

ESTRUTURA DO SEP

PROF. DR. ALEXANDRE RASI AOKI / MATEUS DUARTE
TEIXEIRA

Agenda

- Sistemas Elétricos de Potência
- Evolução Histórica da Transmissão de Energia Elétrica
- Tensões de Transmissão – Padronização
- Procedimentos de Rede do ONS

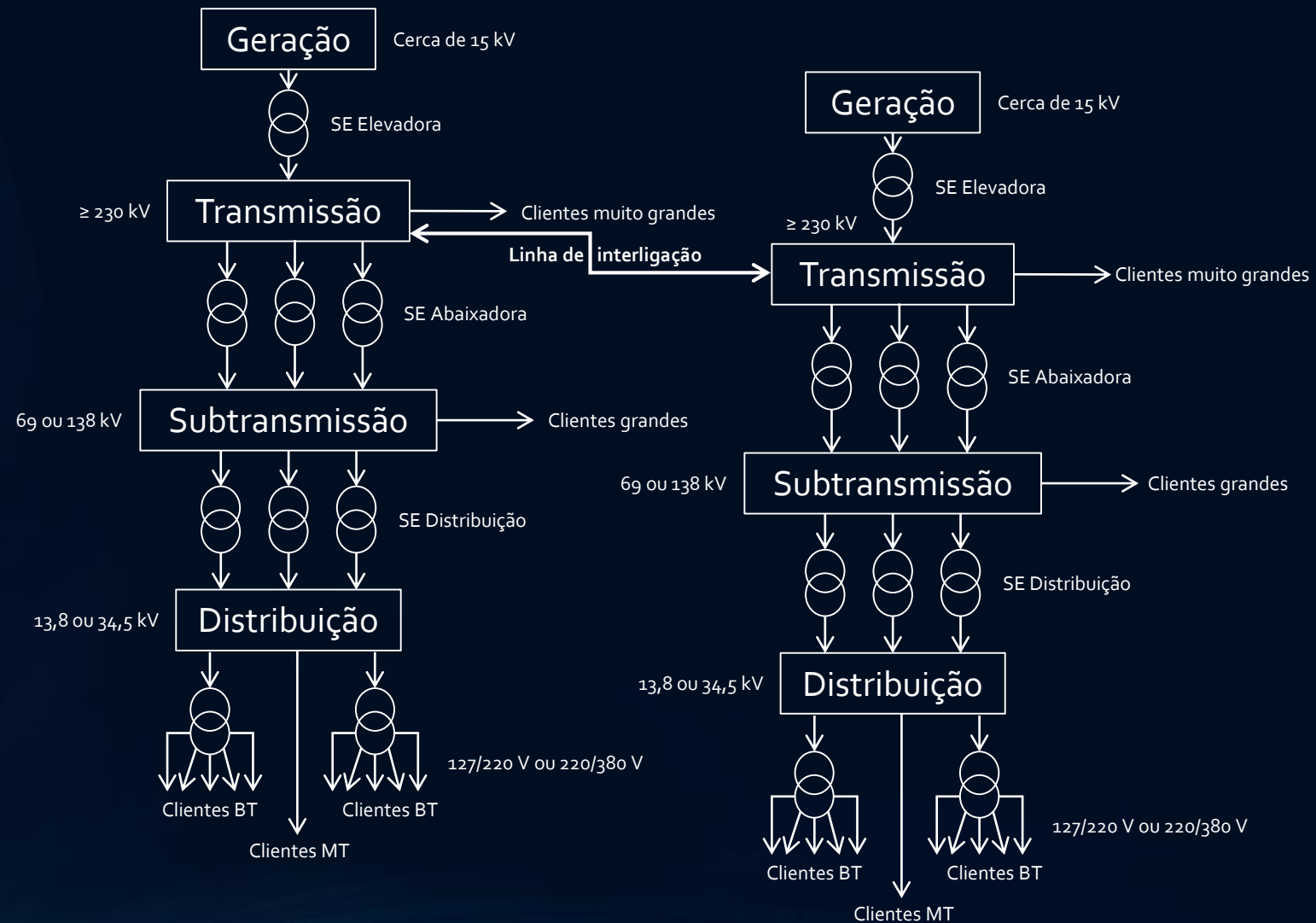


SISTEMAS ELÉTRICOS DE POTÊNCIA

Sistemas Elétricos de Potência

- Conjunto de todas as instalações e equipamentos destinados à geração, transmissão e distribuição de energia elétrica
 - Distribuição
 - Subtransmissão (Alta tensão da distribuição)
 - Transmissão
 - Interligações
 - Geração

Sistemas Elétricos de Potência



AS DIFERENTES MATRIZES ENERGÉTICAS

Sistemas Elétricos de Potência

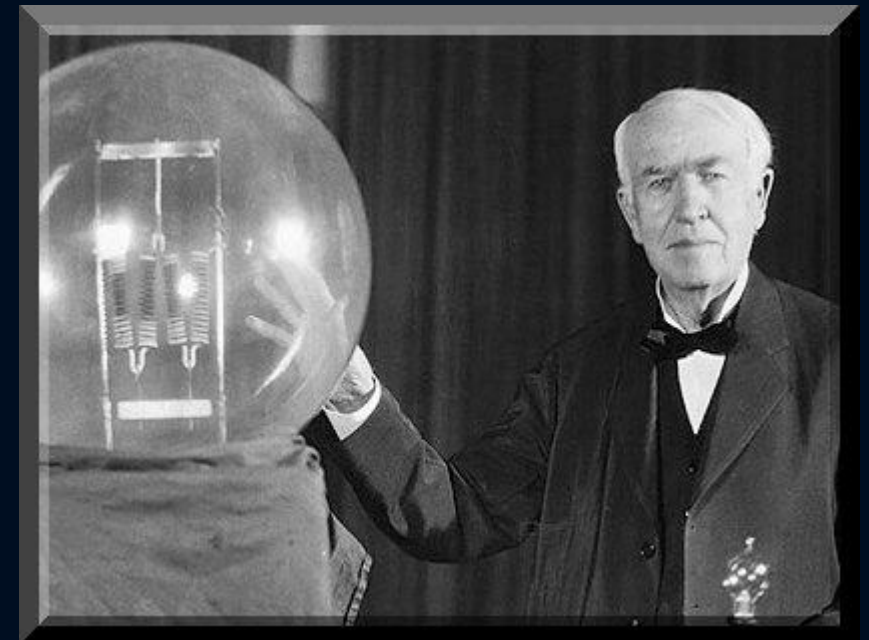
Quadro 1.1 » Tipos de usinas geradoras de energia elétrica

Usina hidroelétrica	Construída onde existe um grande potencial energético por meio de água fluvial
Usina solar	Aproveita o potencial energético via raios solares
Usina eólica	Energia proveniente dos ventos
Usina termoelétrica	Funciona com algum tipo de combustível fóssil como petróleo, gás natural ou carvão
Usina nuclear	Utiliza materiais radioativos que, por meio de uma reação nuclear, produzem calor
Usina maremotriz	Utiliza a energia contida no movimento de massas de água devido às marés
Usina geotérmica	Energia gerada a partir do calor proveniente do interior da Terra.

EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

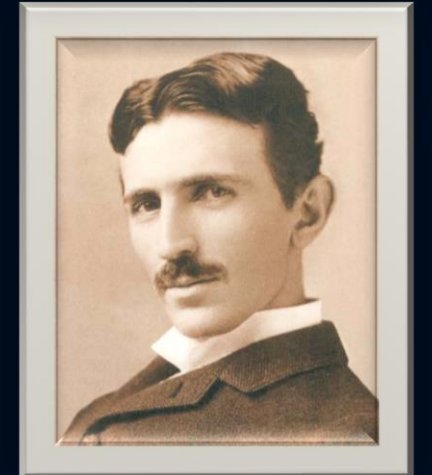
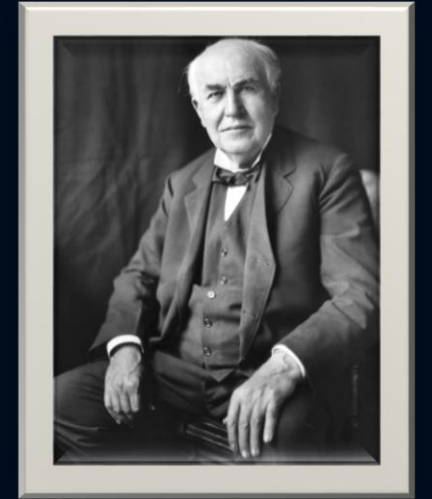
Evolução Histórica da Transmissão de Energia Elétrica

- 1879 Edison inventou a lâmpada a filamento
- 1881 Tesla concebeu o motor CA
- 1882 Edison inaugurou a central elétrica Pearl – Nova York
- 1884 Invenção do transformador CA



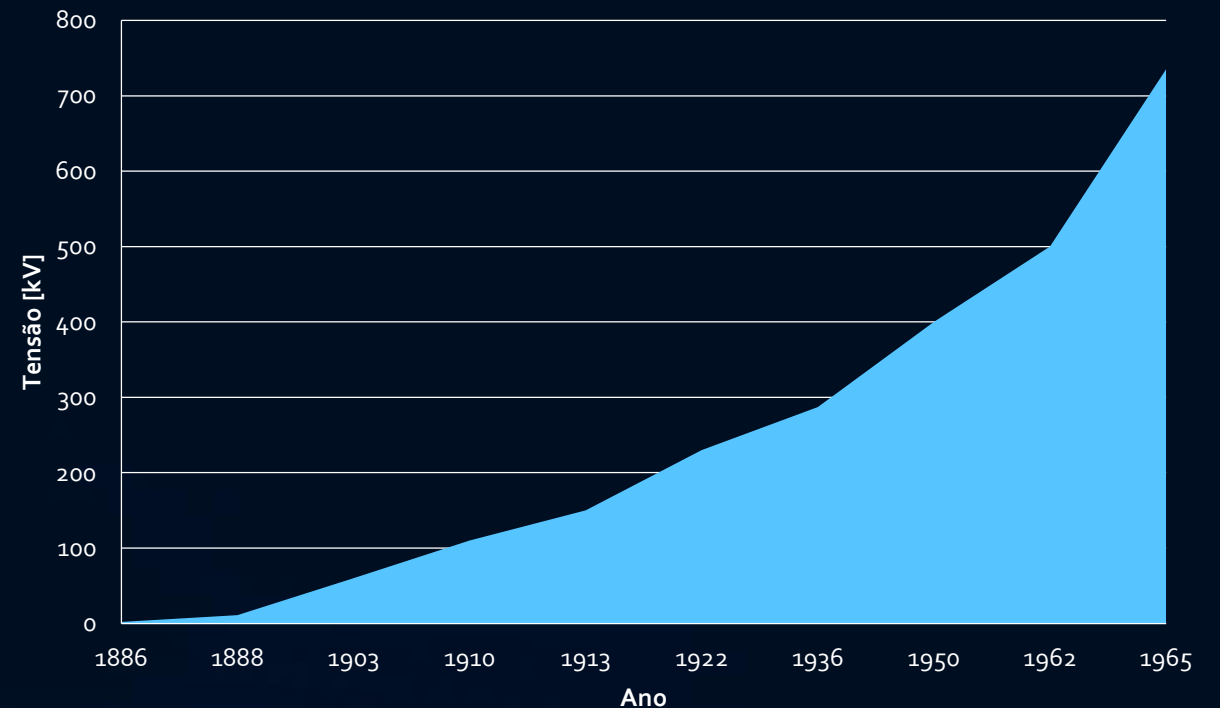
Evolução Histórica da Transmissão de Energia Elétrica

- 1888 – 1890 Batalha das correntes
 - Edison – Corrente Contínua
 - Problema: segurança versus potência
 - Geração distribuída
 - Dificuldade com fornecimentos em longas distâncias
 - Tesla – Corrente Alternada
 - Problema: construir um motor CA
 - Tensão pode ser aumentada e reduzida com transformadores



Evolução Histórica da Transmissão de Energia Elétrica

- 1886 – linha monofásica com 29,5 km na Itália
- 1888 – linha de 11 kV trifásica com 180 km na Alemanha
- 1903 – LTs de 60 kV
- 1910 – LTs de 110 kV
- 1913 – LTs de 150 kV
- 1922 – LTs de 230 kV
- 1936 – LTs de 287 kV
- 1950 – LT de 400 kV com 1000 km na Suécia
- 1962 – LT de 500 kV nos EUA
- 1964 e 1967 – LT de 735 kV no Canadá



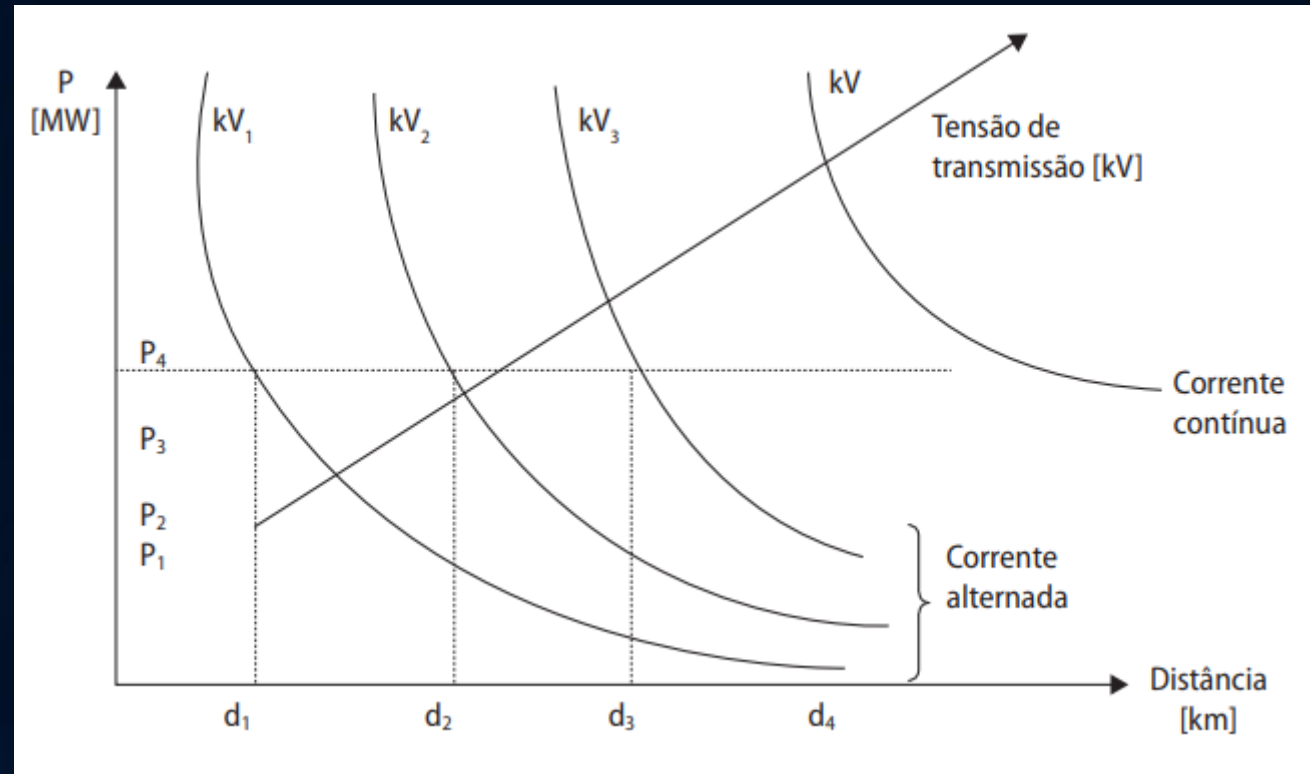
TENSÕES DE TRANSMISSÃO - PADRONIZAÇÃO

Tensões de Transmissão - Padronização

Tabela 1 – Tensão máxima operativa

Classe de tensão [kV]	Tensão máxima operativa [kV]
230	242
345	362
440	460
500 e 525	550
765	800

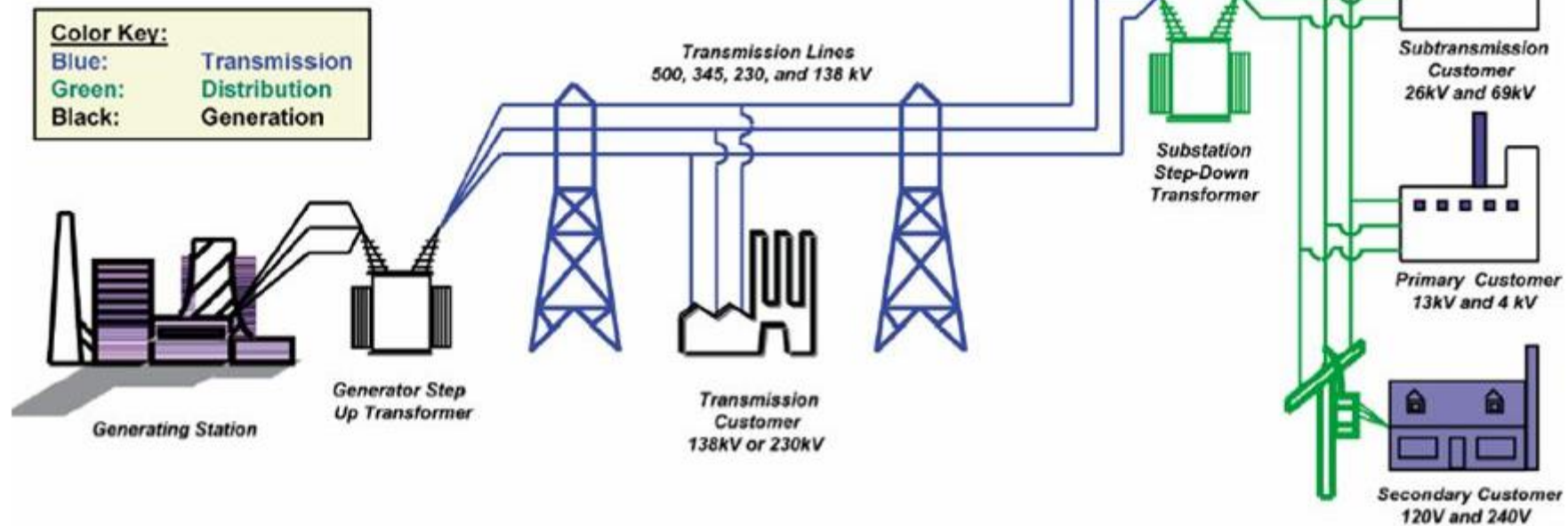
Corrente Alternada ou Corrente Contínua?



DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

A estrutura do sistema elétrico de potência compreende os sistemas de geração, transmissão, distribuição e subestações de energia elétrica.

Basic Structure of the Electric System



STATE-OWNED

- CEA
- CEB
- CEEE
- Celesc
- Cemig
- Cemig (Light)
- Copel
- Eletrobras

PRIVATE

- Energisa – Brazil
- Equatorial – Brazil
- Oliveira Energia/ATEM – Brazil
- CPFL – China (State Grid)
- Enel – Italy
- EDP – Portugal
- Neoenergia (Iberdrola) – Spain



FLUXO DE CARGA

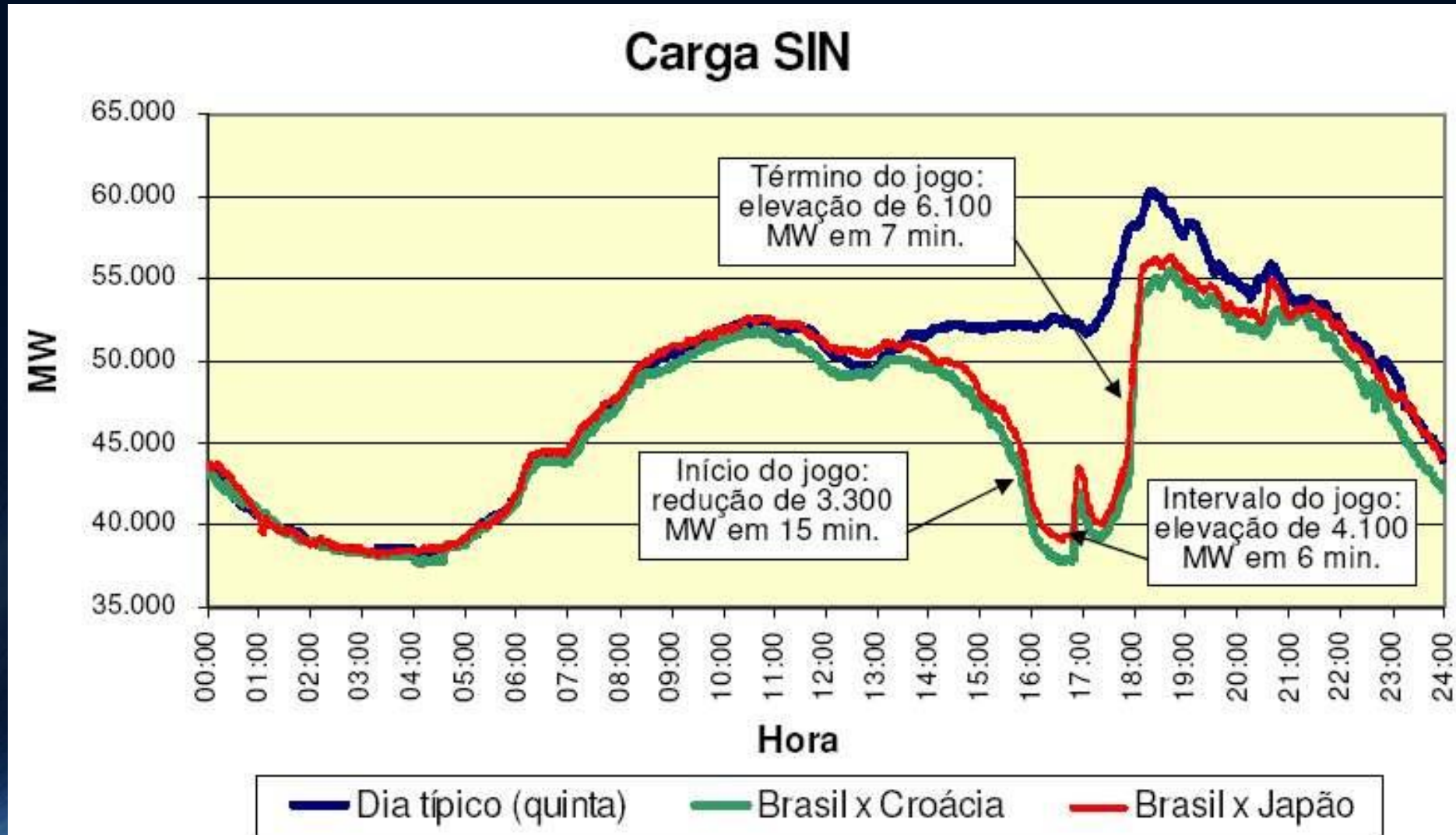
Fluxo de Carga

- Havendo o transporte de energia, seja primária ou secundária, está estabelecido um fluxo de carga entre a fonte de energia e os consumidores.
- Esse fluxo é variável, pois, como o consumo varia a cada momento em função das necessidades dos consumidores, a geração também terá que ser variável.
- A cada instante, a geração de todas as fontes do sistema elétrico terá que se adequar à carga solicitada pelos consumidores.
- Em qualquer análise do sistema elétrico, é fundamental que se conheça o fluxo de carga entre geração e consumo

Equação fundamental de geração e consumo de energia elétrica

$$\begin{array}{l} \text{Energia Elétrica} \\ \text{Gerada} \end{array} = \begin{array}{l} \text{Energia Elétrica} \\ \text{Consumida} \end{array} + \begin{array}{l} \text{Energia Elétrica} \\ \text{Perdida} \end{array}$$

Curva de carga COPA 2006



PROCEDIMENTOS DE REDE DO ONS

Procedimentos de Rede do ONS

- São documentos de caráter normativo elaborados pelo ONS
- Definem os procedimentos e os requisitos necessários à realização das atividades de:
 - Planejamento da operação eletroenergética
 - Administração da transmissão
 - Programação e operação em tempo real no âmbito do SIN
- Os principais objetivos dos Procedimentos de Rede são:
 - Legitimar, garantir e demonstrar a transparência, integridade, equanimidade, reprodutibilidade e excelência da operação do SIN
 - Estabelecer, com base legal e contratual, as responsabilidades do ONS e dos Agentes de Operação, no que se refere a atividades, insumos, produtos e prazos dos processos de operação do sistema elétrico
 - Especificar os requisitos técnicos contratuais exigidos nos Contratos de Prestação de Serviços de Transmissão - CPST, dos Contratos de Conexão ao Sistema de Transmissão - CCT e dos Contratos de Uso do Sistema de Transmissão - CUST

Procedimentos de Rede do ONS

- 26 módulos
- <http://ons.org.br/paginas/sobre-o-ons/procedimentos-de-rede/vigentes>

Procedimentos de Rede do ONS

Módulos funcionais dos *Procedimentos de Rede*

- 2 – Requisitos mínimos para instalações e gerenciamento de indicadores de desempenho da rede básica e de seus componentes
- 3 – Acesso aos sistemas de transmissão
- 4 – Ampliações e reforços
- 5 – Consolidação da previsão de carga
- 6 – Planejamento e programação da operação elétrica
- 7 – Planejamento da operação energética
- 8 – Programação diária da operação eletroenergética
- 9 – Recursos hídricos e meteorologia
- 10 – Manual de Procedimentos da Operação
- 11 – Proteção e controle
- 12 – Medição para faturamento
- 13 – Telecomunicações
- 14 – Administração dos serviços ancilares
- 15 – Administração de serviços e encargos de transmissão
- 16 – Acompanhamento de manutenção
- 21 – Estudos para reforço da segurança operacional elétrica, controle sistêmico e integração de instalações
- 22 – Análise de ocorrências e perturbações
- 25 – Apuração dos dados, relatórios da operação do Sistema Interligado Nacional e indicadores de desempenho
- 26 – Modalidade de operação de usinas

Procedimentos de Rede do ONS

Módulo multifuncional dos *Procedimentos de Rede*

24 – Processo de integração de instalações

Módulos complementares dos *Procedimentos de Rede*

1 – O Operador Nacional do Sistema Elétrico e os *Procedimentos de Rede*¹

18 – Sistemas e modelos computacionais

19 – Identificação, tratamento e penalidades para as não-conformidades

20 – Glossário de termos técnicos

23 – Critérios para estudos

Sistemas de energia elétrica (GTD): passado e presente

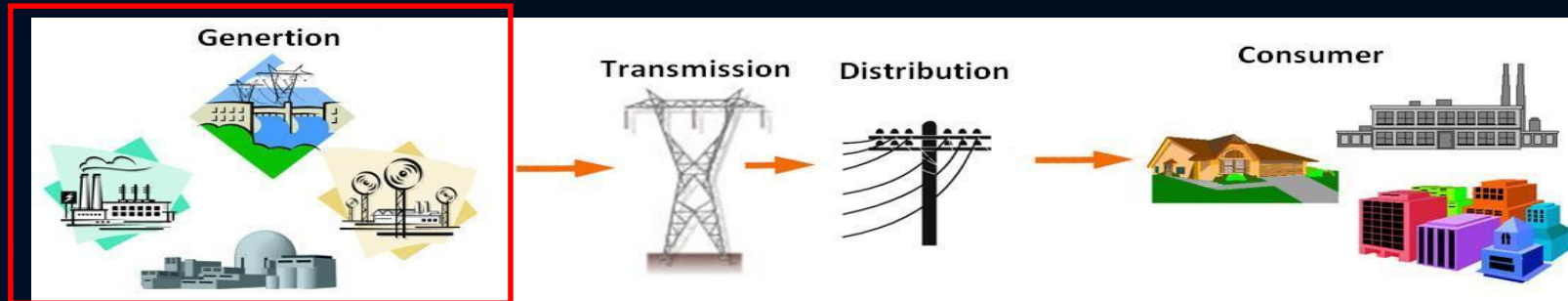
Principais características:

- Geração centralizada de grande porte (afastada dos centros consumidores);
- Médio/Alto nível de automatização e monitoramento nos sistemas de transmissão e geração;
- Baixo nível de automatização e monitoramento nos sistemas de distribuição;
- Consumidor final passivo (sem possibilidades de interação e tomada de decisão);
- Modelos de negócio apresentando poucas oportunidades de prestação de novos serviços.

Quais são os principais motivadores para as mudanças?

- Crescente aumento da demanda por energia elétrica;
- Esgotamento de recursos primários para geração (necessidade de diversificação da matriz energética);
- Necessidade de redução da emissão de gases de efeito estufa (CO₂);
- Interesses econômicos e governamentais;
- Sistemas com equipamentos relativamente antigos (deterioração);
- A sociedade digital exige melhores índices de confiabilidade e qualidade de energia (consumidores mais cientes e cargas mais sensíveis);
- Consumidor mais cientes dos seus direitos (exigentes).

Quais são as potenciais mudanças nos sistemas atuais?



Impacto nos sistemas de geração:
Moderado

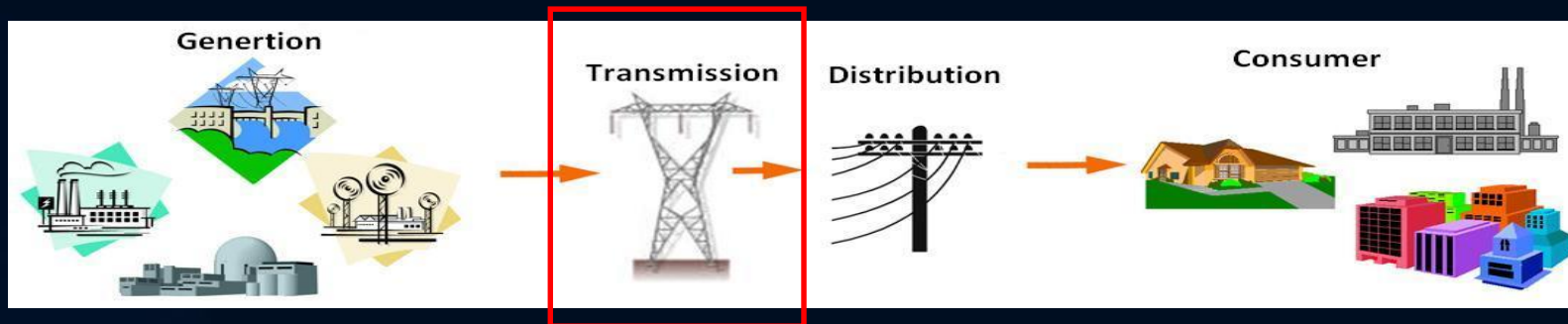
Passado/Presente:

- Principalmente geração centralizada de grande porte

Futuro (potencial):

- Geração centralizada de grande porte combinada com a geração distribuída (principalmente envolvendo novas fontes renováveis – eólica e solar)

Quais são as potenciais mudanças nos sistemas atuais?



Impacto nos sistemas de transmissão: **Moderado**

Passado/Presente:

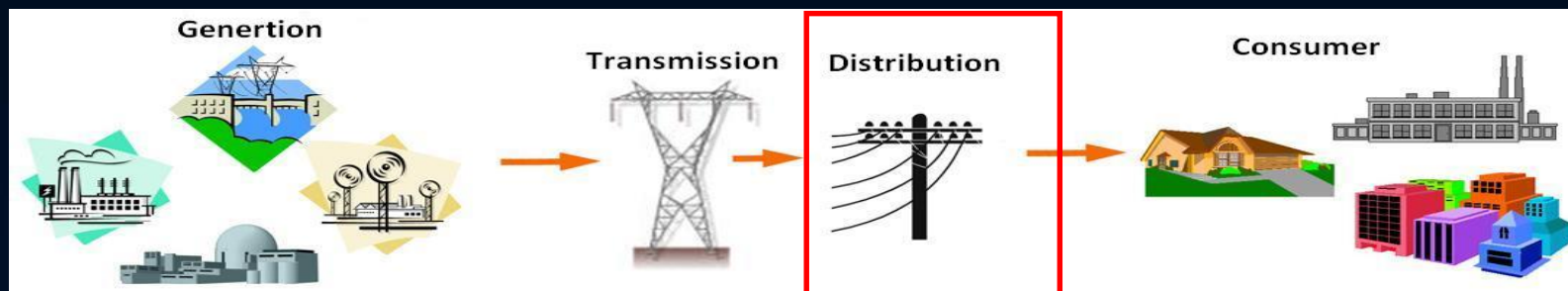
- Boa parte dos equipamentos monitorados manualmente
- Limitadas opções de controle durante contingências (defeitos)
- Não opera de forma proativa para diagnosticar potenciais problemas (atuação reativa)
- Restauração manual

Futuro (potencial):

- Mais tecnologias de medição/monitoramento (por exemplo medição sincronizada via GPS (**PMUs** – *Phasor Measurement Units*))
- Mais flexibilidades de controle via eletrônica de potência (FACTS, **HVDC**)
- Sistemas de monitoramento, proteção e controle abrangente – Wide Area (**WAMS**/WAMPAC)

ONS: A sua fase inicial compreende a instalação de PMUs em 31 subestações do SIN para monitorar 181 terminais de linhas de transmissão, incluídas no Plano de Modernização de Instalações (PMI) 2014-2017.

Quais são as potenciais mudanças nos sistemas atuais?



Impacto nos sistemas de distribuição: **Alto**

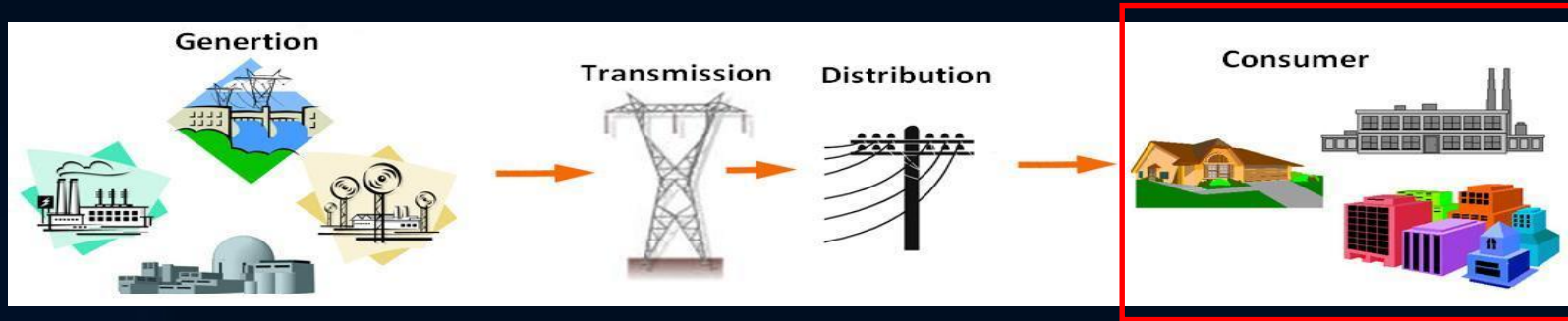
Passado/Presente:

- Equipamentos monitorados manualmente
- Sistemas de proteção, controle e monitoramento limitados e localizados.
- Reduzida capacidade de isolamento de faltas
- Furto de energia
- Perdas técnicas elevadas na distribuição de energia
- Confiabilidade estimada
- Rede passiva

Futuro (potencial):

- Equipamentos com monitoramento remoto e automático (soluções integradas para monitoramento da vida útil dos equipamentos)
- Proteção adaptativa
- Soluções integradas de monitoramento e informação do sistema em tempo real para o isolamento de faltas
- Soluções integradas de monitoramento para reduzir o furto de energia
- Sistemas integrados para redução de perdas
- Confiabilidade preditiva
- Geração distribuída

Quais são as potenciais mudanças nos sistemas atuais?



Impacto nos consumidores: **Alto**

Passado/Presente:

- Cargas tradicionais (simples e bem comportadas)
- Impossibilidade em exercer controle direto sobre o uso de energia dos consumidores (pelas concessionárias). Respostas limitadas a programas de eficiência energética
- Falta de conhecimento sobre como os consumidores estão utilizando a energia (para redução e otimização do uso)
- Dificuldades em utilizar geração distribuída e sistemas de armazenamento de energia para melhor aproveitamento do sistema elétrico

Futuro (potencial):

- Dispositivos digitais/microprocessados/eletrônicos
- Soluções de resposta à demanda com controle direto sobre a carga
- Infraestrutura avançada de medição (smart meters)
- Soluções para gerenciamento de energia residencial
- Soluções para integrar recursos associados a distribuição, geração e armazenamento de energia

Hoje...

OBRIGADO

