



Demanda e Fator de Potência

Qualidade e Eficiência Energética

Exstcco

Tecnologia



ELETRÔNICA



AUTOMAÇÃO



MICROPROCESSADORES
MICROCONTROLADORES



DESENVOLVIMENTO



TELECOMUNICAÇÕES



INSTALAÇÃO



ELETROTÉCNICA



LÓGICA
PROGRAMÁVEL

Agenda



- Necessidade e Justificativa

- Tecnologia

- Solução

Agenda



- Necessidade e Justificativa

- Tecnologia

- Solução



Qualidade e Eficiência Energética

Legislação sobre Eficiência Energética

Plano Nacional de Energia



ISO 51000 Sistemas de gestão de energia

Certificação ISO 51000



Economia

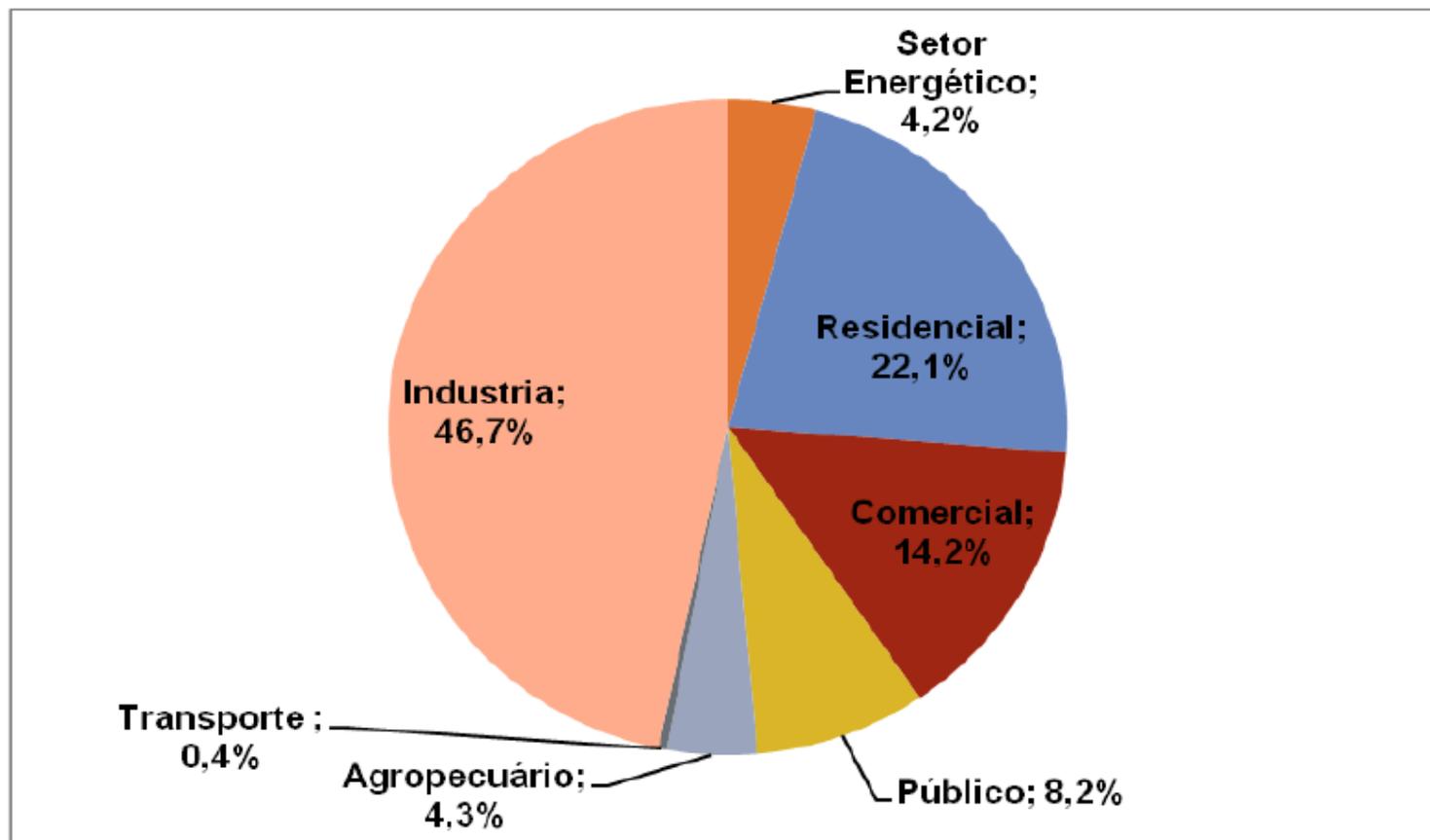
Redução de consumo

Multas por demanda

Multas por fator de potência

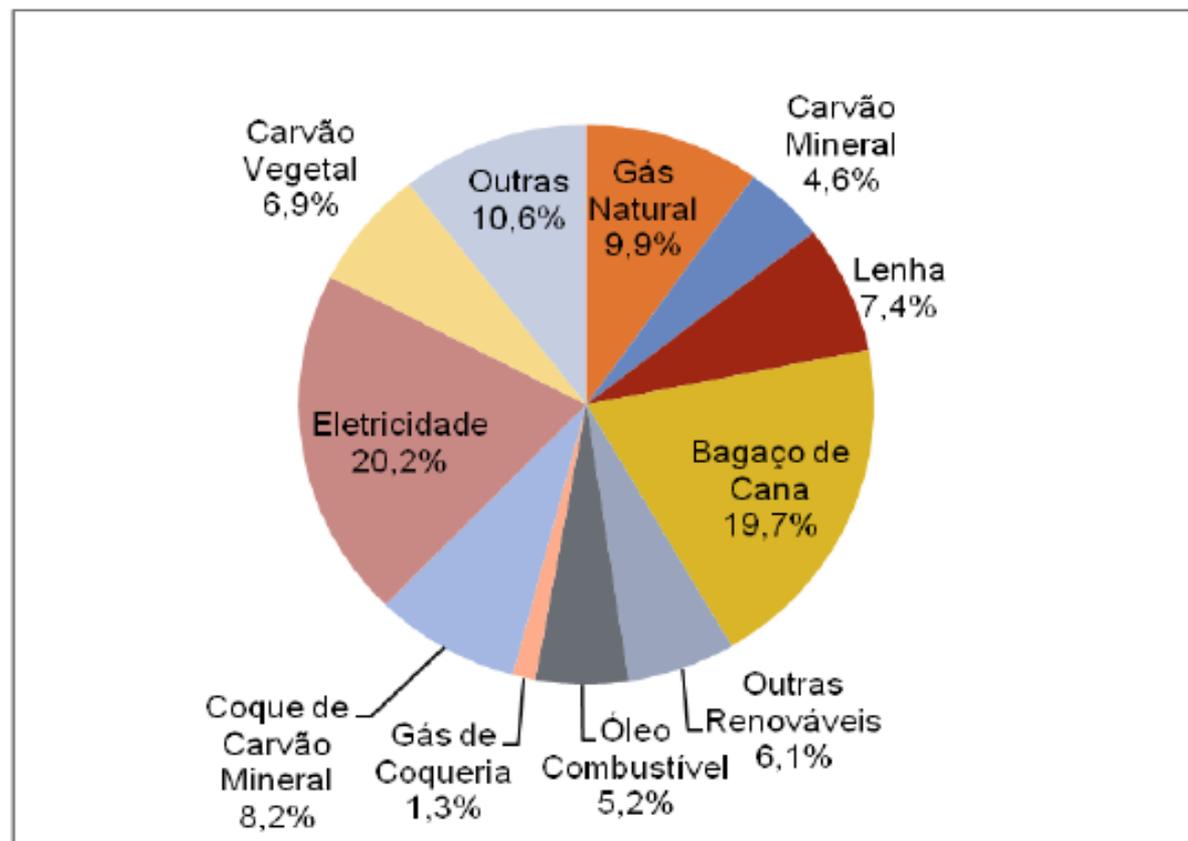


Figura 5: Distribuição do Consumo Final de Energia Elétrica por Setores



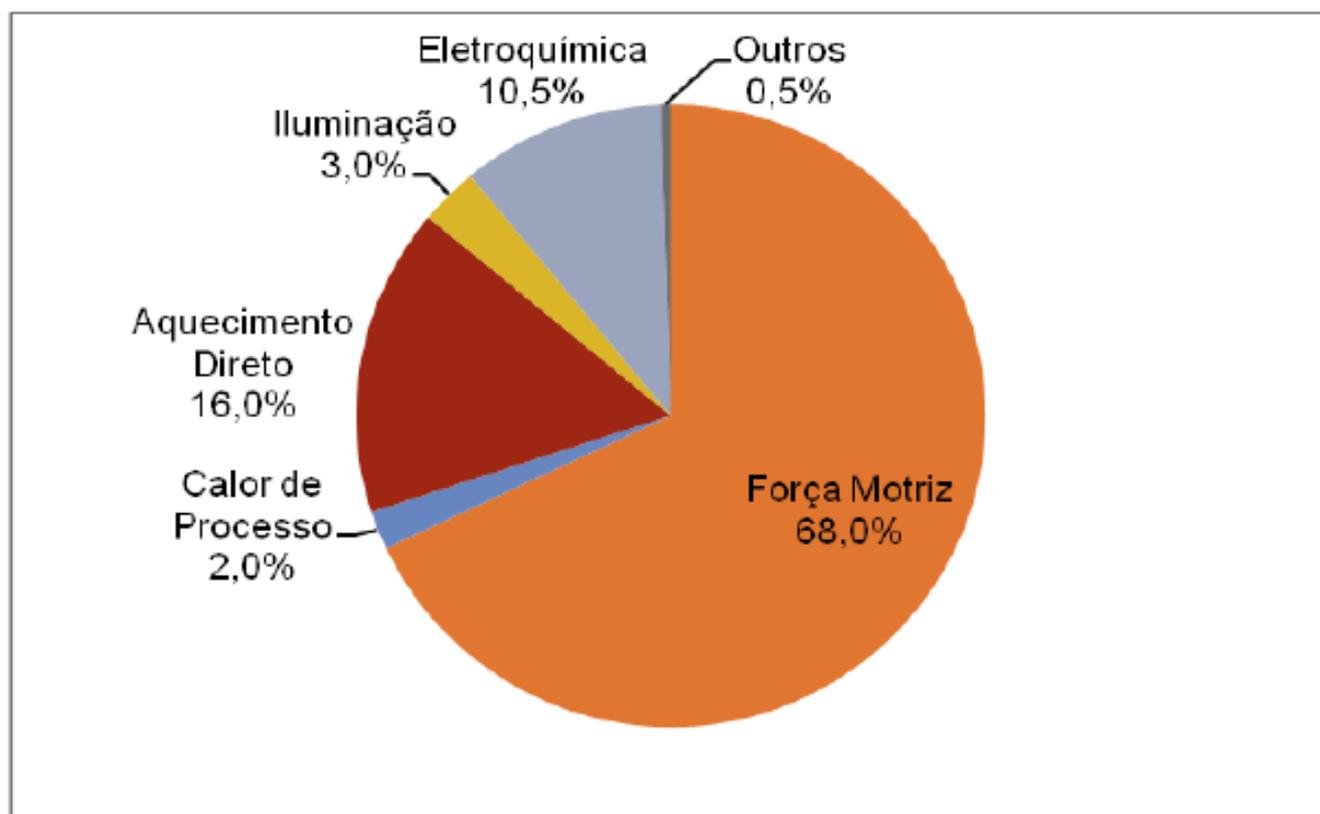
Fonte: BEN 2009 (Ano Base 2008)

Figura 7: Distribuição das Fontes de Energia Utilizadas na Indústria



Fonte: BEN 2008 (Ano Base 2007)

Figura 9: Distribuição do Consumo de Energia Elétrica por Uso Final



Fonte: BEN 2008 (Ano Base 2007)

Agenda



- Necessidade e Justificativa

- Tecnologia

- Solução



DEMANDA

Demanda

- Demanda x Consumo

“Demanda: média das potências elétricas ativas ou reativas, solicitadas ao sistema elétrico pela parcela da carga instalada em operação na unidade consumidora, durante um intervalo de tempo especificado”

- Demanda → estrutura de geração e transmissão da energia elétrica que a concessionária disponibiliza.

- Demanda \rightarrow Potência \rightarrow kW
- Consumo \rightarrow Energia \rightarrow kWh
- Analogia: consumo representa o trabalho realizado enquanto demanda representa quão rápido o trabalho foi feito

- Tarifação

- TE: tarifa de energia → Consumo

- Compra da energia mais encargos

- TUSD: uso do sistema de distribuição →

- Demanda

- Custos de serviços, remuneração e depreciação do investimento, encargos

Classificação de consumidores

Grupo A	Tensão de fornecimento
A1	$\geq 230\text{kV}$
A2	88 a 138 kV
A3	69 kV
A3a	30 a 44 kV
A4	2,3kV a 25kV
AS	Subterrâneo

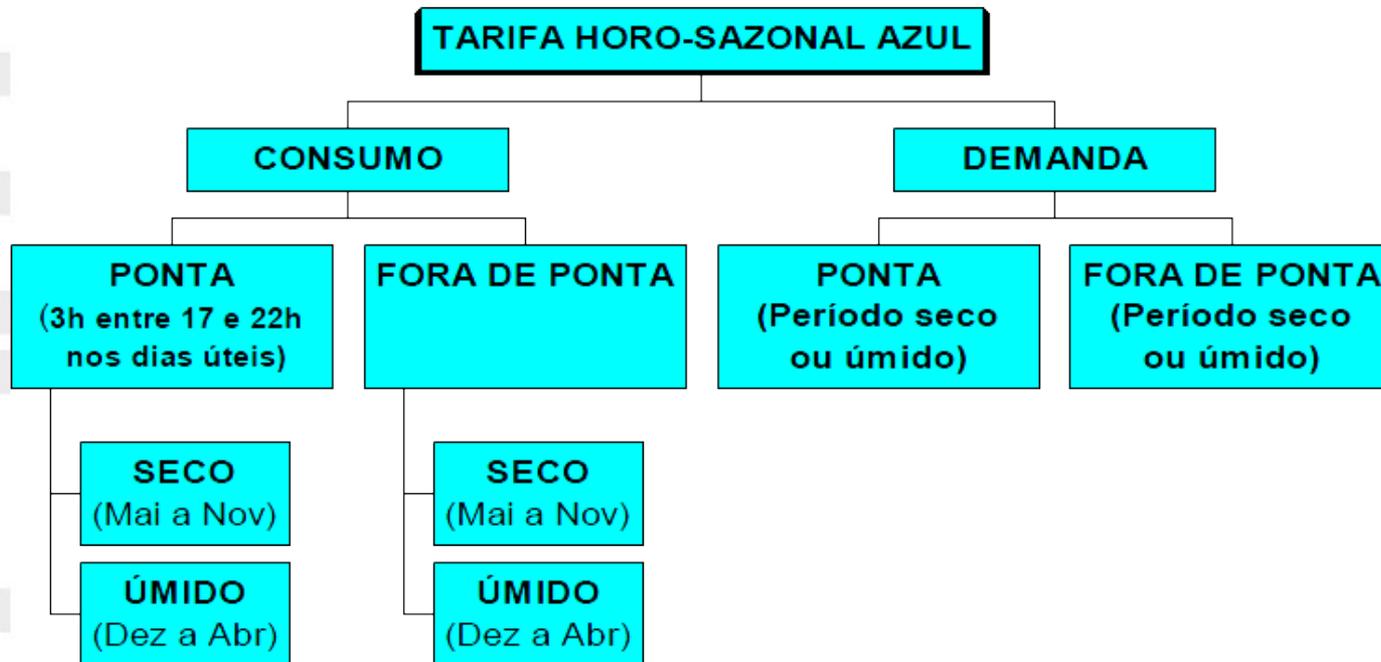
Classificação de consumidores

Grupo B	Usuário	Tensão de fornecimento
B1	Residência e residencial baixa renda	< 2,3kV (tipicamente 220, 380, 440 ou 480)
B2	Rural (agropecuária, eletrificação rural, indústria rural, serviços públicos de irrigação)	
B3	Outras classes (industrial, comercial, serviços, poder público, serviço público e consumo próprio da concessionária)	
B4	Iluminação pública	

Tarifa social de baixa renda

Faixa de consumo	Desconto
0 a 30 kWh	65%
31 a 100kWh	40%
101kwh até o limite regional	10%

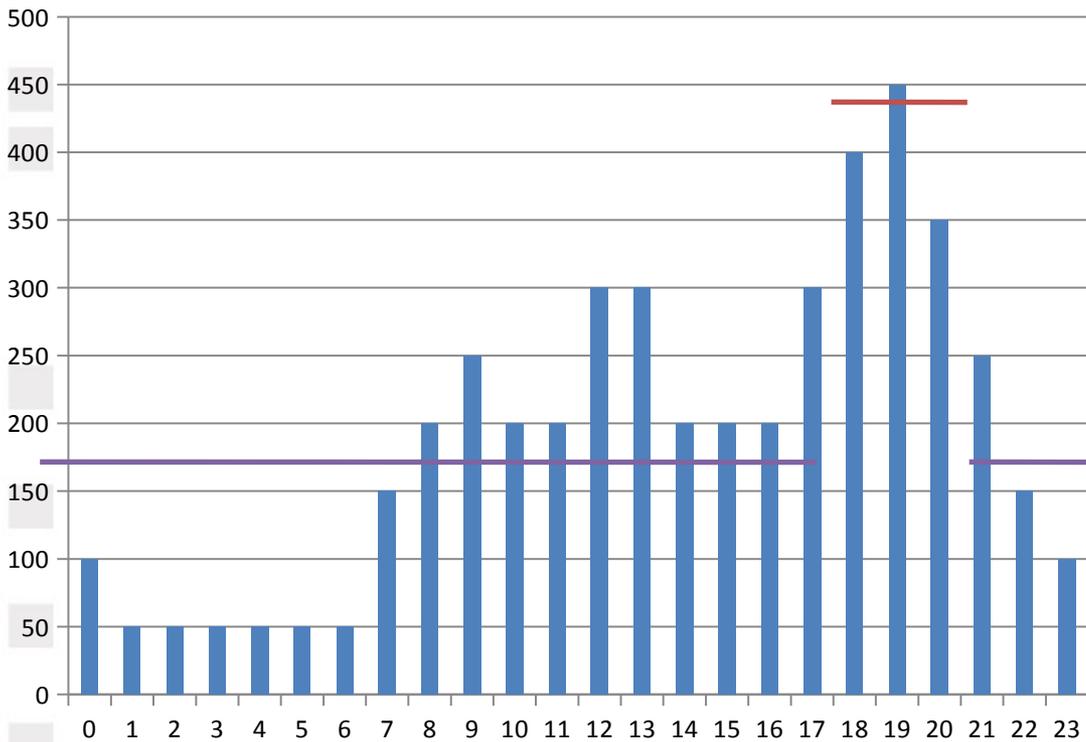
- Diferentes tarifas de consumo e demanda
- Tarifação
 - Convencional
 - Horo-sazonal
 - Horário de ponta
 - Horário fora de ponta



Horário de Ponta

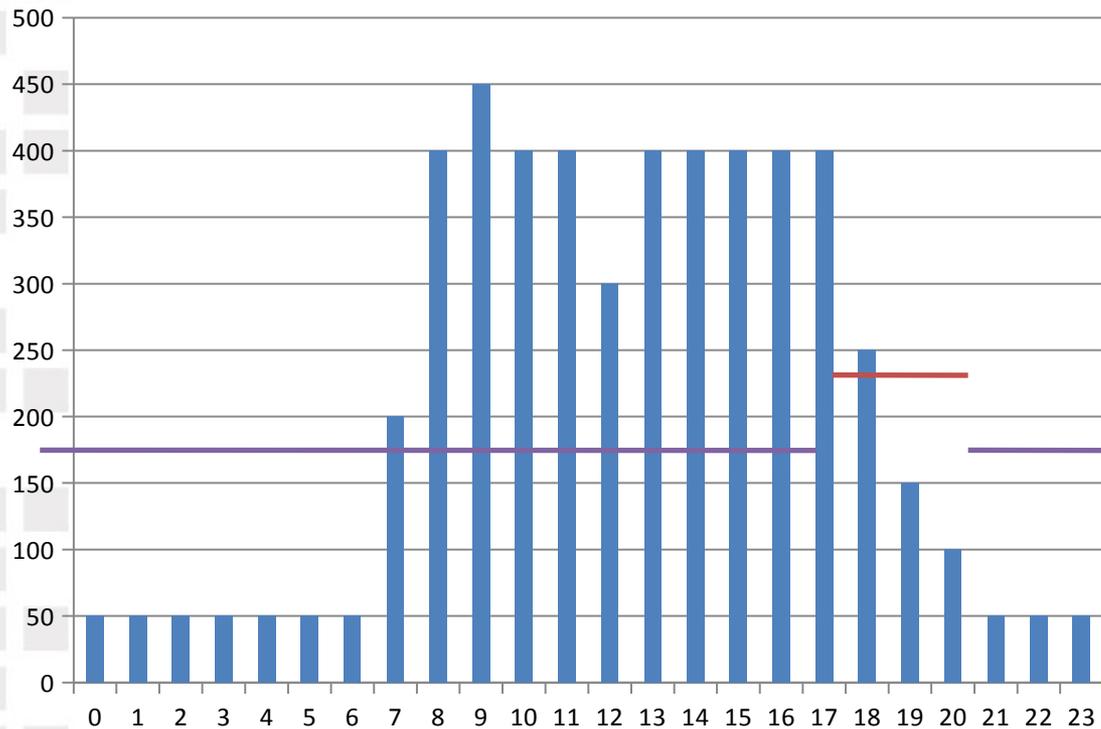


- Carga base: consumo médio nos horários fora de ponta
- Carga de ponta: consumo médio no horário de ponta



Carga de
ponta
400 kW

Carga Base
161 kW

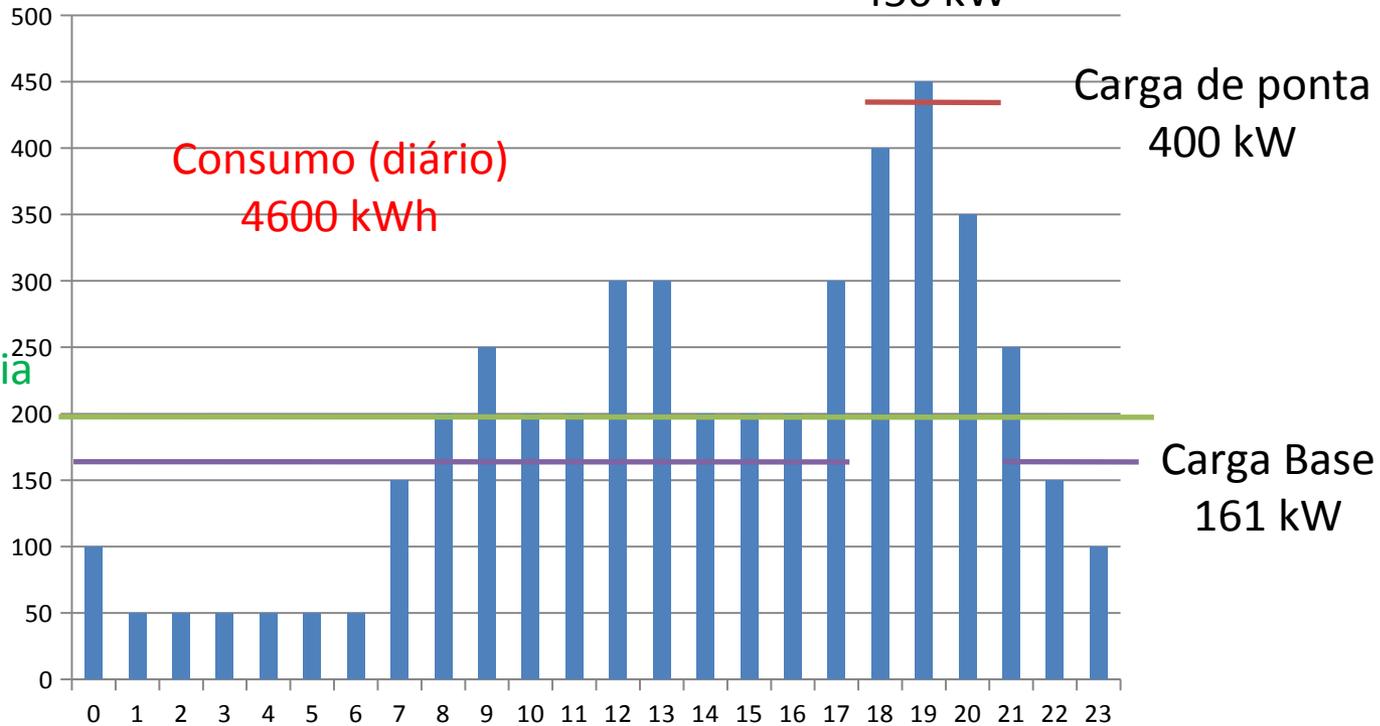


Carga de
ponta
221 kW

Carga Base
167 kW

Potência instalada
600 kVA

Demanda máxima
450 kW



Demanda mínima
50 kW

Curva de carga

- Opções para usuários de média e alta tensão

Tensão [kV]	Demanda contratada [kw]	Opções Tarifárias		
< 69	< 300	Azul	Verde	Convencional
< 69	>= 300	Azul	Verde	
>= 69		Azul		

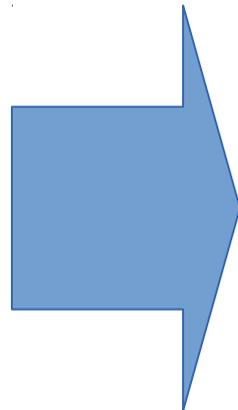
- Consumidores de baixa tensão são de tarifa convencional e não são cobrados por TUSD (demanda), somente TE (consumo)

Tarifação

	Convencional	THS Verde	THS Azul
Demanda (TUSD)	Não cobrado	Único	Ponta
			Fora de ponta
Limite de demanda para multa	n/a	10%	A1, A2 e A3: 5% Outros: 10%
Energia (TE)	Único	Ponta / Seco	Ponta / Seco
		Ponta / Úmido	Ponta / Úmido
		F. Ponta /Seco	F. Ponta /Seco
		F. Ponta/ Úmido	F. Ponta/ Úmido



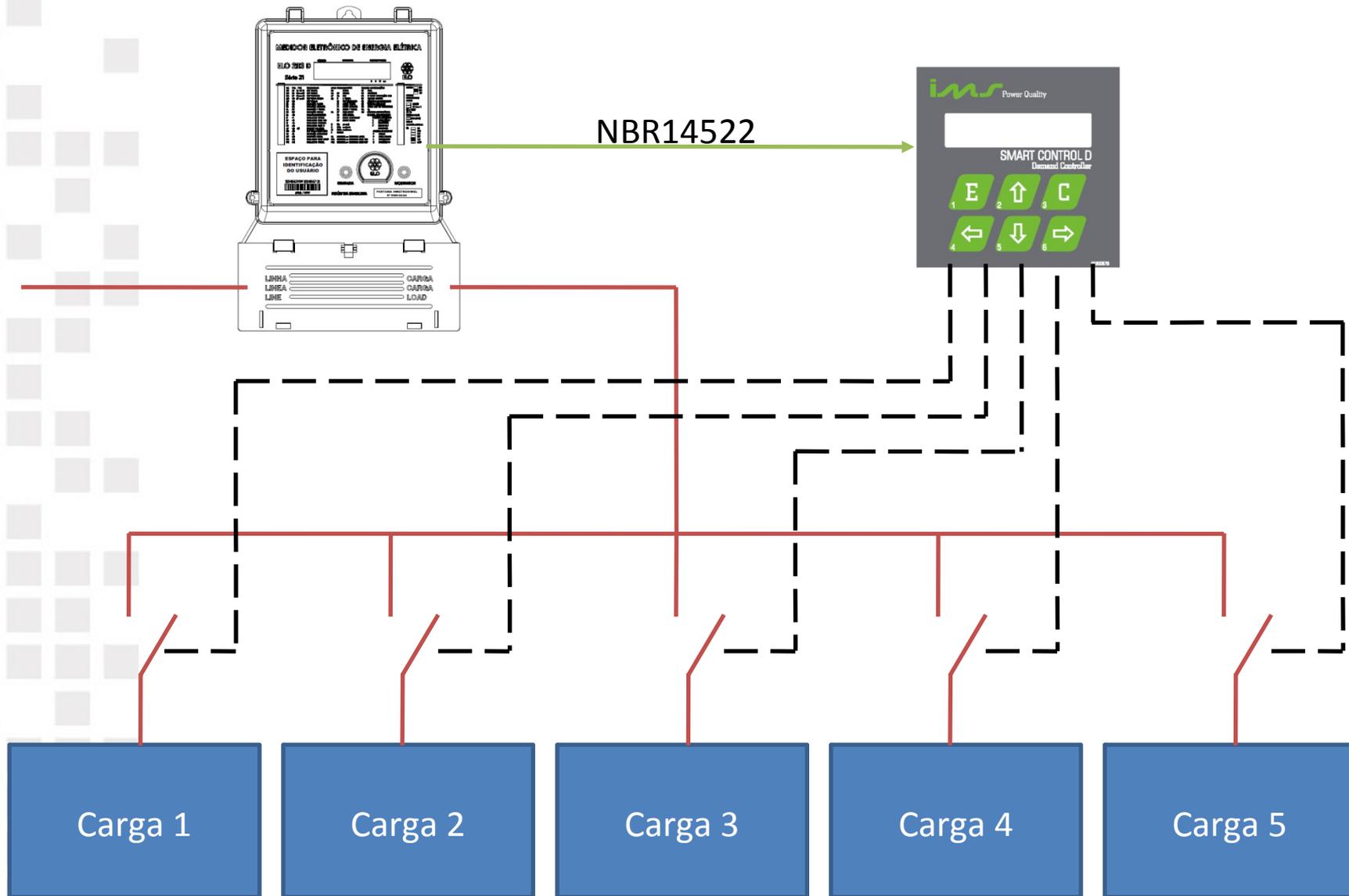
Controle de
demanda



Garantir que a demanda
máxima não será
ultrapassada

Impedir ligação de
cargas em horário de
ponta

Ativas fontes
alternativas em horário
de ponta



FATOR DE POTÊNCIA

Matematicamente...

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T v(t) \cdot i(t) dt [kW]$$

$$S = V_{RMS} \cdot I_{RMS} [kVA]$$

$$FP = \frac{\frac{1}{T} \int_0^T v(t) \cdot i(t) dt}{V_{RMS} \cdot I_{RMS}} [.]$$

$$V_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T v(t)^2 \cdot dt} [V]$$

$$I_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i(t)^2 \cdot dt} [A]$$

Fator de Potência



Q [kVAr]

S [kVA]

P [kW]

ϕ

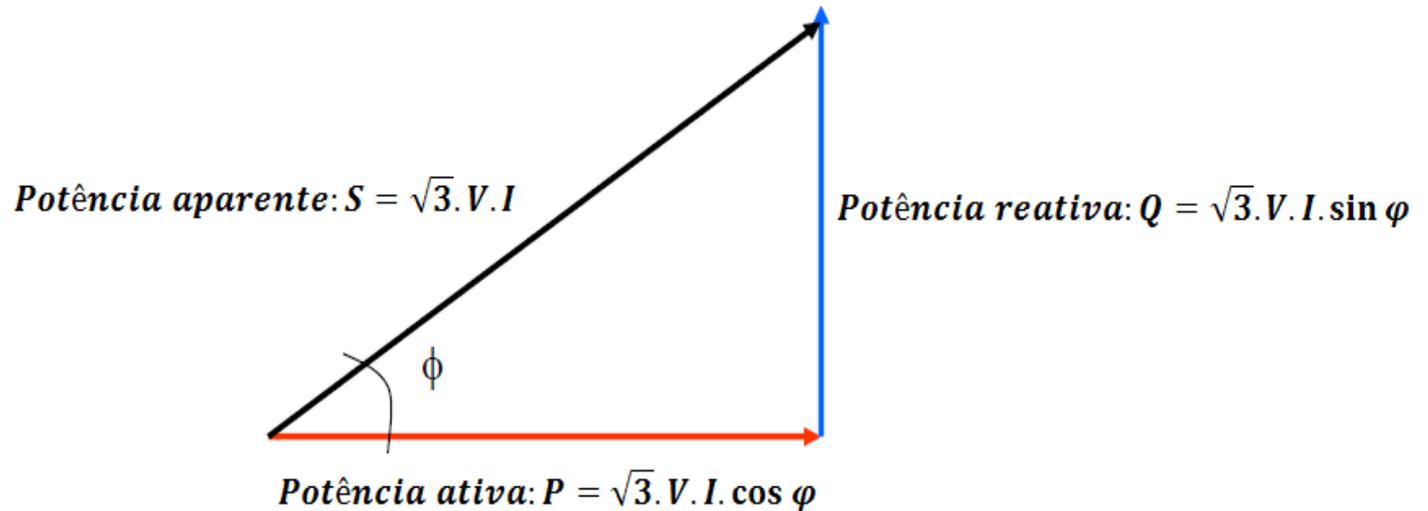


Alto Fator de Potência



Baixo Fator de Potência

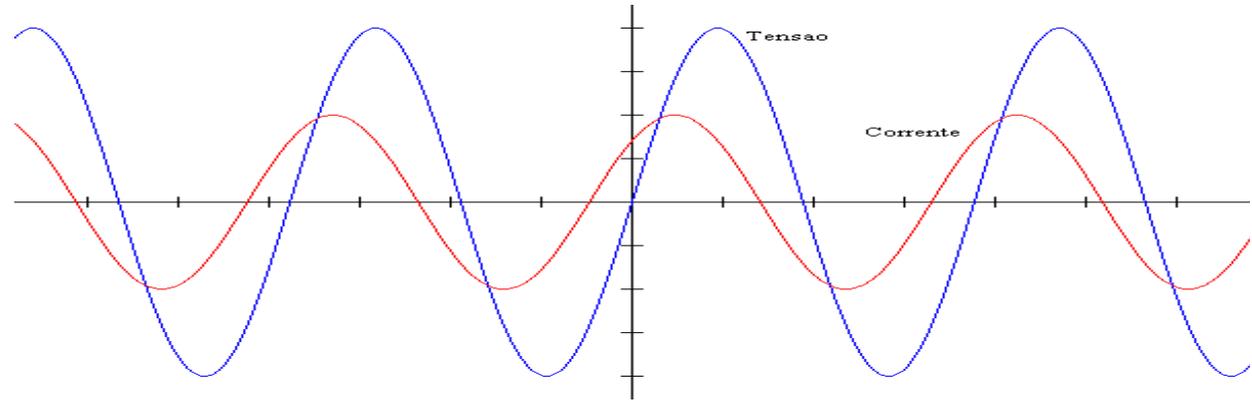
FP em Sistemas Senoidais



$$FP = \frac{KW}{KVA} = \cos \varphi$$

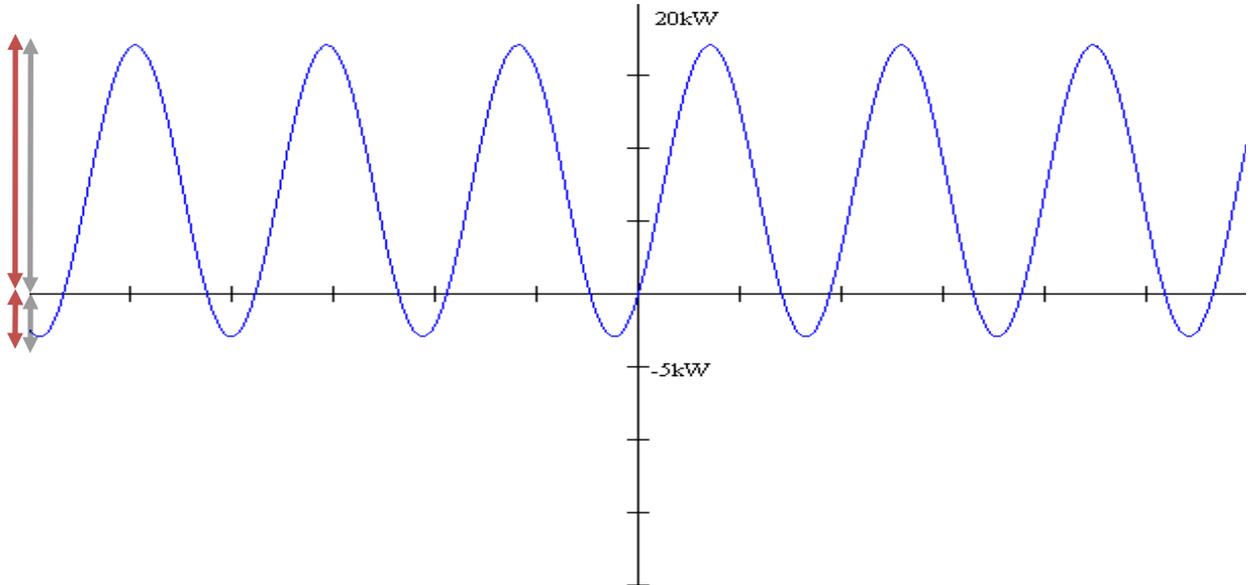
Tensão

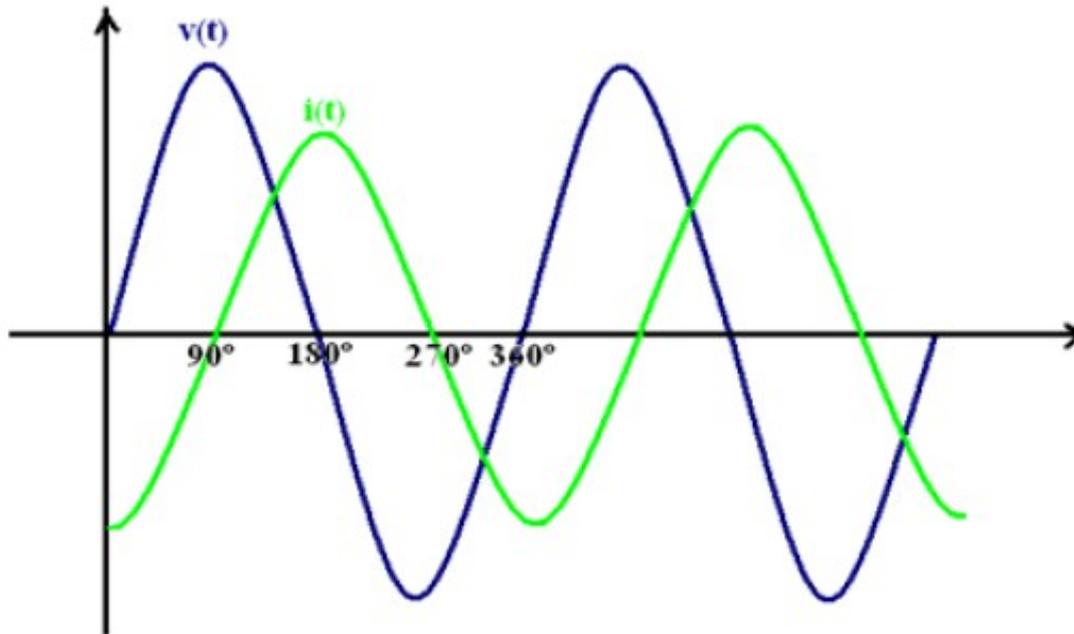
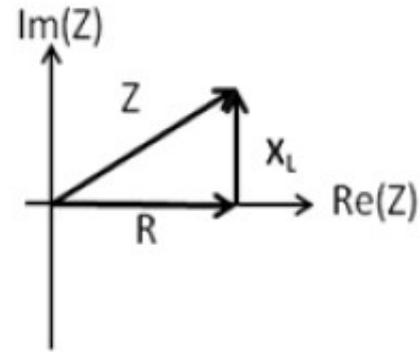
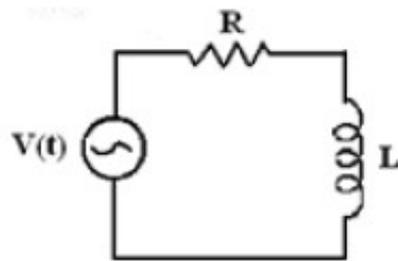
Corrente



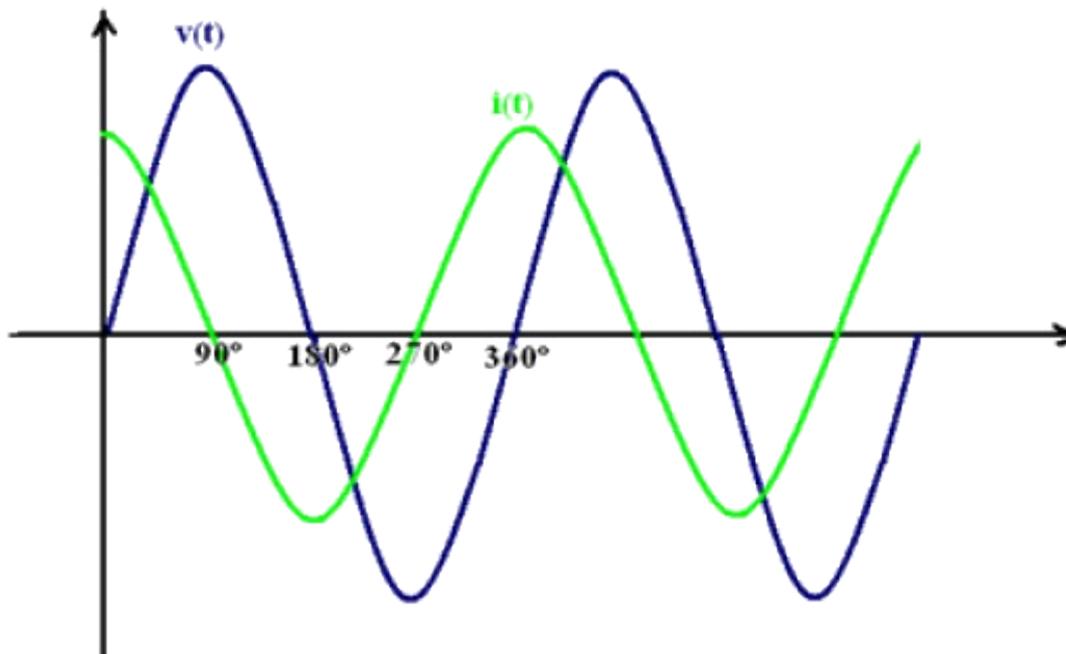
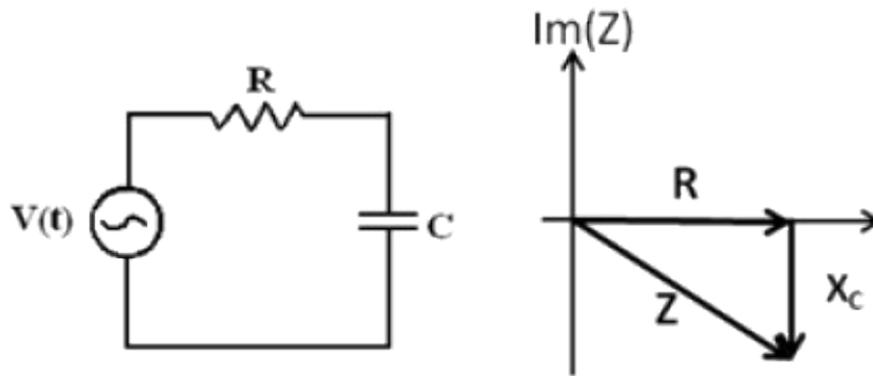
Potência

Ativa
Reativa

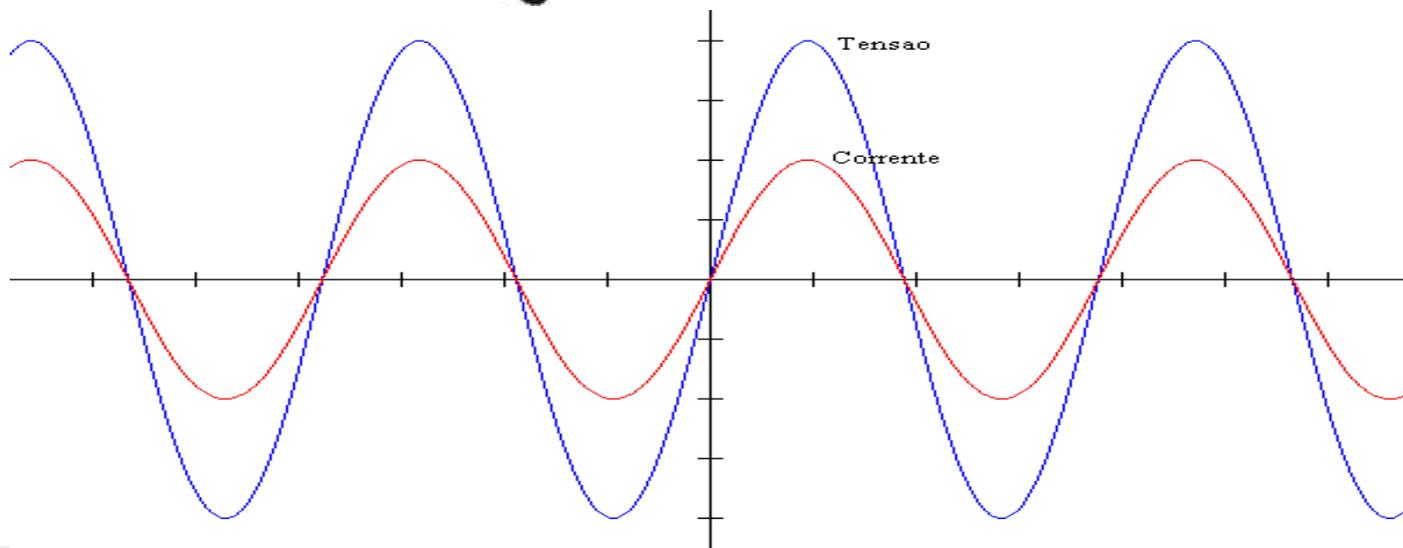


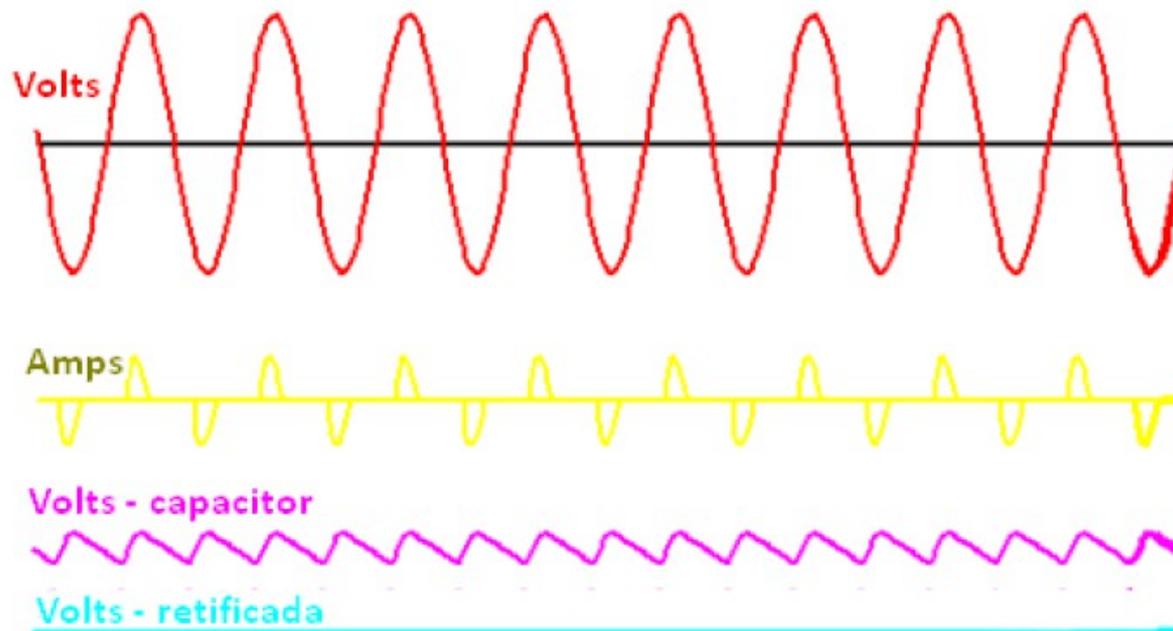
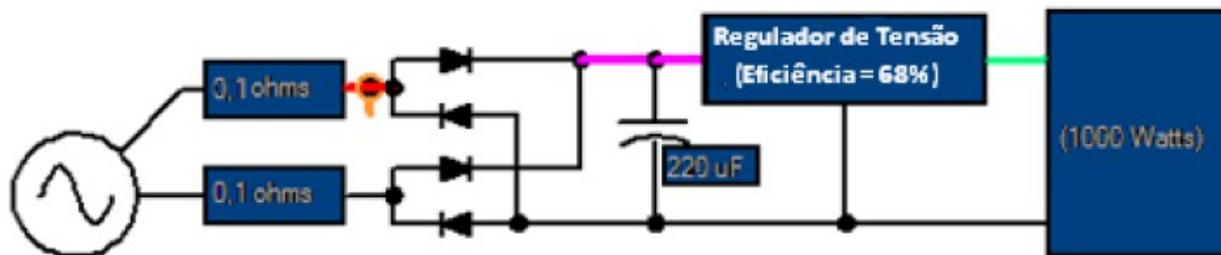


Carga Indutiva



Carga Indutiva





Carga não-Linear

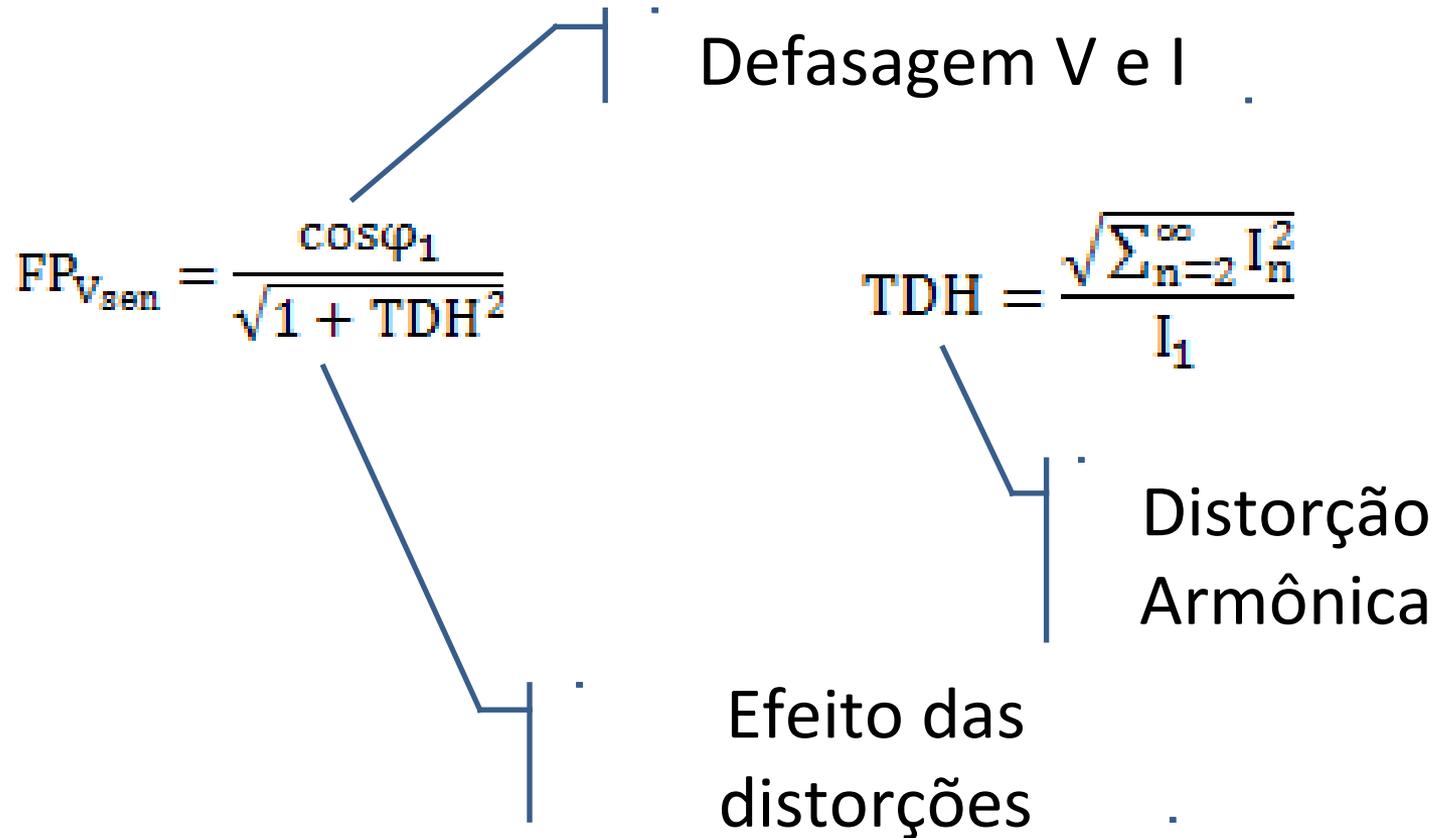
FP – Conceito Expandido

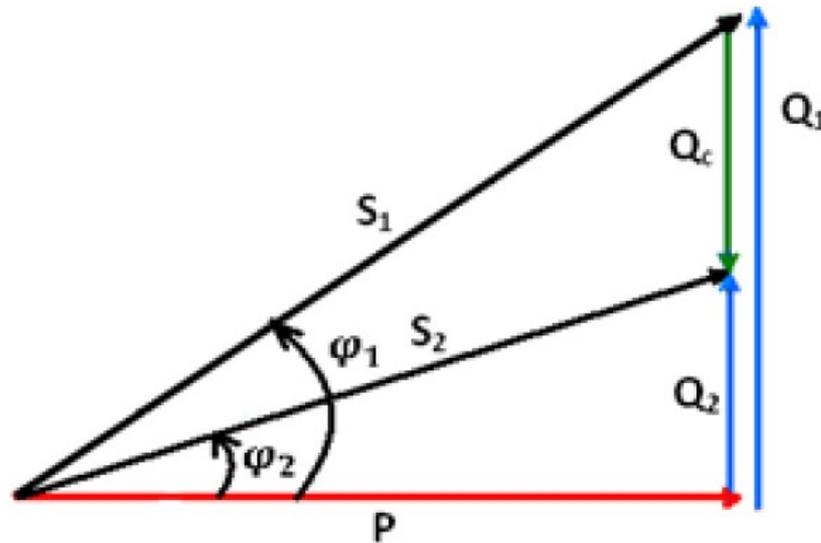
$$FP = \frac{P}{S} = \frac{\frac{1}{T} \int v_i(t) \cdot i_i(t) \cdot dt}{V_{rms} \cdot I_{rms}}$$

Em sistemas senoidais:

$$FP = \frac{KW}{KVA} = \cos \left(\arctan \left(\frac{KVAr}{kw} \right) \right) = \cos \varphi$$

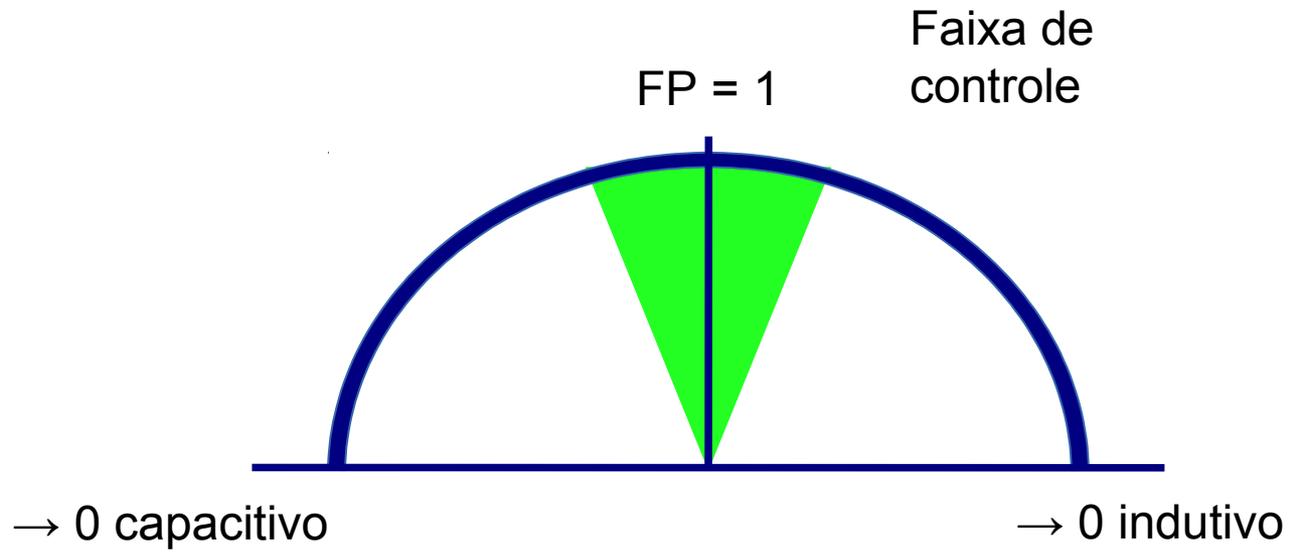
Na prática

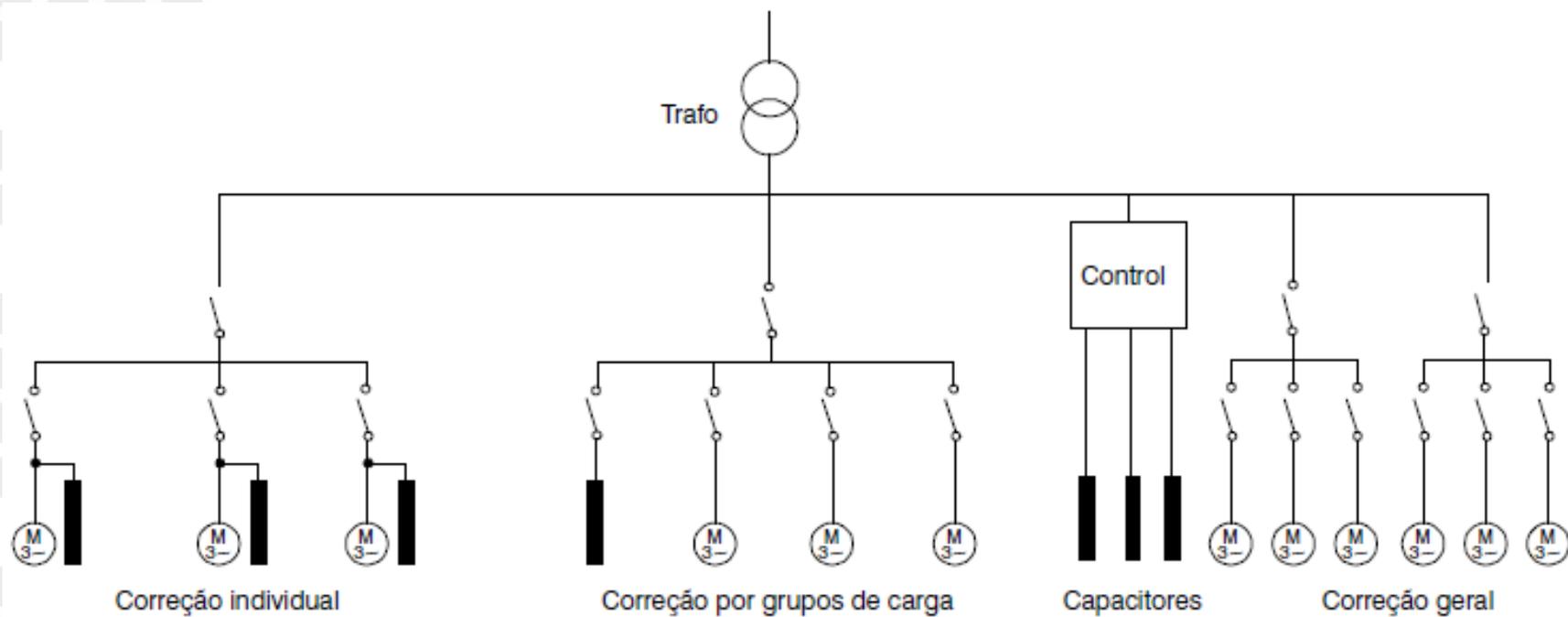




Sendo:

- P: potência ativa do sistema
- Q1: potência reativa antes da correção
- S1: potência aparente antes da correção
- Qc: potência reativa do banco de capacitores
- Q2: potência reativa após a correção
- S2: potência aparente após a correção





Tipos de instalação de correção (Fonte: WEG)

Alimentação

Controlador

Superviório



Processo



Banco de capacitores

Alimentação

Medidor



CLP



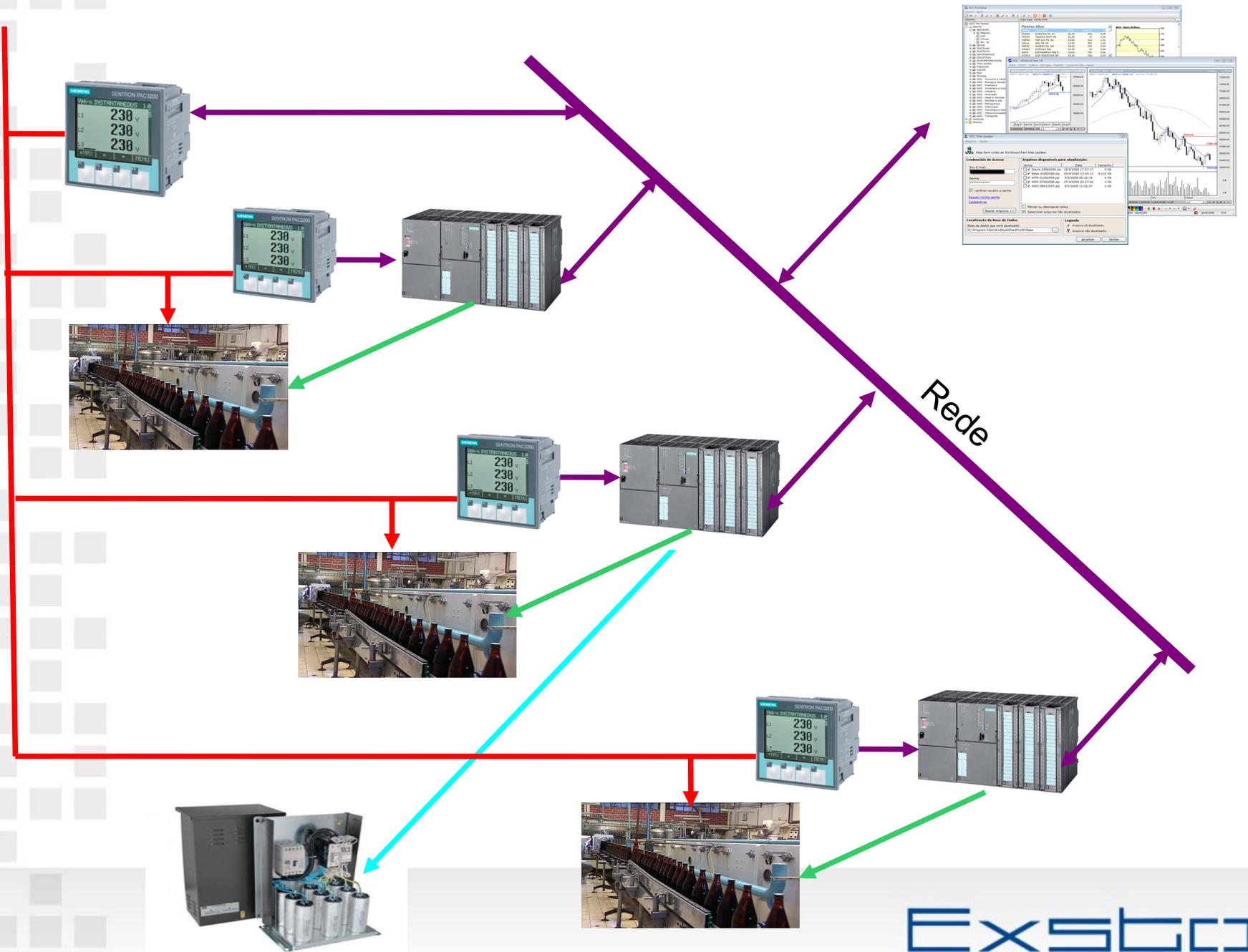
Supervisório



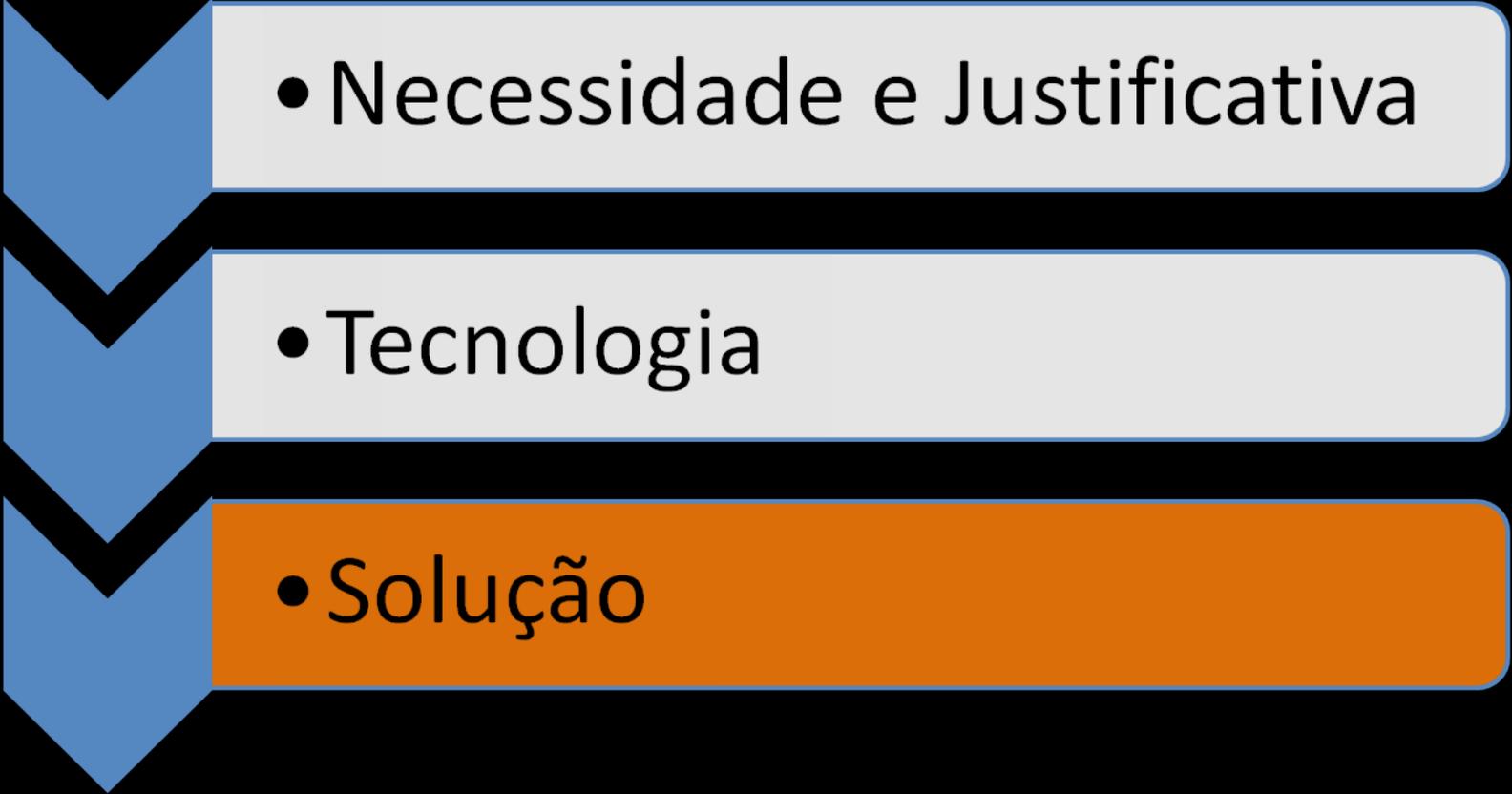
Processo

Bancos de capacitores





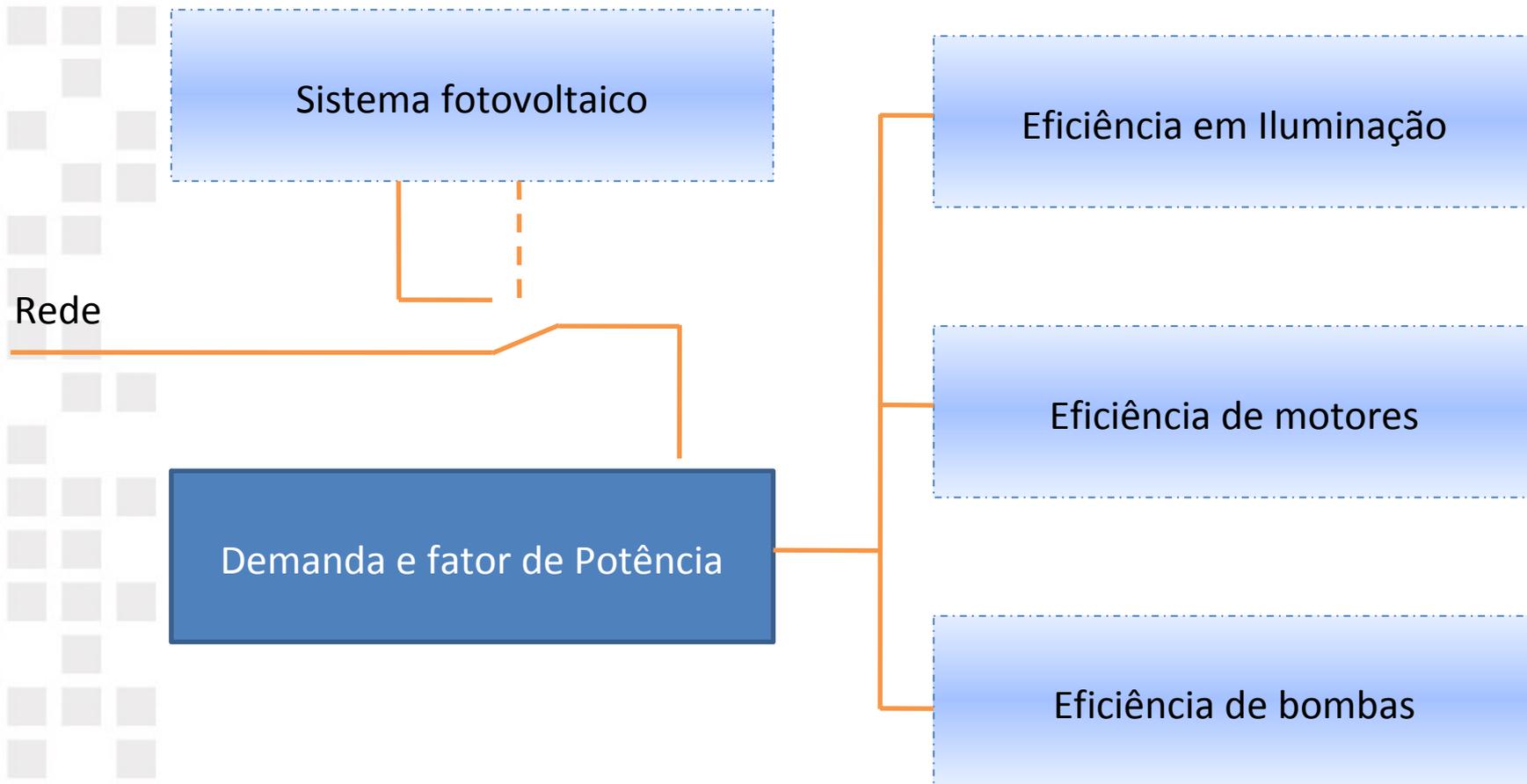
Agenda



- Necessidade e Justificativa

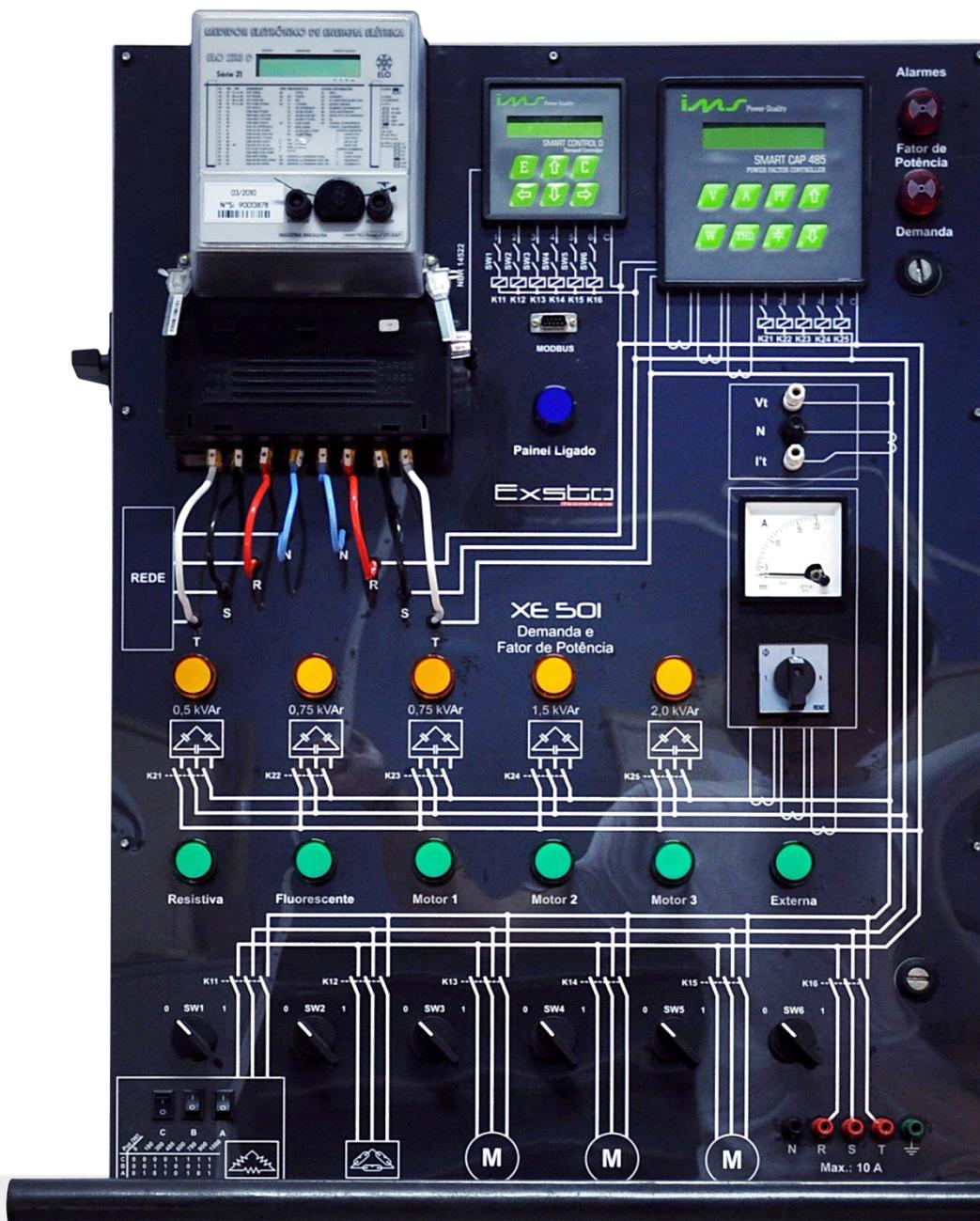
- Tecnologia

- Solução



- XE501
 - Controlador de demanda
 - Controlador de fator de potência
 - Relógio (Concessionária)
 - Cargas Resistivas
 - Cargas Indutivas
 - Cargas Não-lineares
 - Banco de capacitores
 - Montagem industrial





Conclusão

Qualidade e eficiência energética

Aplicação prática de conceitos de controle da
fator potência

Uso de controladores e dispositivos industriais

Que tal?



Obrigado pela atenção!

domingos@exsto.com.br

José **Domingos** Adriano

domingos@exsto.com.br



Juca Castelo, 219 Maristela
Santa Rita do Sapucaí - Minas Gerais
37540-000 Brasil
+55 35 3471 6898 / +55 35 3471-3783
www.exsto.com.br



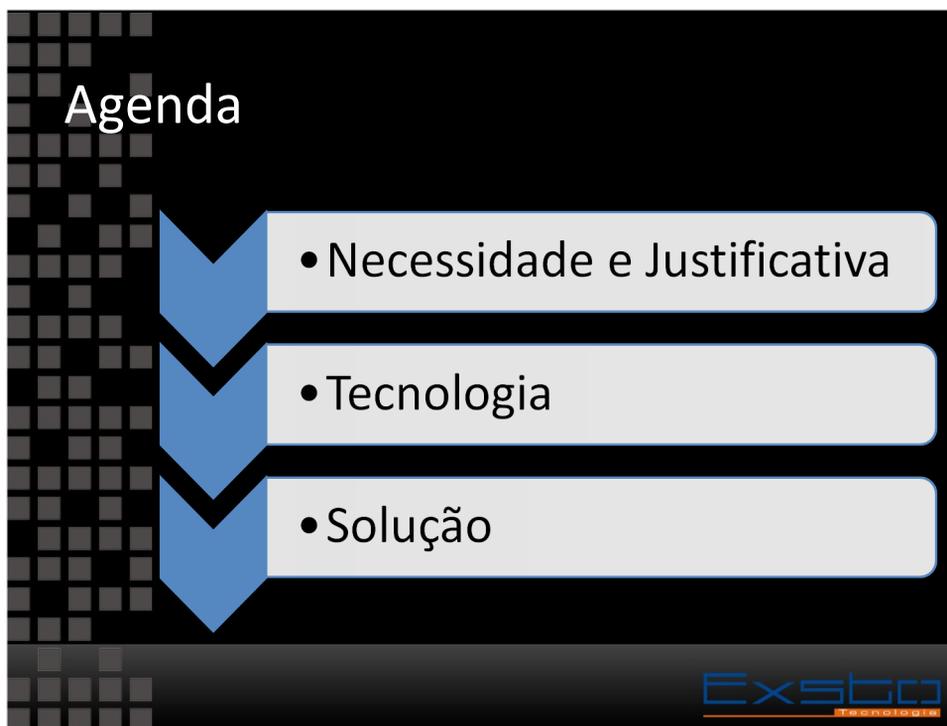
Demanda e Fator de Potência

Qualidade e Eficiência Energética

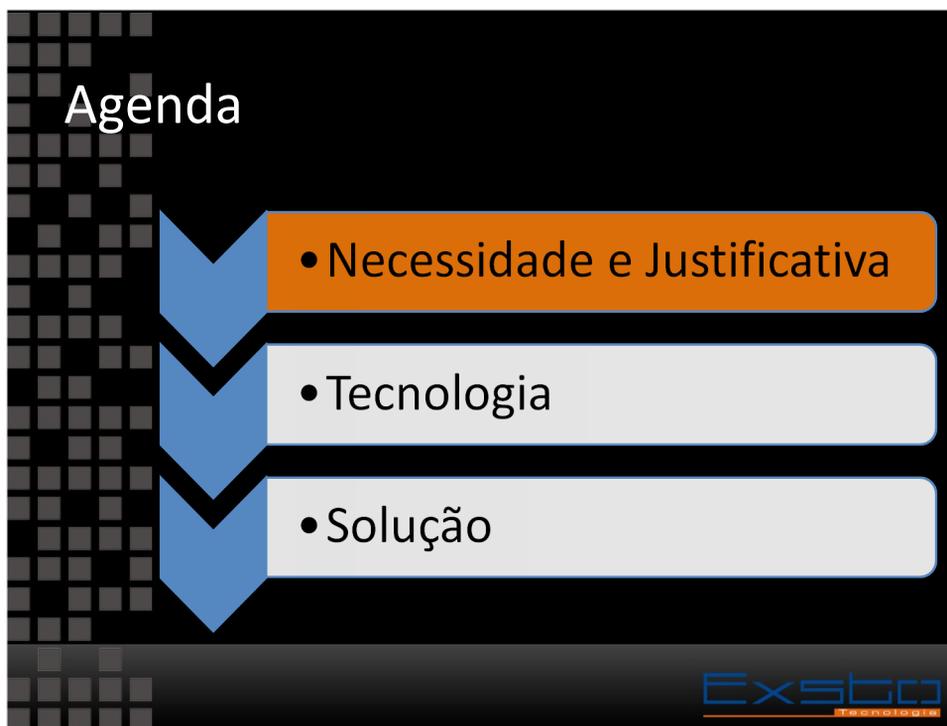
Exsbc
The Energy Group



Fazer a apresentação da empresa contida no CD de produtos



- Necessidade e justificativa
 - ??
- Tecnologia
 - Controle
 - CLP
 - SDCD
 - Instrumentação
 - Sensores
 - Comunicação
 - Hart
 - Profibus DP e PA
 - ASi
 - DeviceNet
 - Fieldbus Foundation
- Solução
 - Diferenciais
 - Arquitetura 1
 - Arquitetura 2
 - Arquitetura 3
 - Arquitetura 4



- Necessidade e justificativa
 - ??
- Tecnologia
 - Controle
 - CLP
 - SDCD
 - Instrumentação
 - Sensores
 - Comunicação
 - Hart
 - Profibus DP e PA
 - ASi
 - DeviceNet
 - Fieldbus Foundation
- Solução
 - Diferenciais
 - Arquitetura 1
 - Arquitetura 2
 - Arquitetura 3
 - Arquitetura 4



Qualidade e Eficiência Energética

Exstco
tecnologia

Mais que uma moda, a preocupação com qualidade e eficiência energética é um tema que se torna cada vez mais presente na indústria. No fundo, os dois temas remetem ao mesmo problema: perdas e desperdícios na geração, transmissão e consumo de energia. Essas perdas afetam duplamente o ambiente macro e micro econômico, pois resultam em impactos ambientais e financeiros:

- Impactos ambientais
 - maior poluição
 - necessidade de expandir o sistema de geração
 - busca de novos meios de geração.
- Impactos financeiros
 - aumento dos custos de produção
 - aumento dos gastos com manutenção
 - menor competitividade da industrial

Este tema é, portanto, um dos poucos onde ecologistas e economistas concordam e agem no mesmo sentido. E por isso tem se tornado cada vez mais presente.

Legislação sobre Eficiência Energética

Plano Nacional de Energia



ISO 51000 Sistemas de gestão de energia
Certificação ISO 51000

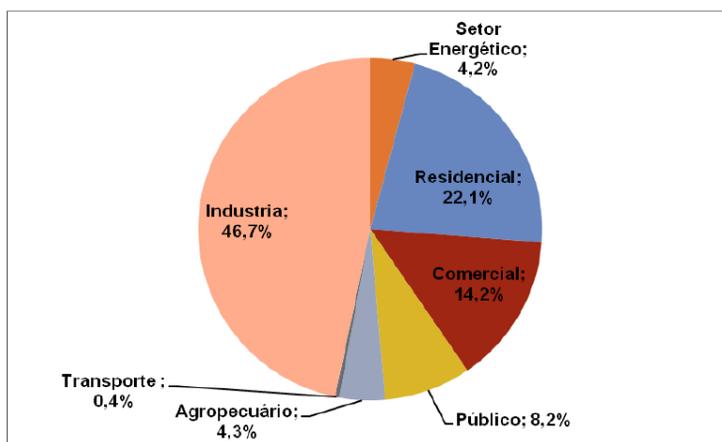


Economia
Redução de consumo
Multas por demanda
Multas por fator de potência



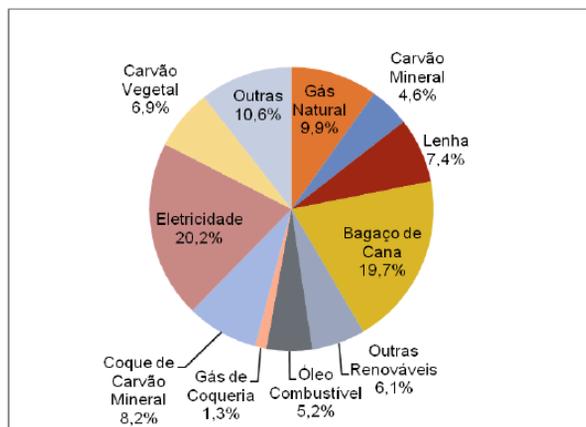
Exstco
Energia

Figura 5: Distribuição do Consumo Final de Energia Elétrica por Setores



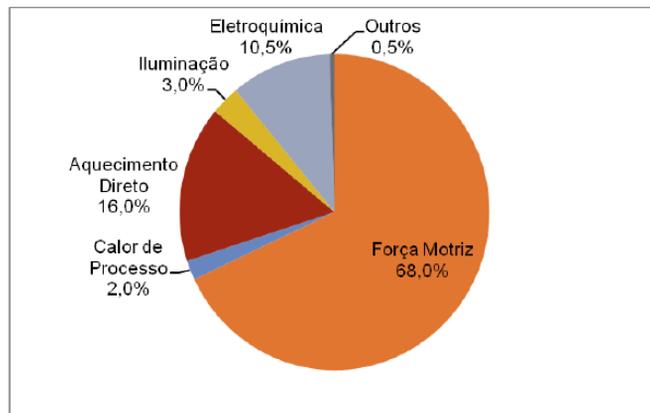
Fonte: BEN 2009 (Ano Base 2008)

Figura 7: Distribuição das Fontes de Energia Utilizadas na Indústria

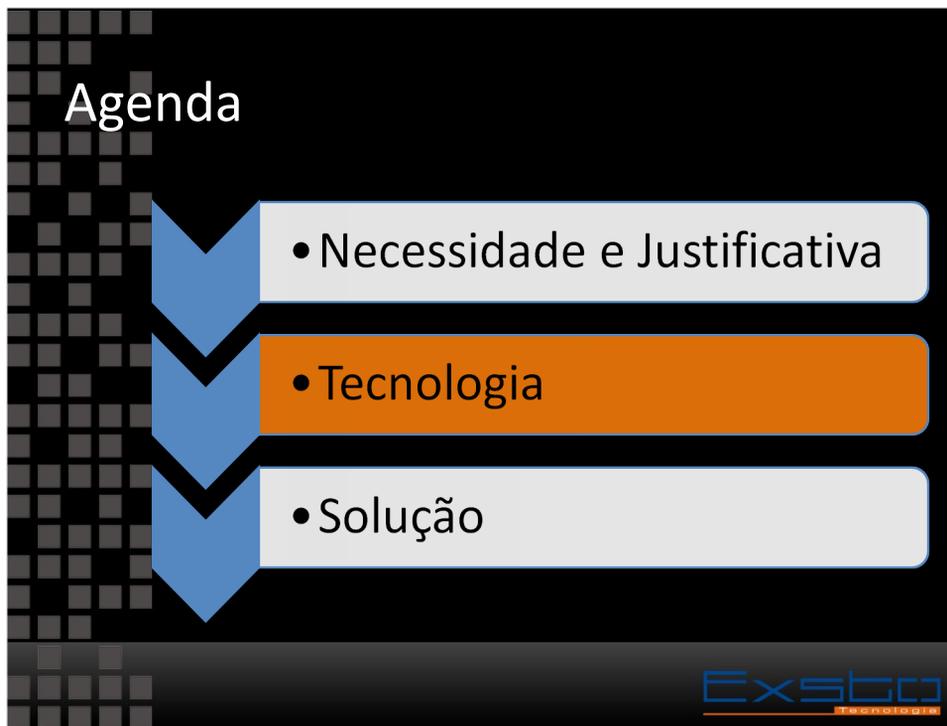


Fonte: BEN 2008 (Ano Base 2007)

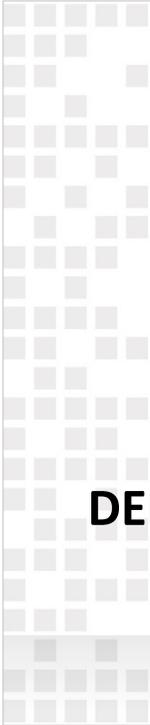
Figura 9: Distribuição do Consumo de Energia Elétrica por Uso Final



Fonte: BEN 2008 (Ano Base 2007)



- Necessidade e justificativa
 - ??
- Tecnologia
 - Controle
 - CLP
 - SDCD
 - Instrumentação
 - Sensores
 - Comunicação
 - Hart
 - Profibus DP e PA
 - ASi
 - DeviceNet
 - Fieldbus Foundation
- Solução
 - Diferenciais
 - Arquitetura 1
 - Arquitetura 2
 - Arquitetura 3
 - Arquitetura 4



DEMANDA

Demanda

- Demanda x Consumo

“Demanda: média das potências elétricas ativas ou reativas, solicitadas ao sistema elétrico pela parcela da carga instalada em operação na unidade consumidora, durante um intervalo de tempo especificado”

- Demanda → estrutura de geração e transmissão da energia elétrica que a concessionária disponibiliza.



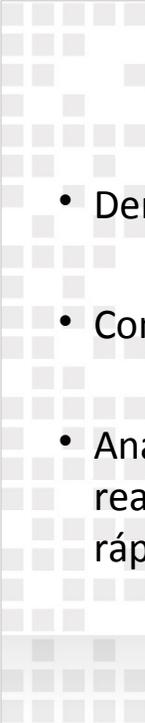
Demanda - Conceito

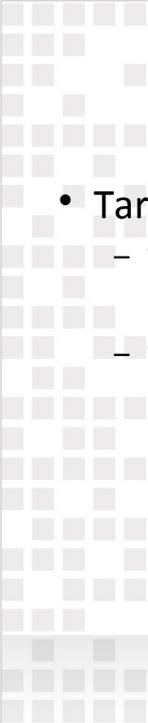
De acordo com a resolução 456 de 29 de novembro de 2000, Art. 2º, § VIII: “Demanda: média das potências elétricas ativas ou reativas, solicitadas ao sistema elétrico pela parcela da carga instalada em operação na unidade consumidora, durante um intervalo de tempo especificado” [3].

No Brasil o intervalo de tempo (período de integração) é de 15 minutos, portanto, em um mês teremos: 30 dias x 24 horas / 15 minutos = 2880 intervalos.

Muitas vezes os consumidores confundem os valores de demanda e consumo numa tarifa de energia elétrica. A demanda representa a estrutura de geração e transmissão da energia elétrica que a concessionária disponibiliza ao consumidor. Ela é disponibilizada perante contrato com a concessionária, onde esta se responsabiliza em manter essa estrutura de fornecimento e o consumidor, por sua vez, compromete-se a pagar por essa estrutura, usando-a ou não, e ele também não deve ultrapassar os valores contratados podendo ser cobradas multas pesadas, caso isso ocorra. Já o consumo representa a quantidade de energia ativa consumida.

Comparando com um sistema mecânico, a demanda representa o quão rápido um trabalho foi executado (potência) e o consumo representa o trabalho executado. Portanto, para um mesmo consumo, podemos ter demandas diferentes.

- 
- Demanda → Potência → kW
 - Consumo → Energia → kWh
 - Analogia: consumo representa o trabalho realizado enquanto demanda representa quão rápido o trabalho foi feito



- Tarifação

- TE: tarifa de energia → Consumo

- Compra da energia mais encargos

- TUSD: uso do sistema de distribuição →

- Demanda

- Custos de serviços, remuneração e depreciação do investimento, encargos

Classificação de consumidores

Grupo A	Tensão de fornecimento
A1	$\geq 230\text{kV}$
A2	88 a 138 kV
A3	69 kV
A3a	30 a 44 kV
A4	2,3kV a 25kV
AS	Subterrâneo

O subgrupo As trata de todos fornecimentos subterrâneos abaixo de 2,3kV

Classificação de consumidores

Grupo B	Usuário	Tensão de fornecimento
B1	Residência e residencial baixa renda	< 2,3kV (tipicamente 220, 380, 440 ou 480)
B2	Rural (agropecuária, eletrificação rural, indústria rural, serviços públicos de irrigação)	
B3	Outras classes (industrial, comercial, serviços, poder público, serviço público e consumo próprio da concessionária)	
B4	Iluminação pública	

Tarifa social de baixa renda

Faixa de consumo	Desconto
0 a 30 kWh	65%
31 a 100kWh	40%
101kwh até o limite regional	10%

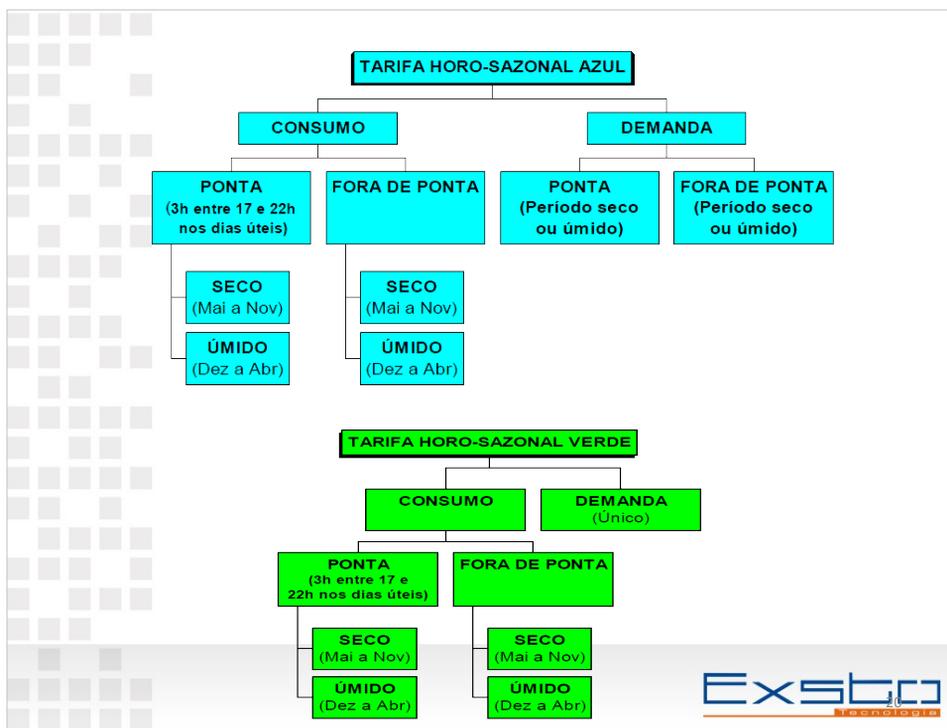
Exstco
Energia

O subgrupo As trata de todos fornecimentos subterrâneos abaixo de 2,3kV



- Diferentes tarifas de consumo e demanda

- Tarifação
 - Convencional
 - Horo-sazonal
 - Horário de ponta
 - Horário fora de ponta



Demanda Contratada

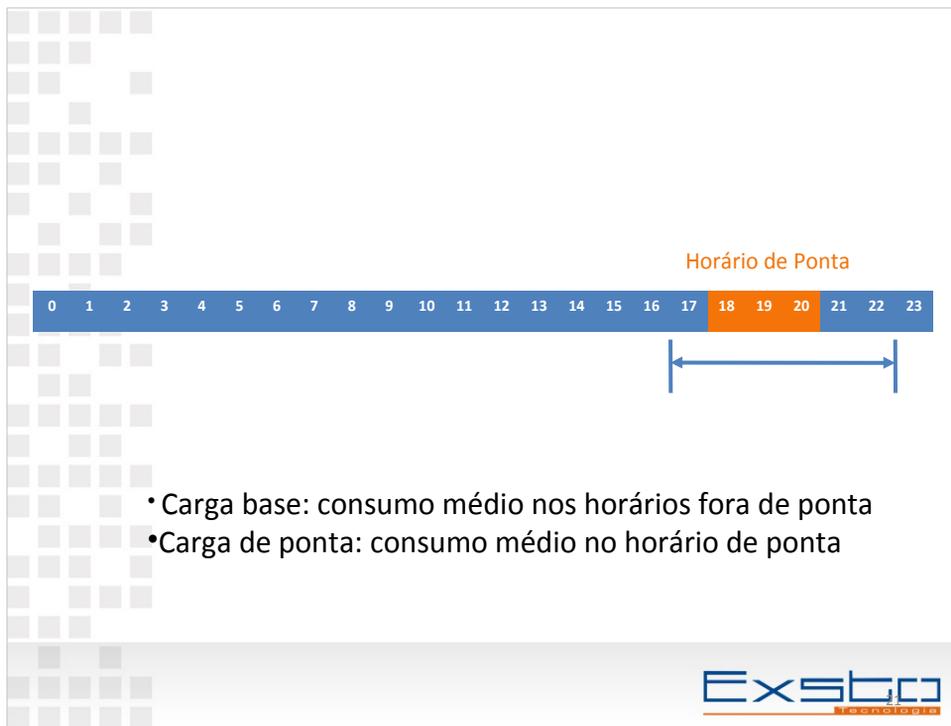
A demanda contratada é à base do contrato de suprimento de energia. Refere-se a potência que a concessionária disponibilizará para uso pela unidade consumidora.

Os valores de demanda contratada (em KW) são independentes do consumo registrado (em kW.h). No caso de se verificar demanda que supere em mais de 10% o limite contratado, o consumidor pagará o excesso calculado pela tarifa de ultrapassagem (3x a tarifa básica).

A verificação de demanda é feita pelo equipamento registrador da concessionária, instalado no ponto de medição da unidade consumidora, que a cada **15 minutos** gera um registro para fins de faturamento.

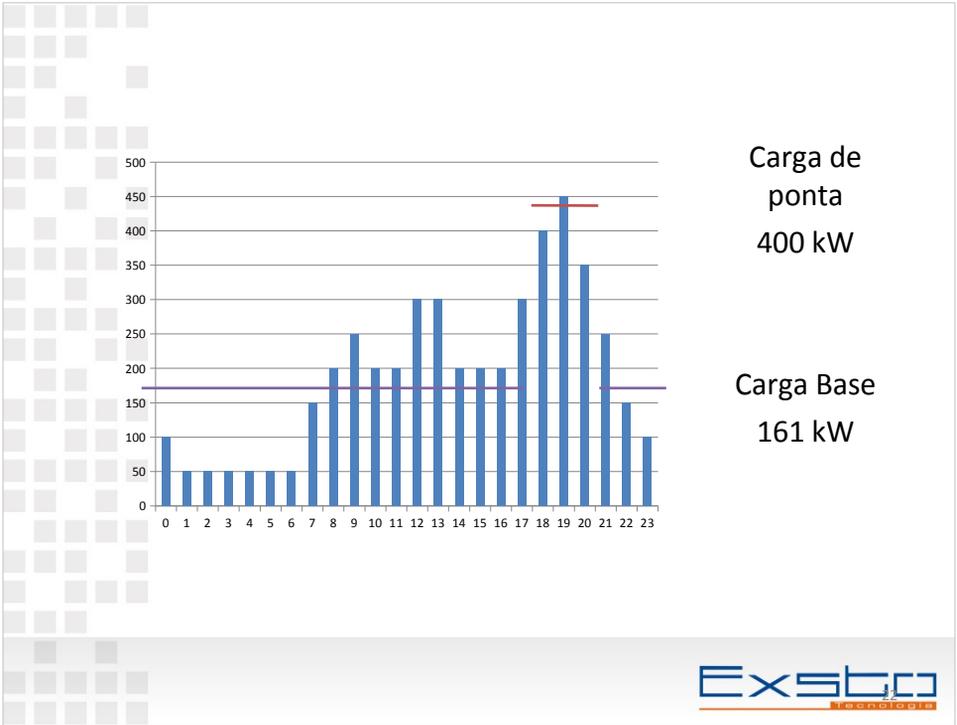
Tratando-se de segmento **Horo-Sazonal Azul**, serão fixados dois valores de demanda contratada. Um para o horário de ponta e outro para o horário fora de ponta. O valor de potência, em kW, para o horário de ponta não pode ser inferior a 10% do valor estabelecido para o horário fora de ponta.

Tratando-se do segmento **Horo-Sazonal Verde**, não haverá contrato de demanda no horário de ponta. Presume-se que a unidade consumidora estará inativa, desligada ou utilizando outras fontes de energia no horário de ponta.



Ao longo das 24 horas do dia, o consumo de energia varia, atingindo valores máximos entre 17 e 22 horas. De acordo com o perfil de cada concessionária, são escolhidas três horas compreendidas no intervalo 17:00 as 22:00h, do dias uteis, definido como horário de ponta.

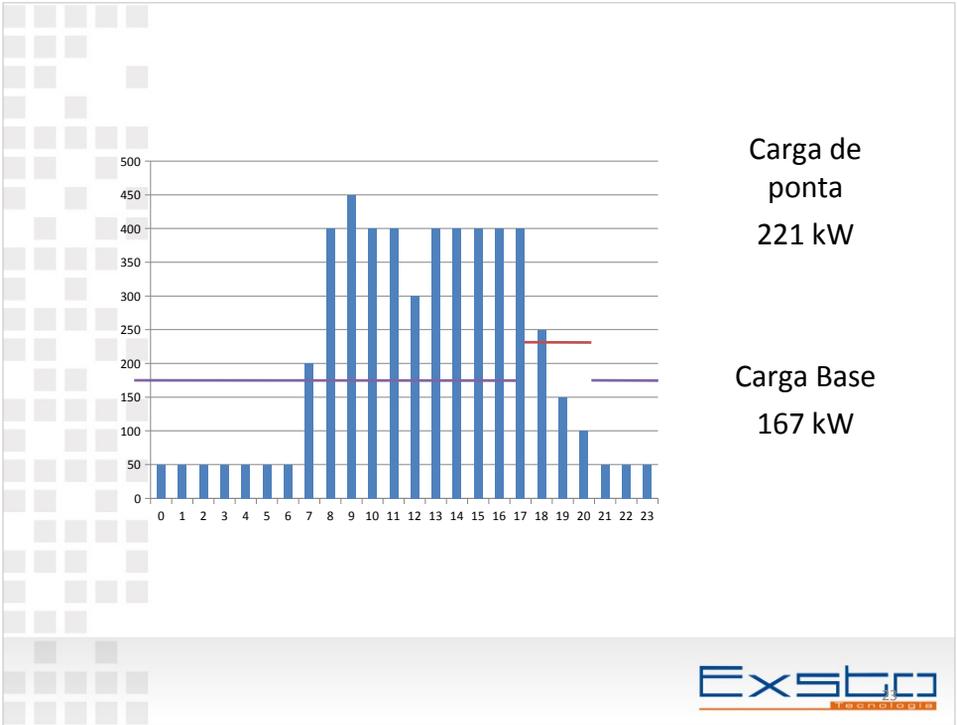
O sistema de energia tem que ter capacidade para suprir o pico de consumo neste horario e no restante do tempo permanecer com capacidade ociosa

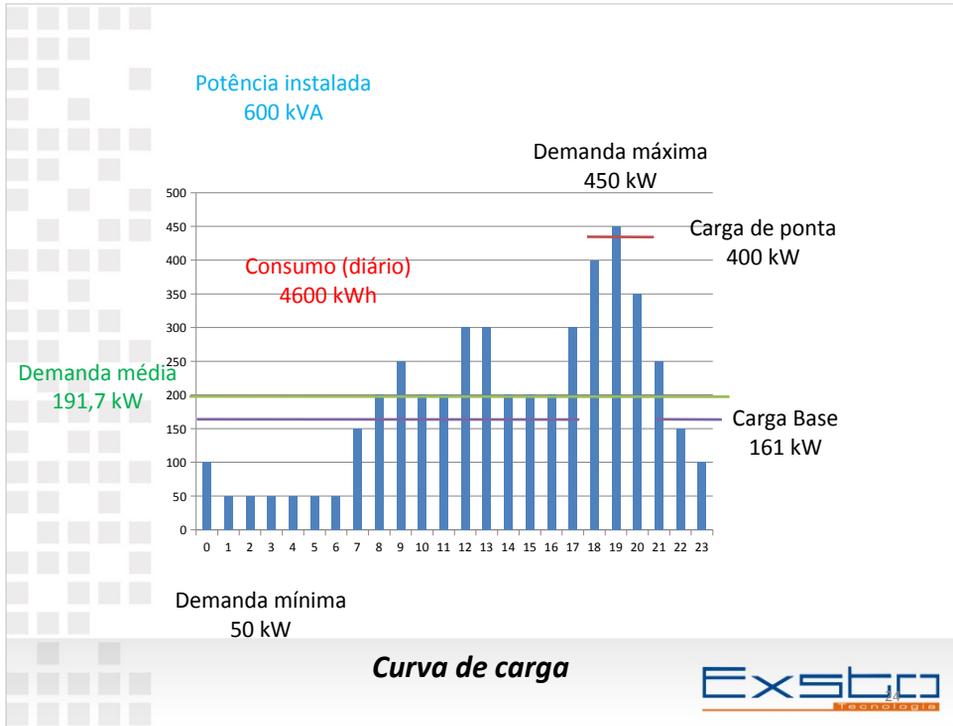


Carga de
ponta
400 kW

Carga Base
161 kW







- Opções para usuários de média e alta tensão

Tensão [kV]	Demanda contratada [kw]	Opções Tarifárias		
< 69	< 300	Azul	Verde	Convencional
< 69	>= 300	Azul	Verde	
>= 69		Azul		

- Consumidores de baixa tensão são de tarifa convencional e não são cobrados por TUSD (demanda), somente TE (consumo)

Somente os consumidores conectados em média tensão (tensões inferiores a 69 kV) e com demanda contratada inferior a 300 kW podem escolher a melhor, dentre as três, o que depende do fator de carga e do fator de modulação do consumidor. Aqueles atendidos em média tensão e com demanda contratada igual ou superior a 300 kW podem optar por uma das duas tarifas horosazonais, enquanto os demais, obrigatoriamente.

Para os consumidores atendidos em baixa tensão, a tarifa é cobrada somente em função do consumo de energia elétrica do período, não existindo o preço para a potência. Isto não significa, porém, que os custos de uso do sistema de distribuição não contribuem para o seu cálculo, pois

Tarifação

	Convencional	THS Verde	THS Azul
Demanda (TUSD)	Não cobrado	Único	Ponta
			Fora de ponta
Limite de demanda para multa	n/a	10%	A1, A2 e A3: 5% Outros: 10%
Energia (TE)	Único	Ponta / Seco	Ponta / Seco
		Ponta / Úmido	Ponta / Úmido
		F. Ponta /Seco	F. Ponta /Seco
		F. Ponta/ Úmido	F. Ponta/ Úmido



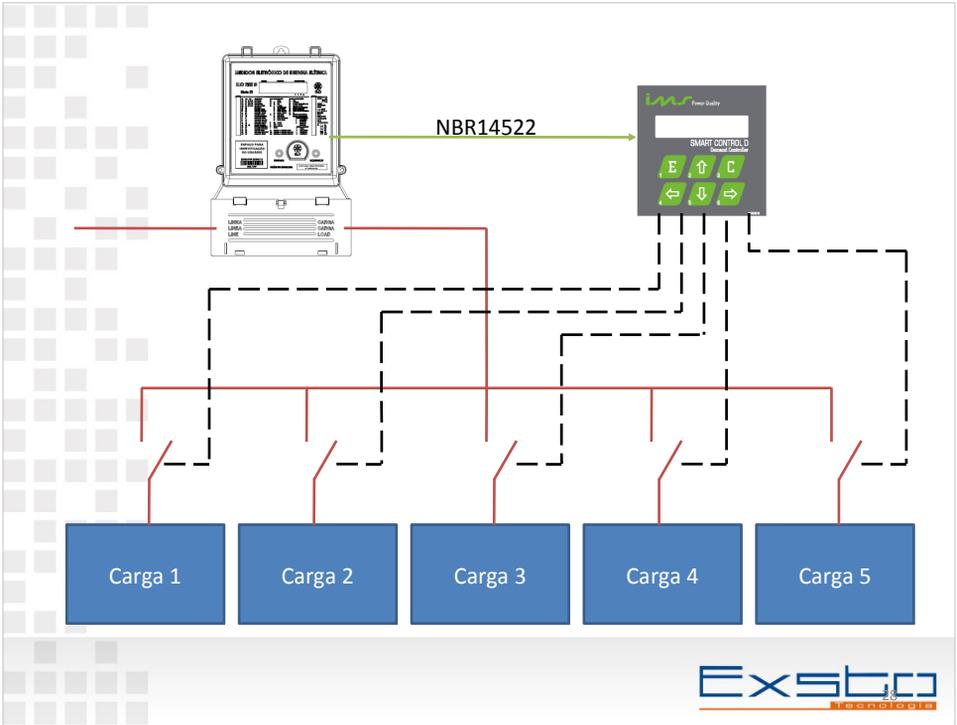
Controle de
demanda

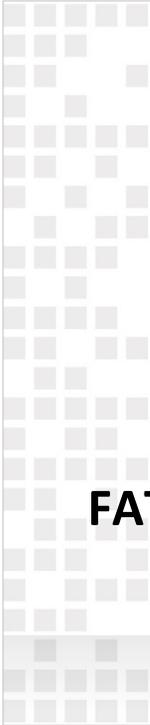


Garantir que a demanda
máxima não será
ultrapassada

Impedir ligação de
cargas em horário de
ponta

Ativas fontes
alternativas em horário
de ponta





FATOR DE POTÊNCIA

Matematicamente...

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T v(t) \cdot i(t) dt [kW]$$

$$S = V_{RMS} \cdot I_{RMS} [kVA]$$

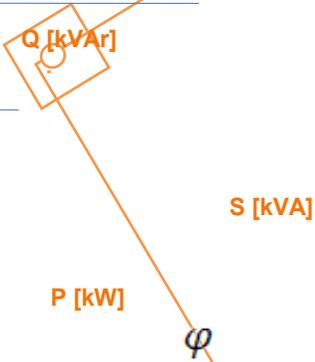
$$FP = \frac{\frac{1}{T} \int_0^T v(t) \cdot i(t) dt}{V_{RMS} \cdot I_{RMS}} [.]$$

$$V_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T v(t)^2 \cdot dt [V]}$$

$$I_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i(t)^2 \cdot dt [A]}$$

Exstco
Energia

Fator de Potência





Alto Fator de Potência

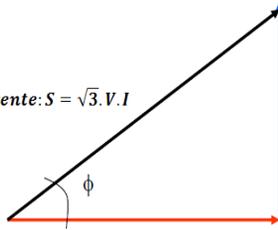


Baixo Fator de Potência

FP em Sistemas Senoidais

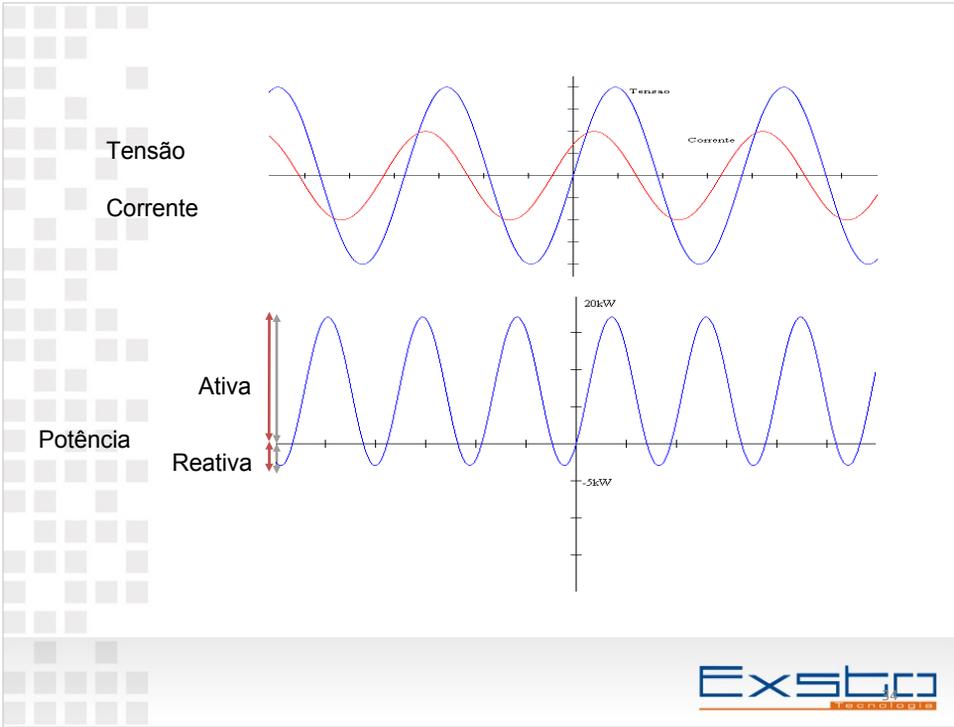
Potência aparente: $S = \sqrt{3} \cdot V \cdot I$

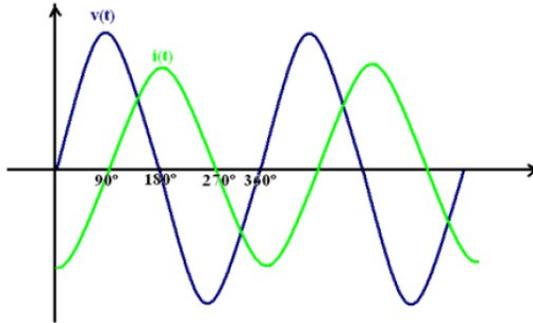
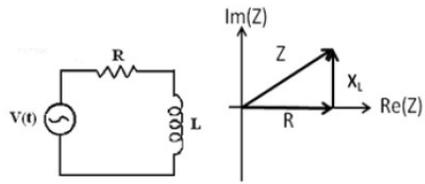
Potência reativa: $Q = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \sin \varphi$



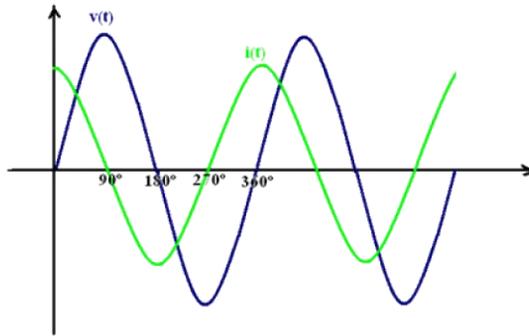
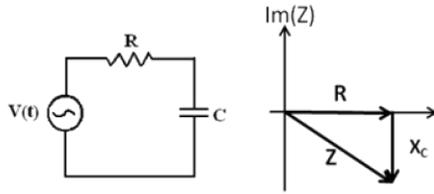
Potência ativa: $P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \varphi$

$$FP = \frac{KW}{KVA} = \cos \varphi$$

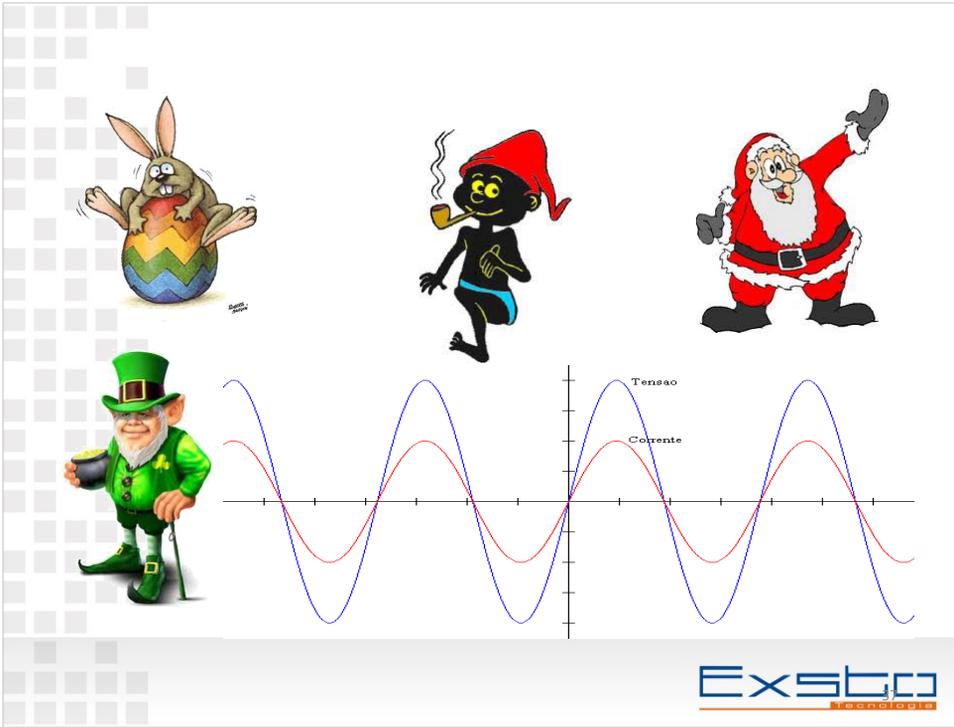




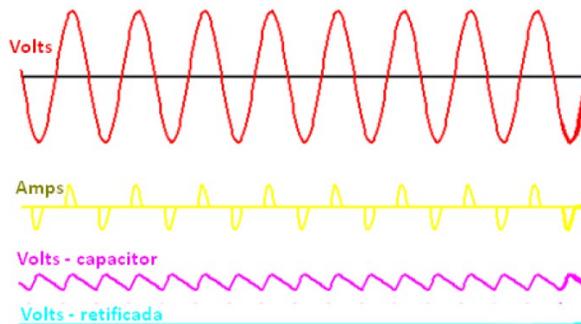
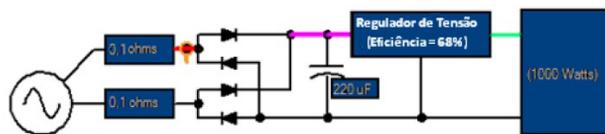
Carga Indutiva



Carga Indutiva



Exstco
tecnologia



Carga não-Linear

FP – Conceito Expandido

$$FP = \frac{P}{S} = \frac{\frac{1}{T} \int v_i(t) \cdot i_i(t) \cdot dt}{V_{rms} \cdot I_{rms}}$$

Em sistemas senoidais:

$$FP = \frac{KW}{KVA} = \cos\left(\arctan\left(\frac{KVAr}{kw}\right)\right) = \cos\varphi$$

Na prática

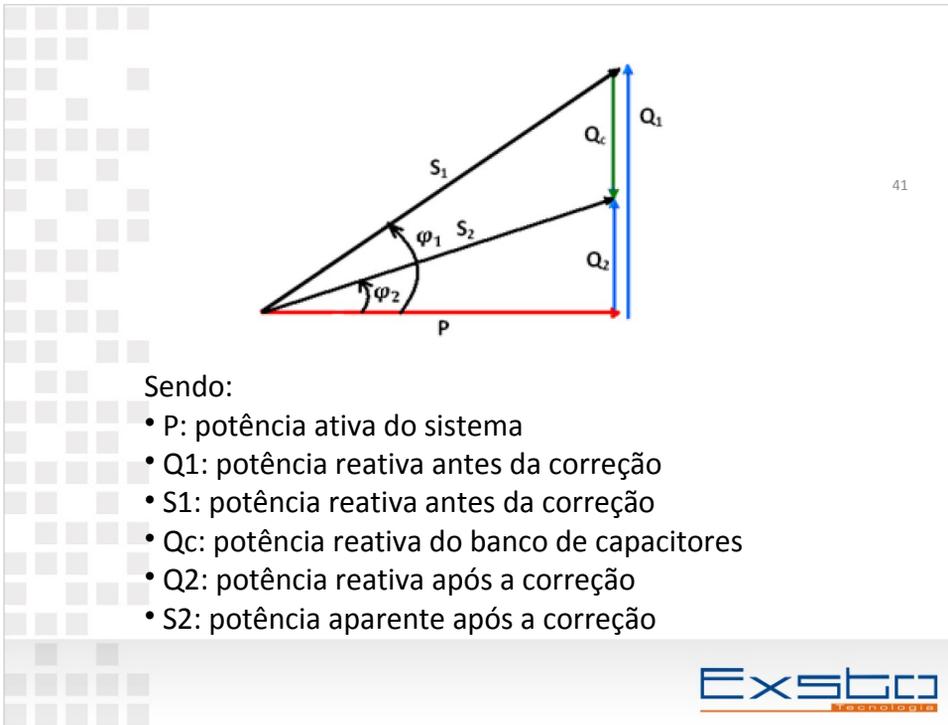
$$FP_{V_{sen}} = \frac{\cos\phi_1}{\sqrt{1 + TDH^2}}$$

Defasagem V e I

$$TDH = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}}{I_1}$$

Distorção Armônica

Efeito das distorções



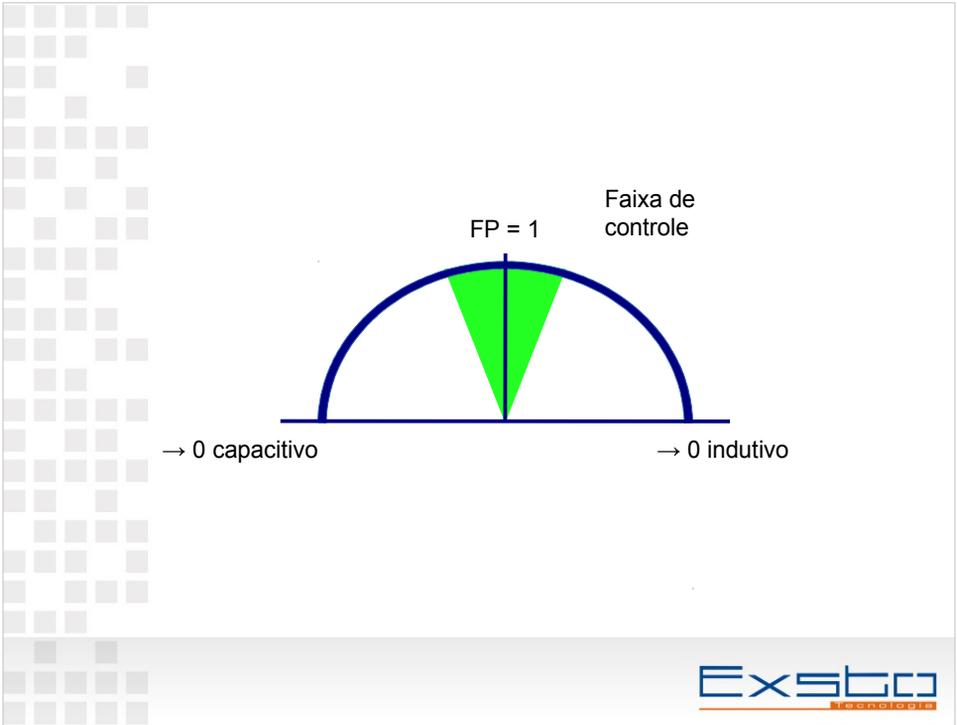
Correção do fator de potência

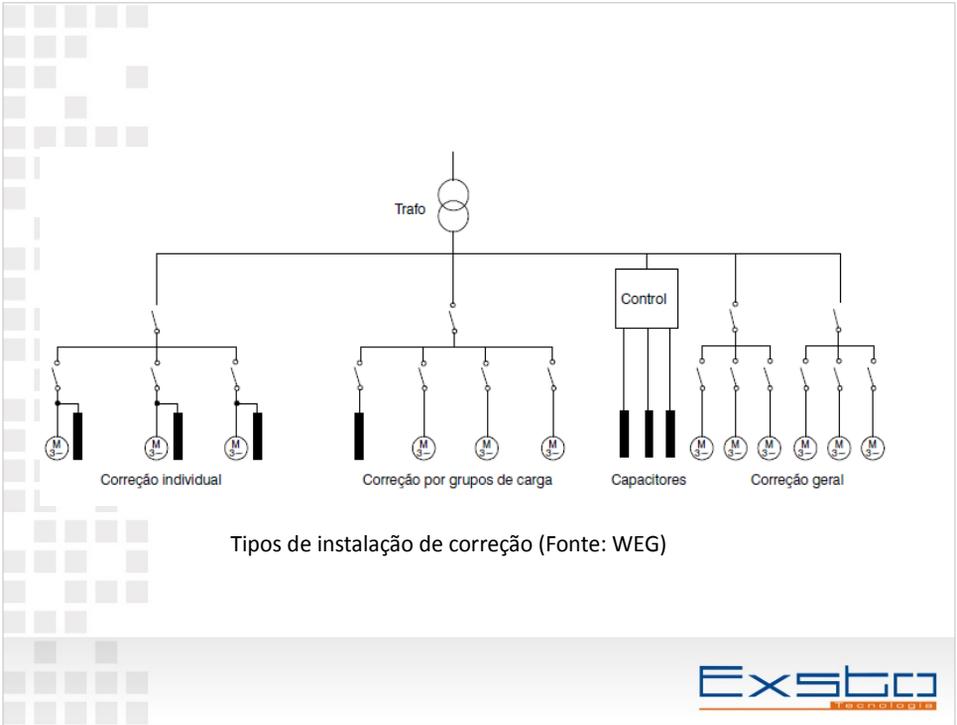
Devido a natureza das cargas na indústria, o FP de uma planta tende a ser indutivo;

Adicionando cargas de natureza capacitiva, é possível minimizar o FP;

Na prática, não se busca zerar a energia reativa, mas levá-la para uma faixa de controle

A carga em uma indústria varia ao longo do tempo, exigindo um sistema de controle dinâmico das cargas capacitivas





Alimentação

Controlador

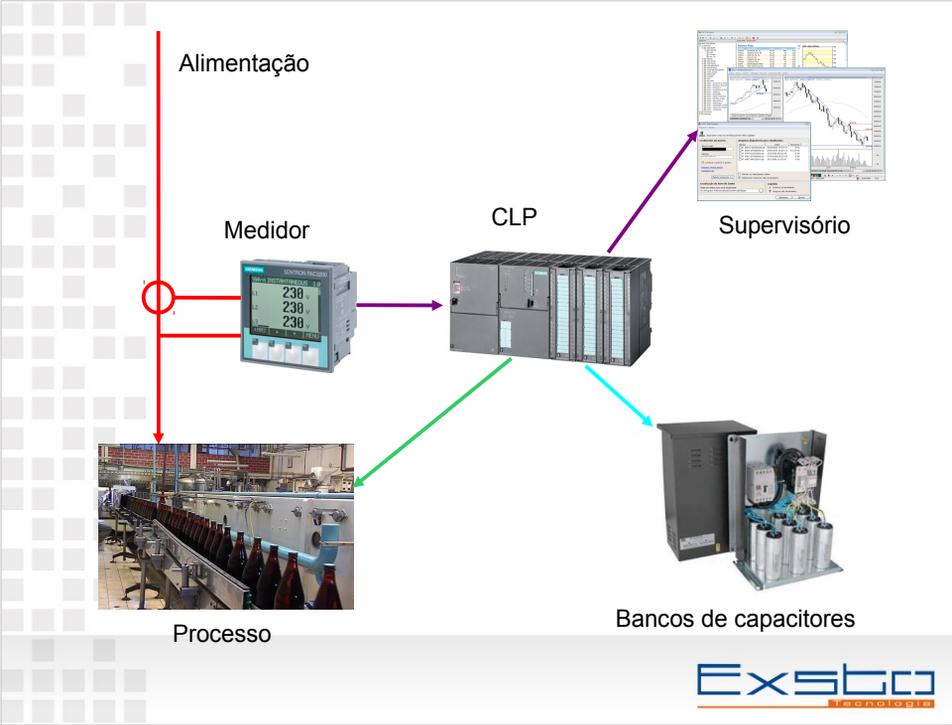


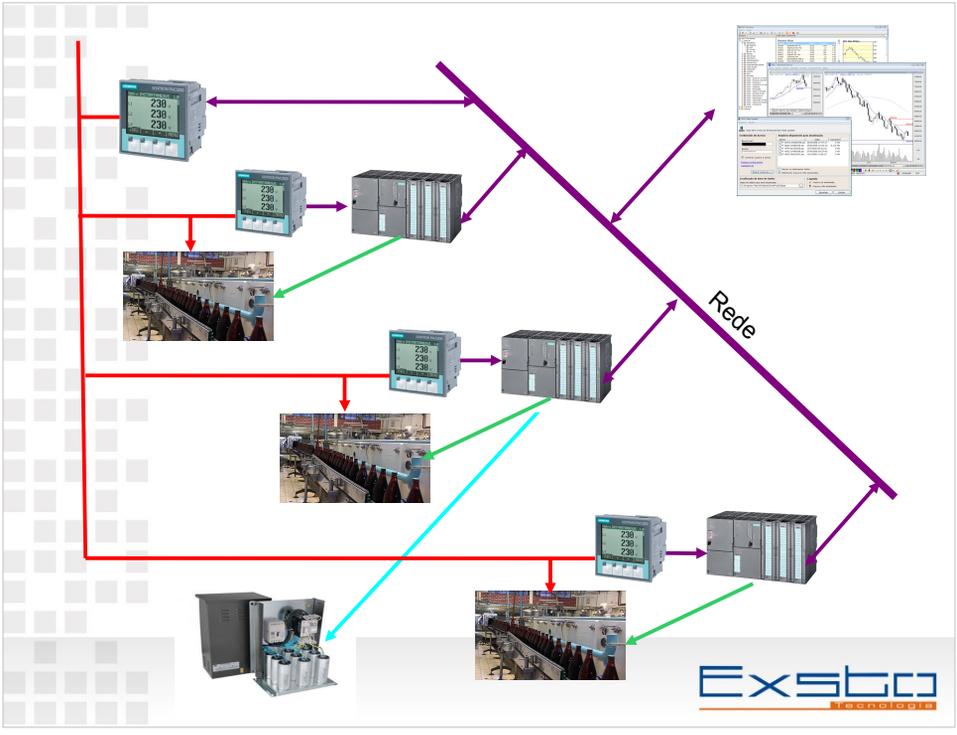
Processo



Banco de capacitores

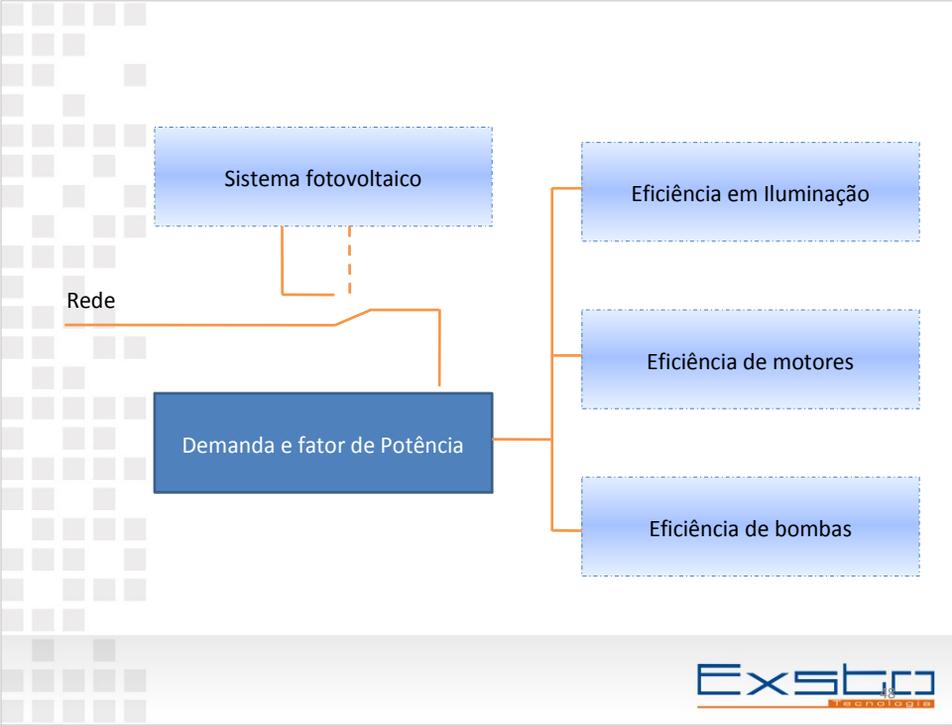
Exstco
Energia e Automação







- Necessidade e justificativa
 - ??
- Tecnologia
 - Controle
 - CLP
 - SDCD
 - Instrumentação
 - Sensores
 - Comunicação
 - Hart
 - Profibus DP e PA
 - ASi
 - DeviceNet
 - Fieldbus Foundation
- Solução
 - Diferenciais
 - Arquitetura 1
 - Arquitetura 2
 - Arquitetura 3
 - Arquitetura 4



- XE501
 - Controlador de demanda
 - Controlador de fator de potência
 - Relógio (Concessionária)
 - Cargas Resistivas
 - Cargas Indutivas
 - Cargas Não-lineares
 - Banco de capacitores
 - Montagem industrial



Exstco
Energia



Conclusão

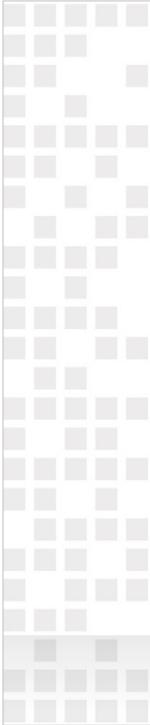
Qualidade e eficiência energética

Aplicação prática de conceitos de controle da
fator potência

Uso de controladores e dispositivos industriais

Que tal?

Exstco
Energia



Obrigado pela atenção!

domingos@exsto.com.br

Exstco
tecnologia

José **Domingos** Adriano
domingos@exsto.com.br



Juca Castelo, 219 Maristela
Santa Rita do Sapucaí - Minas Gerais
37540-000 Brasil
+55 35 3471 6898 / +55 35 3471-3783
www.exsto.com.br