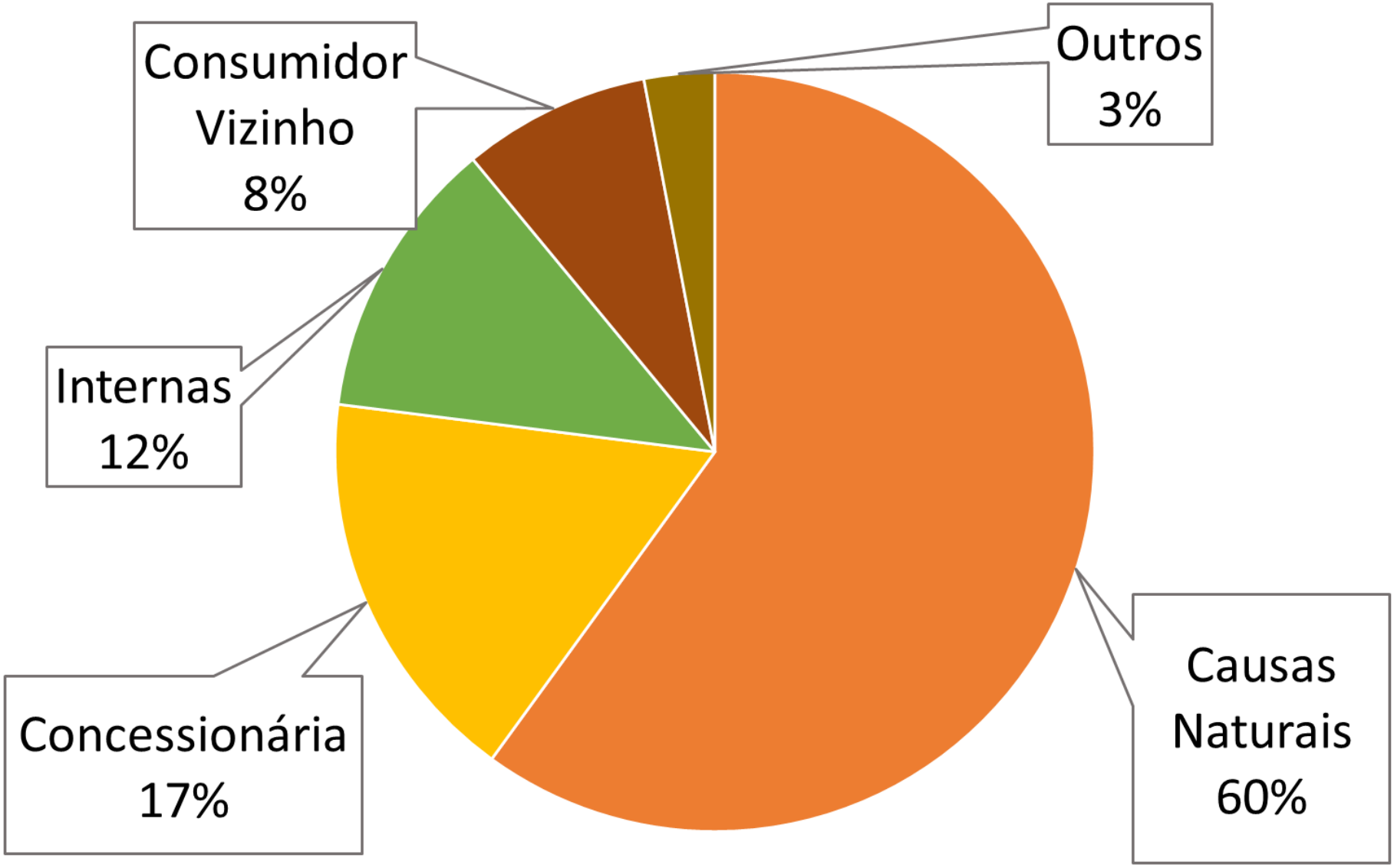
Qualquer problema de energia manifestado na tensão, corrente ou nas variações de frequência que resulte em falha ou má operação de equipamentos de consumidores

Primeiras Considerações:

Onda senoidal: $V(t) = V_{pico} \cdot Seno(2.\pi.60.t)$




Origem
Externas
Internas
Perda de LT
Manobra Geradores
Manobra Bcos Caps
Curto Circuitos
Causas Naturais
Cargas Não LIneares
Mau uso Má Manut


Consumidor Vizinho 8%
Outros 3%
Internas 12%
Concessionária 17%
Causas Naturais 60%

Primeiras Considerações

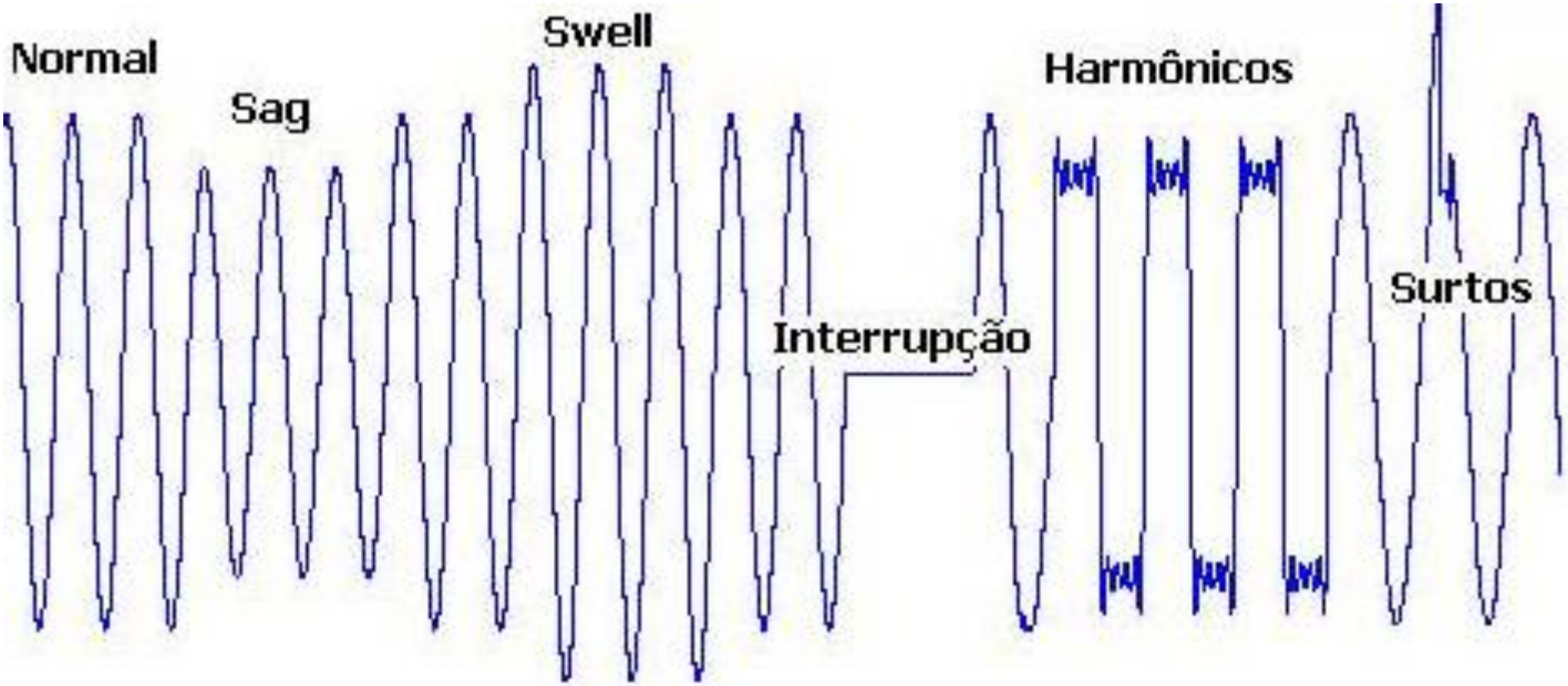
MANTEST
ENGENHARIA ELÉTRICA

- Cargas Não Lineares
  - Fornos a Arco
  - Fornos de Indução
  - Retificadores e Inversores de Frequência
  - UPSs
  - etc

- ... Harmônicas

- Cargas com maior sensibilidade!

Principais Distúrbios

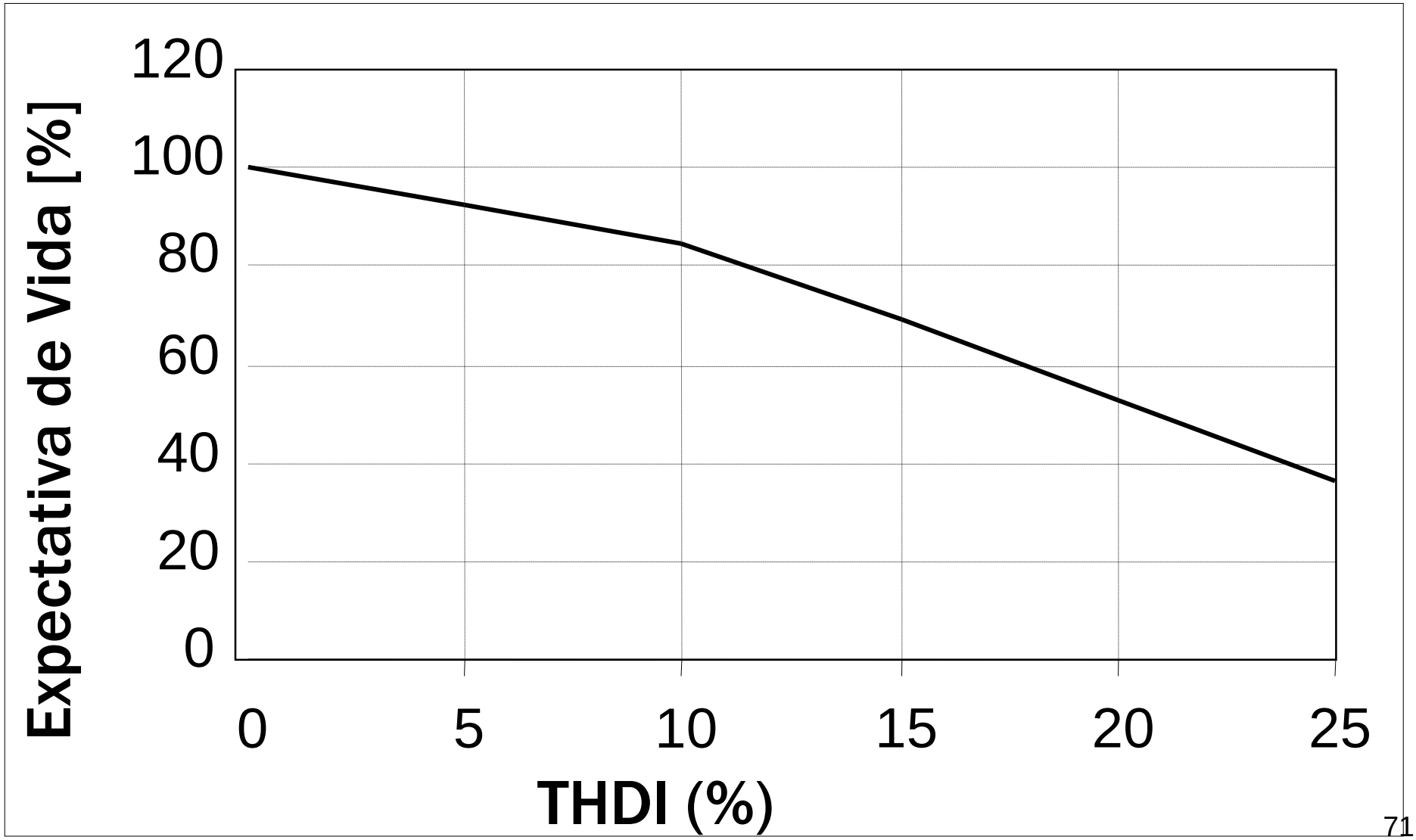


HARMÔNICAS

MANTEST
ENGENHARIA ELÉTRICA

Porquê faz tanta diferença a presença ou não de harmônicas?

Vida útil de um Cabo vs THDI



Efeitos das Harmônicas

MANTEST
ENGENHARIA ELÉTRICA

- Aumento das perdas nos estatores e rotores de maquinas rotativas, perdas que podem causar sobreaquecimento danoso às máquinas;

- O fluxo de harmônicas nos elementos de ligação de uma rede leva a perdas adicionais causadas pelo aumento do valor rms da corrente, além do surgimento de quedas de tensões harmônicas nas várias impedâncias dos circuitos. No caso dos cabos há um aumento de fadiga dos dielétricos, diminuindo sua vida útil e aumentando custos de manutenção. O aumento das perdas e o desgaste precoce da isolação também podem afetar os transformadores do sistema elétrico, em especial os transformadores de retificadores e inversores, já que estes não são beneficiados com a presença de filtros;

MANTEST
ENGENHARIA ELÉTRICA

- Distorção das características de atuação de relés de proteção em especial os relés de distância;

- Aumento do erro de instrumentos de medição de energia que estão calibrados para medir ondas senoidais puras. Este erro pode chegar a até 6 % acima do valor real;

- Interferência em equipamentos de comunicação, aquecimento em reatores de lâmpadas fluorescentes, interferência na operação de computadores, interferência em equipamentos tiristorizados de variação de velocidade, etc.;

- Perdas extras em capacitores para correção de fator de potência;

- Aparecimento de ressonâncias entre os capacitores para correção do fator de potência e o restante do sistema, causando sobretensões e sobrecorrentes que podem causar sérios danos ao sistema.

- No neutro os harmônicos múltiplos ímpares de 3ª ordem (3º, 9º, 15º, ...) – não se cancelam, pelo contrário, se adicionam. Em sistemas com muitas cargas não lineares a corrente no neutro pode mesmo ultrapassar a corrente de fase. Não estando o neutro protegido pode haver o aquecimento excessivo do condutor de neutro;

- O aumento da corrente no neutro leva à existência de uma tensão Neutro-Terra perigosamente elevada.

Cargas que são lineares:

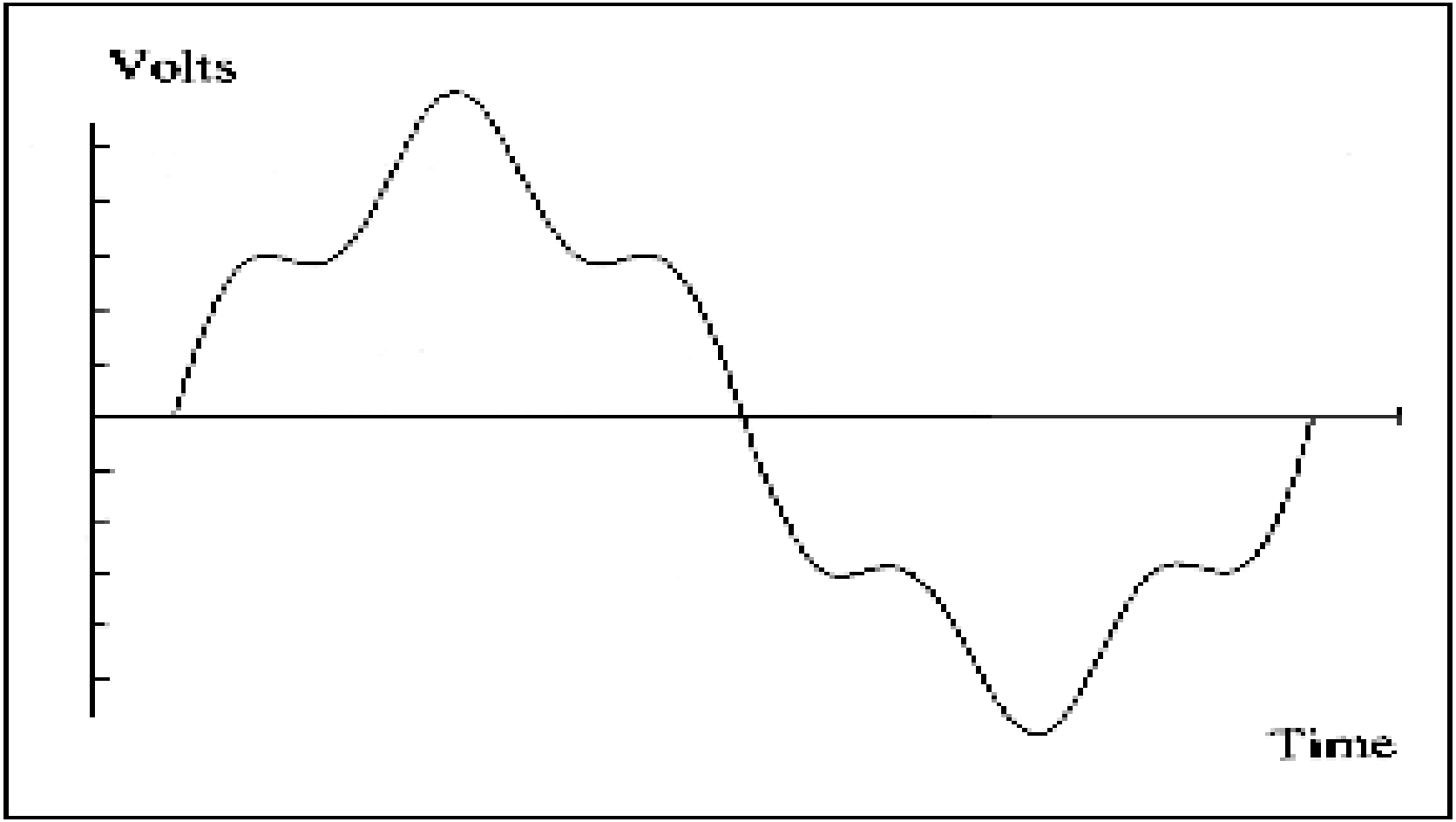
- Aquecedores
- Motores trifásicos
- Capacitores
- Lâmpadas de filamento

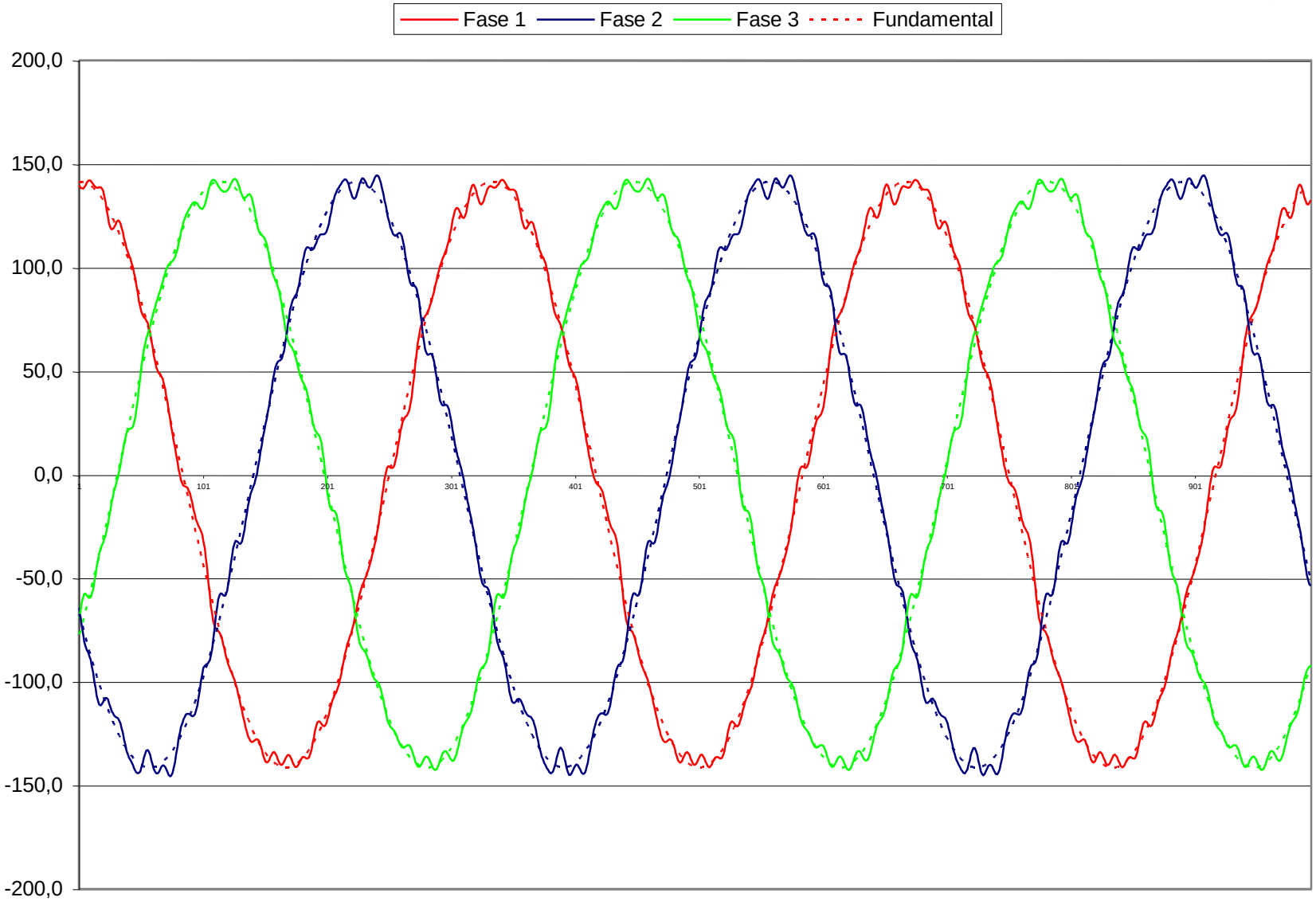
Cargas que não são lineares:

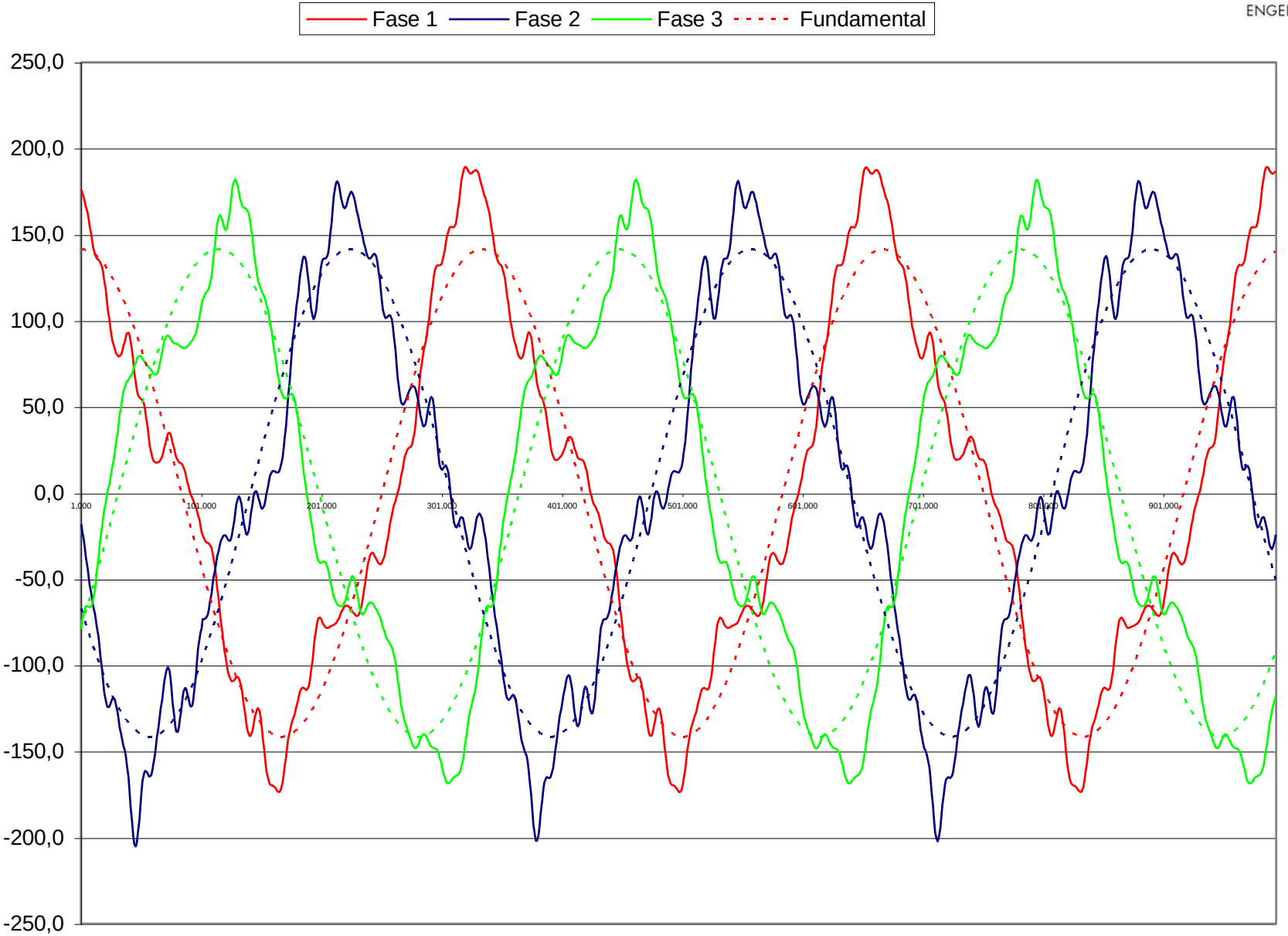
MANTEST
ENGENHARIA ELÉTRICA

- Inversores de freqüência
- Retificadores
- Fornos de indução e fornos a arco
- Lâmpadas fluorescentes
- Equipamentos eletrônicos de um modo geral
- Transformadores

A principal característica dessas cargas é que as formas de onda da corrente e da tensão NÃO são senoidais.




Fase 1
Fase 2
Fase 3
Fundamental
200,0
150,0
100,0
50,0
0,0
-50,0
-100,0
-150,0
-200,0
1
101
201
301
401
501
601
701
801
901


Fase 1
Fase 2
Fase 3
Fundamental
250,0
200,0
150,0
100,0
50,0
0,0
-50,0
-100,0
-150,0
-200,0
-250,0
1,000
101,000
201,000
301,000
401,000
501,000
601,000
701,000
801,000
901,000

O Que São Harmônicas?

MANTEST
ENGENHARIA ELÉTRICA

“É uma onda componente de uma onda periódica que tem frequência múltipla da onda fundamental”

Série de Fourier

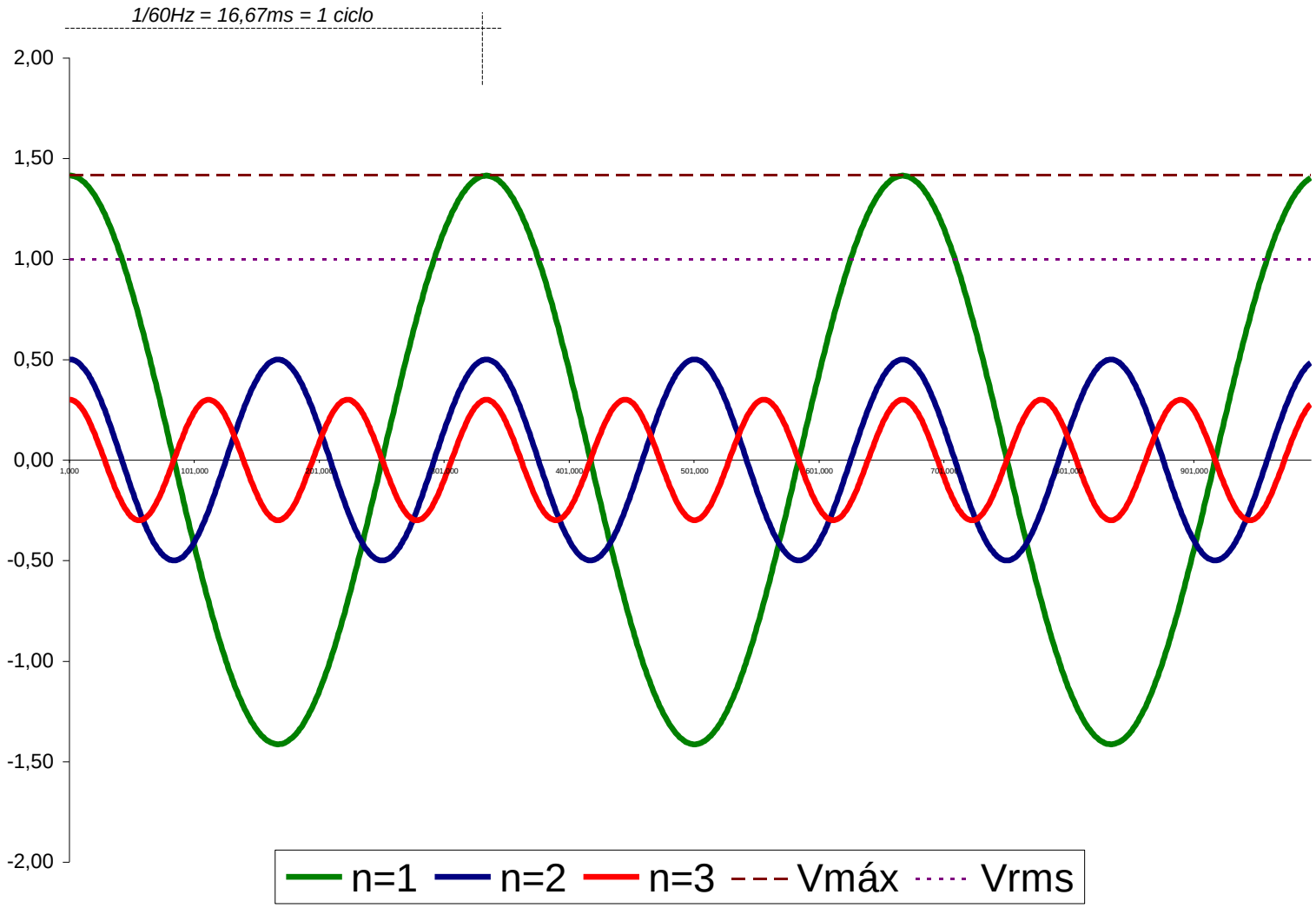
$$U(t) = U_1 \cdot sen(\omega \cdot t) + U_2 \cdot sen(2 \cdot \omega \cdot t) + ... + U_n \cdot sen(n \cdot \omega \cdot t)$$

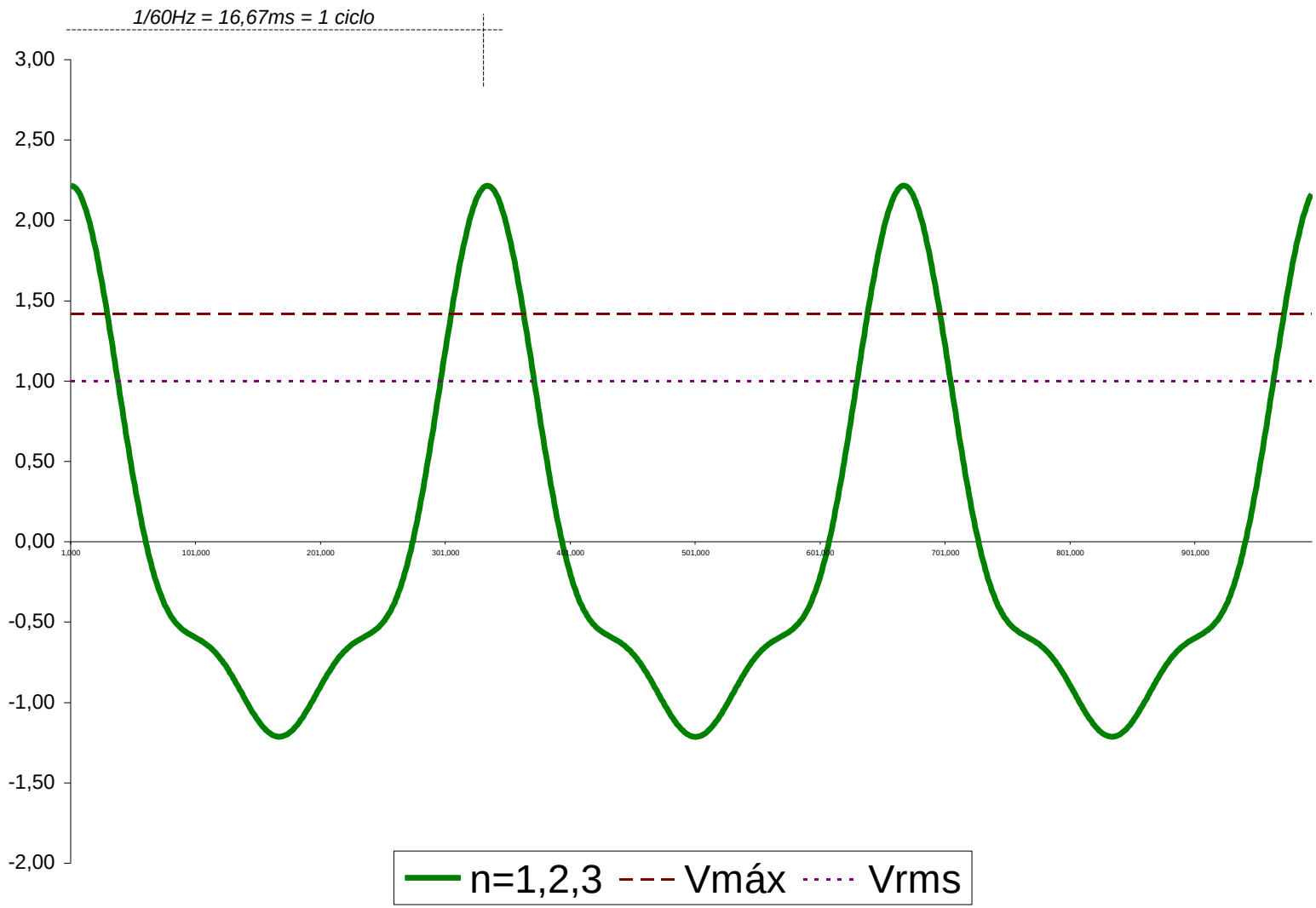
Onde:

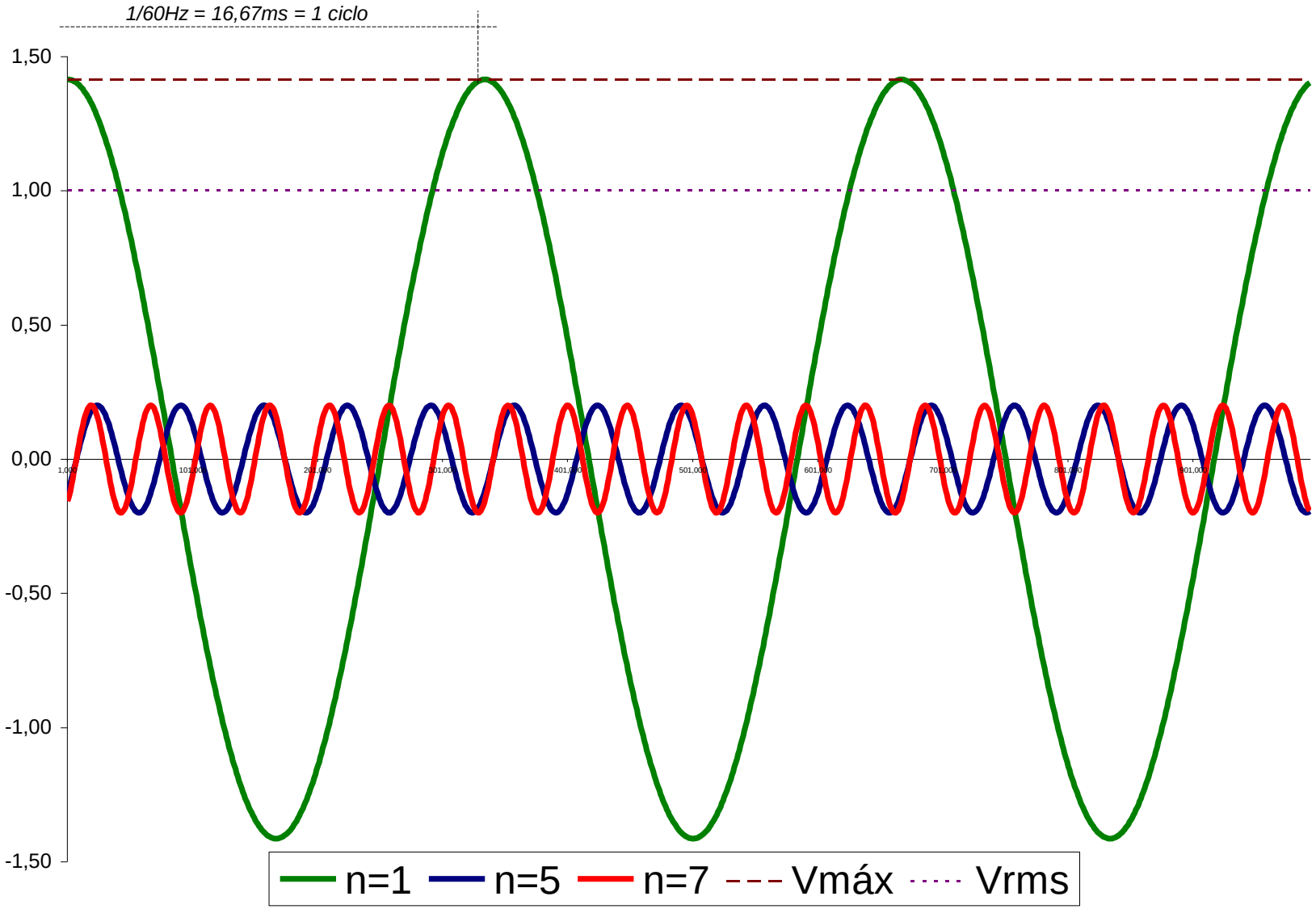
U(t) **= onda deformada a ser decomposta;**

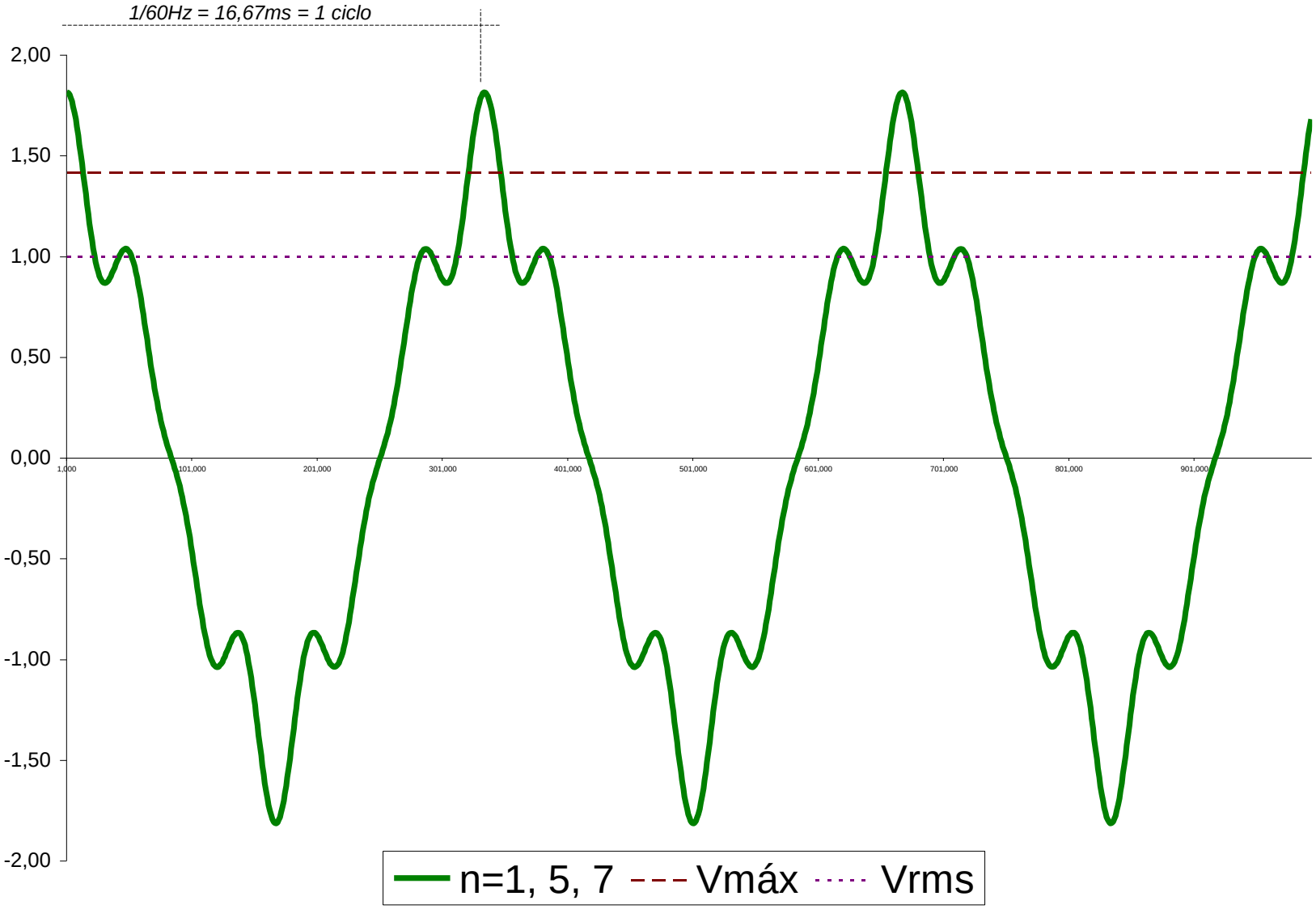
$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$ **, com *f* sendo a freqüência base de decomposição; e**

n **= inteiro variando de um a infinito.**


1/60Hz = 16,67ms = 1 ciclo
2,00
1,50
1,00
0,50
0,00
-0,50
-1,00
-1,50
-2,00
1,000
101,000
201,000
301,000
401,000
501,000
601,000
701,000
801,000
901,000
n=1
n=2
n=3
Vmáx
Vrms


1/60Hz = 16,67ms = 1 ciclo
3,00
2,50
2,00
1,50
1,00
0,50
0,00
-0,50
-1,00
-1,50
-2,00
1,000
101,000
201,000
301,000
401,000
501,000
601,000
701,000
801,000
901,000
n=1,2,3
Vmáx
Vrms


1/60Hz = 16,67ms = 1 ciclo
1,50
1,00
0,50
0,00
-0,50
-1,00
-1,50
n=1
n=5
n=7
Vmáx
Vrms


1/60Hz = 16,67ms = 1 ciclo
2,00
1,50
1,00
0,50
0,00
-0,50
-1,00
-1,50
-2,00
1,000
101,000
201,000
301,000
401,000
501,000
601,000
701,000
801,000
901,000
n=1, 5, 7
Vmáx
Vrms

MANTEST
ENGENHARIA ELÉTRICA

OBRIGADO