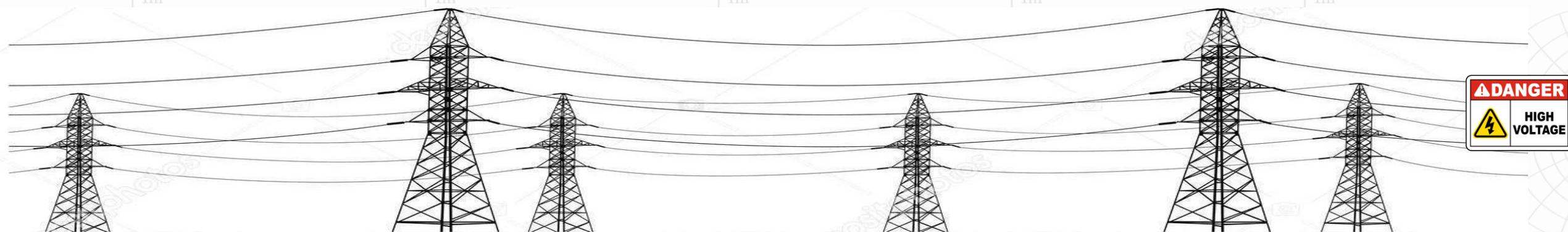




Aula 1: Conceitos básicos de geração, transmissão e distribuição

Prof. Allan Fagner Cupertino

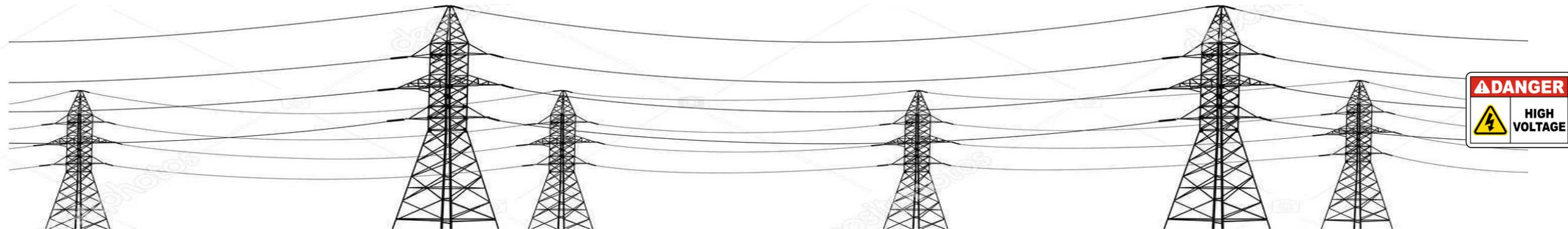


Sumário

- Fundamentos
- Características do sistema elétrico
- Cenário atual do sistema elétrico brasileiro
- (Um resumo) de algumas tecnologias de geração de eletricidade



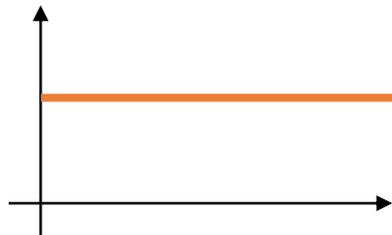
Fundamentos



Corrente contínua versus corrente alternada

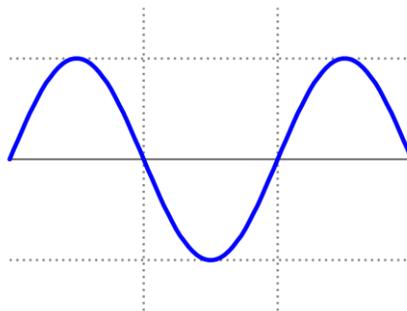
☐ Corrente contínua

- Caracterizada pela sua amplitude



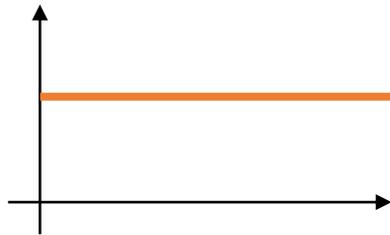
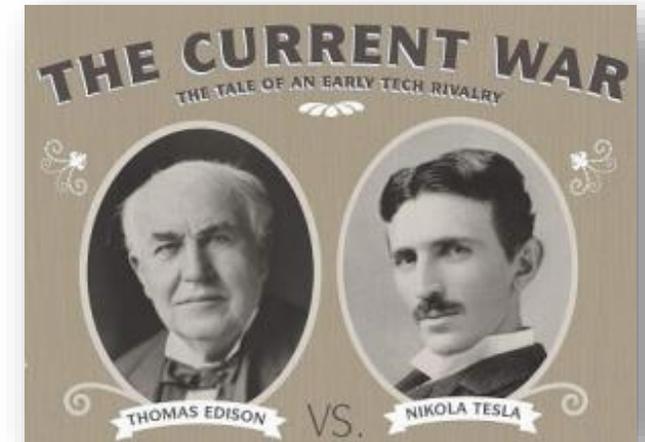
☐ Corrente alternada

- Caracterizada pela seu valor eficaz e frequência;

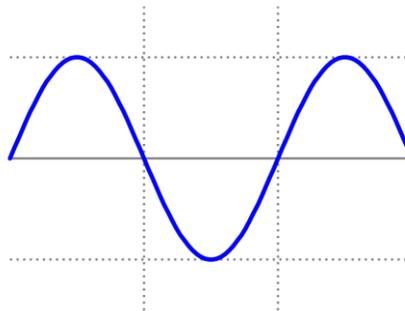


Corrente contínua versus corrente alternada

- ❑ CC versus CA: Batalha das correntes;
- ❑ Qual sistema era mais interessante para a transmissão de energia em longas distâncias?
- ❑ Transformador teve um papel fundamental na decisão!



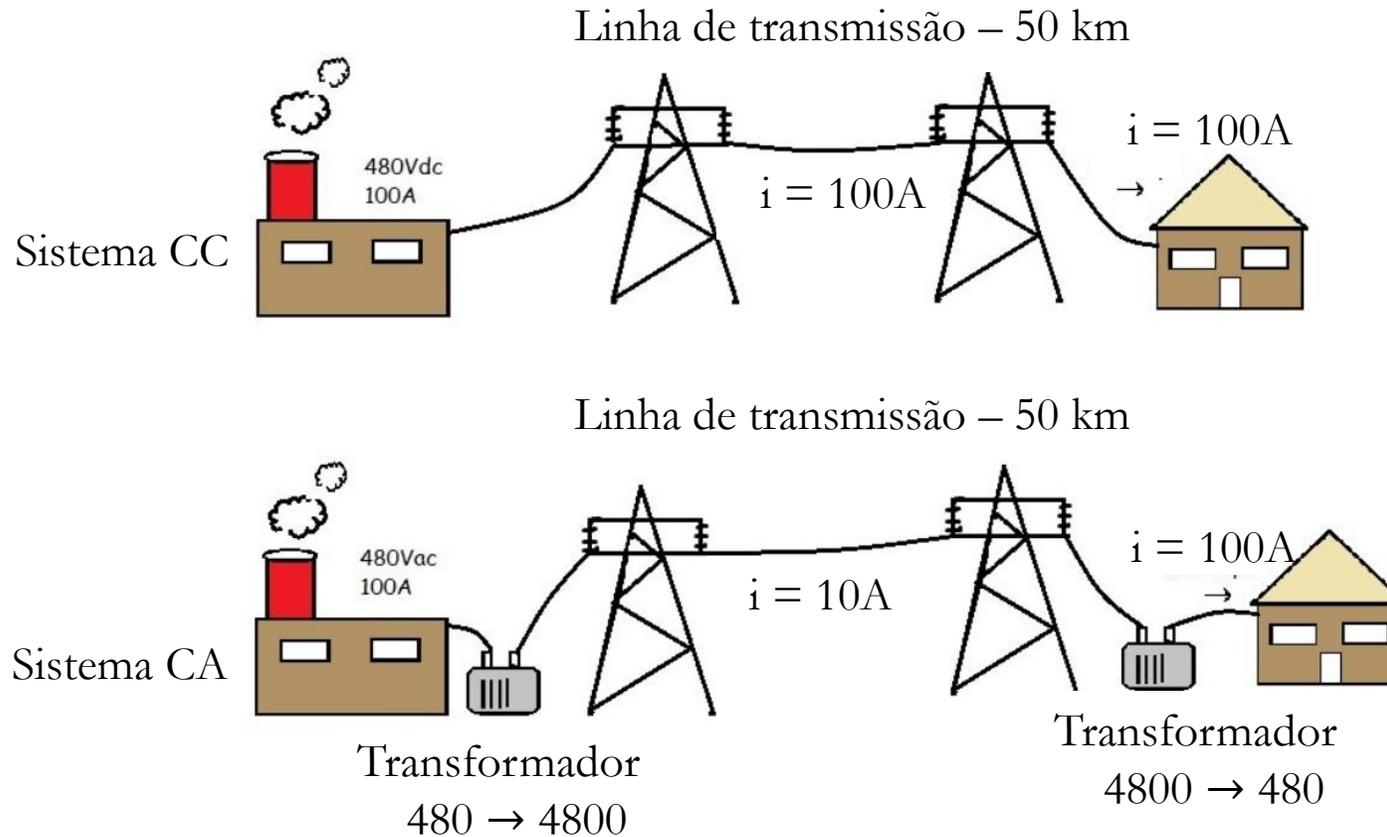
ou



<https://peguru.com/2011/03/ac-dc-power/>

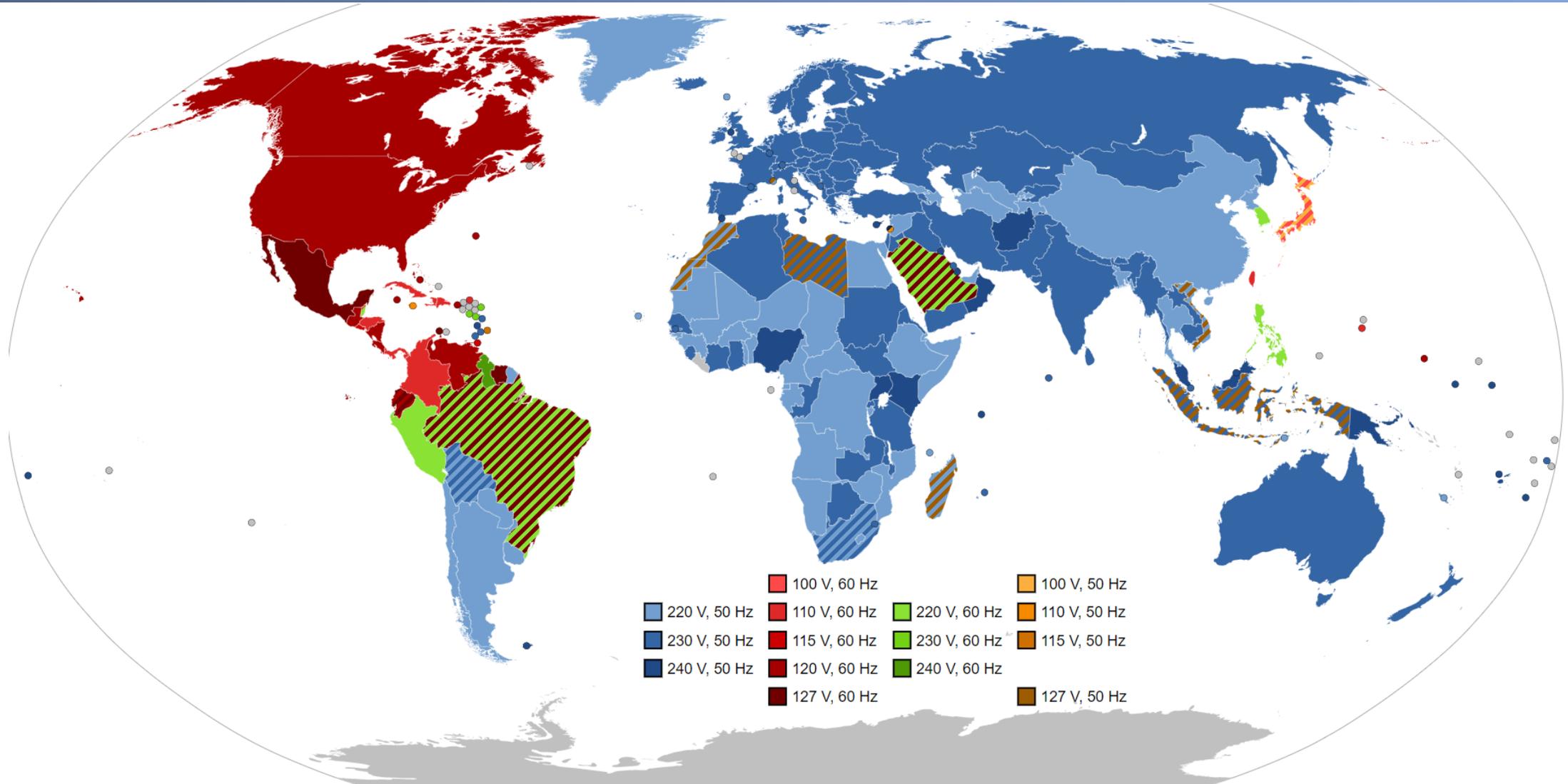
Importância do transformador

- Compare as perdas na transmissão dos sistemas de transmissão a seguir.



<https://peguru.com/2011/03/ac-dc-power/>

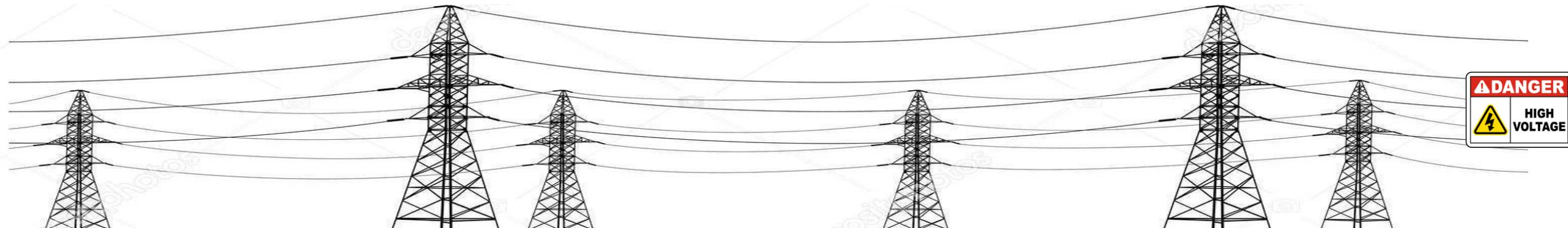
Níveis de tensão e frequência empregados no mundo



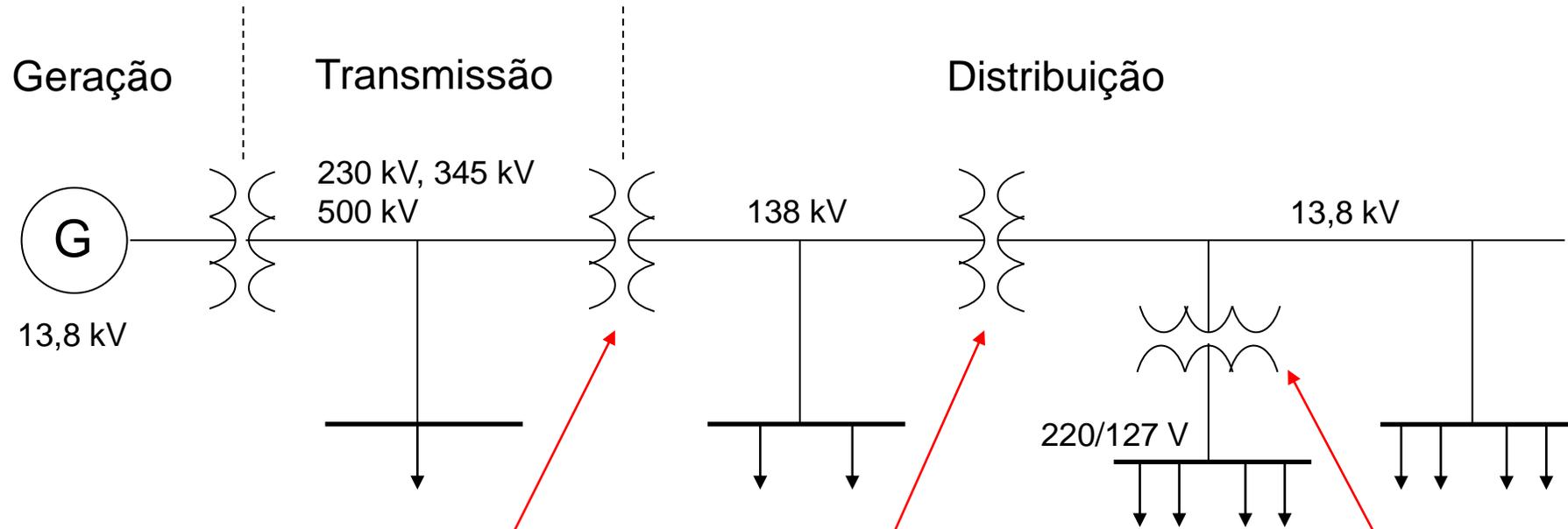
Fonte: https://en.wikipedia.org/wiki/Mains_electricity_by_country.



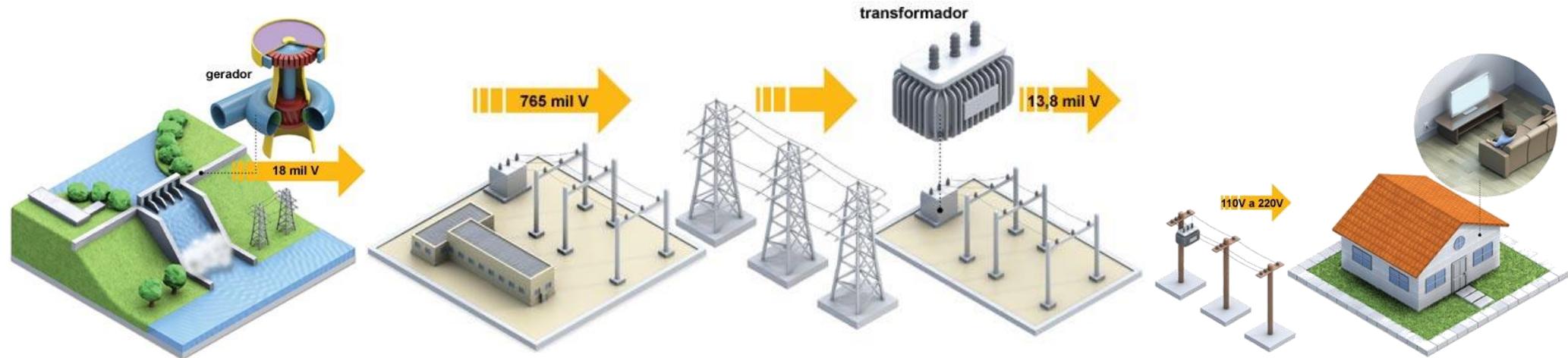
Características do sistema elétrico



Geração, Transmissão e Distribuição



Geração, Transmissão e Distribuição



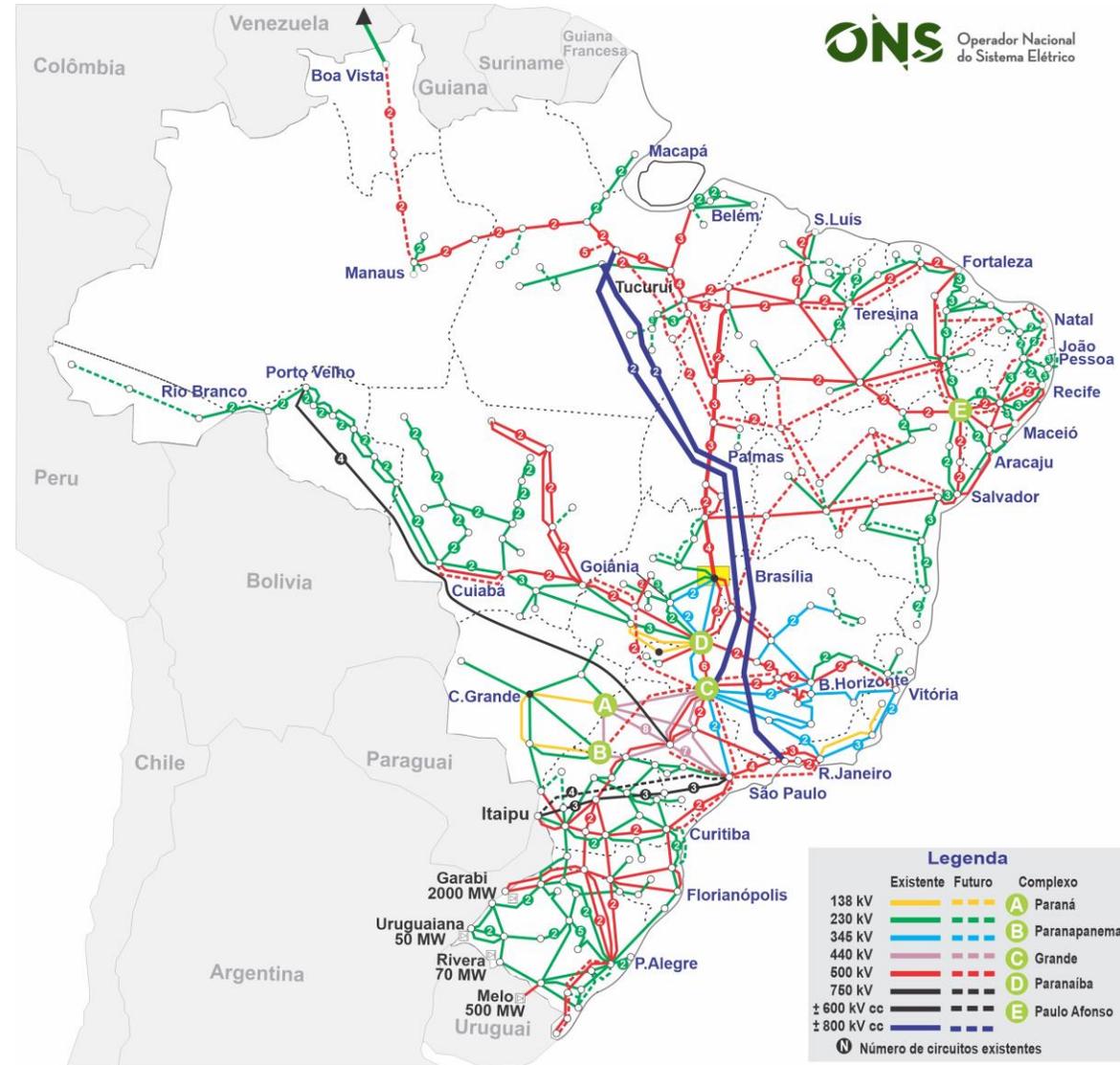
As etapas de Geração, Transmissão, Distribuição e da utilização da energia elétrica, podem ser assim representadas:



Exemplos: Sistema de distribuição



Sistema interligado nacional - SIN



Fonte: ONS.

Níveis de tensão empregados no Brasil

220/127 Volts

208/120 Volts

380/220 Volts

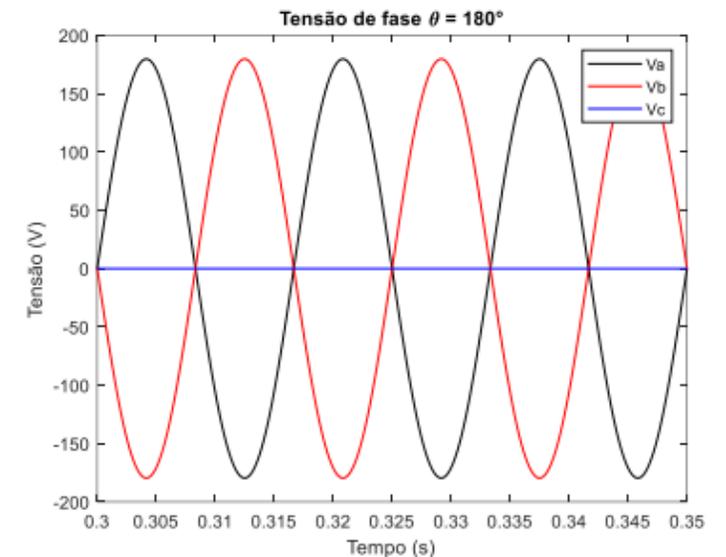
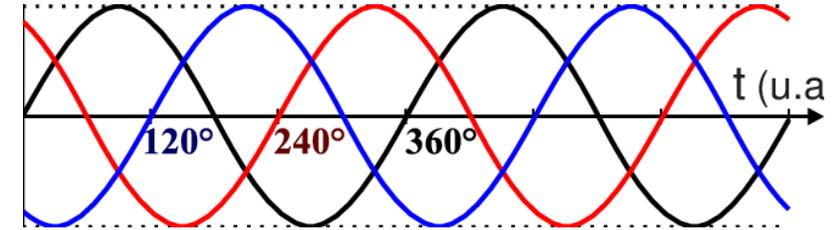
220/110 Volts

440/220 Volts

230/115 Volts

240/120 Volts

254/127 Volts



Fonte: <https://www.aneel.gov.br/tensoes-nominais>

Níveis de tensão empregados no Brasil

220/127 Volts

208/120 Volts

380/220 Volts

220/110 Volts

440/220 Volts

230/115 Volts

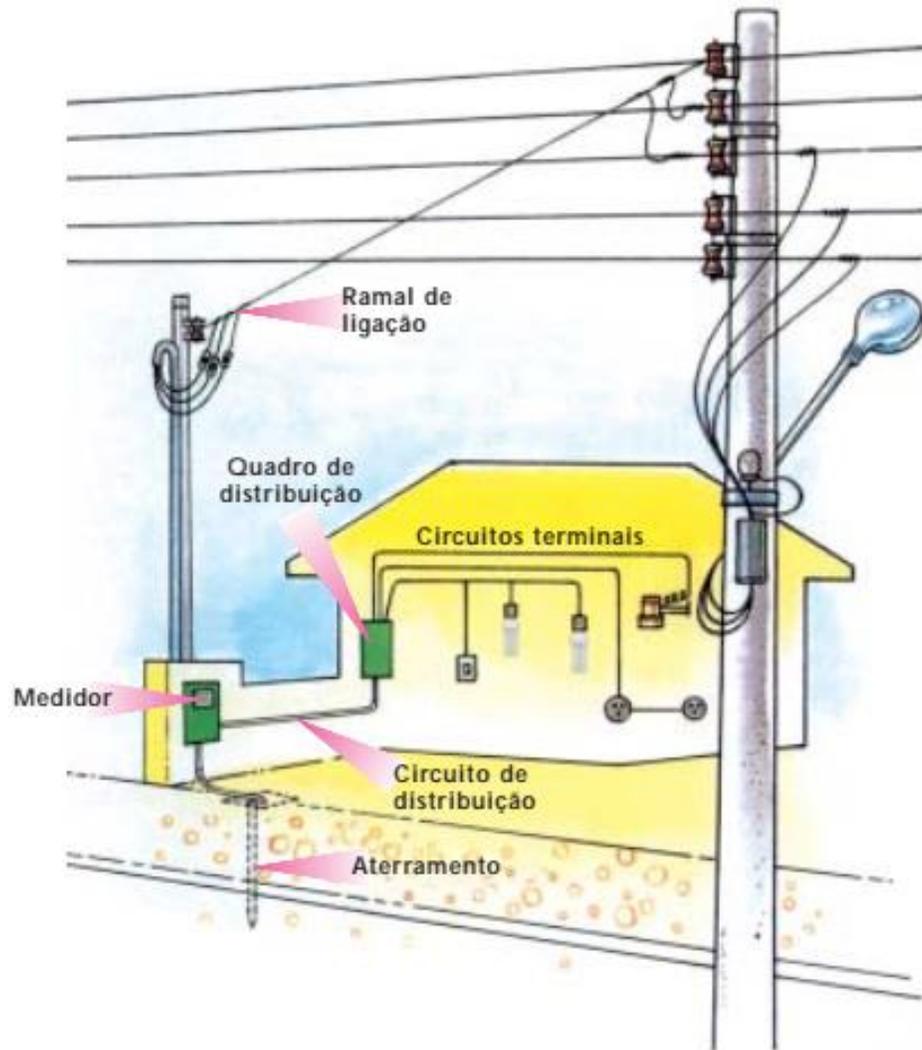
240/120 Volts

254/127 Volts



Fonte: <https://www.aneel.gov.br/tensoes-nominais>

Exemplo de ramal de entrada - Elektro



Nas áreas de concessão da ELEKTRO, se a potência ativa total for:

Até 12000W



Fornecimento monofásico

- feito a dois fios: uma fase e um neutro
- tensão de 127V

Acima de 12000W até 25000W

Fornecimento bifásico
- feito a três fios: duas fases e um neutro
- tensões de 127V e 220V



Acima de 25000W até 75000W

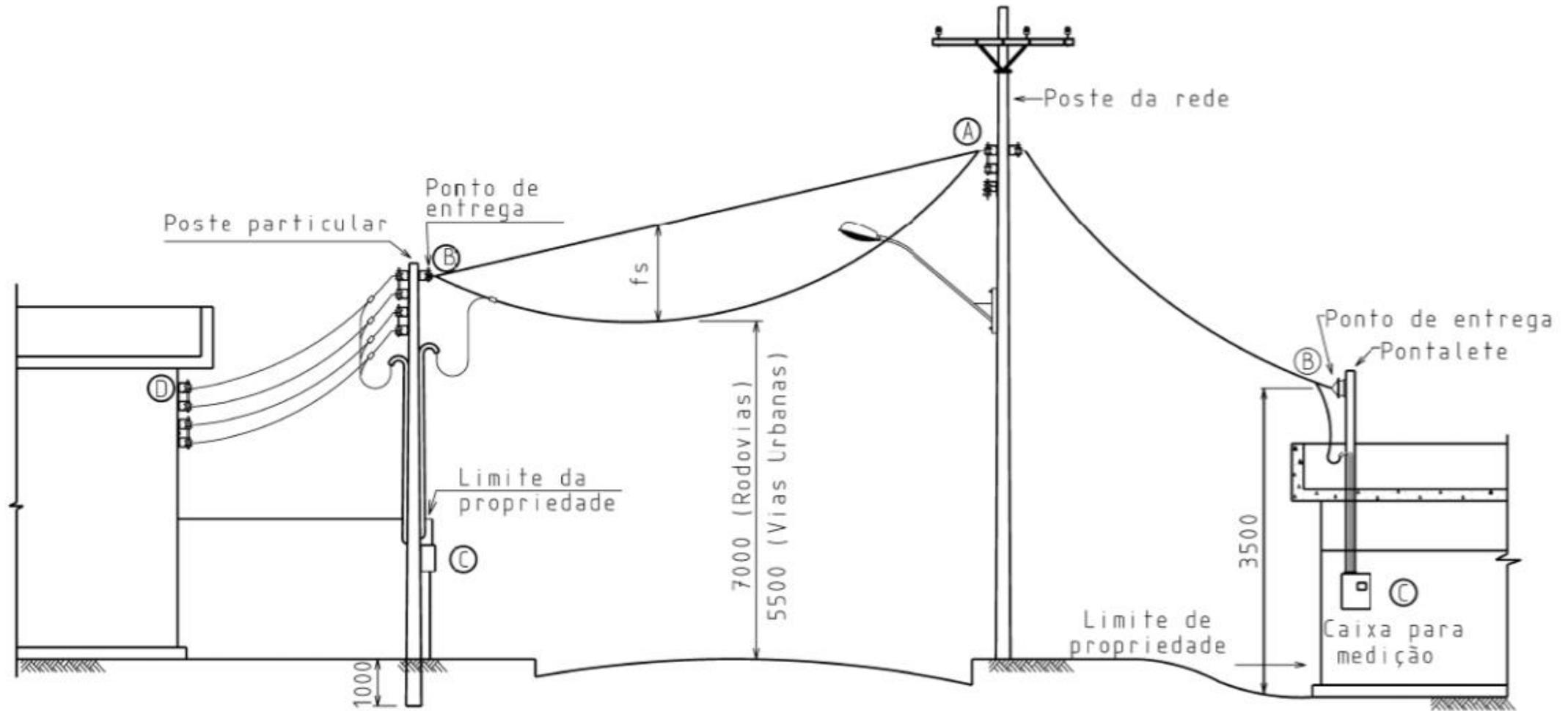


Fornecimento trifásico

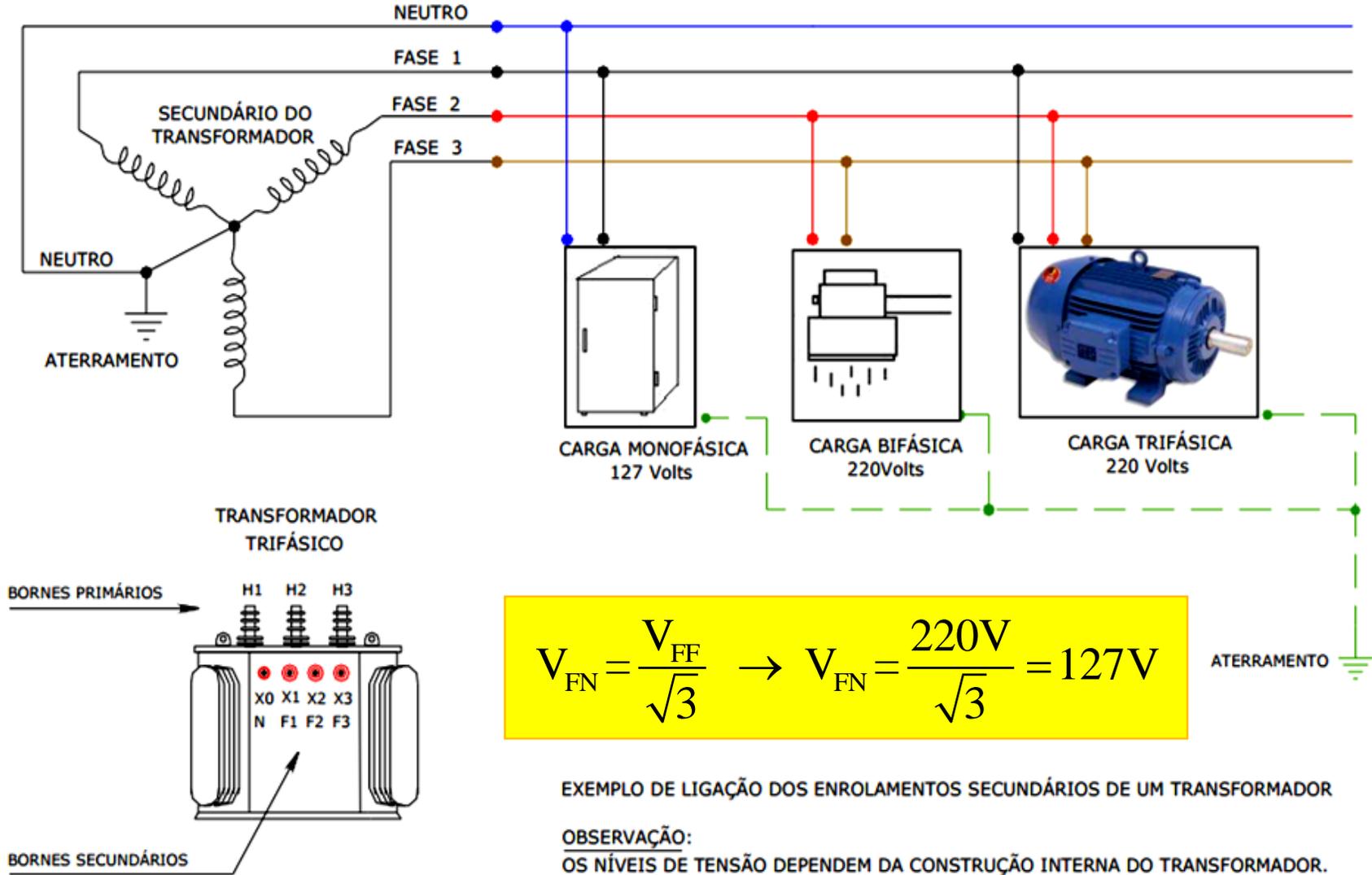
- feito a quatro fios: três fases e um neutro
- tensões de 127V e 220V

Fonte: Prismian. "Instalações elétricas residenciais". 2003.

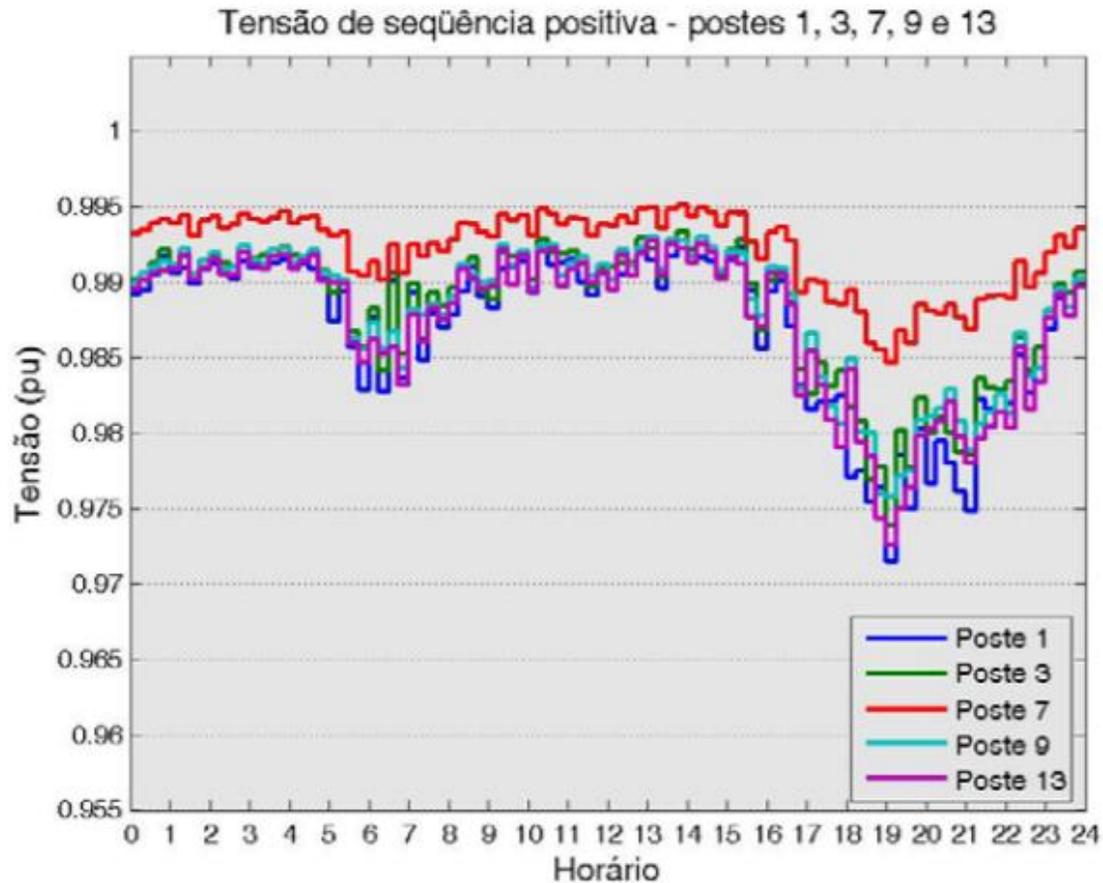
Exemplo de ramal de entrada - CEMIG



Exemplo de ligação de cargas



A tensão eficaz é constante?



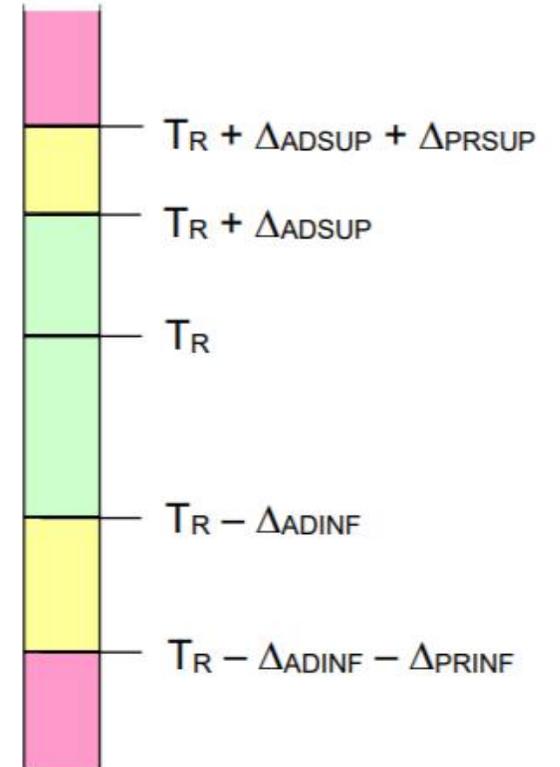
Tensão crítica

Tensão precária

Tensão adequada

Tensão precária

Tensão crítica



Fontes:

[1] M. F. dos Santos “Análise de desempenho de uma rede de distribuição de energia elétrica em baixa tensão alternada e contínua”. Dissertação de mestrado - UFMG

[2] ANEEL. Módulo 8 do Prodist. Qualidade de energia elétrica.

A tensão eficaz é constante?

Tabela 4 – Pontos de conexão em Tensão Nominal igual ou inferior a 1 kV (220/127)

Tensão de Atendimento (TA)	Faixa de Variação da Tensão de Leitura (Volts)
Adequada	$(202 \leq TL \leq 231) / (117 \leq TL \leq 133)$
Precária	$(191 \leq TL < 202 \text{ ou } 231 < TL \leq 233) / (110 \leq TL < 117 \text{ ou } 133 < TL \leq 135)$
Crítica	$(TL < 191 \text{ ou } TL > 233) / (TL < 110 \text{ ou } TL > 135)$

Tabela 5 – Pontos de conexão em Tensão Nominal igual ou inferior a 1 kV (380/220)

Tensão de Atendimento (TA)	Faixa de Variação da Tensão de Leitura (Volts)
Adequada	$(350 \leq TL \leq 399) / (202 \leq TL \leq 231)$
Precária	$(331 \leq TL < 350 \text{ ou } 399 < TL \leq 403) / (191 \leq TL < 202 \text{ ou } 231 < TL \leq 233)$
Crítica	$(TL < 331 \text{ ou } TL > 403) / (TL < 191 \text{ ou } TL > 233)$

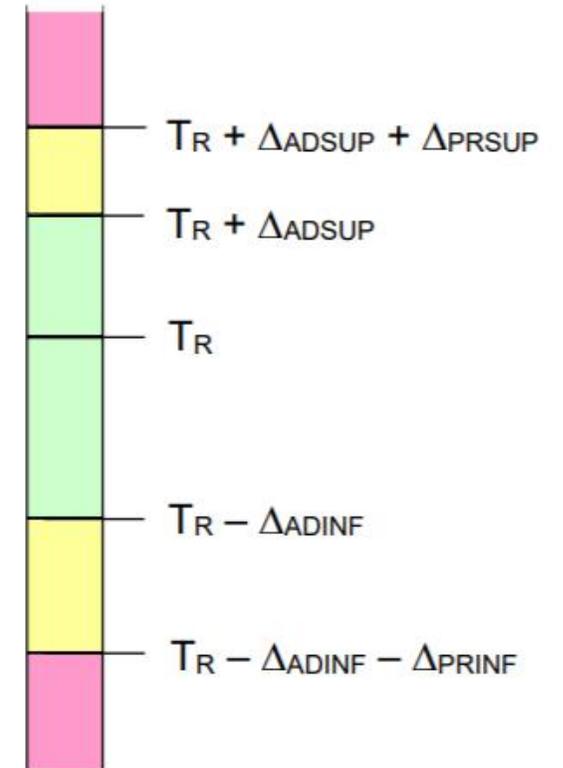
Tensão crítica

Tensão precária

Tensão adequada

Tensão precária

Tensão crítica

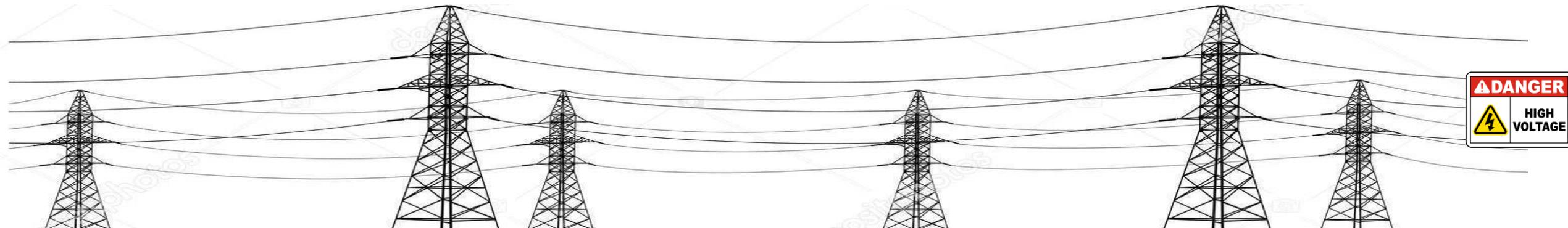


Estruturas de regulação de tensão são utilizadas pela concessionária!

Fontes: ANEEL. Módulo 8 do Prodist. Qualidade de energia elétrica.



Cenário atual do sistema elétrico brasileiro

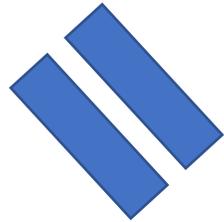


Cenário atual do sistema elétrico



Funcionamento do sistema elétrico

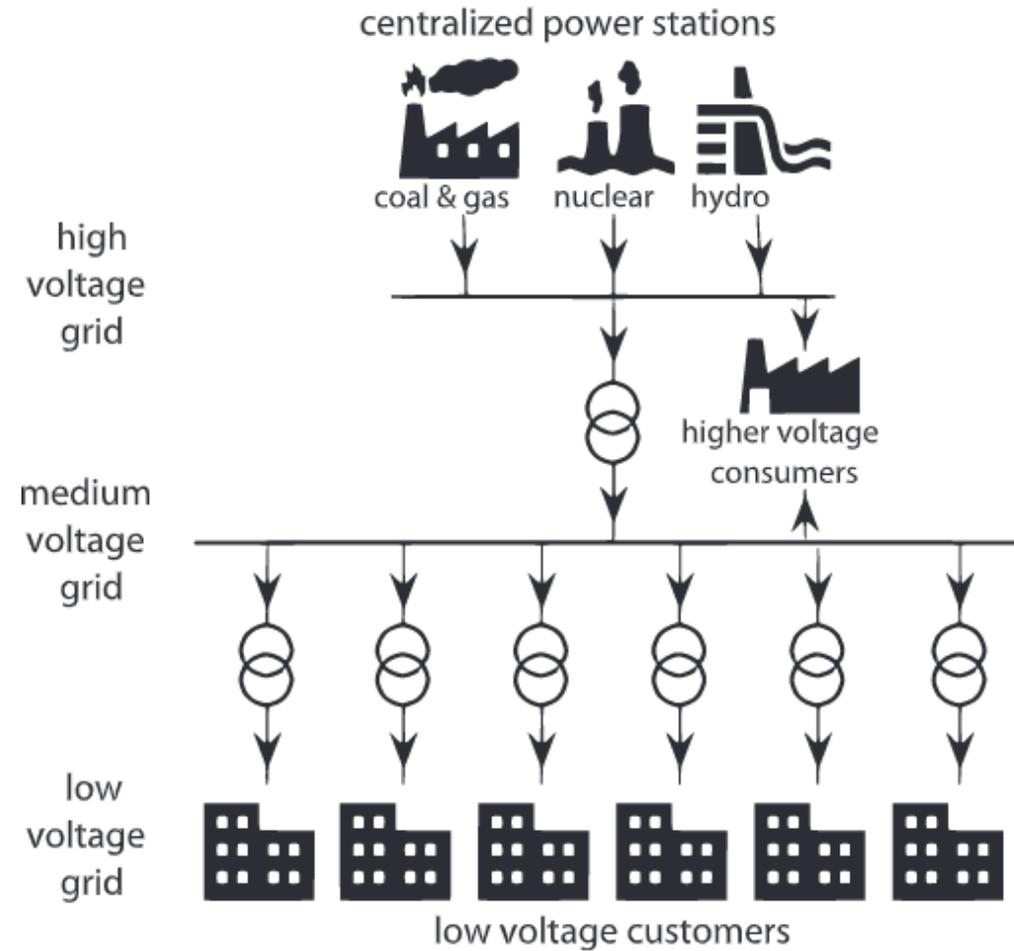
Consumo



Geração

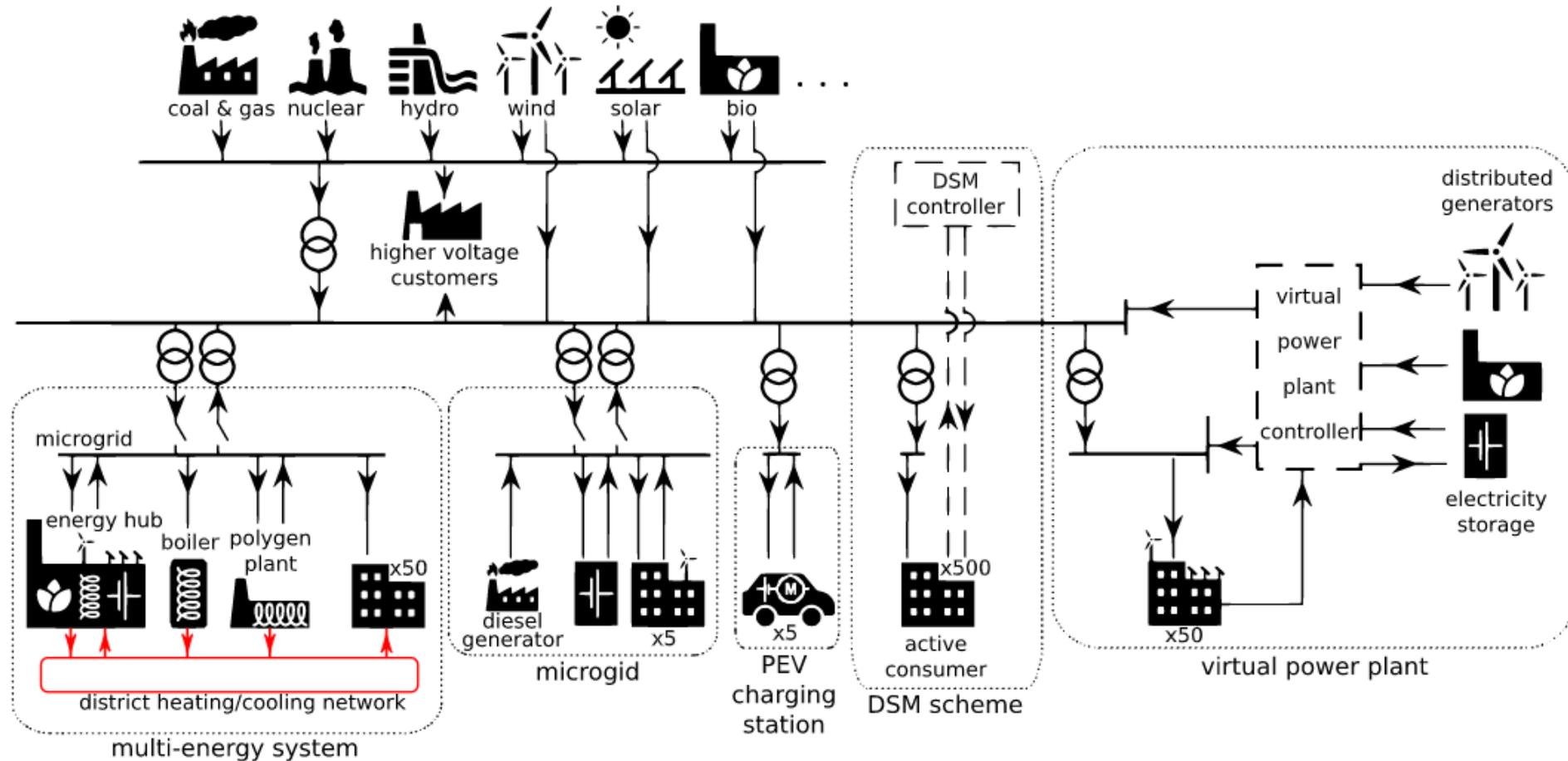


Sistema elétrico - tradicional



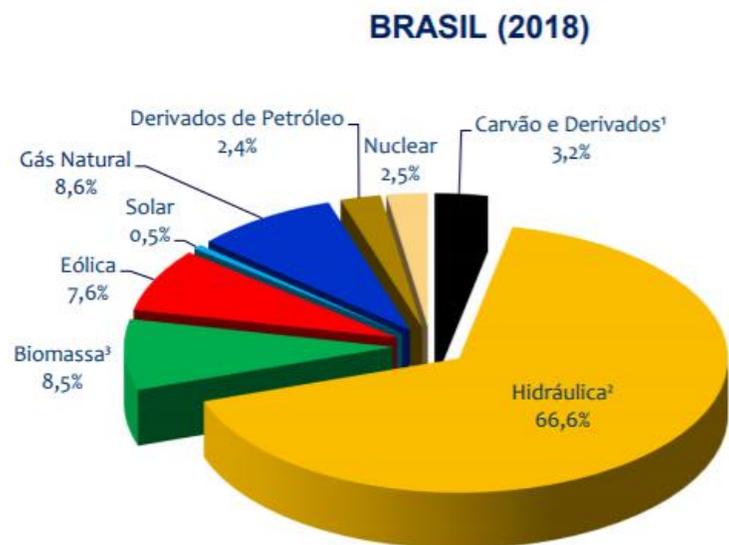
Fonte: Shaun Howell et. al., "Towards the next generation of smart grids: Semantic and holonic multi-agent management of distributed energy resources," in *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 77, pp. 193-214, Set. 2017.

Sistema elétrico – novo paradigma



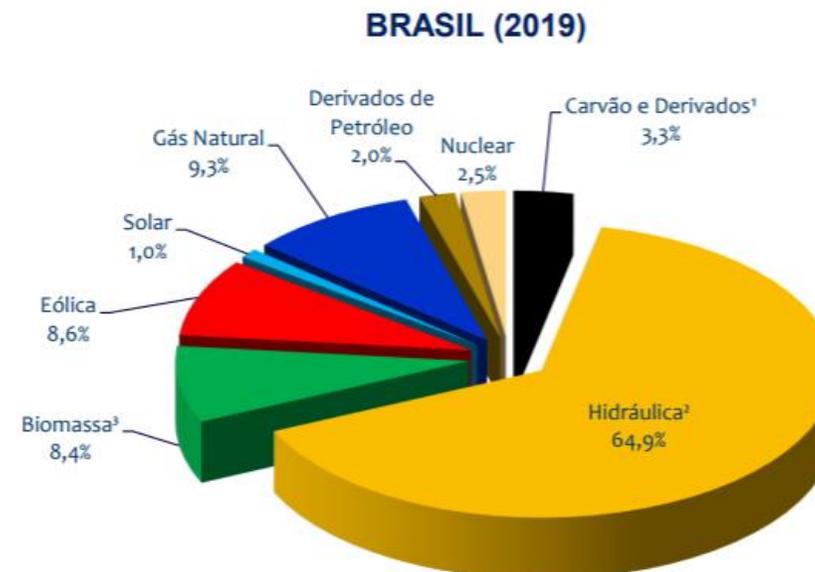
Fonte: S. Howell et. al., "Towards the next generation of smart grids: Semantic and holonic multi-agent management of distributed energy resources," in *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 77, pp. 193-214, Set. 2017.

Matriz elétrica brasileira – BEN 2020



oferta hidráulica² em 2018: **423,9 TWh**

oferta total² em 2018: **636,4 TWh**



oferta hidráulica² em 2019: **422,8 TWh**

oferta total² em 2019: **651,3TWh**

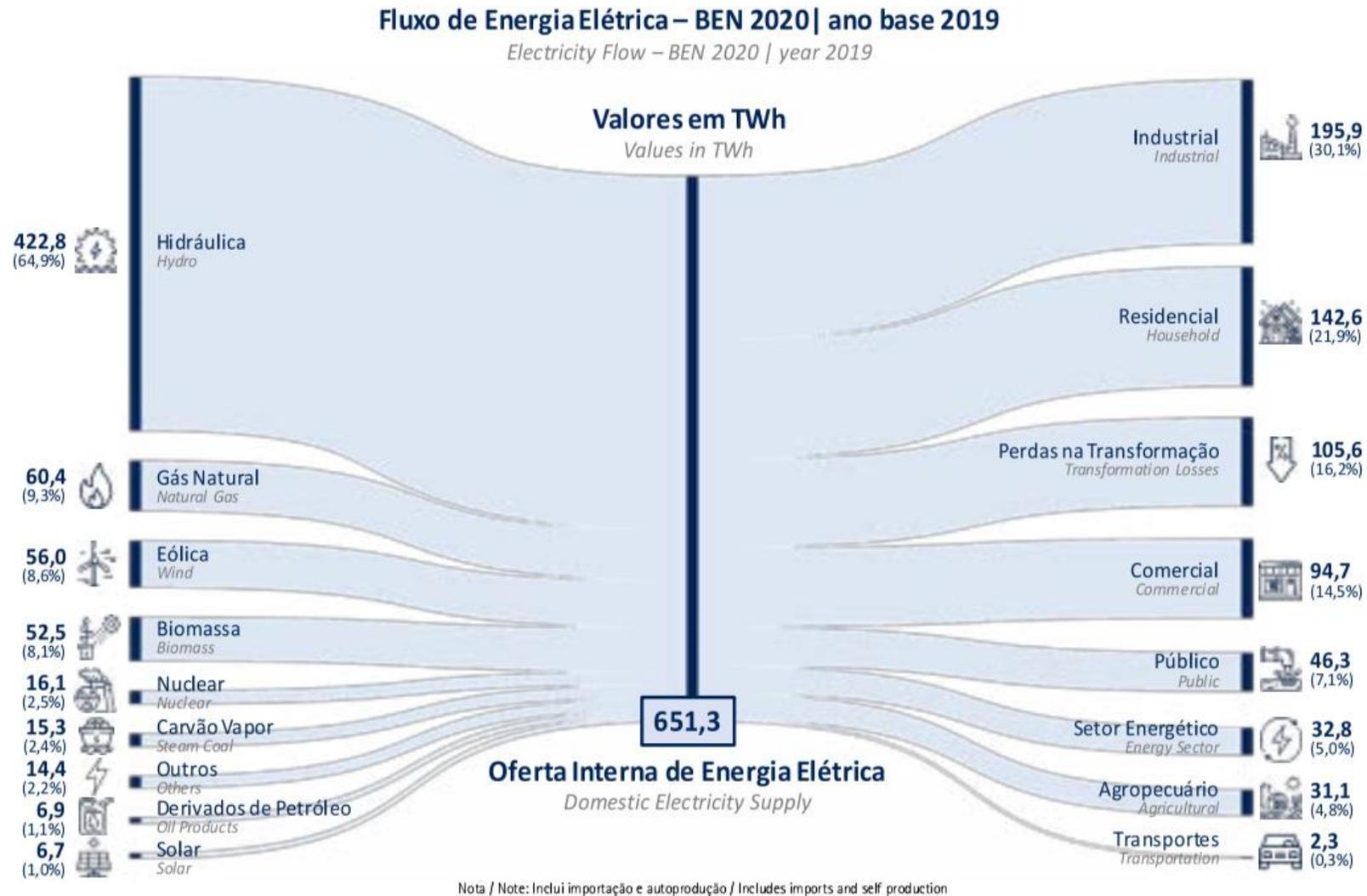
¹ Inclui gás de coqueria, gás de alto forno, gás de aciaria e alcatrão

² Inclui importação

³ Inclui lenha, bagaço de cana, lixívia, biodiesel e outras fontes primárias.

Fonte: Empresa de Pesquisas Energéticas. Balanço energético nacional – BEN. 2020

Fluxo de energia elétrica



Fonte: Empresa de Pesquisas Energéticas. Balanço energético nacional – BEN. 2020

Capacidade instalada e geração distribuída

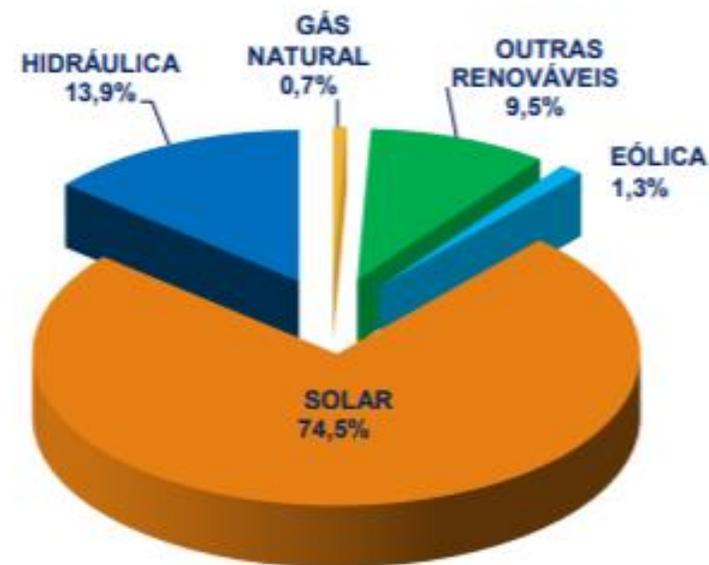
Fonte	2018	2019	Δ 19/18
Hidrelétrica	104.139	109.058	4,7%
Térmica ²	40.523	41.219	1,7%
Eólica	14.390	15.378	6,9%
Solar	1.798	2.473	37,6%
Nuclear	1.990	1.990	0,0%
Capacidade disponível	162.840	170.118	4,5%

¹ Não inclui micro e minigeração distribuídas

² Inclui biomassa, gás, petróleo e carvão mineral

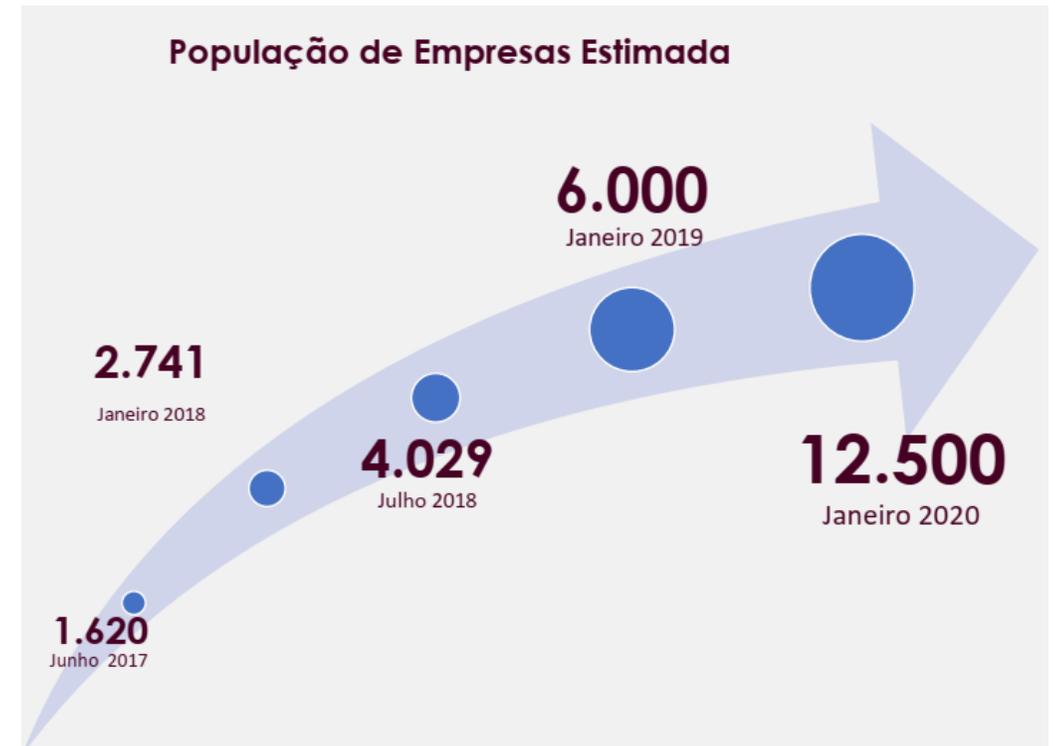
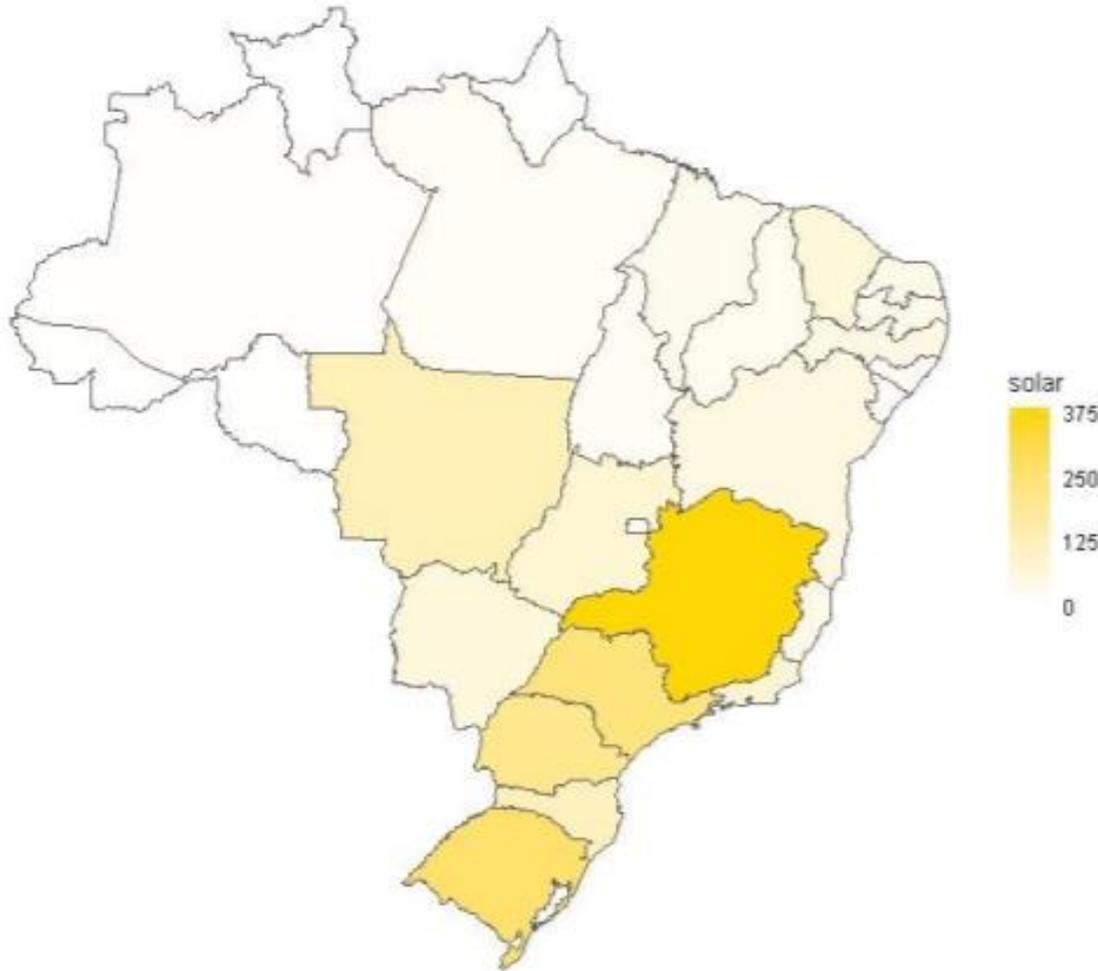
Geração total em GWh:

2018	2019
828	2.226



Fonte: Empresa de Pesquisas Energéticas. Balanço energético nacional – BEN. 2020

Capacidade instalada – Energia solar fotovoltaica



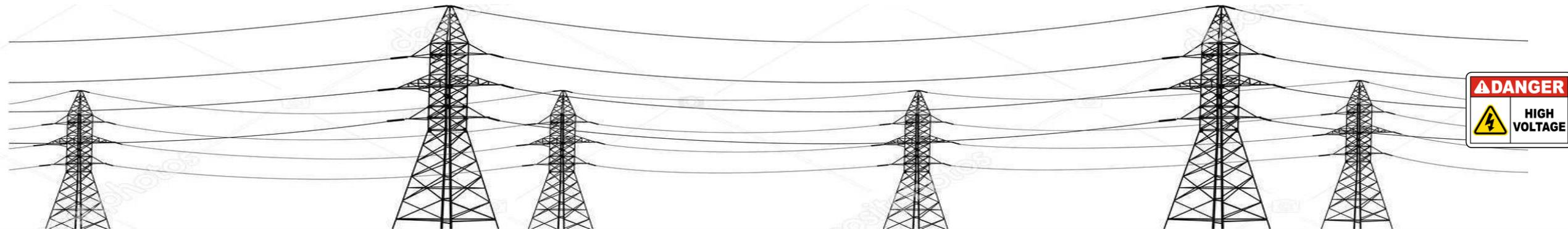
Fonte:

[1] Empresa de Pesquisas Energéticas. Balanço energético nacional – BEN. 2020.

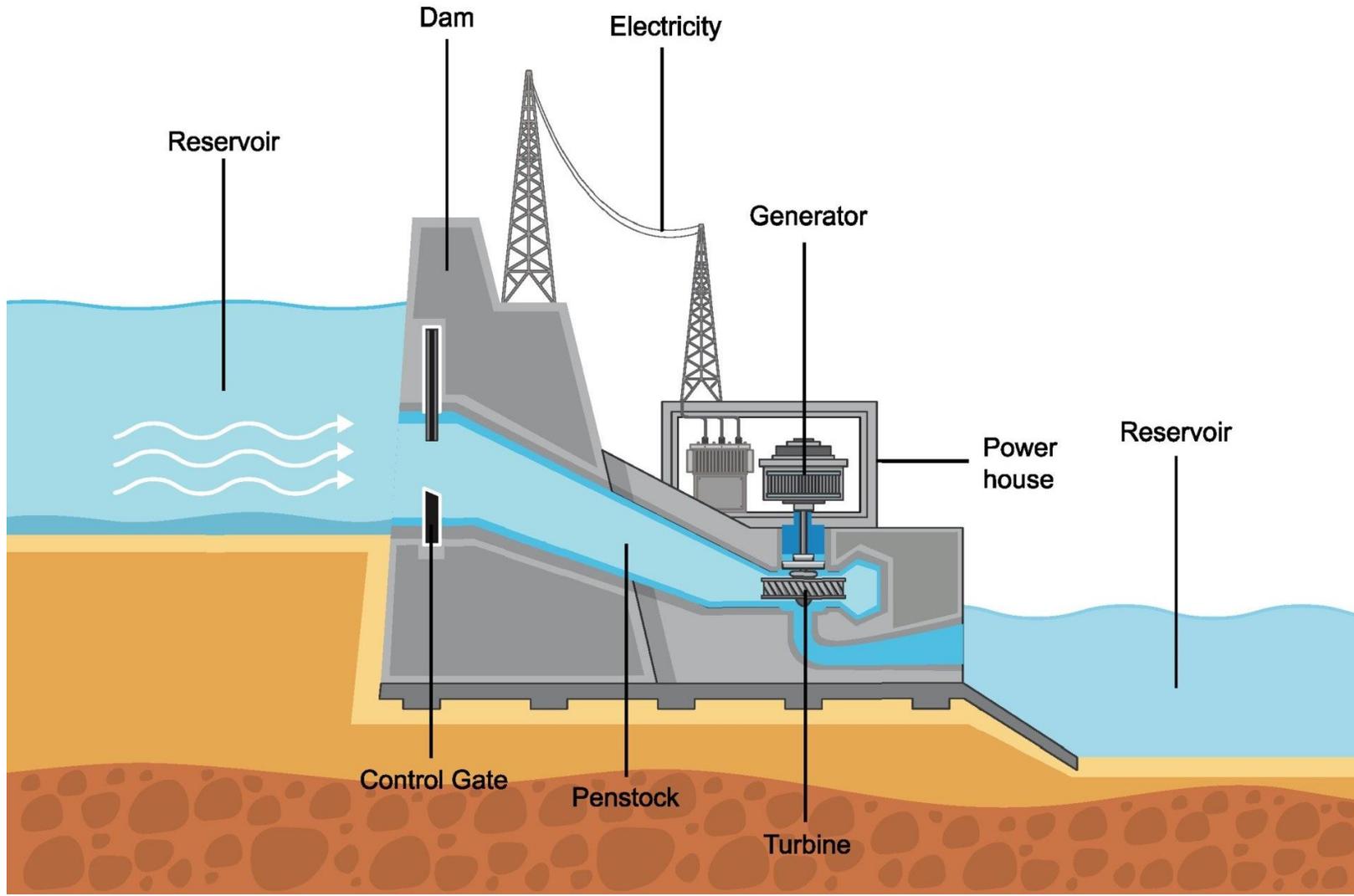
[2] Greener. Estudo Estratégico: Mercado Fotovoltaico de Geração Distribuída. 2019.



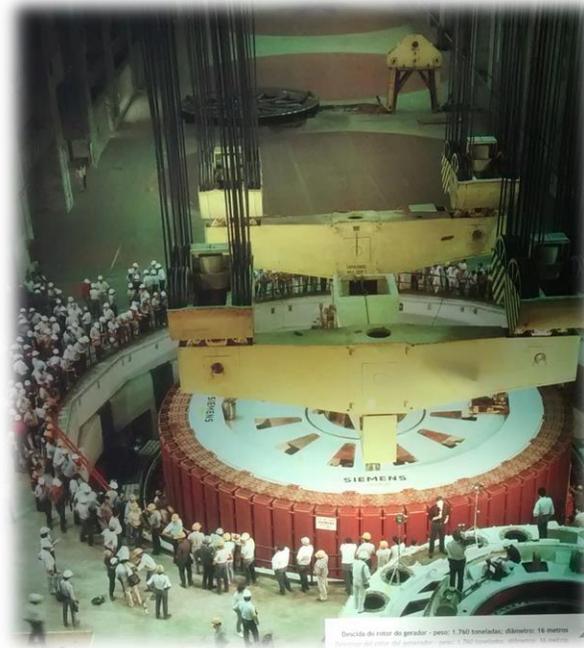
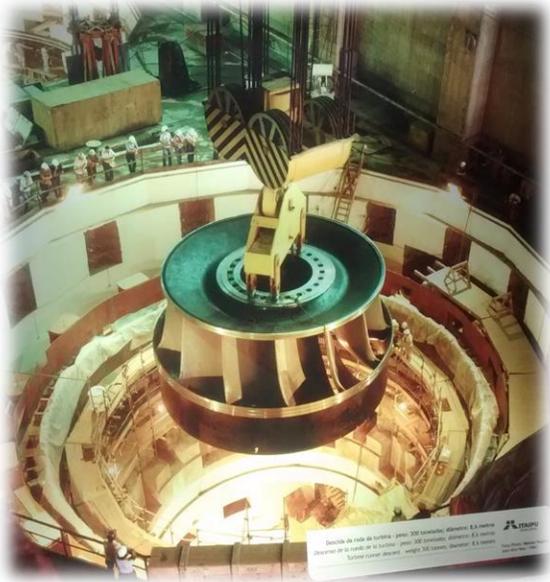
(Um resumo) de algumas tecnologias de geração de eletricidade



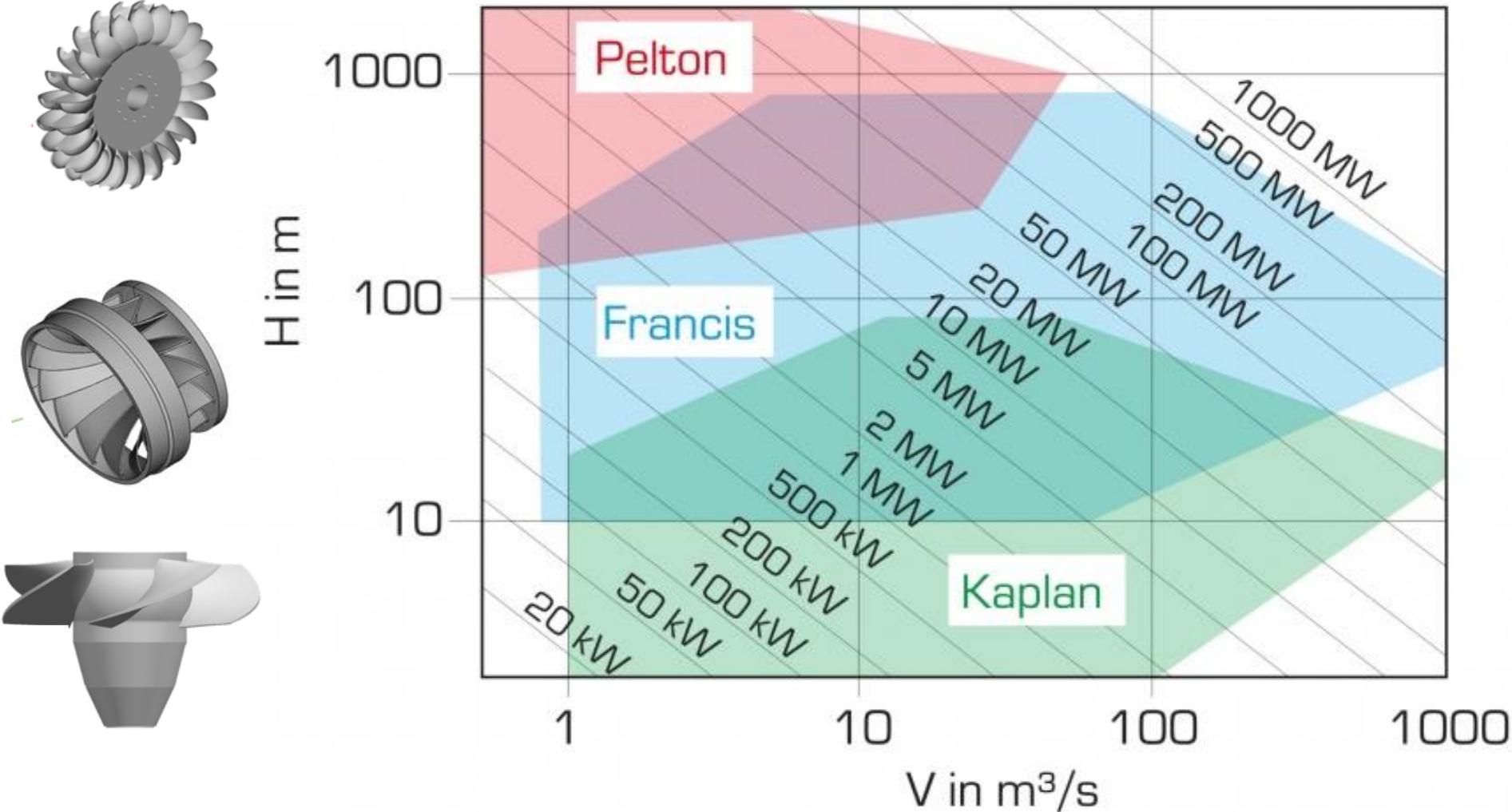
Geração hidrelétrica



Geração hidrelétrica - Itaipu

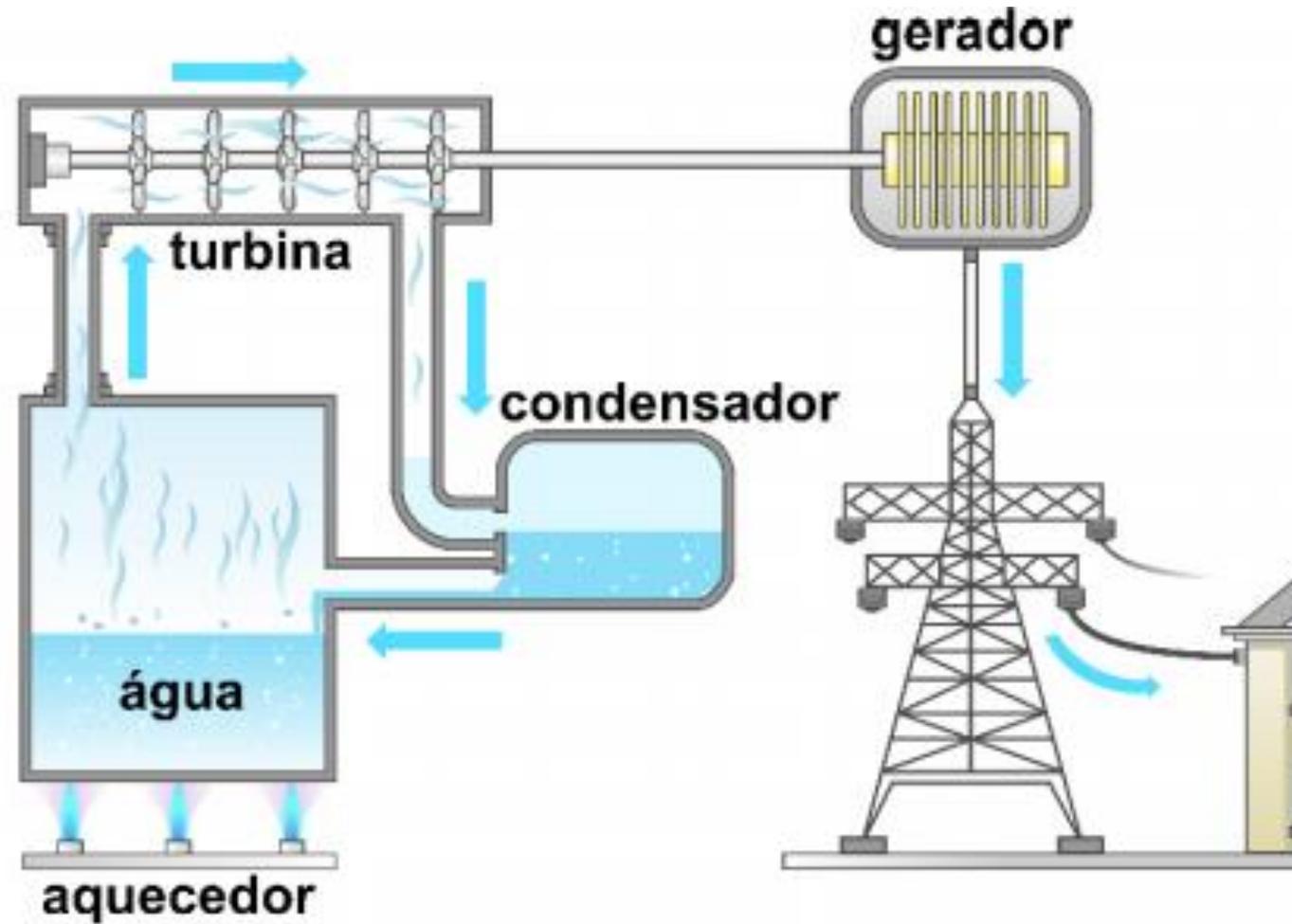


Tipos de turbinas mais comuns



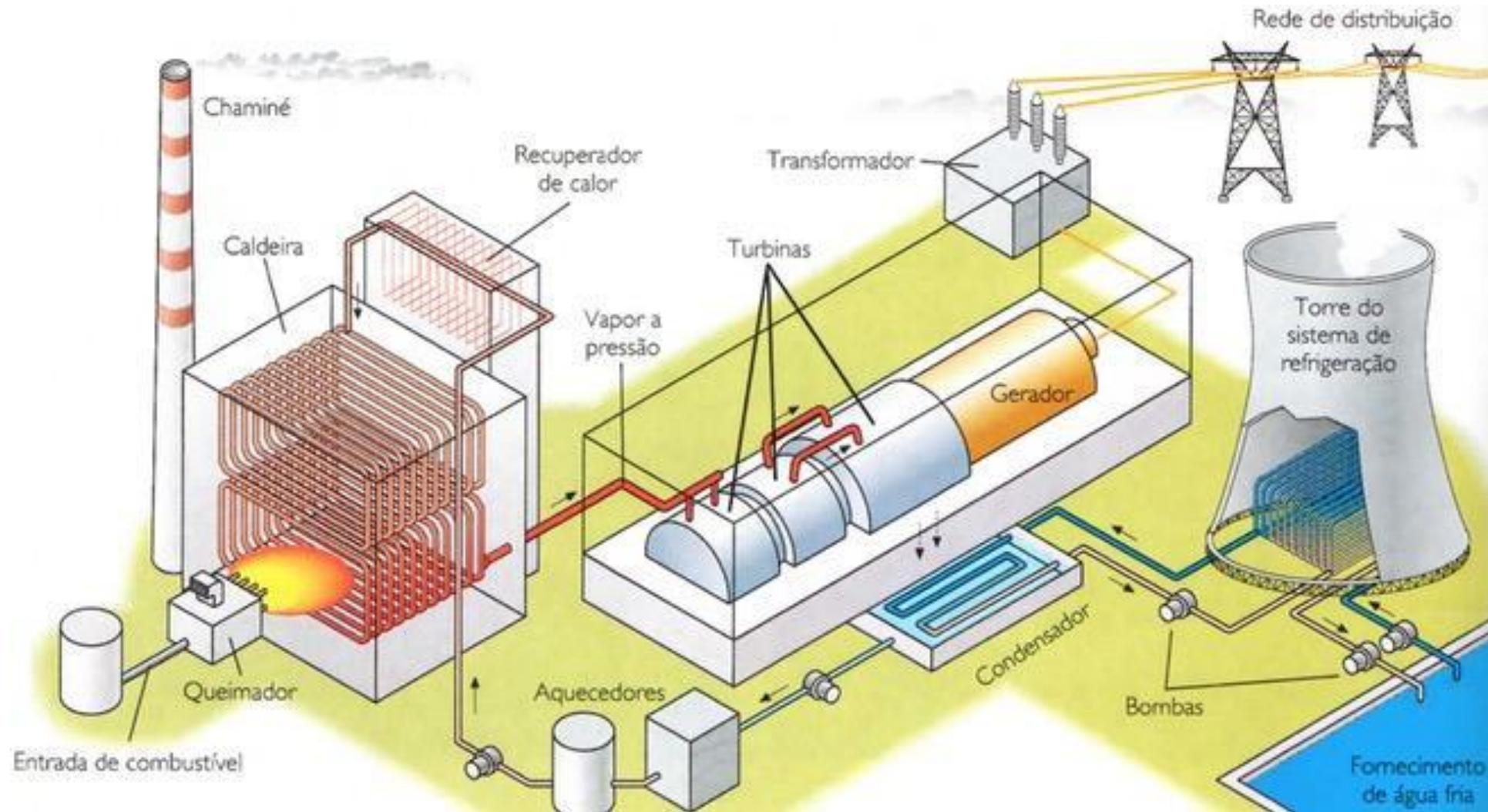
Fonte: Gunt Hamburg.

Geração termelétrica



De onde vem o calor?

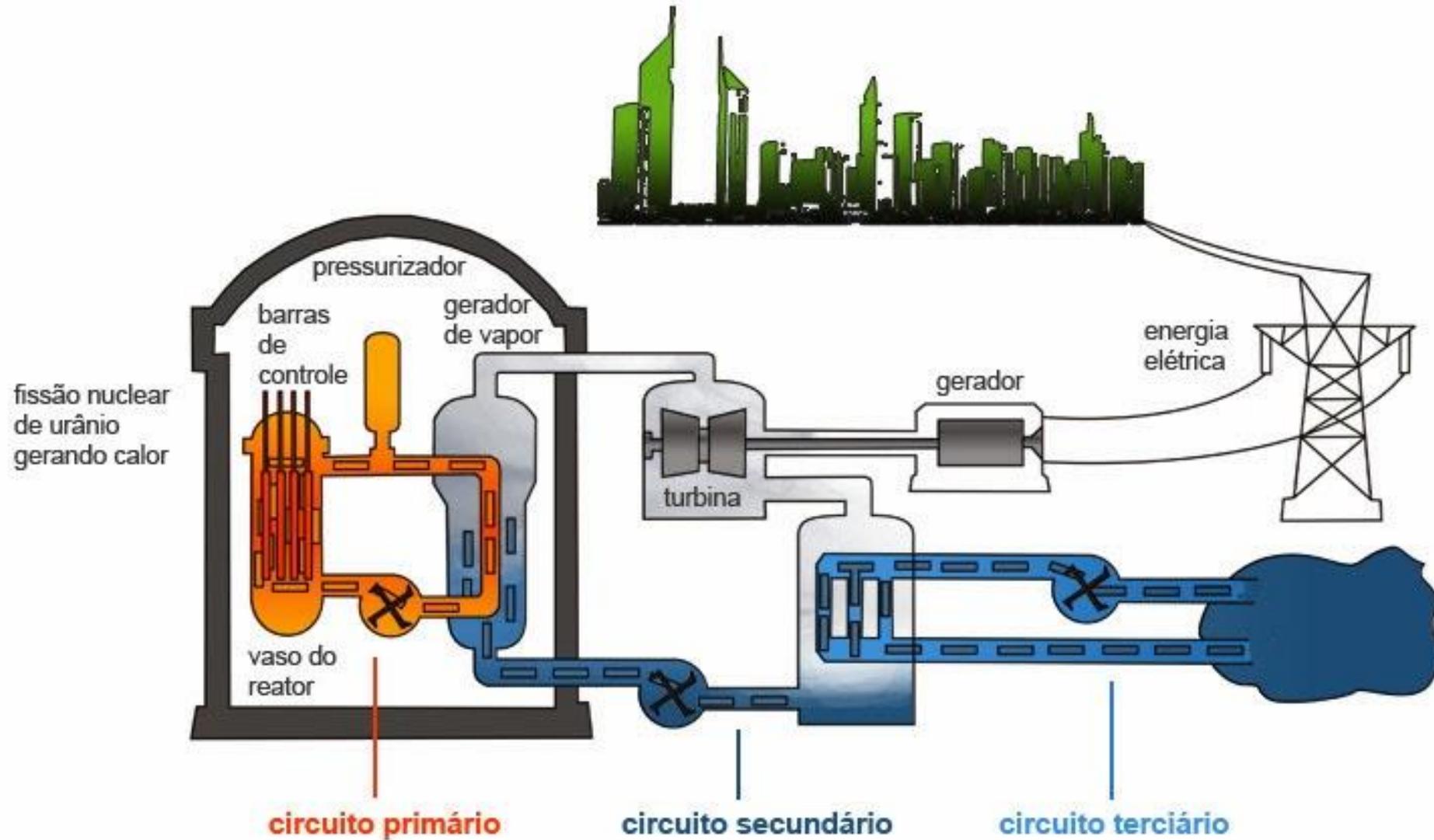
Geração termelétrica



Geração termelétrica

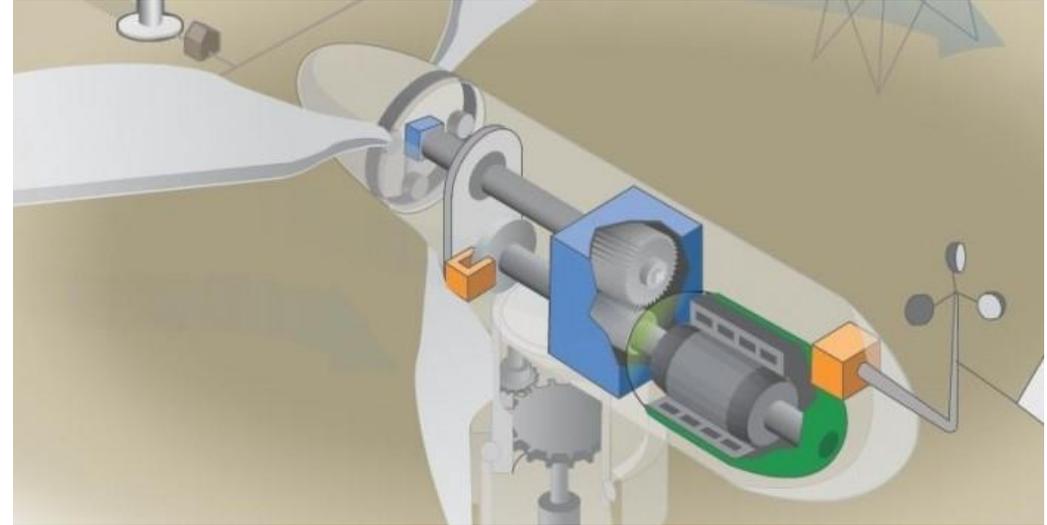


Geração temonuclear



Geração eólica

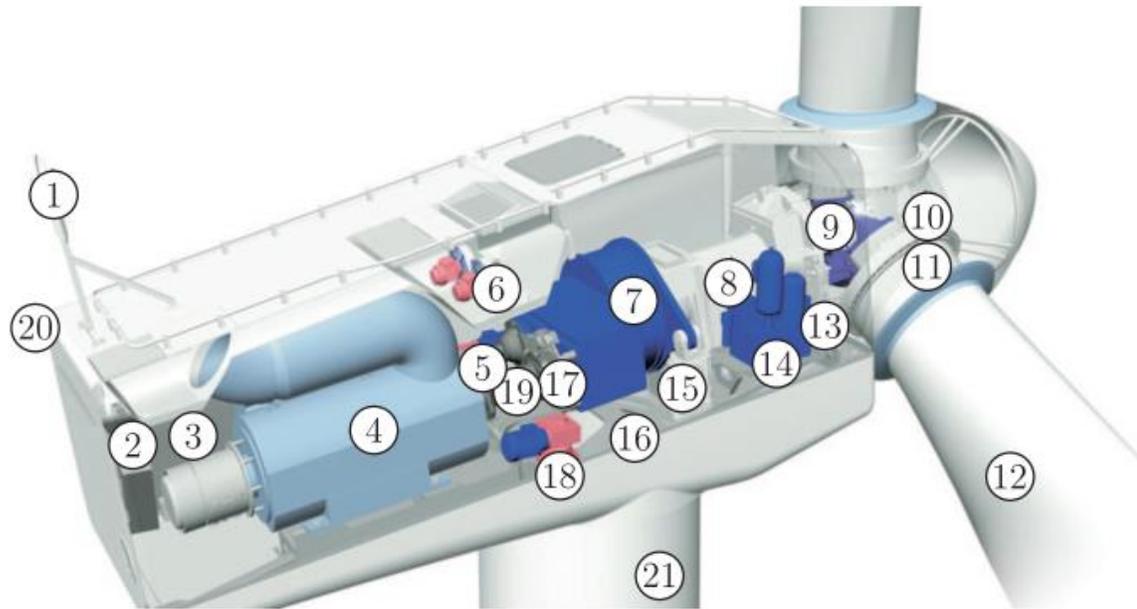
- Direção do eixo;
- Número de pás;
- Estratégia de controle de potência;
- Velocidade de operação;
- Local de instalação;
- Valor da potência gerada.



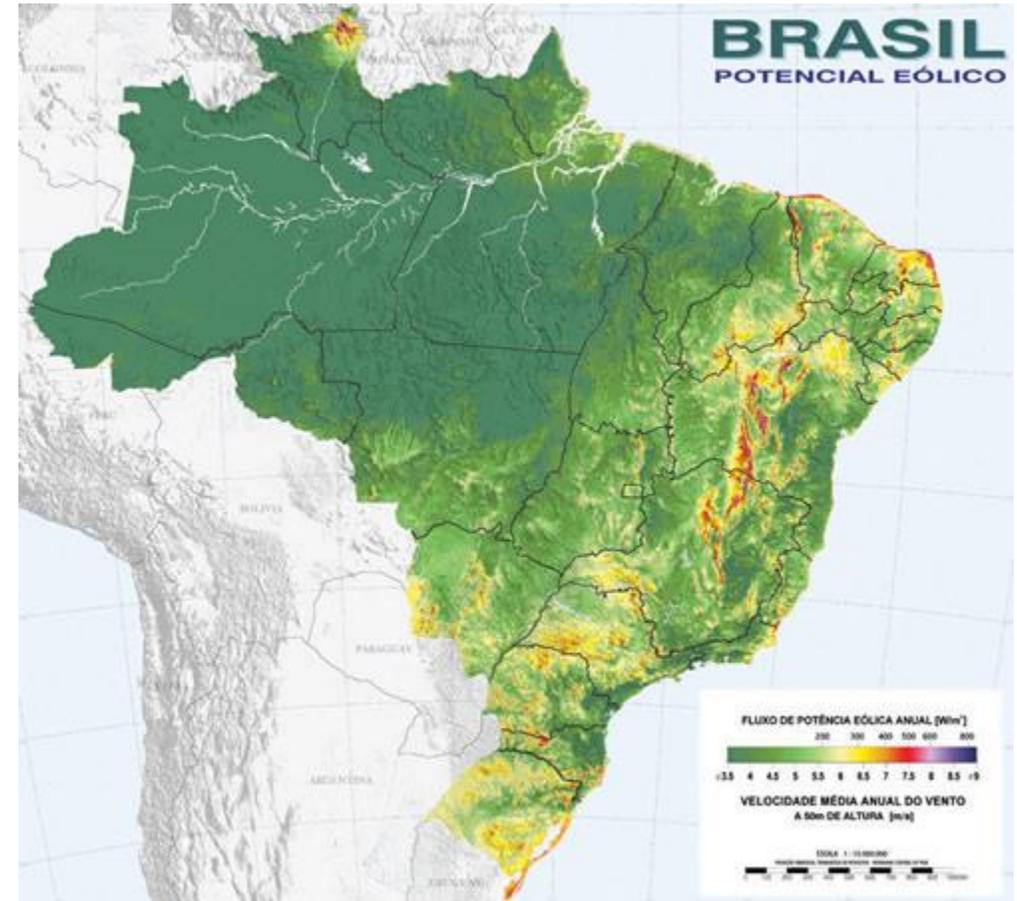
Fonte: Portal energia.



Dentro de uma turbina eólica



- | | | |
|---------------------------|----------------------------|-----------------------|
| ① Anemômetro | ⑧ Eixo de baixa velocidade | ⑮ Braço de torque |
| ② Sistema de Comunicação | ⑨ Controle de pitch | ⑯ Encaixe com a torre |
| ③ Conversor | ⑩ Cubo do rotor | ⑰ Freio mecânico |
| ④ Gerador | ⑪ Rolamento das pás | ⑱ Sistema de giro |
| ⑤ Cilindros de rotação | ⑫ Pás | ⑲ Luva de acoplamento |
| ⑥ Sistema de resfriamento | ⑬ Trava do rotor | ⑳ Nacele |
| ⑦ Caixa de engrenagens | ⑭ Sistema hidráulico | ㉑ Torre |



Fonte: Vestas.

Energia solar

Energia solar fotovoltaica



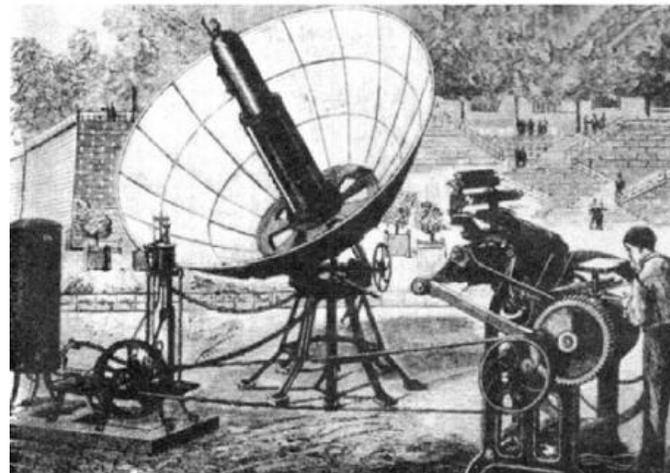
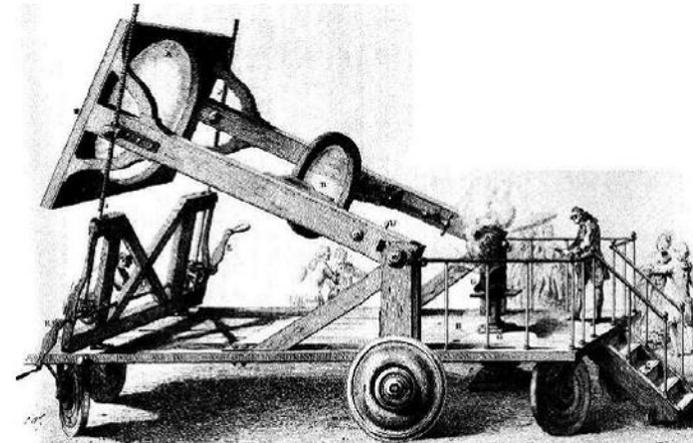
Energia solar térmica



Energia solar térmica



Energia solar térmica - primórdios



Usinas termosolares

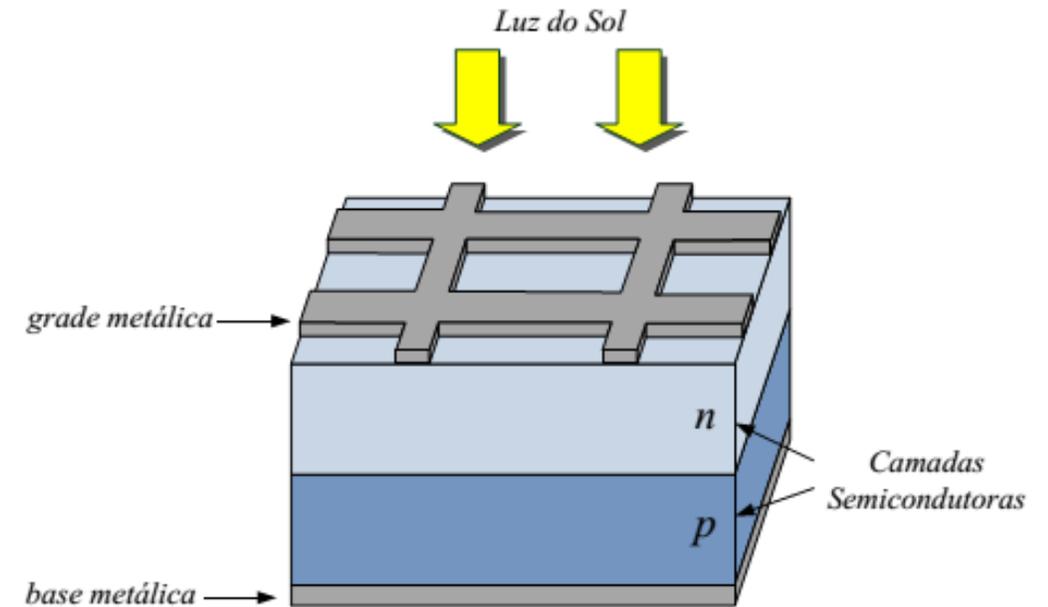
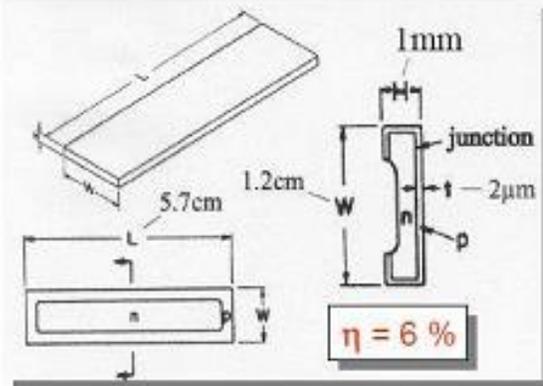


Energia solar fotovoltaica

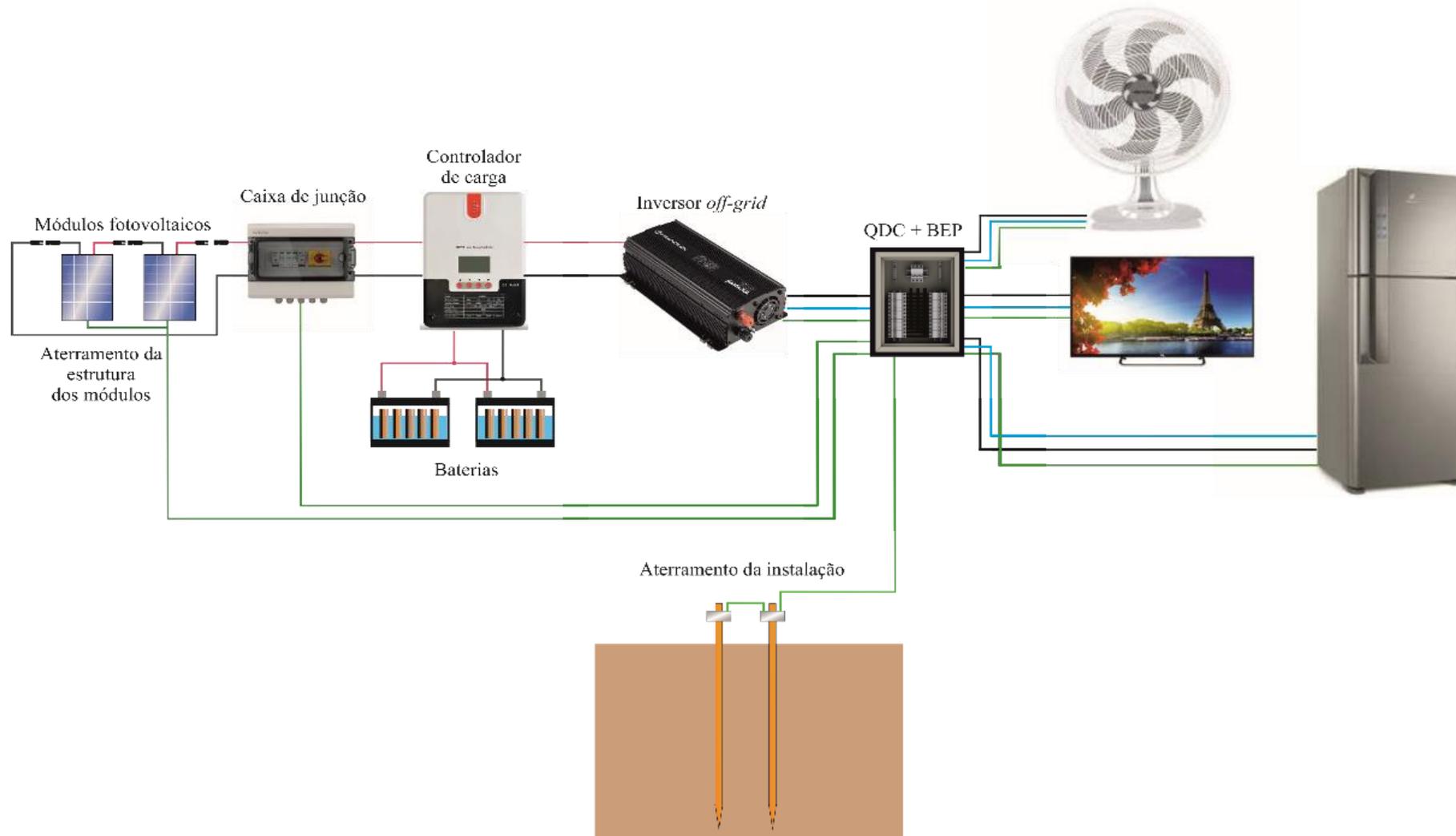
1954: The Birth of Solar Photovoltaics

A New Silicon $p-n$ Junction Photocell for Converting Solar Radiation into Electrical Power

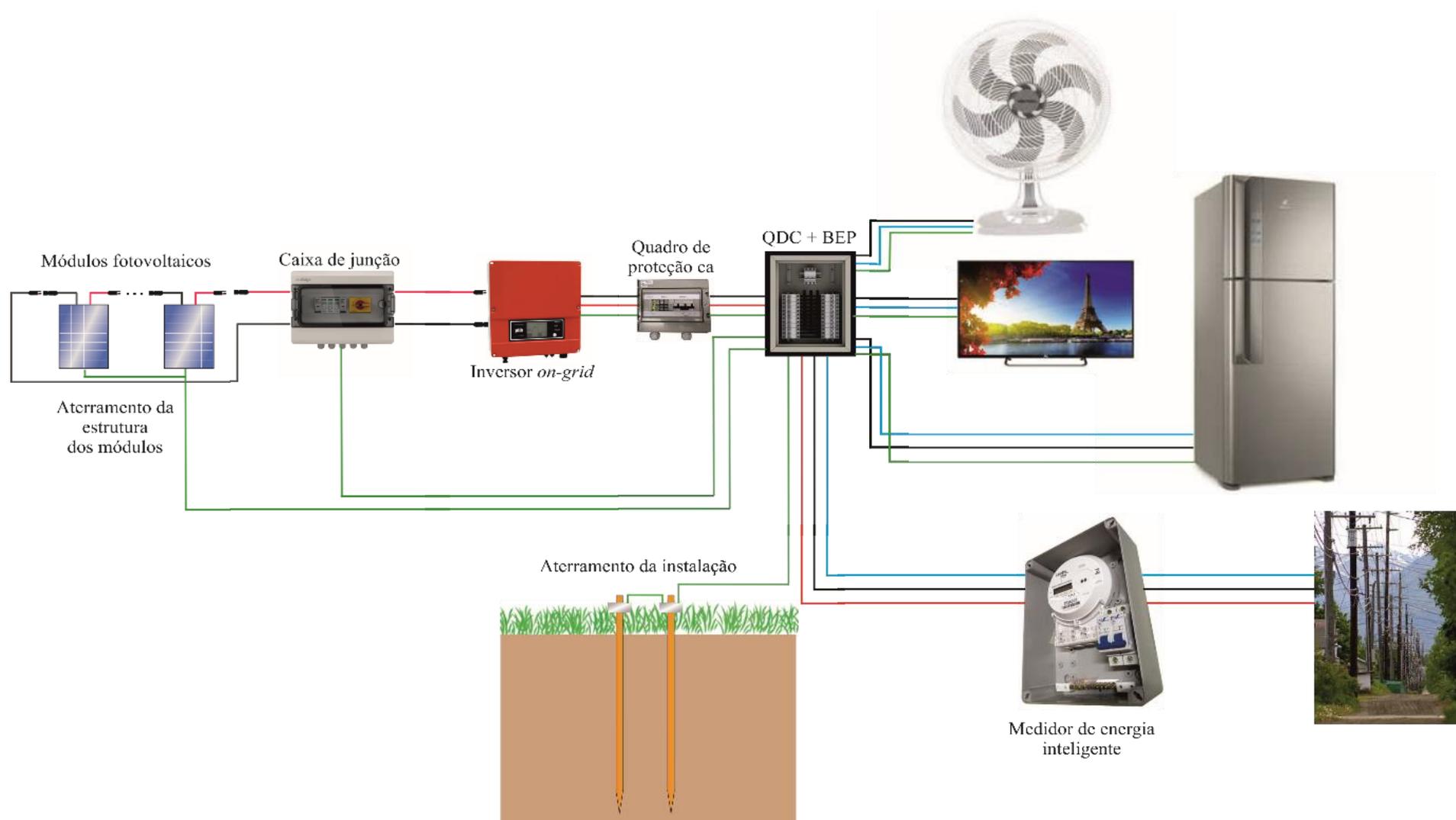
D. M. CHAPIN, C. S. FULLER, AND G. L. PEARSON
Bell Telephone Laboratories, Inc., Murray Hill, New Jersey
(Received January 11, 1954)



Sistemas fotovoltaicos isolados



Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica



Obrigado pela Atenção



Bons estudos!



Dúvidas: afcupertino@ieee.org



www.gesep.ufv.br



@GESEP



@gesep_vicosa



Gesep



Pesquise por:
“GESEP UFV”



ES
Estimate - Sistemas
Fotovoltaicos



Pesquise por:
“Estimate”