

# *Sistemas Eléctricos de Potência*

## 2. Introdução a Sistemas Eléctricos de Potência

## 2. Introdução a SEP

- Os Sistemas Elétricos de Potência podem ser definidos como conjunto de equipamentos físicos e elementos de circuitos elétricos conectados, que atuam de modo coordenado, com o intuito de **gerar, transmitir e distribuir Energia Elétrica** aos consumidores.
- De outro modo, podemos dizer que a operação de sistemas elétricos de potência tem como objetivo principal o **suprimento do seu mercado de energia elétrica**, levando-se em conta:
  - **Continuidade;**
  - **Qualidade;**
  - **Economia.**

## 2. Introdução a SEP

- Normalmente, os sistemas elétricos de potência podem ser divididos em três grandes blocos:

### Geração:

- Perfaz a função de converter alguma forma de energia (hidráulica, térmica, etc) em energia elétrica;

### Transmissão:

- Responsável pelo transporte de energia elétrica dos Centros de Produção aos Centros de Consumo, ou até outros sistemas elétricos, interligando-os;

### Distribuição:

- Distribui a energia elétrica recebida do sistema de transmissão aos grandes, médios e pequenos consumidores.

## 2. Introdução a SEP

- A figura 2.1 a seguir, mostra o diagrama unifilar de um sistema elétrico de potência.

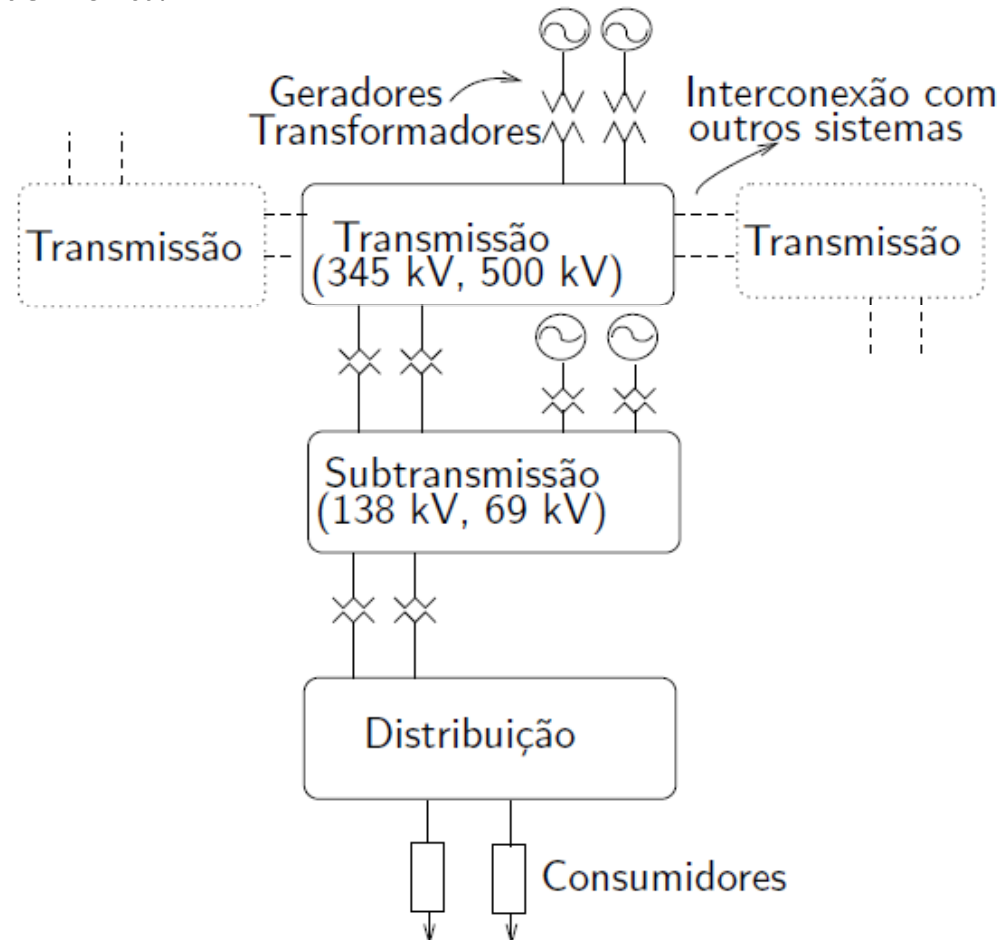


Fig. 2.1: a) Exemplo de Sistema Elétrico de Potência

## 2. Introdução a SEP

- A figura 2.1 a seguir, mostra o diagrama unifilar de um sistema elétrico de potência.

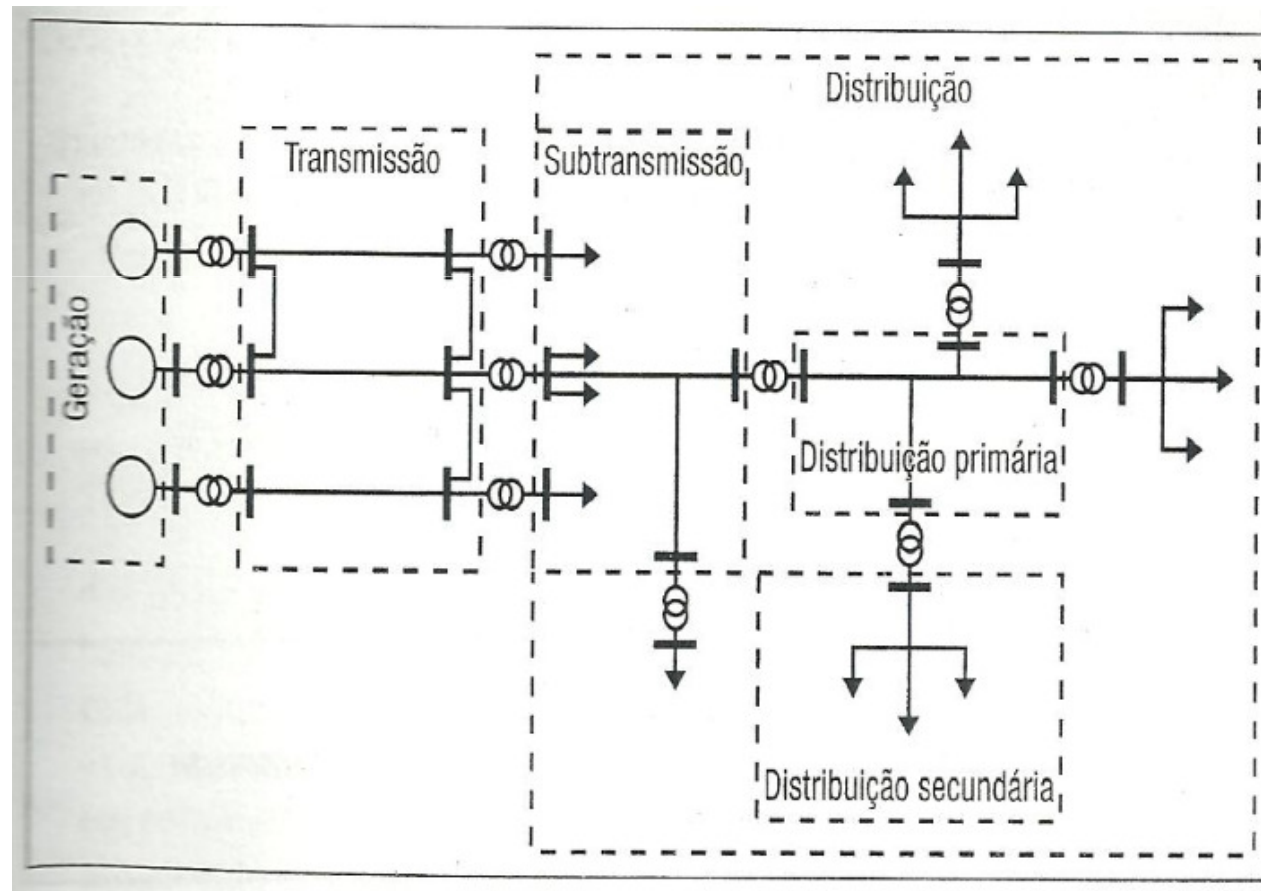


Fig. 2.1: b) Exemplo de Sistema Elétrico de Potência

## 2. Introdução a SEP

- A **transmissão** de Energia Elétrica geralmente é feita em **Corrente Alternada (CA)**, não somente no Brasil, mas no mundo todo. Sendo que a transmissão em **Corrente Contínua (CC)** é menos empregada.
- A facilidade e flexibilidade em alterar os níveis de tensão através de transformadores constitui um dos maiores atrativos dos sistemas CAs (juntamente com os geradores trifásicos síncronos), o que justifica sua ampla utilização.
- Em um sistema de transmissão CC:
  - os geradores CA alimentam a linha CC através de um transformador e de um retificador eletrônico (de alta potência). Um inversor eletrônico transforma a corrente contínua em corrente alternada no fim da linha de transmissão para que a tensão possa ser reduzida pela transformador (*vide* figura a seguir).

## 2. Introdução a SEP

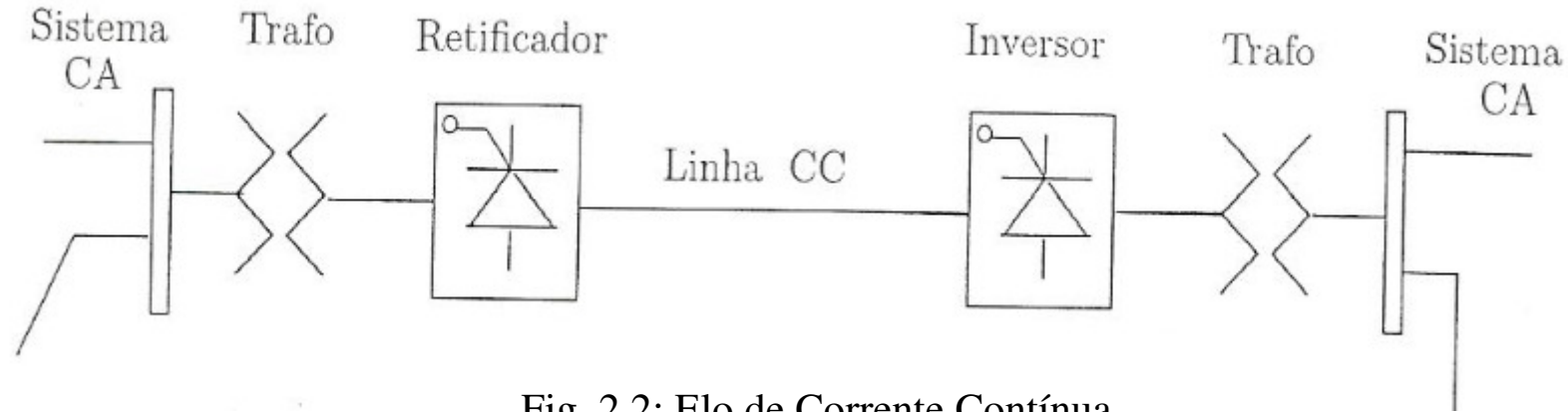


Fig. 2.2: Elo de Corrente Contínua

- A transmissão em Corrente Contínua desempenha um papel importante quando utilizada de maneira complementar a um sistema de Corrente Alternada.
- Para distâncias longas, a transmissão em Corrente Contínua torna-se uma alternativa atraente. Além disso, oferecem melhores possibilidades de controlar o fluxo de potência em condições normais de operação e também em situações transitórias (como controle de estabilidade).

## 2. Introdução a SEP

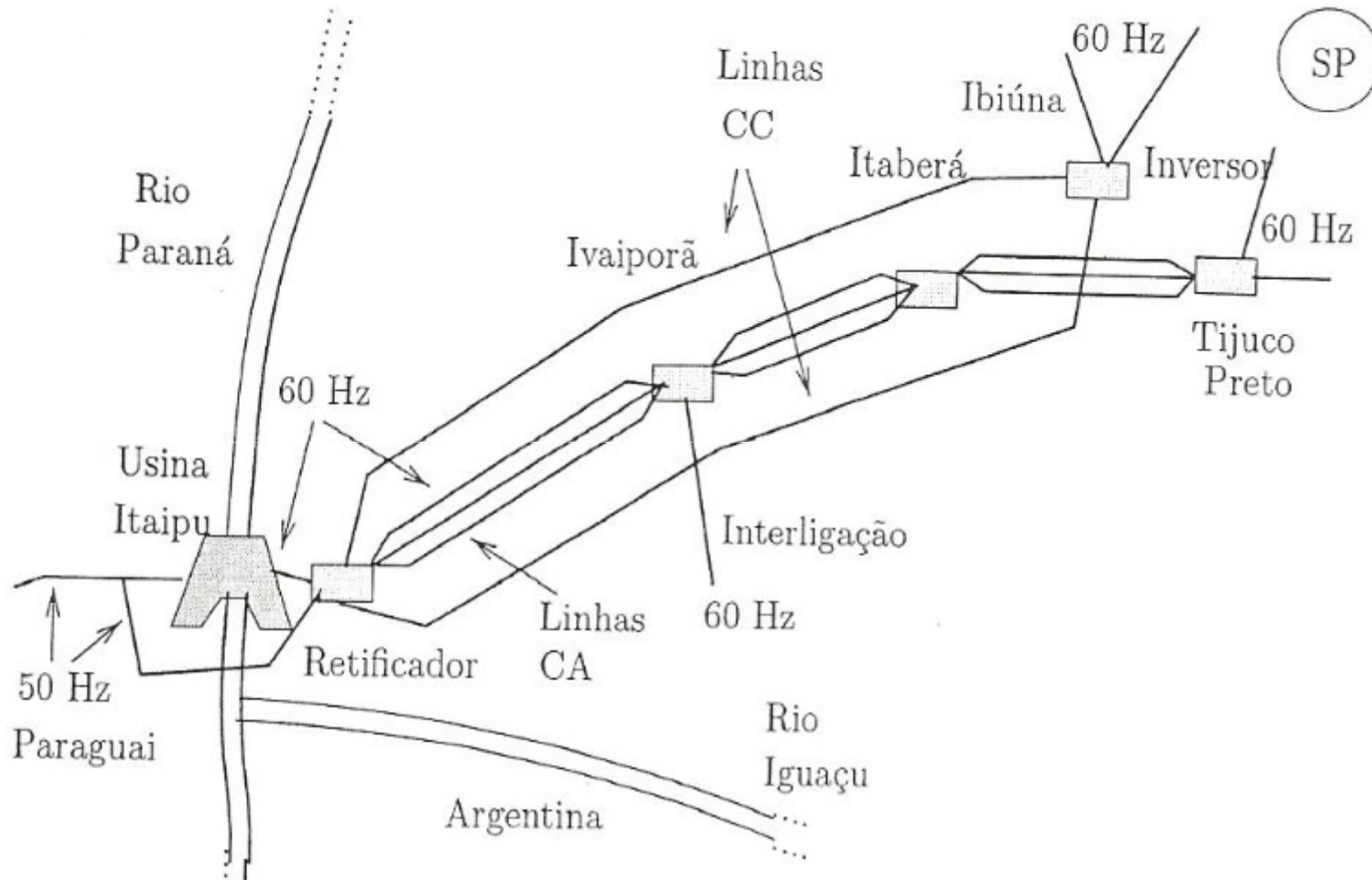


Fig. 2.3: Sistema de Transmissão de Itaipu



## 2.1 Transmissão em Corrente Alternada

- Considere uma linha de transmissão em Corrente Alternada, e que o nível de tensão seja elevadíssimo, isto é, em Extra Alta Tensão (EAT-500kV) ou em Ultra Alta Tensão (UAT-750kV).

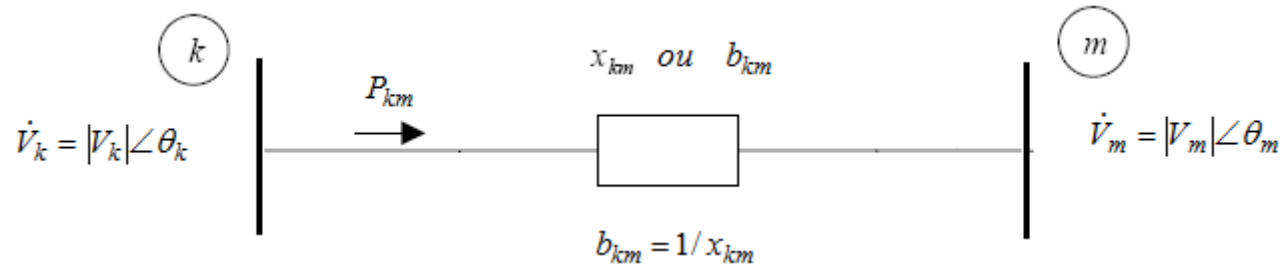


Fig. 2.4: Linha de transmissão em EAT ou UAT

- Para sistemas em EAT e UAT podemos simplificar a expressão do fluxo de potência ativa ( $P_{km}$ ) como:

$$P_{km} \cong \frac{V_k \cdot V_m}{x_{km}} \cdot \text{sen}(\theta_k - \theta_m) \quad W \quad (1)$$

$$P_{km} \cong V_k \cdot V_m \cdot b_{km} \cdot \text{sen}(\theta_k - \theta_m) \quad W$$

- Considerando que os valores de  $V_k$  e  $V_m$  ficam próximo a 1 p.u. de tensão e que as aberturas angulares elétricas em geral são pequenas, temos:

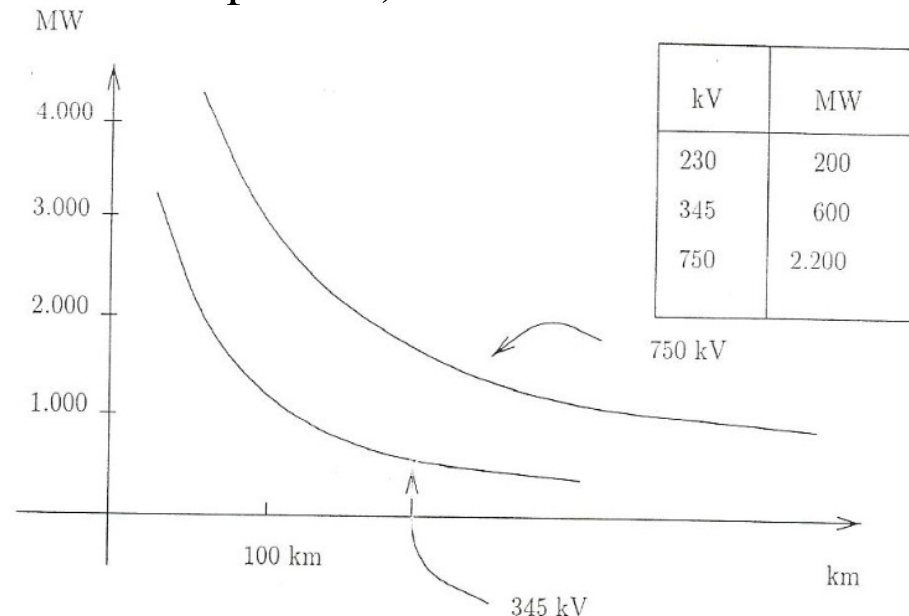
$$P_{km} \cong \frac{(\theta_k - \theta_m)}{x_{km}} = b_{km} \cdot (\theta_k - \theta_m) \quad W \quad (2)$$

## 2.1 Transmissão em Corrente Alternada

- Capacidade de Transmissão

Através da equação (1) vemos que existe um limite máximo de transferência de potência:

- limitado pela abertura angular (menor que  $90^\circ$ );
- limitado pela reatância (ou susceptância) série, isto é, quanto menor a reatância (ou maior a susceptância) maior será a transferência de potência.



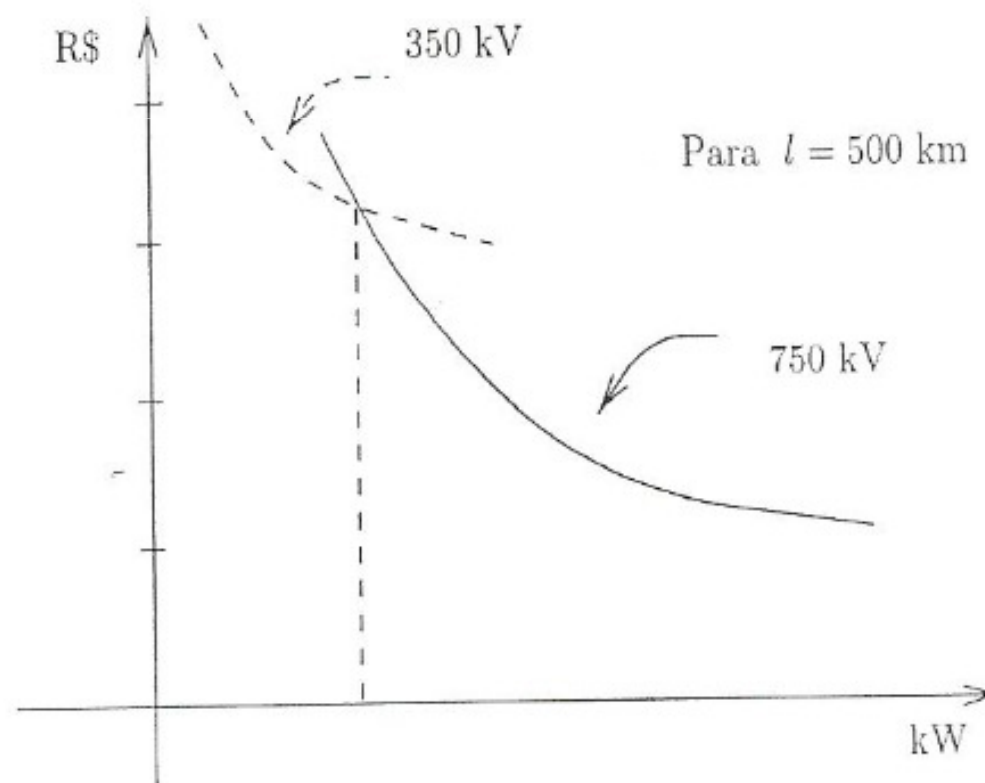
- Como a reatância é diretamente proporcional ao tamanho da linha, **quanto maior o tamanho da linha, menor será a potência transportada**. Para contornar isto, deve-se aumentar o nível da tensão elétrica.

## 2.1 Transmissão em Corrente Alternada

- Custos de Transmissão considerando a distância

Para distâncias curtas, o sistema de 350 kV têm menos custos e por isso mais indicado em tais situações.

Por outro lado, para maiores distâncias, a transmissão no nível de tensão mais elevado passa a ser vantajoso.

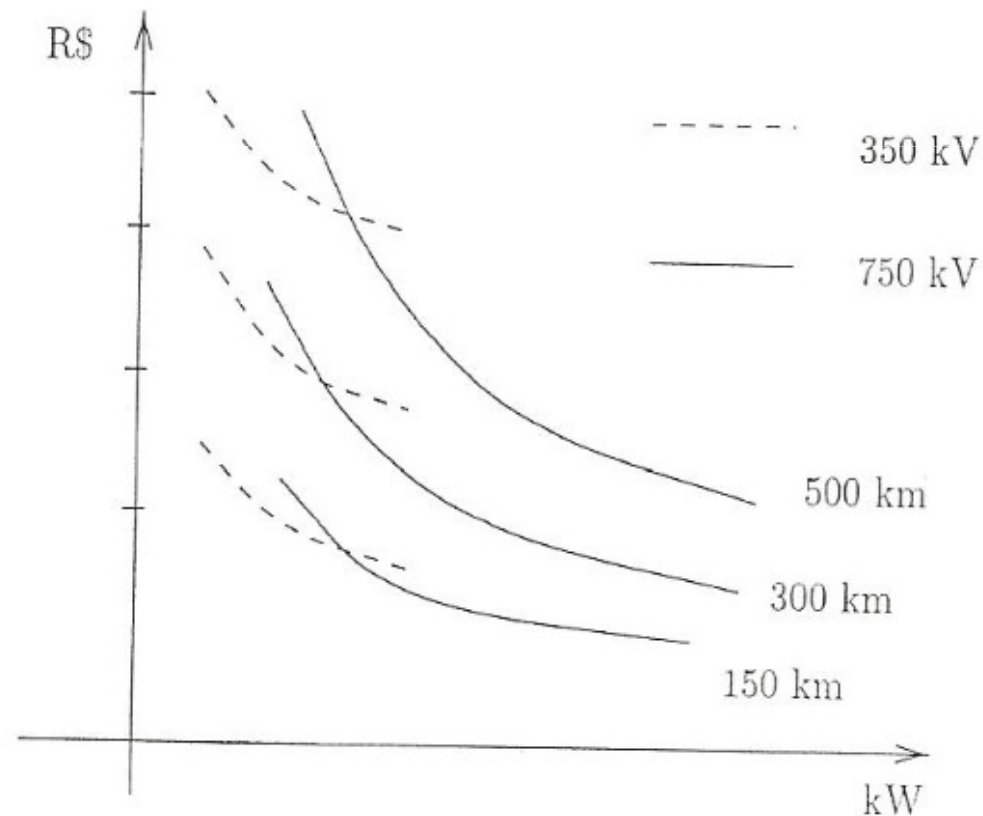


## 2.1 Transmissão em Corrente Alternada

- Custos de Transmissão considerando a distância

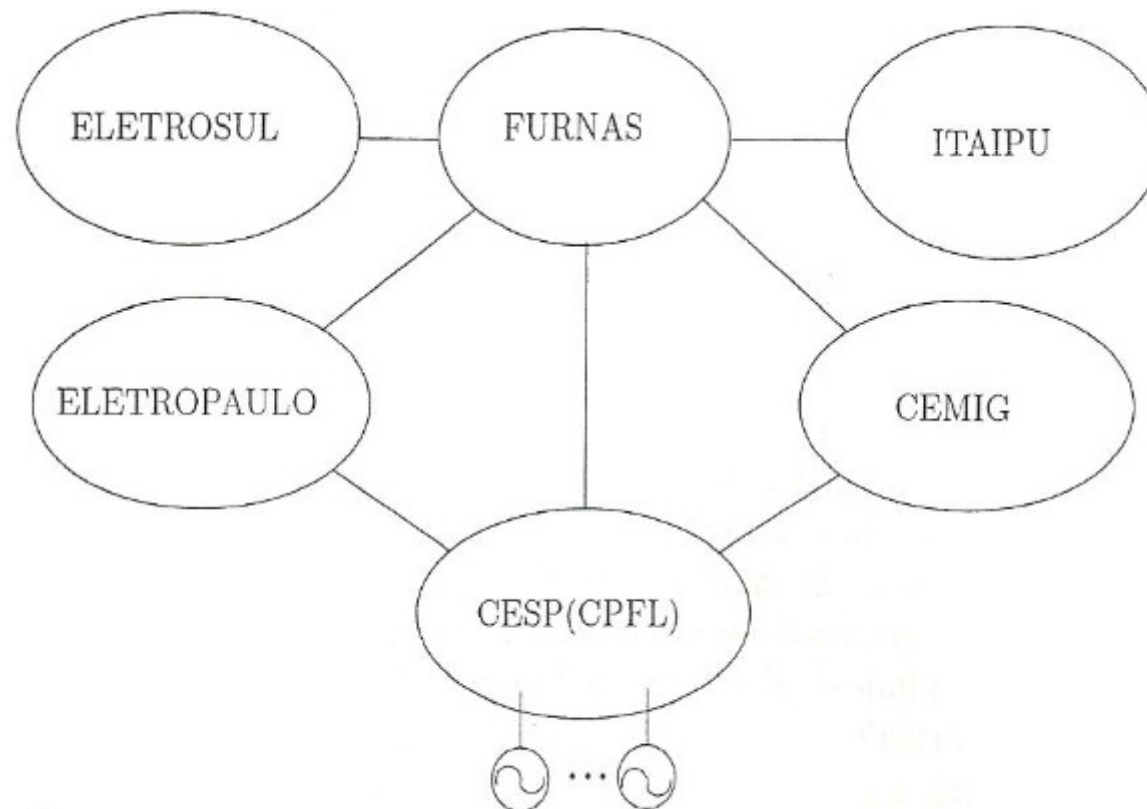
Para distâncias curtas, o sistema de 350 kV têm menos custos e por isso mais indicado em tais situações.

Por outro lado, para maiores distâncias, a transmissão no nível de tensão mais elevado passa a ser vantajoso.



## 2.2 Sistemas Interligados

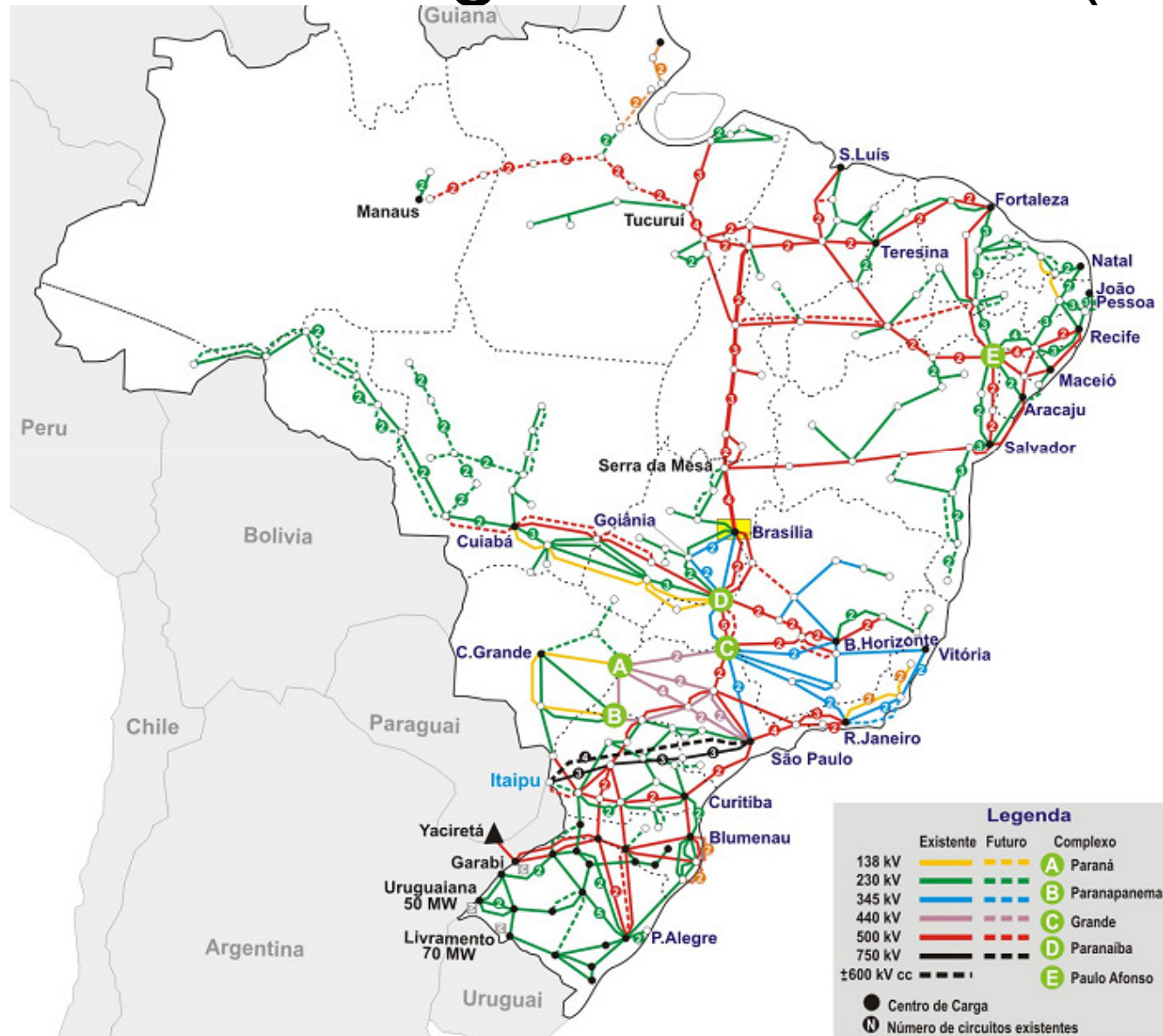
- Inicialmente os sistemas elétricos eram isolados, sendo que a transmissão a longa distância era feita da usina para o centro de consumo, sem quaisquer preocupações ou pretensões em relação aos sistemas de outras empresas.
- Entretanto, os sistemas foram se interligando, resultando em grandes sistemas elétricos interligados com milhares de km de extensão.



## 2.2 Sistemas Interligados

- Vantagens dos Sistemas Interligados:
  - Possibilidade de intercâmbio (sazonal) de energia;
  - Despacho econômico das unidades geradoras interligadas (despacho ótimo);
  - Aumento do número de unidades geradoras;
  - Maior capacidade de suprir demandas de emergência, etc.

# Sistema Interligado Nacional (SIN)



## 2.3 Divisão dos Estudos em SEP

- Geralmente os Estudos em Sistemas Elétricos estão divididos da seguinte forma:

<b>Tipo de Estudo</b>	<b>Período de análise</b>
Transitório Eletromagnético	Milisegundos (0,001 s)
Transitório Eletromecânico	0,1 segundos
Atuação dos Reguladores de velocidade	1 a poucos segundos
Atuação do Controle Automático de Geração	alguns segundos (10s), ou até 100 segundos
Redespacho Econômico	vários minutos
Planejamento da Operação do Sistema	horas; 1 dia; 1 semana ou 1 mês
Planejamento da Expansão do Sistema	5; 20; 30 anos
<b>Estudos em Regime Permanente (fluxo de potência)</b>	-



## Referências Bibliográficas

[1] Monticelli, A. J.; Garcia, A. “Introdução a Sistemas de Energia Elétrica”. Editora UNICAMP, 1<sup>a</sup>. Edição, Campinas, 2003.

[2] Barioni de Oliveira, C.C.; Schmidt, H.P.; Kagan, N.; Robba, E.J. “Introdução a Sistemas Elétricos de Potência: Componentes Simétricas”. Editora Edgard Blucher, 2<sup>a</sup>. Edição, São Paulo, 2000.