

Princípios de Instalações Elétricas

Prof. Clovis Antonio Petry.

Florianópolis, maio de 2021.

Curso Básico de Acionamentos Eletrônicos

O material do curso está disponível em:

1. Moodle para os alunos matriculados na disciplina.
2. Página do professor.
3. Canal no youtube do professor.



<https://moodle.ifsc.edu.br>



www.ProfessorPetry.com.br



<https://www.youtube.com>

Agenda

Esta aula está organizada em:

1. O sistema de energia elétrica;
2. Proteção e segurança;
3. Sistemas de aterramento;
4. Diagramas elétricos.



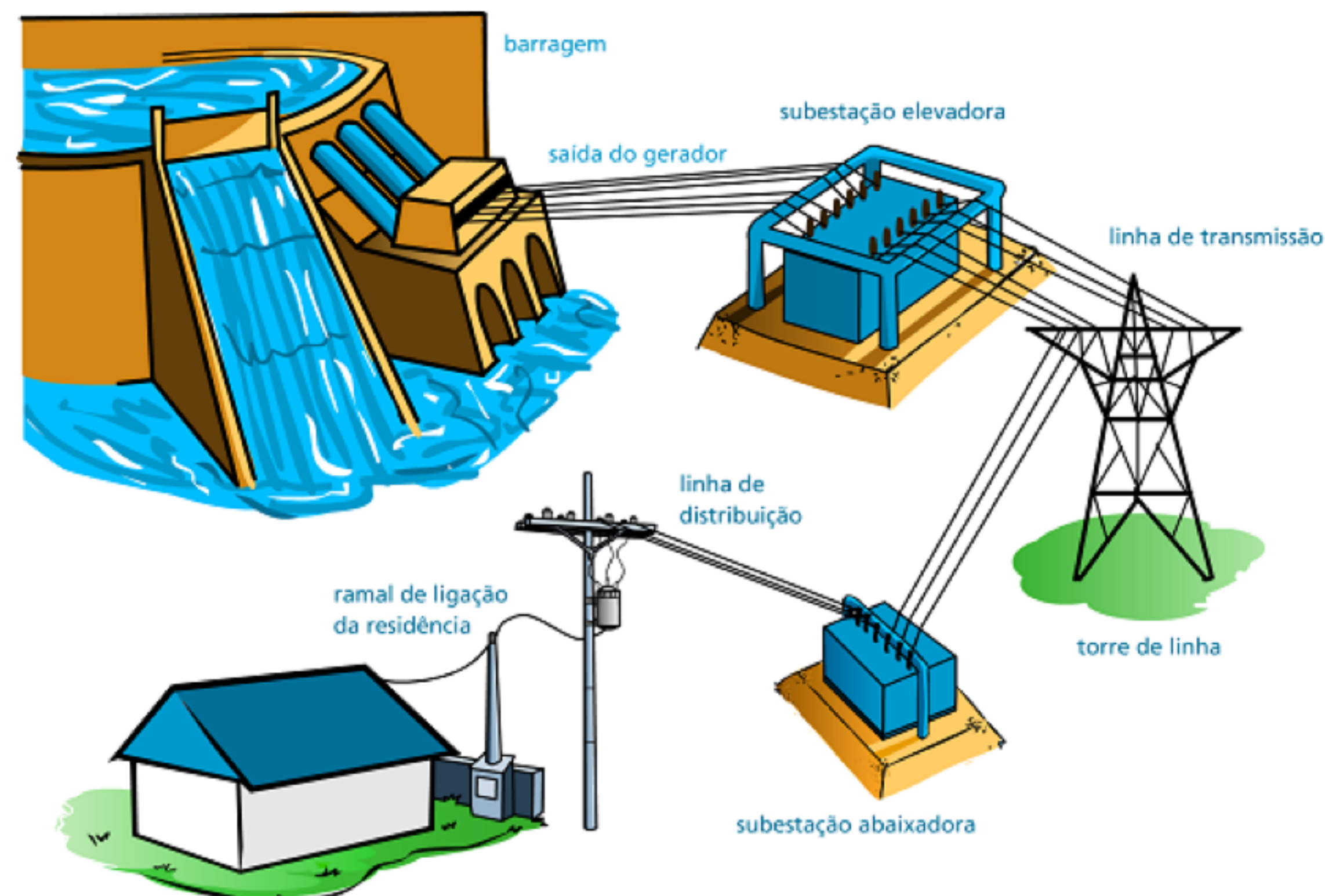
[illegible]

<https://altogi.com.br>

O sistema de energia elétrica

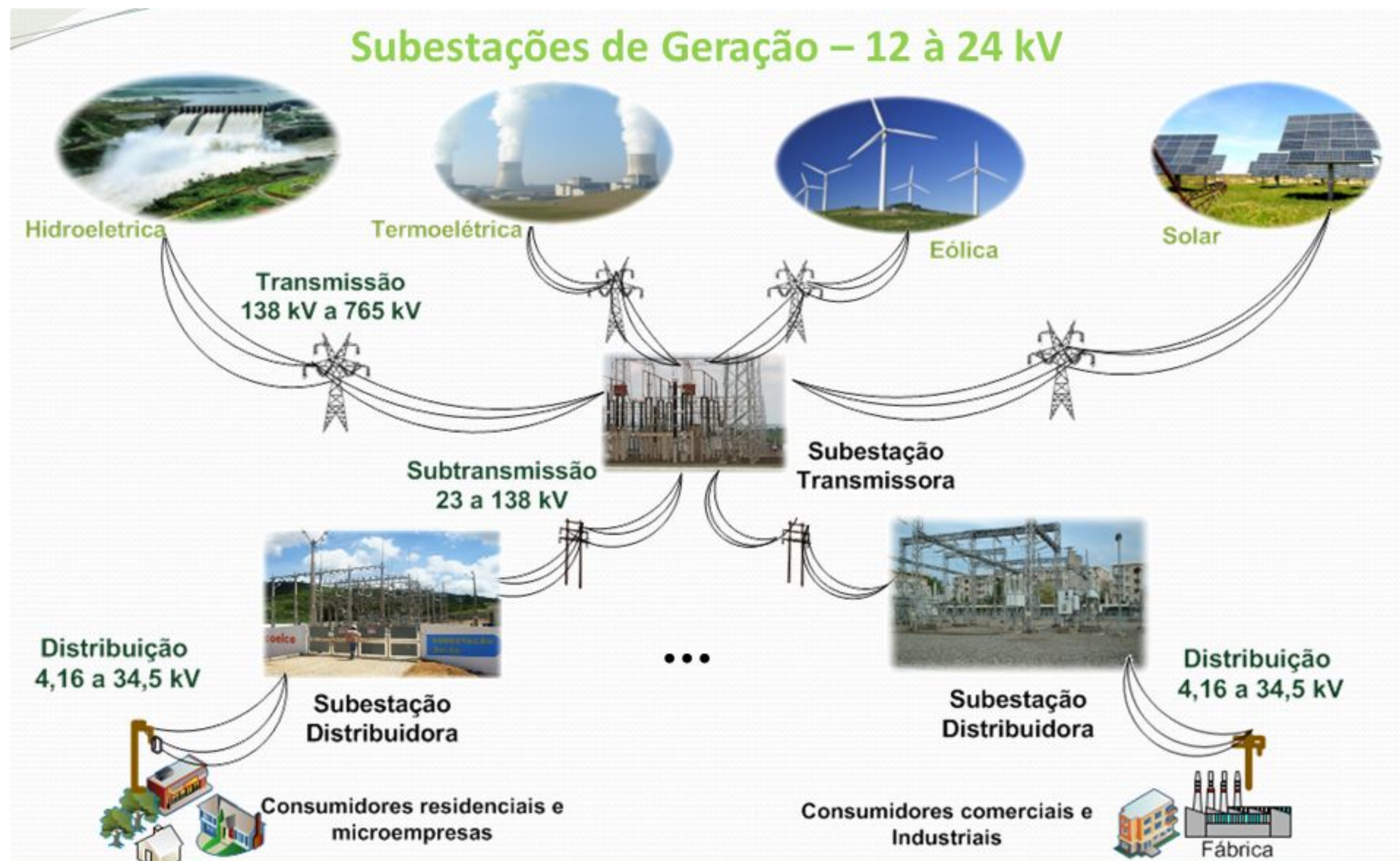
O sistema de energia elétrica brasileiro é formado por:

- Geração - conjunto de geradores de energia elétrica, tais como: usinas hidrelétricas, termoelétricas, termonucleares, eólicas, solares, dentre outras;
- Transmissão - conjunto de linhas de transmissão da energia elétrica dos geradores até a distribuição;
- Distribuição - conjunto de linhas elétricas que conectam as estações (subestações) abaixadoras de tensão até os consumidores.



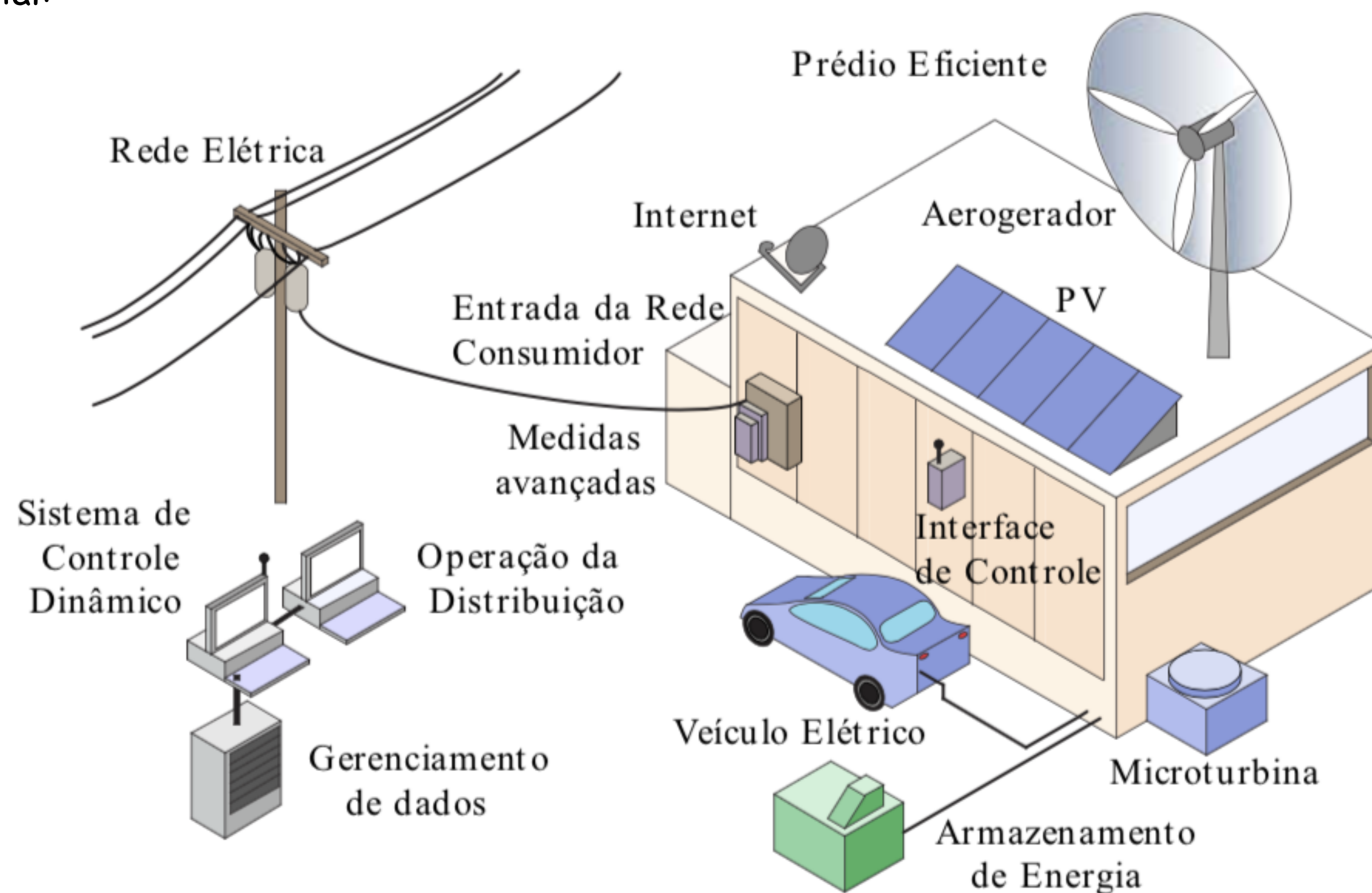
O sistema de energia elétrica

Estrutura típica do sistema de energia elétrica:



O sistema de energia elétrica

Exemplo de microrrede predial:



Fonte: (Moia, 2016)

Moia, Joabel. Sistema de Conversão Estática CA-CC Bidirecional Aplicado à Microrredes CC Bipolares. Tese de Doutorado em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, 2016

O sistema de energia elétrica

Geração de energia elétrica. Exemplos de usinas de geração:

- Itaipu Binacional gerou em 2016 103,1 milhões de MWh (megawatts-hora), recorde mundial;
- Complexo Termoeletrico Jorge Lacerda em Tubarão - SC, tem capacidade de 857 MW.



Usina Hidrelétrica de Itaipu Binacional

Fonte: <https://www.itaipu.gov.br>



Complexo Termoeletrico Jorge Lacerda

Fonte: <https://www.engie.com.br/>

O sistema de energia elétrica

Geração de energia elétrica. Exemplos de usinas de geração:

- Usina Solar Cidade Azul, Tubarão - SC:
 - Potência de 3 MWp em 3 x 1 MWp;
 - Silício amorfo/microcristalino (α -Si/ μ c-Si);
 - Silício multicristalino/policristalino (p-Si);
 - Disseleneto de cobre, índio e gálio (CIGS);
 - Nome atual: Usina Fotovoltaica Nova Aurora.
- Central Eólica Tubarão, Tubarão - SC:
 - Potência de 2,1 MW;
 - Torre de 120 metros;
 - Rotor com diâmetro de 110 metros;
 - Tecnologia nacional.



Usina Nuclear de Angra dos Reis

Fonte: <http://www.planetaterraazul.com.br>



Planta de energias alternativas

Fonte: <http://fotovoltaica.ufsc.br>

O sistema de energia elétrica

Geração de energia elétrica. Exemplos de usinas de geração:

- Sistema fotovoltaico no IFSC - Câmpus Florianópolis é composto por 260 módulos fotovoltaicos de 270 W (de pico) e 5 inversores de 15 kW de 220/380 V, gerando em torno de 70 kW de pico.



Planta solar do IFSC - Câmpus Florianópolis

Fonte: <http://florianopolis.ifsc.edu.br/>



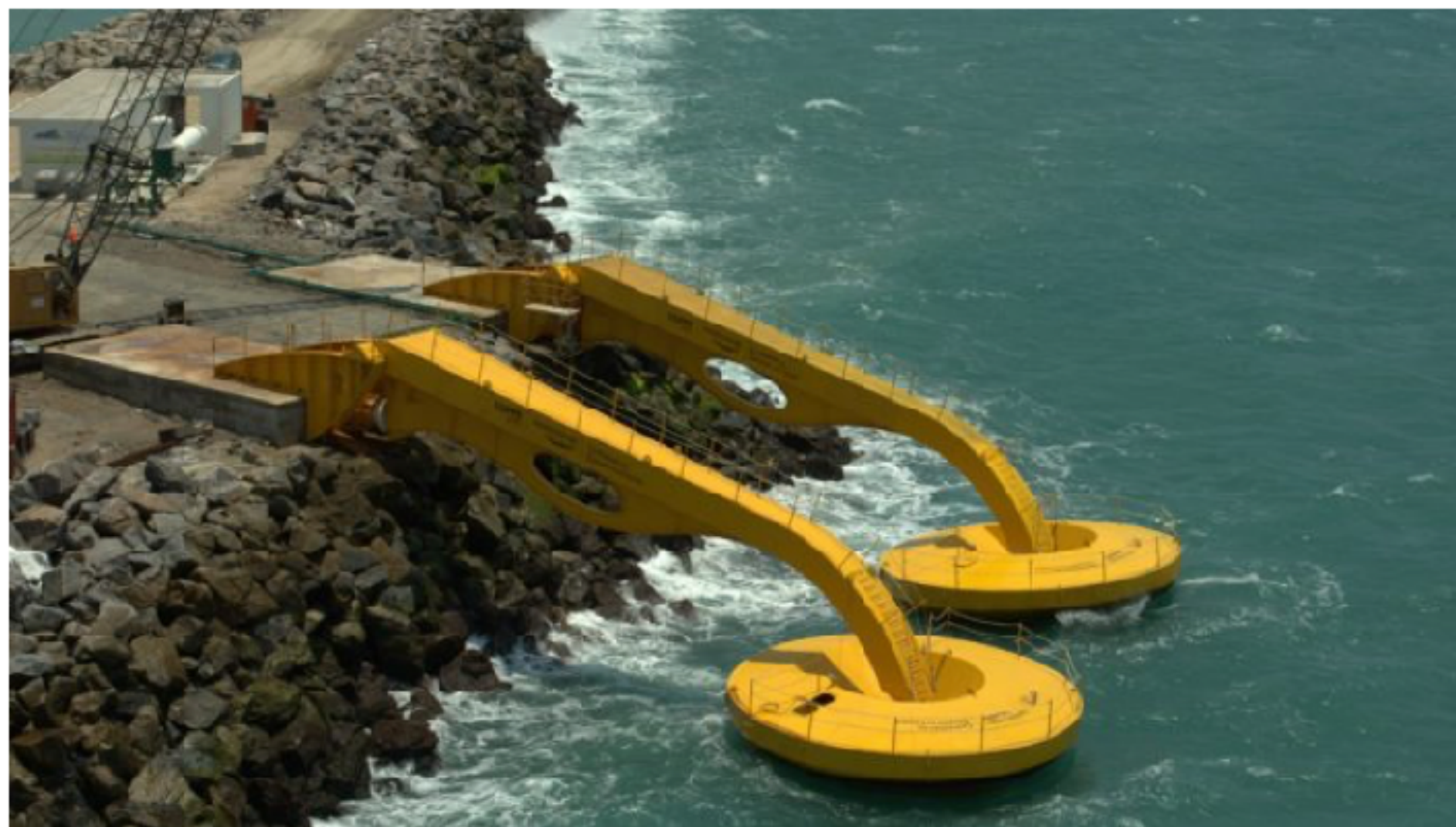
Exemplos de sistemas com biomassa

Fonte: <https://peteletricaufjf.wordpress.com/>

O sistema de energia elétrica

Geração de energia elétrica. Exemplos de usinas de geração:

- Hidrelétricas;
- Termoelétricas;
- Termonucleares;
- Eólicas;
- Solares;
- Maremotrizes;
- Geotérmicas.



Usina de Pecém- CE (maremotriz)

Fonte: <https://marsemfim.com.br>



Usina geotérmica

Fonte: <https://www.cittadiniecologisti.it>

O sistema de energia elétrica

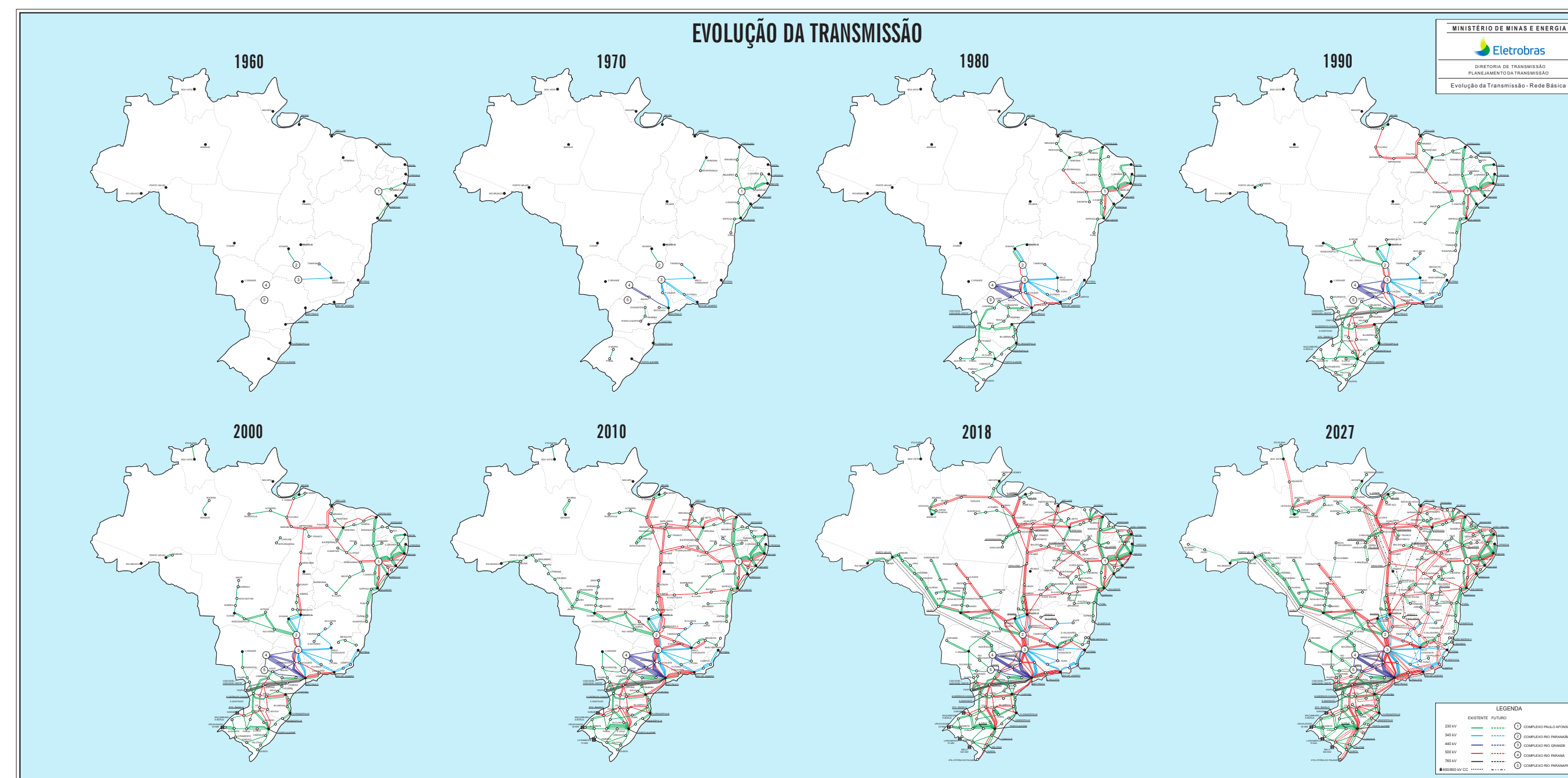
Transmissão de energia elétrica:

- As tensões típicas das linhas de transmissão, conforme a classificação em classes são:
 - A1 - tensão de fornecimento igual ou superior a 230 kV;
 - A2 - tensão de fornecimento de 88 kV a 138 kV;
 - A3 - tensão de fornecimento de 69 kV.



Exemplo de linha de transmissão

Fonte: <https://agenciabrasil.ebc.com.br>



Evolução do sistema de energia elétrica brasileiro

Fonte: <https://eletrobras.com>

O sistema de energia elétrica

Transmissão de energia elétrica:

- Transmissão em corrente contínua - menores perdas do que em corrente alternada; necessidade de conversão ca-cc (retificação) logo após à geração e conversão cc-ca próximo à distribuição (inversão); dificuldade para elevação e diminuição, envolvendo conversores cc-cc ou transformadores eletrônicos; menores custos para linhas de longa distância;
- Transmissão em corrente alternada - maiores perdas do que em corrente contínua; simplicidade para elevação e diminuição com transformadores eletromagnéticos; custos mais altos em linhas de longa distância.

Conexão de Itaipu ao SIN (sistema integrado nacional):

- Sistema em corrente contínua é formado por duas linhas com tensão da ordem de ± 600 kV, com extensão de aproximadamente 810 km, entre as subestações de Foz do Iguaçu (PR) e Ibiuna (SP); sendo que a conversão ca-cc e cc-ca é realizada por oito conversores em cada subestação, operando desde 1984;
- Sistema de corrente alternada opera com tensão de 765 kV, conectando as subestações de Foz do Iguaçu (PR) e Tijuco Preto (SP), com uma extensão da ordem de 900 km.



Subestação de Foz do Iguaçu

Fonte: <https://www.furnas.com.br/>



Quadriválvula com 4 tiristores em série

Fonte: <https://www.furnas.com.br/>

O sistema de energia elétrica

Distribuição de energia elétrica:

- Linhas primárias - média tensão (entre 2,3 kV e 44 kV);
- Linhas secundárias - baixa tensão (entre 110 V e 440 V), conectadas diretamente nos consumidores residenciais, por exemplo.

Tensões disponibilizadas pela CELESC em Santa Catarina:

- Tensão Nominal 1 - 380/220 V;
- Tensão Nominal 2 - 440/220 V;
- Tensão Nominal 3 - 220/127 V.



Exemplo de transformador de distribuição
Fonte: <http://transformadoresjundiai.com.br>



Exemplo de rede de distribuição
Fonte: <https://www.palhocense.com.br/>

O sistema de energia elétrica

Distribuição de energia elétrica. Tipos de linhas de distribuição:

- Rede de Distribuição Aérea Convencional: os condutores são sem isolamento (nus). Muitos comuns no Brasil, sendo susceptíveis à ocorrência de falhas (descargas atmosféricas, curto-circuito, contato com galhos de árvores, etc.);
- Rede de Distribuição Aérea Compacta: são mais recentes, sendo mais compactas e mais seguras e menos susceptíveis a falhas, pois utilizam condutores isolados;
- Rede de Distribuição Aérea Isolada: condutores isolados e trançados; maior resistência mecânica e menos espaço. São redes mais caras e utilizadas em condições especiais;
- Rede de Distribuição Subterrânea: condutores isolados, enterradas no solo ou na estrutura, aumentando a confiabilidade e a estética do sistema, além de diminuir a manutenção. Alto custo, empregadas em situações especiais e regiões de alta densidade demográfica.



Aérea convencional



Aérea compacta



Aérea isolada



Subterrânea

Exemplos de redes de distribuição

Fonte: <https://www.celesc.com.br>

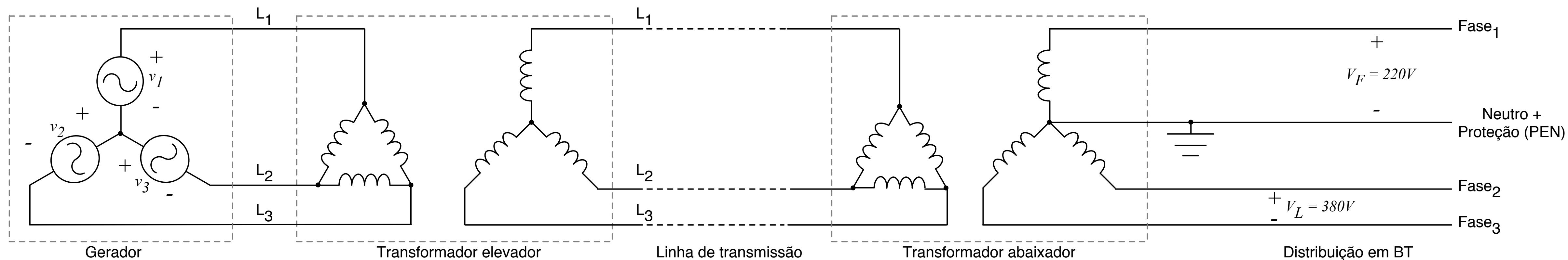
O sistema de energia elétrica

Distribuição de energia elétrica.

- Tensão de fase - valor de tensão entre os condutores fase e neutro, 220 V em SC;
- Tensão de linha - valor da tensão entre duas fases, 380 V em SC.

$$V_L = V_F \cdot \sqrt{3}$$

$$V_L = 220 \cdot \sqrt{3} \cong 381V$$



Sistema típico de rede de distribuição de energia elétrica

O sistema de energia elétrica

Distribuição de energia elétrica.

- Faixas de tensão conforme a ANEEL, para tensão de fase:
 - Adequada: tensão da rede entre 202 V e 231 V;
 - Precária: tensão entre 191 V e 202 V ou entre 231 V e 233 V;
 - Crítica: tensão abaixo de 191 V ou acima de 233 V.
- A frequência deve ser entre 59,9 Hz e 60,1 Hz.

Faixa universal:
100 V até 264 V

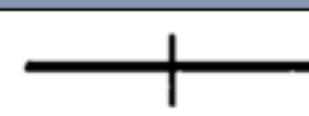
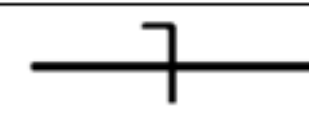
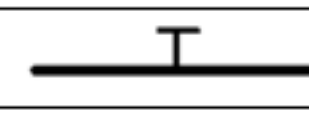
Níveis de tensão do sistema elétrico brasileiro

Transmissão (kV)	Distribuição Primária (AT) (kV)	Distribuição Secundária (BT)	
		Monofásica (V)	Trifásica (V)
69	13,8	110/220	115/230
138	23	115/230	120/208
230	Não usado	127/254	127/220
500		220/440	220/380
750		120/240	254/440

Fonte:

Mussoi, Fernando L. R. Instalações Elétricas. Apostila. Departamento Acadêmico de Eletrônica, Câmpus Florianópolis, Instituto Federal de Santa Catarina - IFSC, 2016.

Símbolos dos condutores do sistema de distribuição de energia elétrica

Símbolo	Significado
	Condutor fase no interior de eletroduto
	Condutor neutro no interior de eletroduto
	Condutor terra no interior de eletroduto

Fonte: NBR 5444

Proteção e Segurança

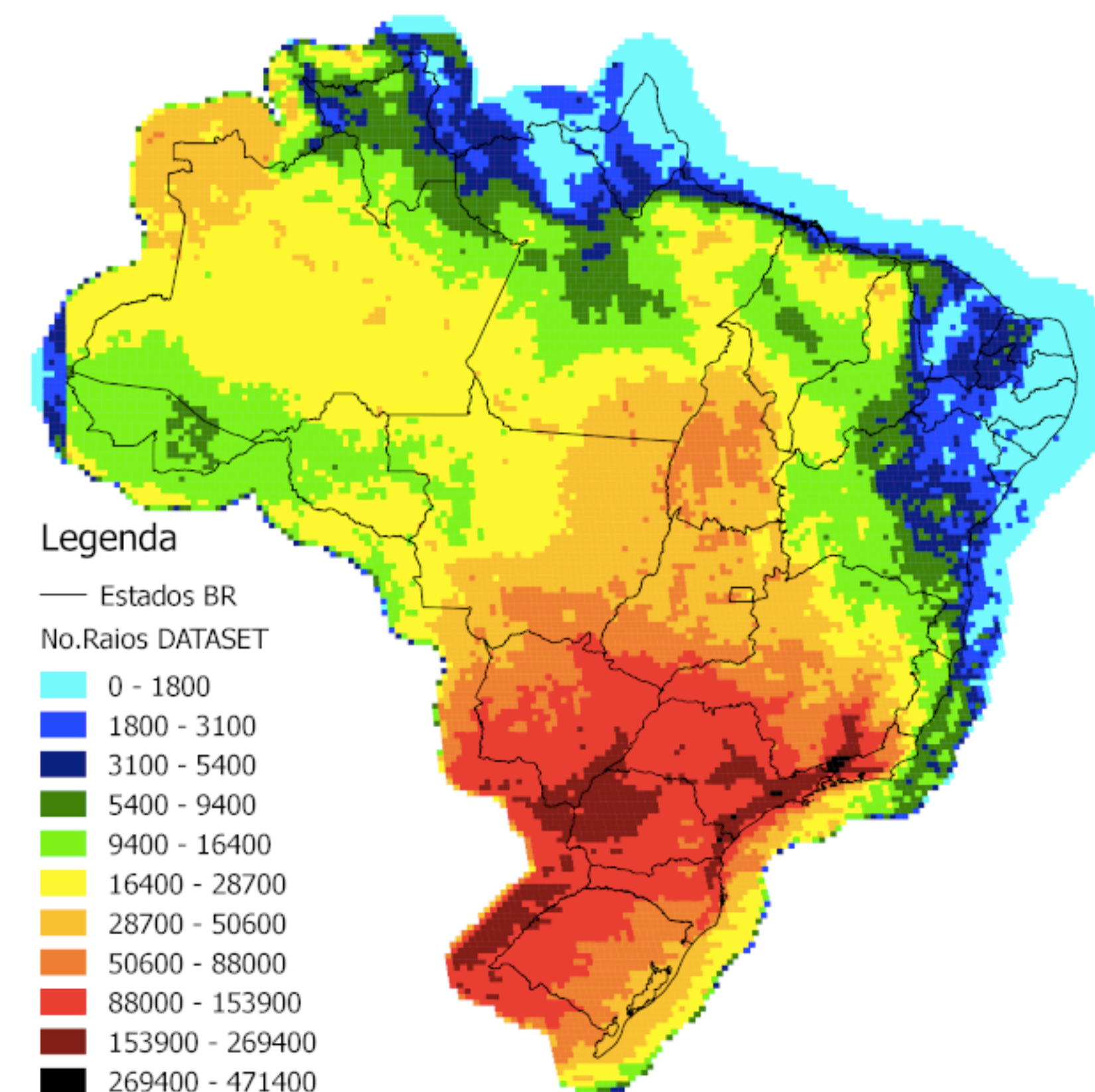
Descargas atmosféricas:

- NBR 5419 define como descarga atmosférica a descarga elétrica de origem atmosférica entre uma nuvem e a terra ou entre nuvens, consistindo em um ou mais impulsos de vários kA;
- Sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA) provê proteção aos usuários e ao sistema;
- Sistema externo, formado por captadores (elementos para interceptar as descargas atmosféricas, como para-raios, por exemplo), subsistema de condutores de descida e subsistema de aterramento;
- Sistema interno de proteção, formado por dispositivos que reduzem os efeitos elétricos e magnéticos da corrente de descarga atmosférica dentro do volume a proteger (como varistores, supressores de surtos, dentre outros).



Exemplos de descargas atmosféricas

Fonte: <https://www.copel.com>



Mapa de descargas atmosféricas do INPE/CGPDI, biênio 2018/2019

Fonte: <http://www.inpe.br>

Proteção e Segurança

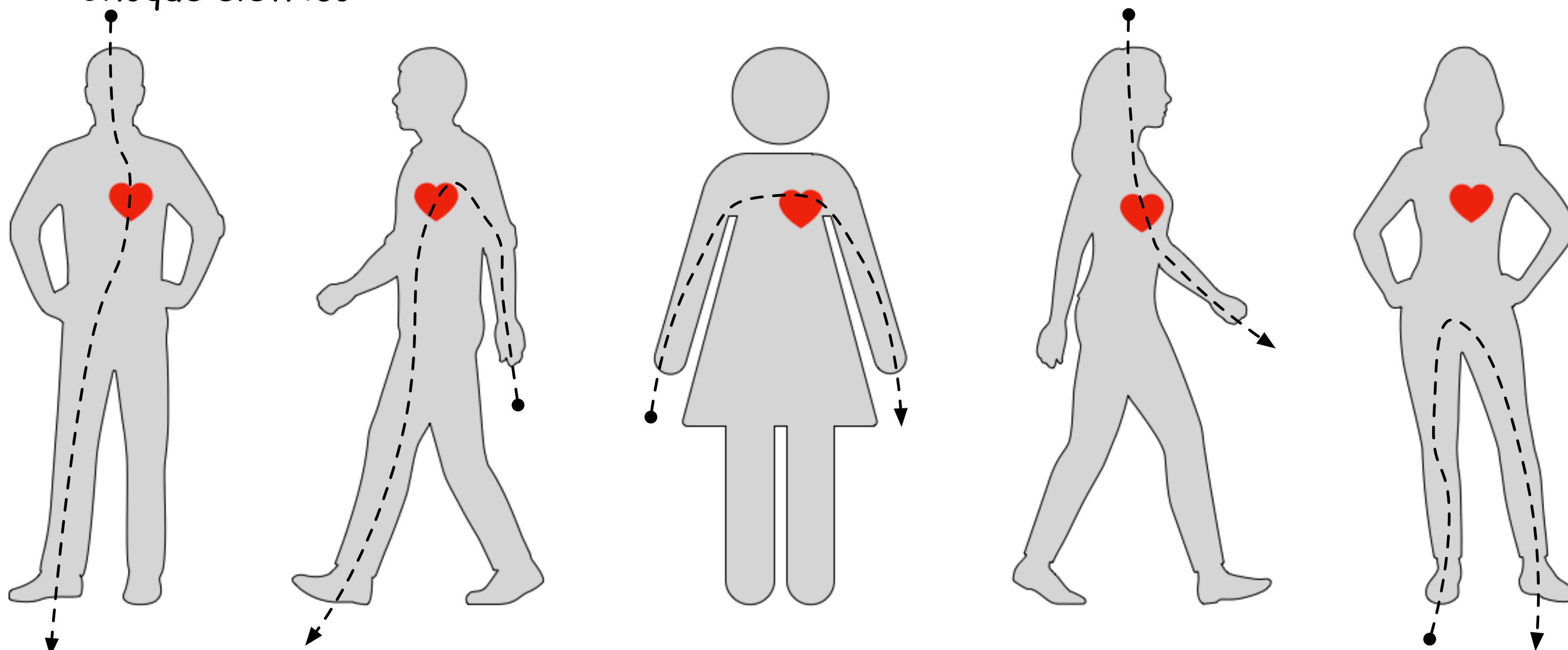
Choque elétrico:

- Definido como uma perturbação e que causa efeitos diversos nos organismos vivos quando estes são percorridos por correntes elétricas;
- NR 10 estabelece os requisitos e condições mínimas objetivando a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos, de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que, direta ou indiretamente, interajam em instalações elétricas e serviços com eletricidade;
- NBR 5410 estabelece as condições a que devem satisfazer as instalações elétricas de baixa tensão, a fim de garantir a segurança de pessoas e animais, o funcionamento adequado da instalação e a conservação dos bens;
- A NBR 5410 é aplicável em circuitos alimentados sob tensão nominal inferior a 1000 V em corrente alternada e frequências inferiores a 400 Hz, ou a 1500 V em corrente contínua.



Proteção e Segurança

Choque elétrico:



Efeitos do choque elétrico

Fonte: Adaptado de <https://www.ufrrj.br>

Corrente	Efeito	Percepção
1 mA	Apenas perceptível	Formigamento
10 mA	Contração muscular	Dor
16 mA	Contração muscular	Máxima dor tolerável
20 mA	Parada respiratória	Convulsões
100 mA	Ataque cardíaco	Fibrilação
2 A	Parada cardíaca	Queimaduras
3 A	Valor mortal	Queimaduras profundas

Proteção e Segurança

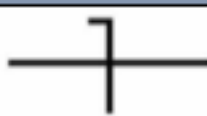
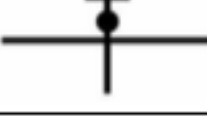
Sistemas de aterramento:

- Aterramento é definido como a ligação de estruturas ou instalações com a terra, a fim de se estabelecer uma referência para a rede elétrica e permitir que fluam para a terra correntes elétricas de naturezas diversas;
- Pode ser de dois tipos:
 - Aterramento funcional - aquele que consiste na conexão à terra de um dos condutores da rede de energia elétrica (em geral o neutro);
 - Aterramento de proteção - aquele que consiste na ligação à terra das massas e dos elementos estranhos à instalação, evitando choques elétricos aos usuários dos mesmos por contato direto com o equipamento sob falta.

Fonte:

CREDER, H. Instalações Elétricas. São Paulo: Livros Técnicos e científicos Editora, 2002.

Símbolos dos condutores de proteção

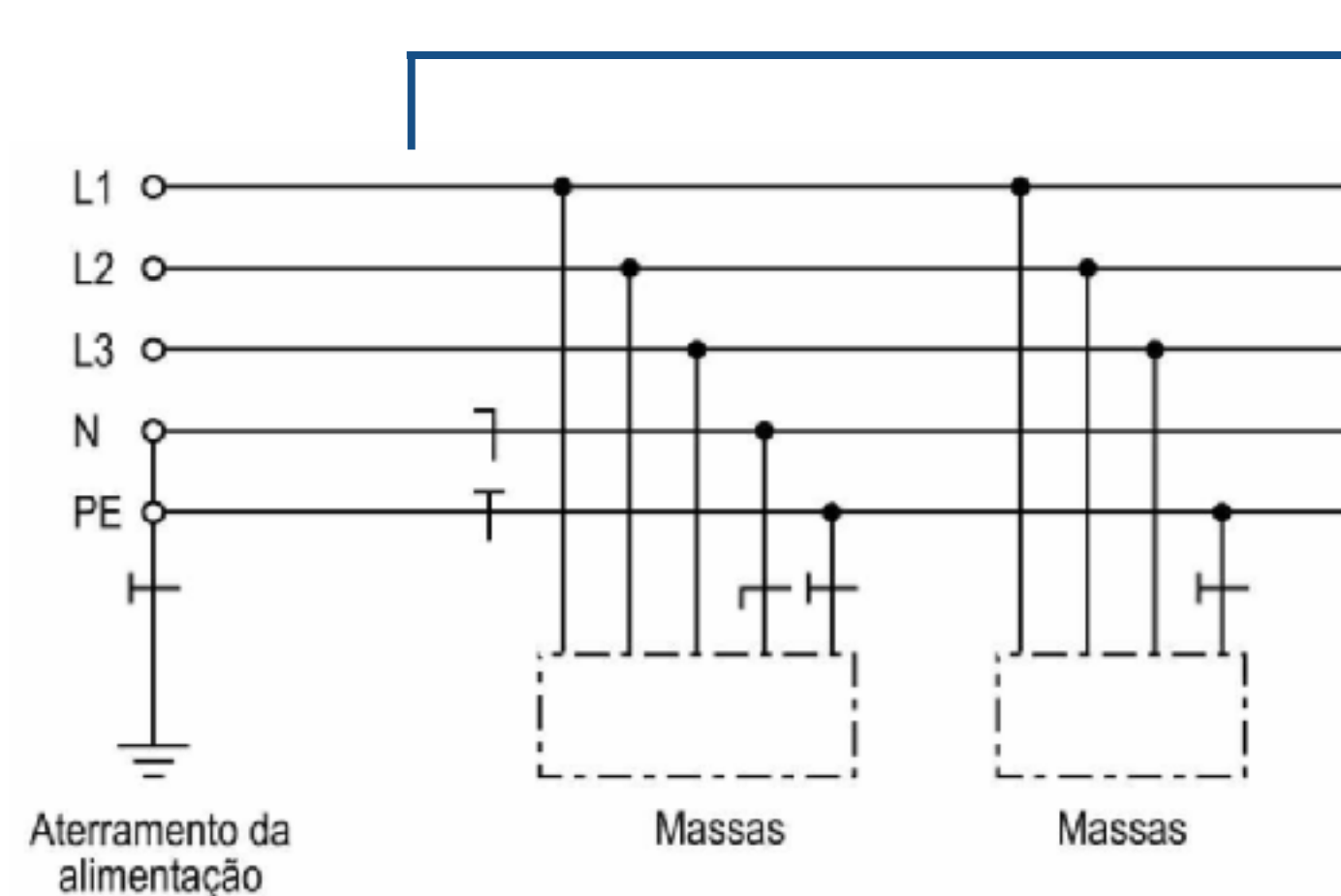
Símbolo	Significado
	Condutor neutro (N)
	Condutor de proteção (PE)
	Condutor combinando as funções de neutro e de condutor de proteção (PEN)

Fonte: NBR 5410

Proteção e Segurança

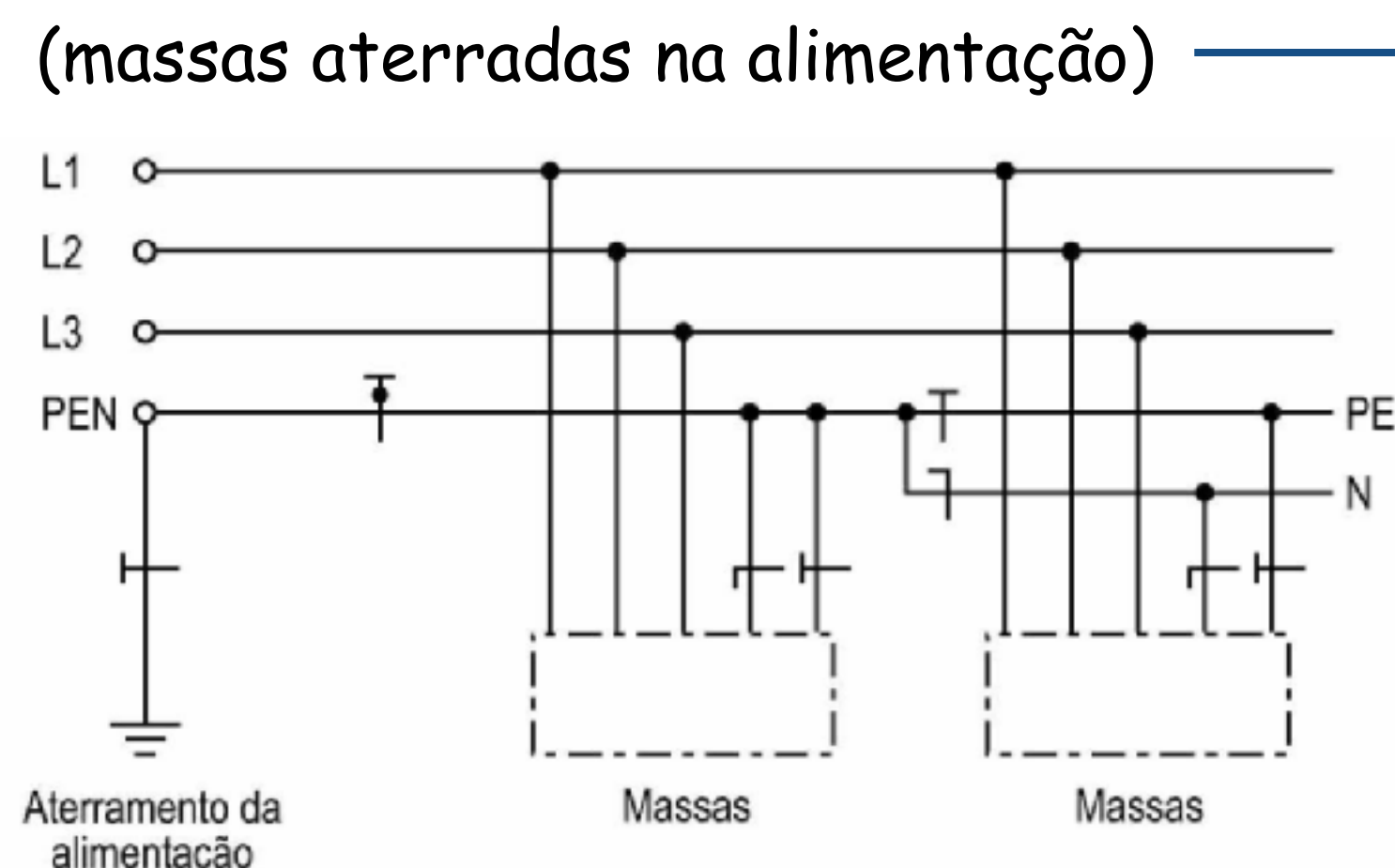
Sistemas de aterramento:

- Esquema TN - possui um ponto da alimentação diretamente aterrado, sendo as massas ligadas a esse ponto através de condutores de proteção;
- Esquema TT - possui um ponto da alimentação diretamente aterrado, estando as massas da instalação ligadas a eletrodo(s) de aterramento eletricamente distinto(s) do eletrodo de aterramento da alimentação;
- Esquema IT - todas as partes vivas são isoladas da terra ou um ponto da alimentação é aterrado através de impedância.



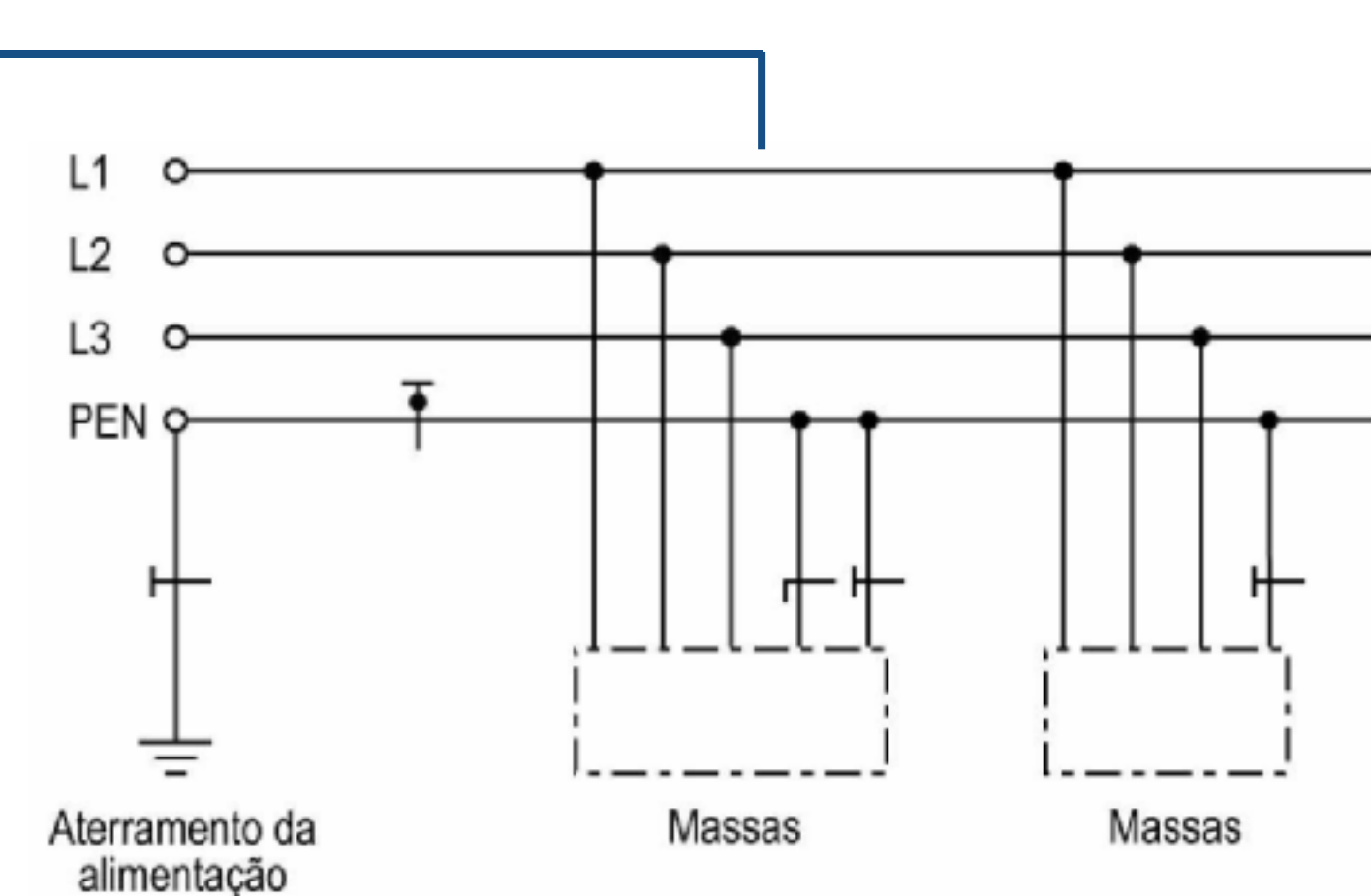
TN-S

(neutro e proteção diferentes)



TN-C-S

(em parte neutro e proteção são iguais)



TN-C

(neutro e proteção são iguais)

Esquema TN

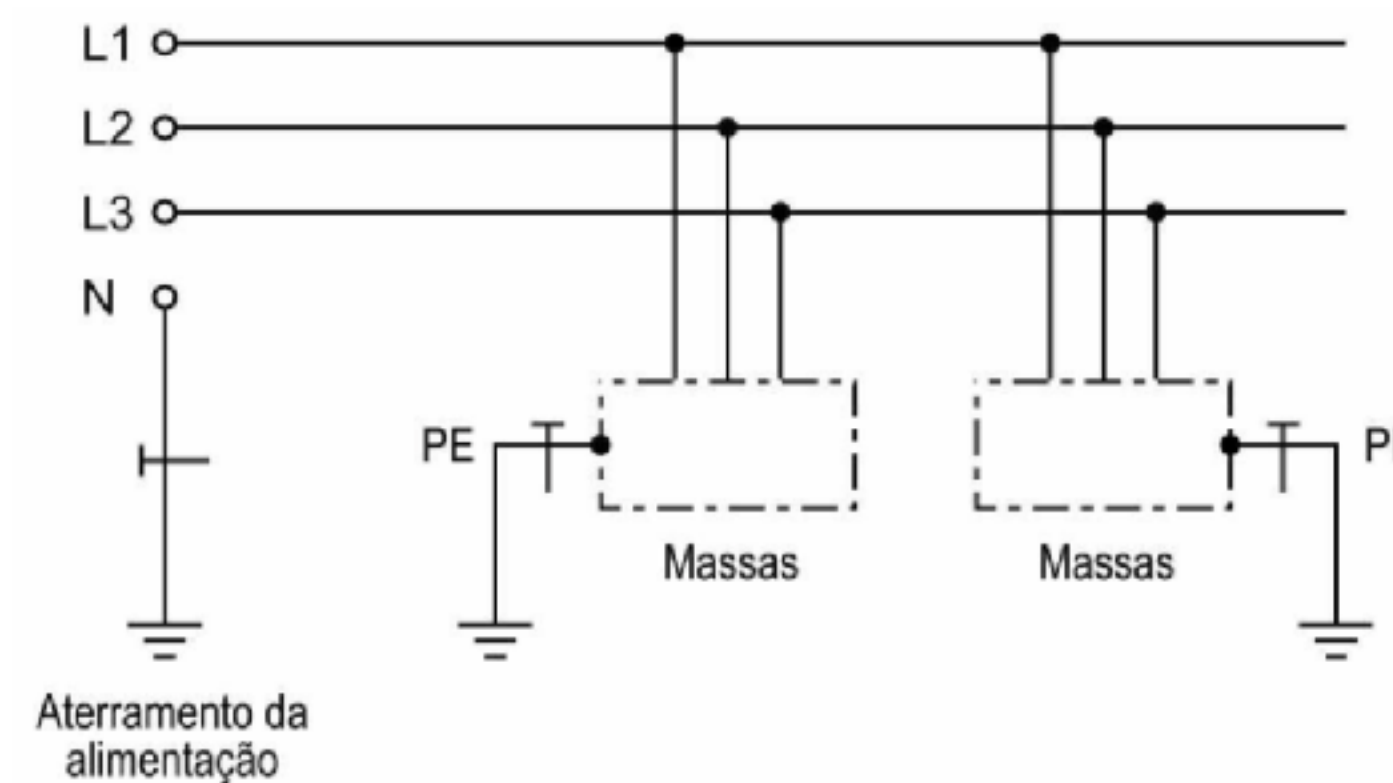
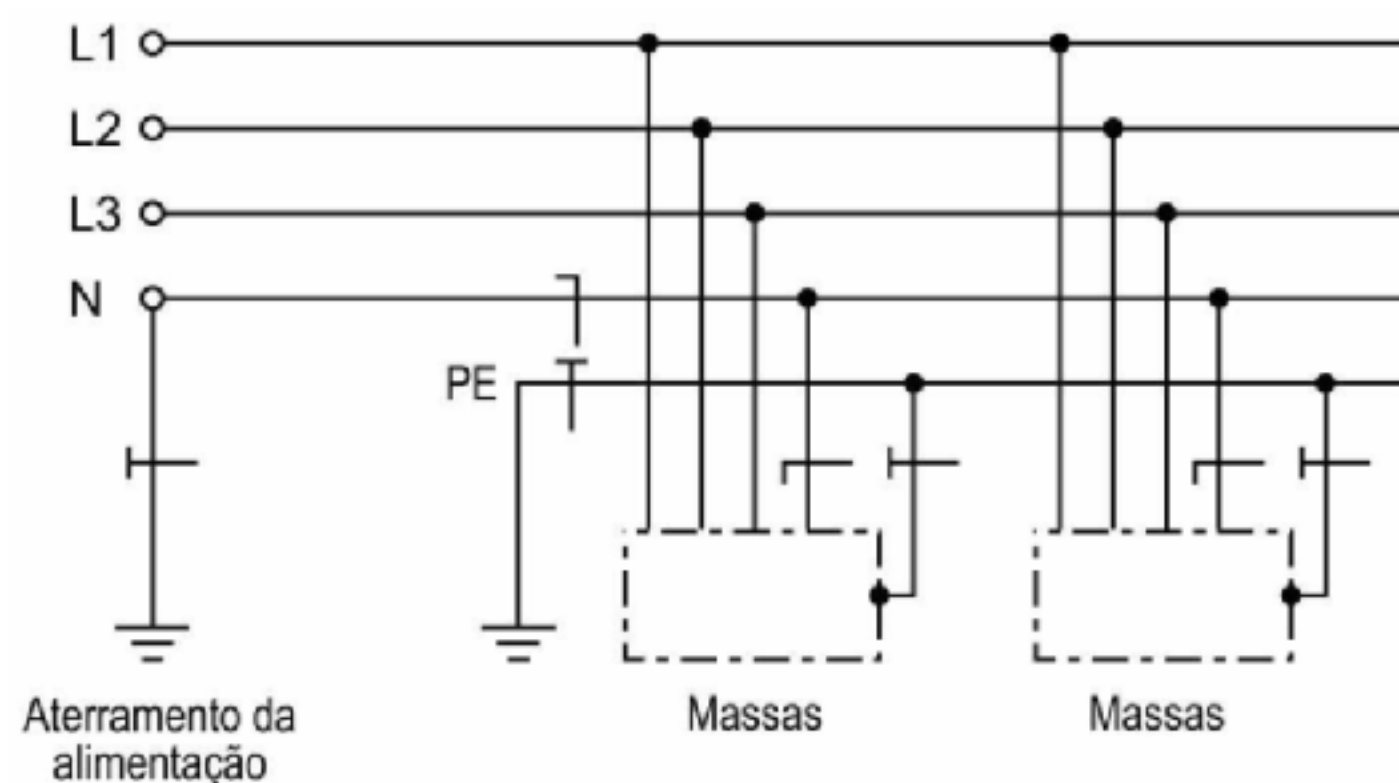
Fonte: NBR 5410

Proteção e Segurança

Sistemas de aterramento:

- Esquema TN - possui um ponto da alimentação diretamente aterrado, sendo as massas ligadas a esse ponto através de condutores de proteção;
- Esquema TT - possui um ponto da alimentação diretamente aterrado, estando as massas da instalação ligadas a eletrodo(s) de aterramento eletricamente distinto(s) do eletrodo de aterramento da alimentação;
- Esquema IT - todas as partes vivas são isoladas da terra ou um ponto da alimentação é aterrado através de impedância.

(massas aterradas separadamente da alimentação)

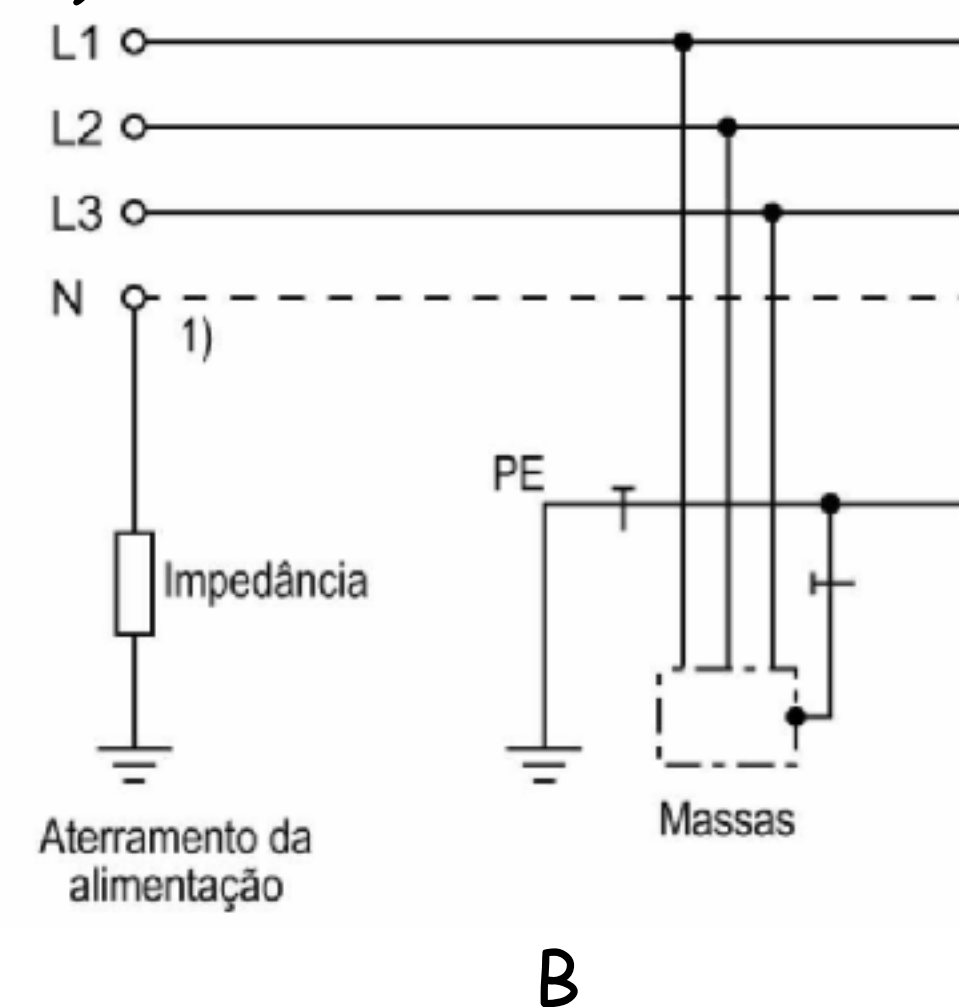
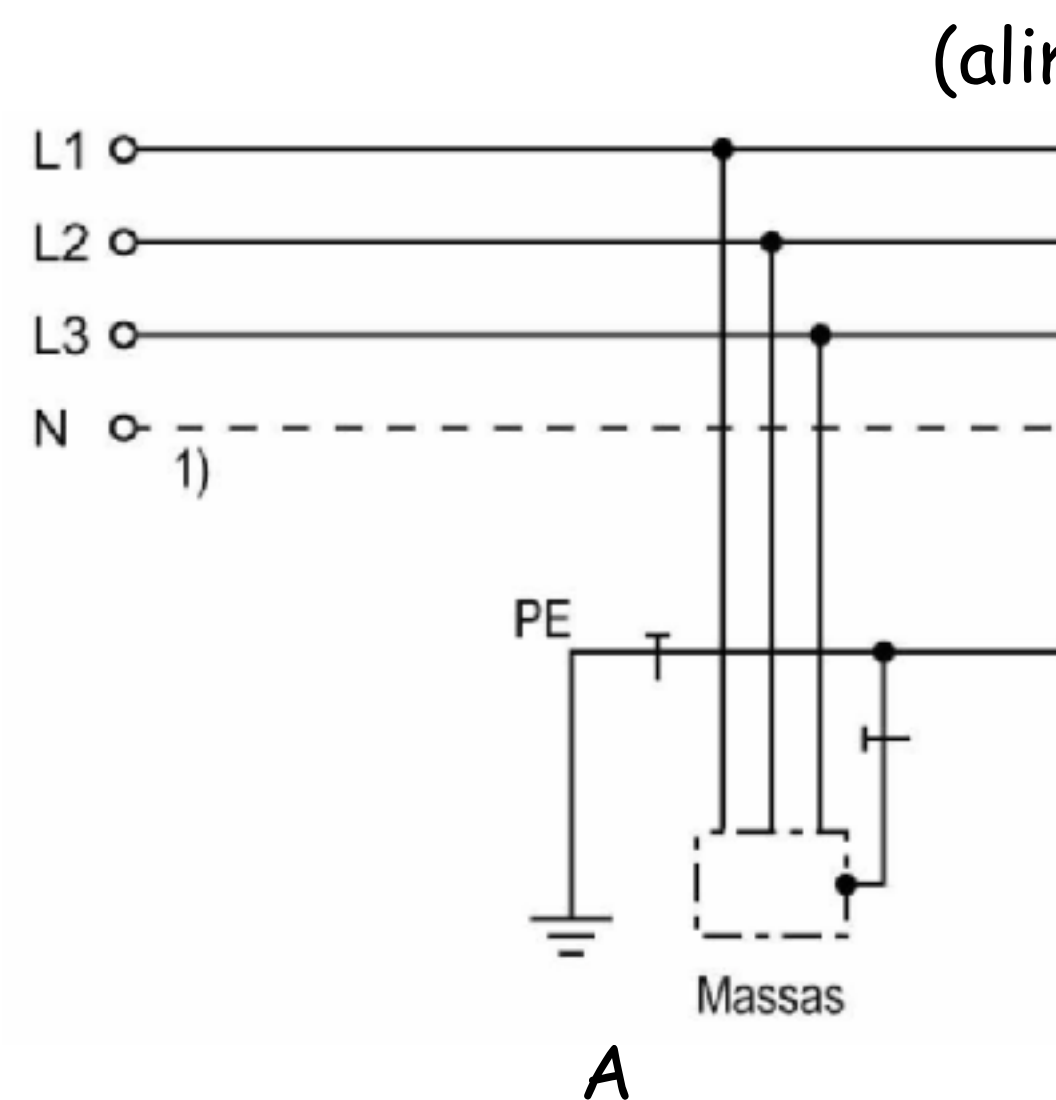


Esquema TT
Fonte: NBR 5410

Proteção e Segurança

Sistemas de aterramento:

- Esquema TN - possui um ponto da alimentação diretamente aterrado, sendo as massas ligadas a esse ponto através de condutores de proteção;
- Esquema TT - possui um ponto da alimentação diretamente aterrado, estando as massas da instalação ligadas a eletrodo(s) de aterramento eletricamente distinto(s) do eletrodo de aterramento da alimentação;
- Esquema IT - todas as partes vivas são isoladas da terra ou um ponto da alimentação é aterrado através de impedância.

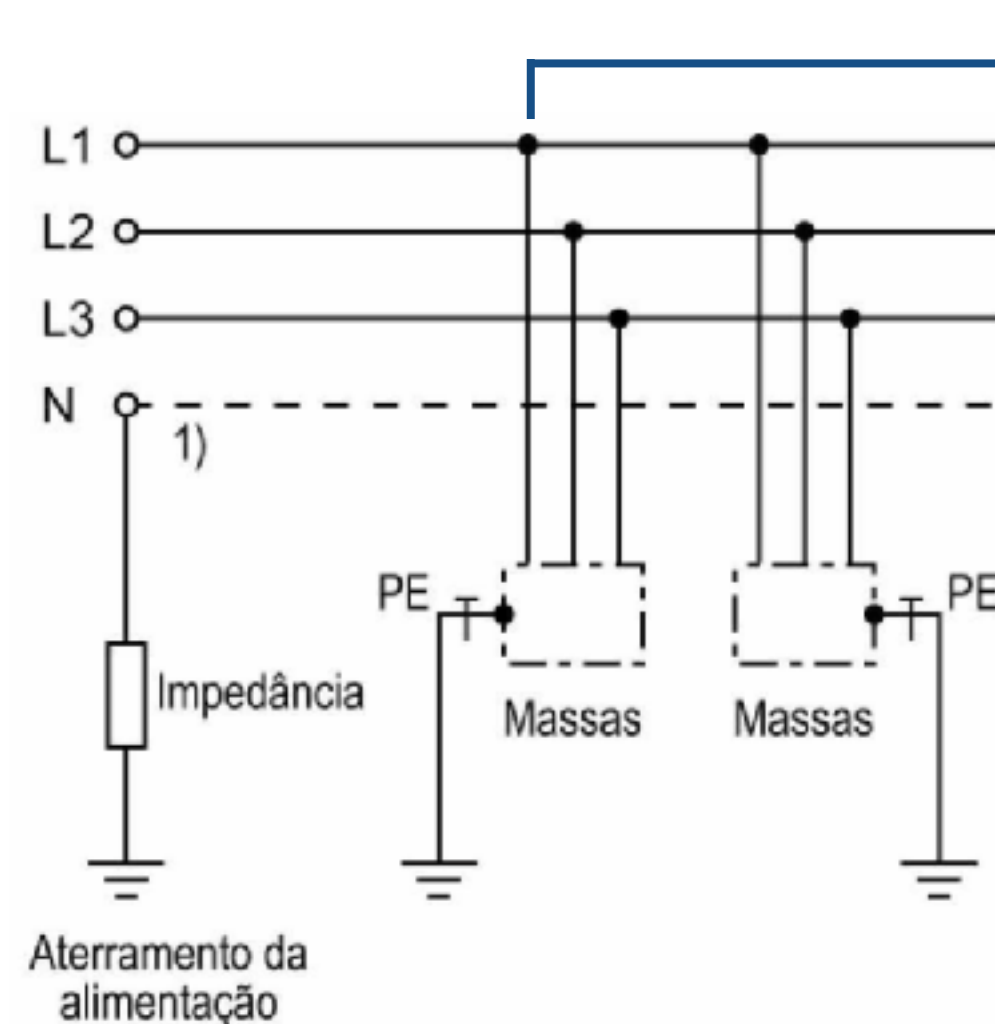


Esquema IT
Fonte: NBR 5410

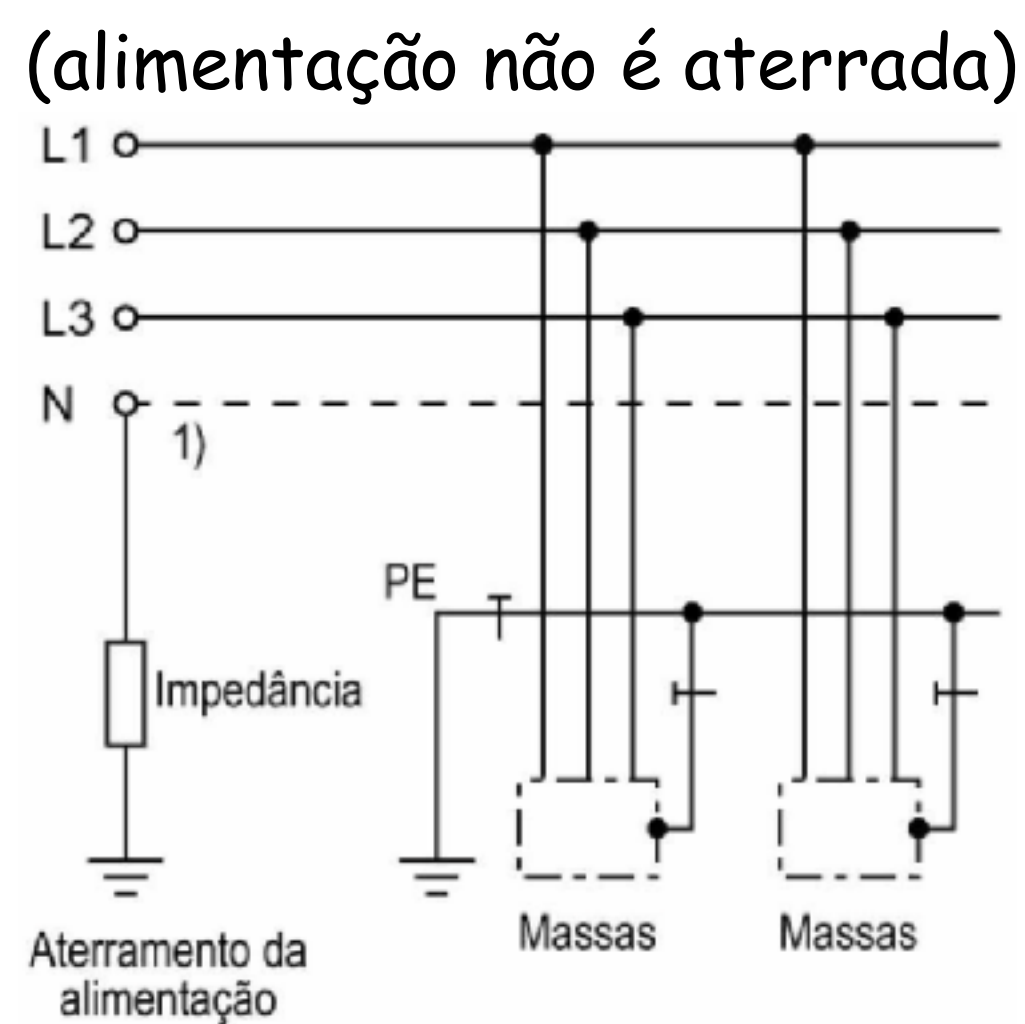
Proteção e Segurança

Sistemas de aterramento:

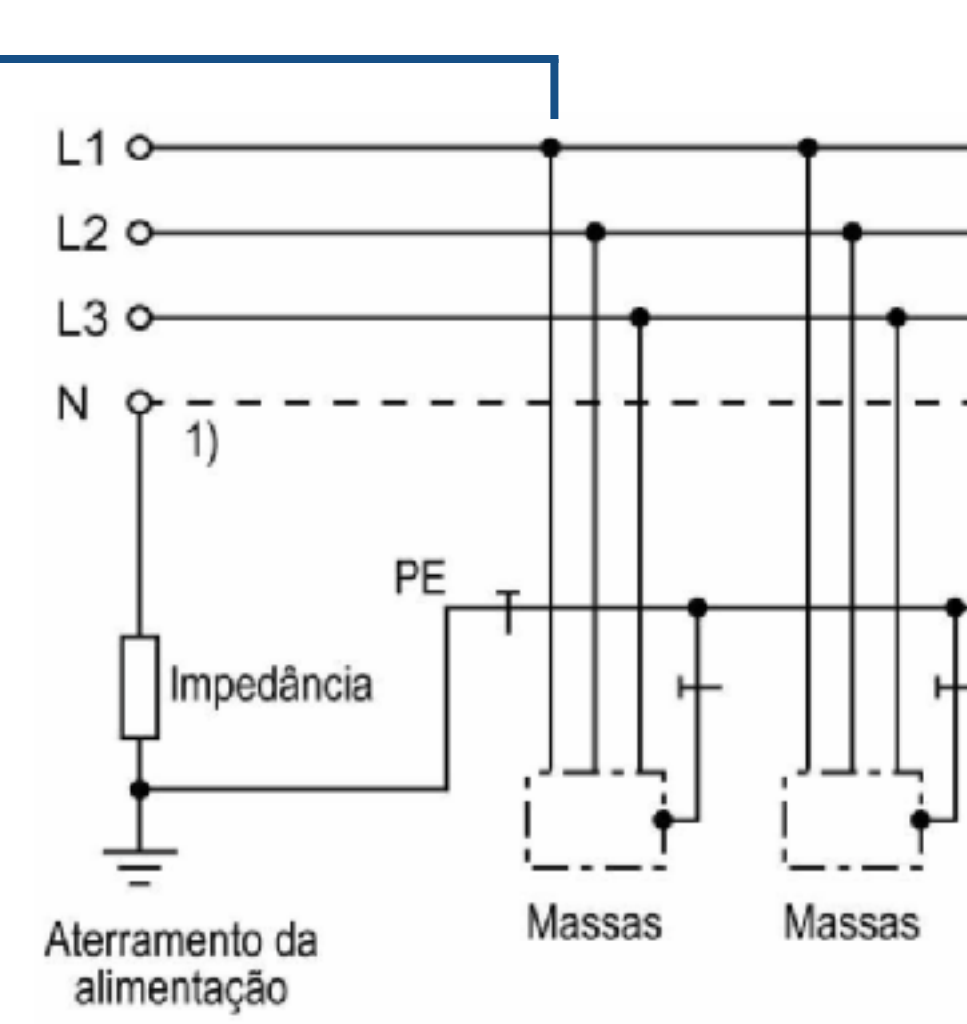
- Esquema TN - possui um ponto da alimentação diretamente aterrado, sendo as massas ligadas a esse ponto através de condutores de proteção;
- Esquema TT - possui um ponto da alimentação diretamente aterrado, estando as massas da instalação ligadas a eletrodo(s) de aterramento eletricamente distinto(s) do eletrodo de aterramento da alimentação;
- Esquema IT - todas as partes vivas são isoladas da terra ou um ponto da alimentação é aterrado através de impedância.



B.1



B.2

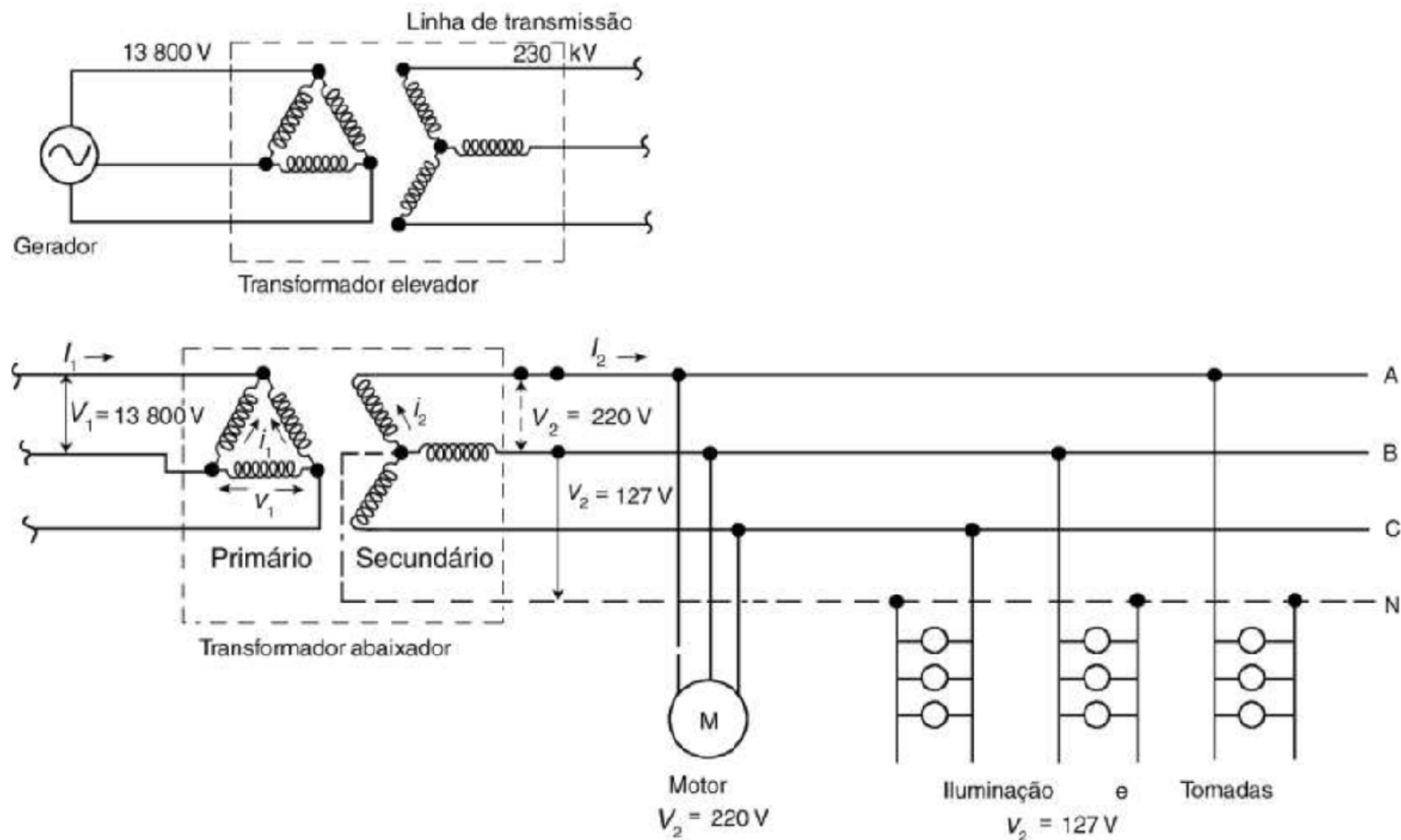


B.3

Esquema IT
Fonte: NBR 5410

Proteção e Segurança

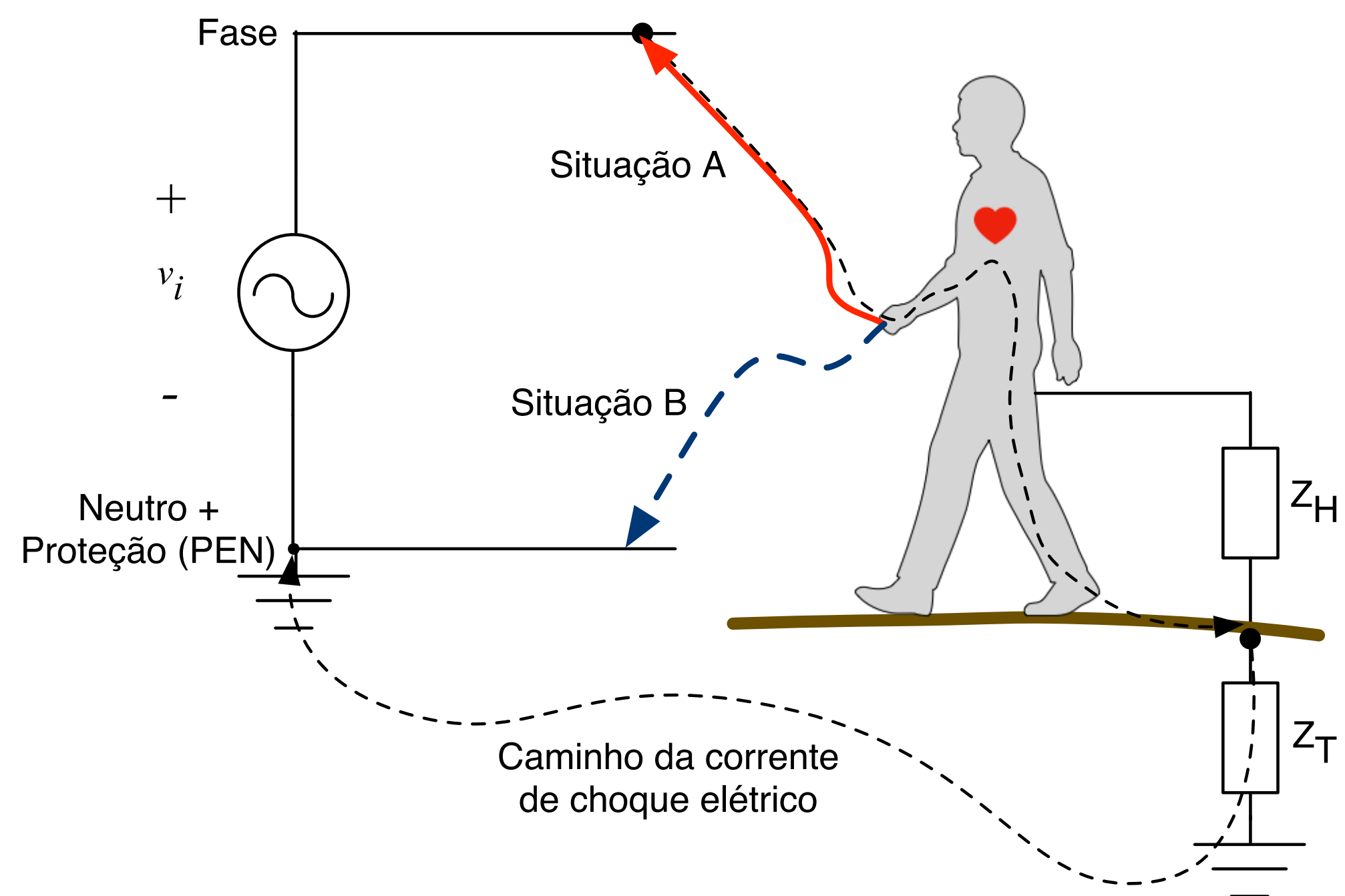
Sistemas de aterramento:



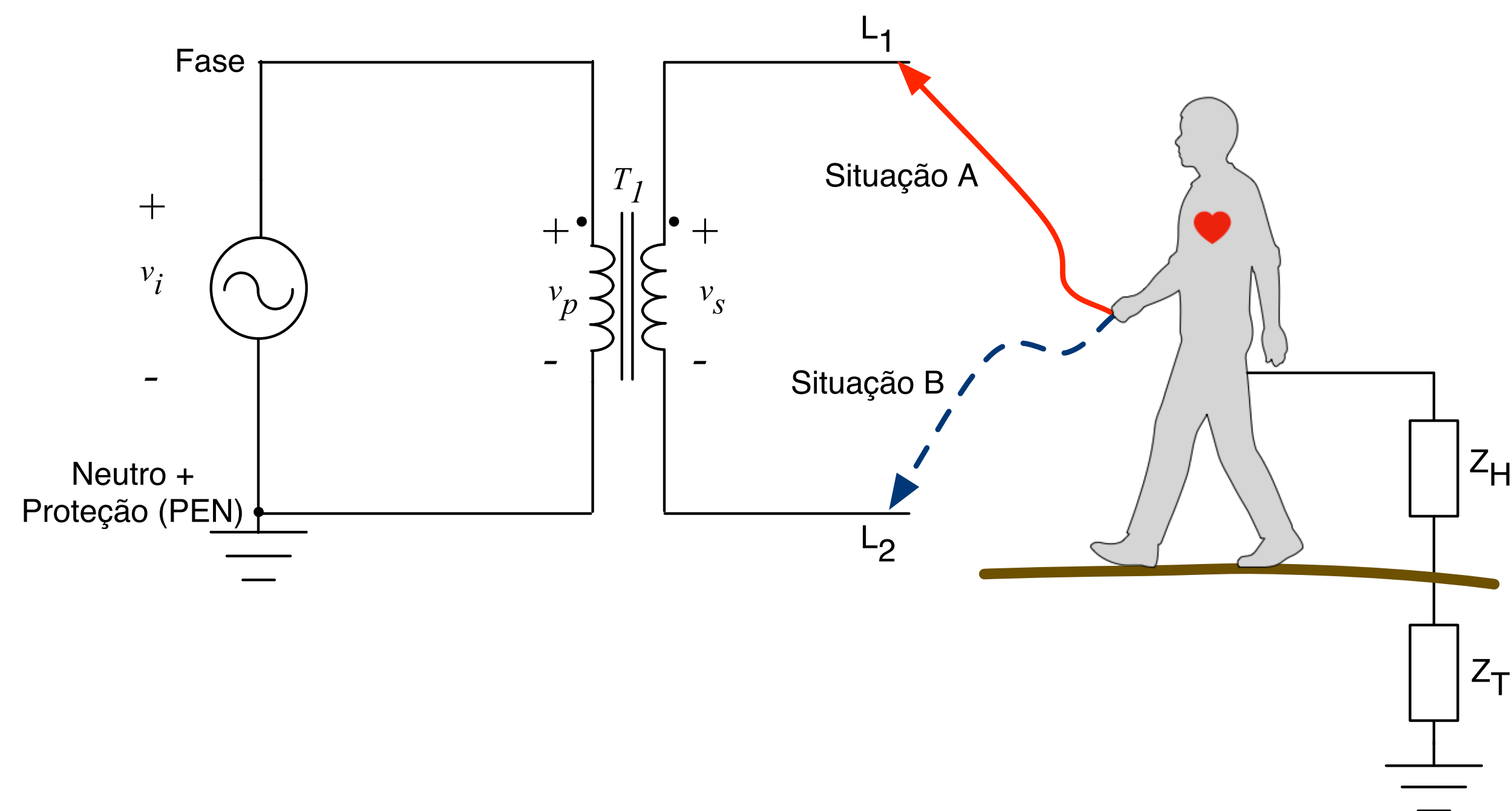
Sistema típico de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica

Fonte: (Creder, 2002)

Sistemas de aterramento:



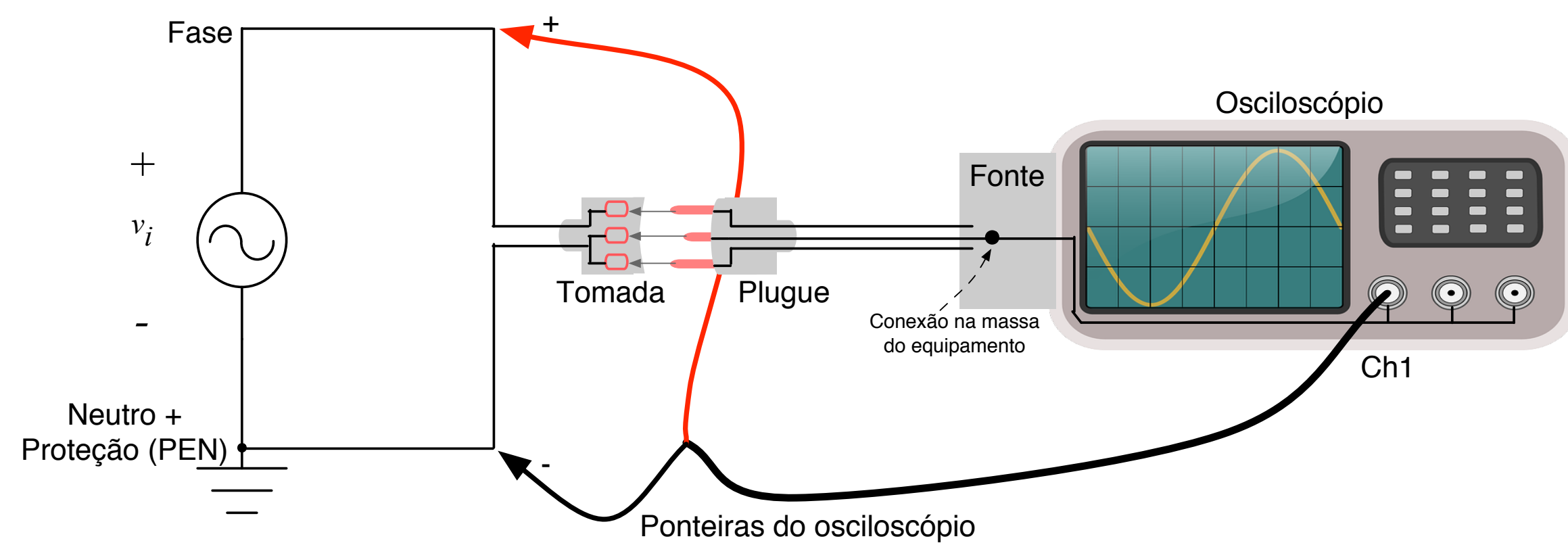
Sem transformador de isolamento



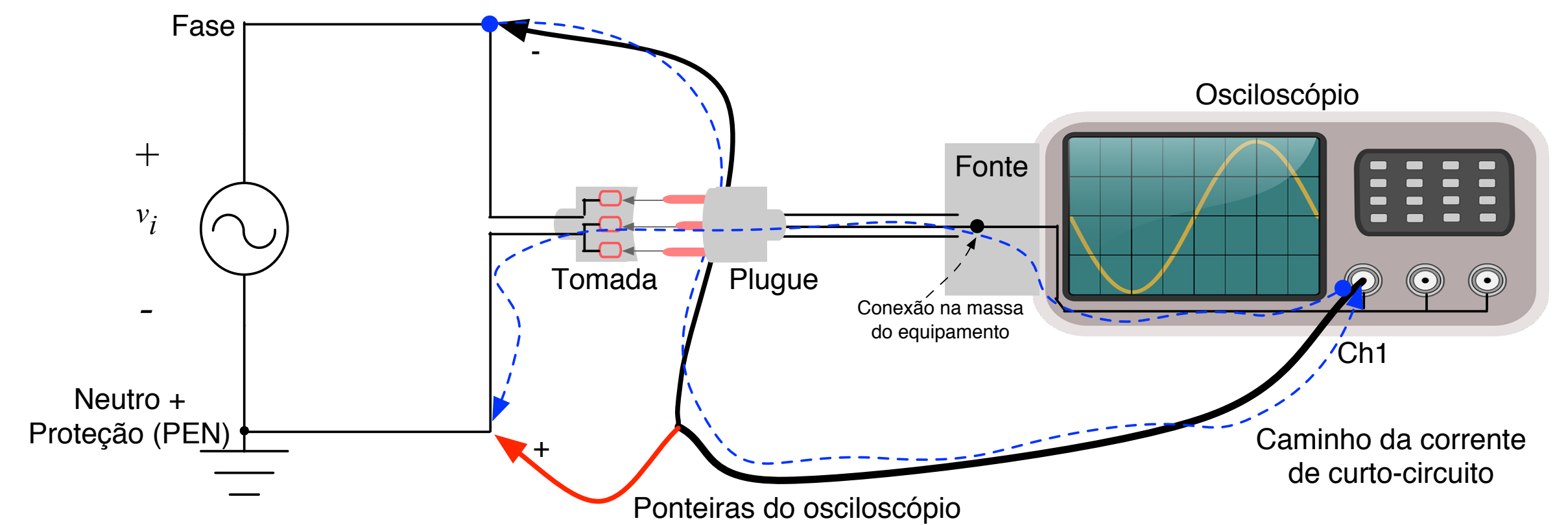
Com transformador de isolamento

Proteção e Segurança

Sistemas de aterramento:



Risco de sobretensão no instrumento

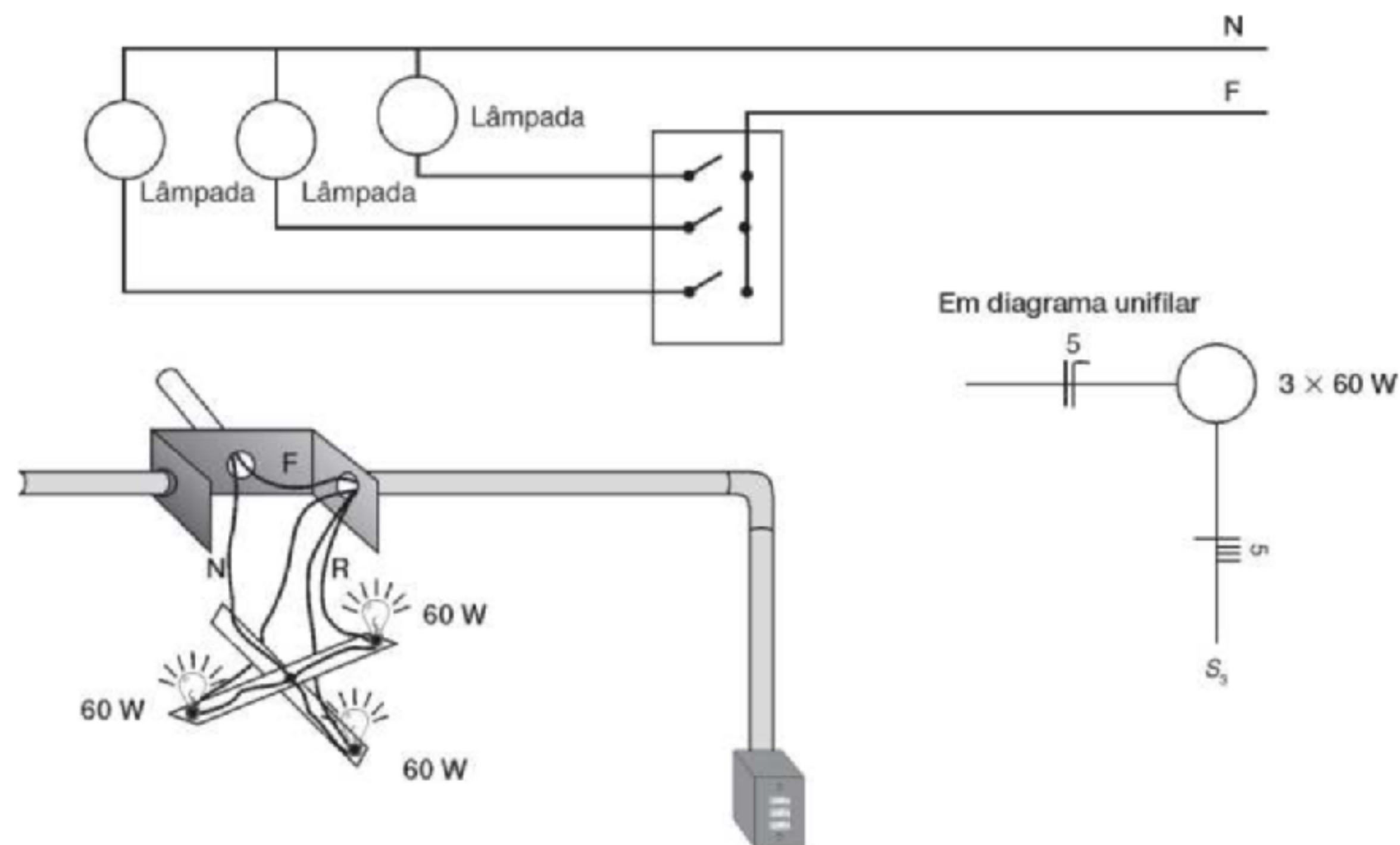


Curto-circuito pelas ponteiras

Diagramas elétricos

Diagramas elétricos:

- Diagrama unifilar (um fio) - mais simples de elaborar, representando o circuito em pouco espaço e com poucos elementos representativos;
- Diagrama multifilar (vários fios) - representa todas as conexões dos elementos do sistema, sendo fiel ao circuito elétrico que deve ser executado para o correto funcionamento da instalação;
- Diagrama funcional ou desenho em perspectiva - permite representar tridimensionalmente a instalação elétrica, com figuras mais próximas da representação real de seus elementos.



Diagramas unifilar, multifilar e desenho em perspectiva de um circuito de iluminação
Fonte: (Creder, 2002)

Diagramas elétricos

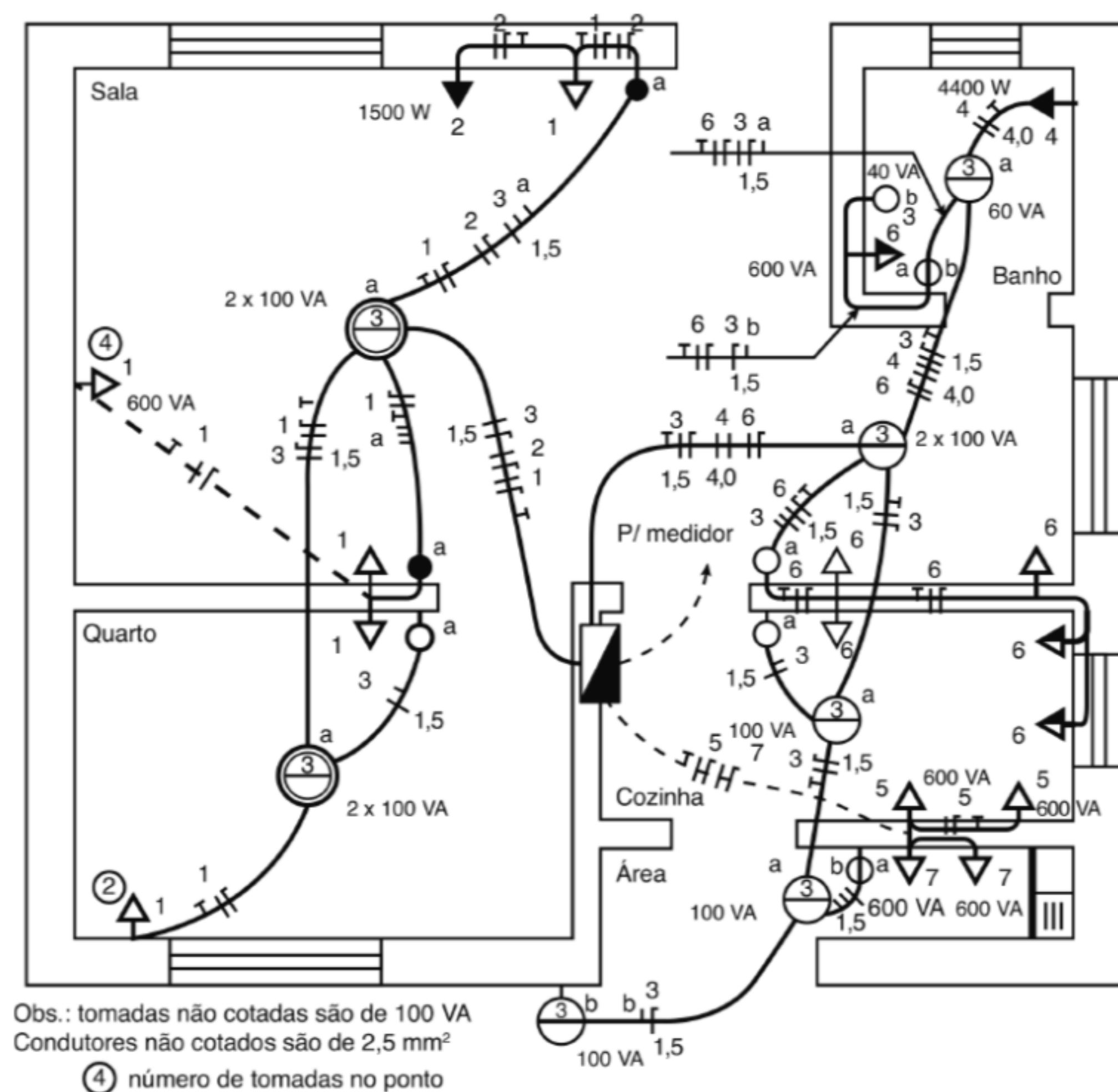


Diagrama unifilar de uma instalação elétrica
Fonte: (Creder, 2002)

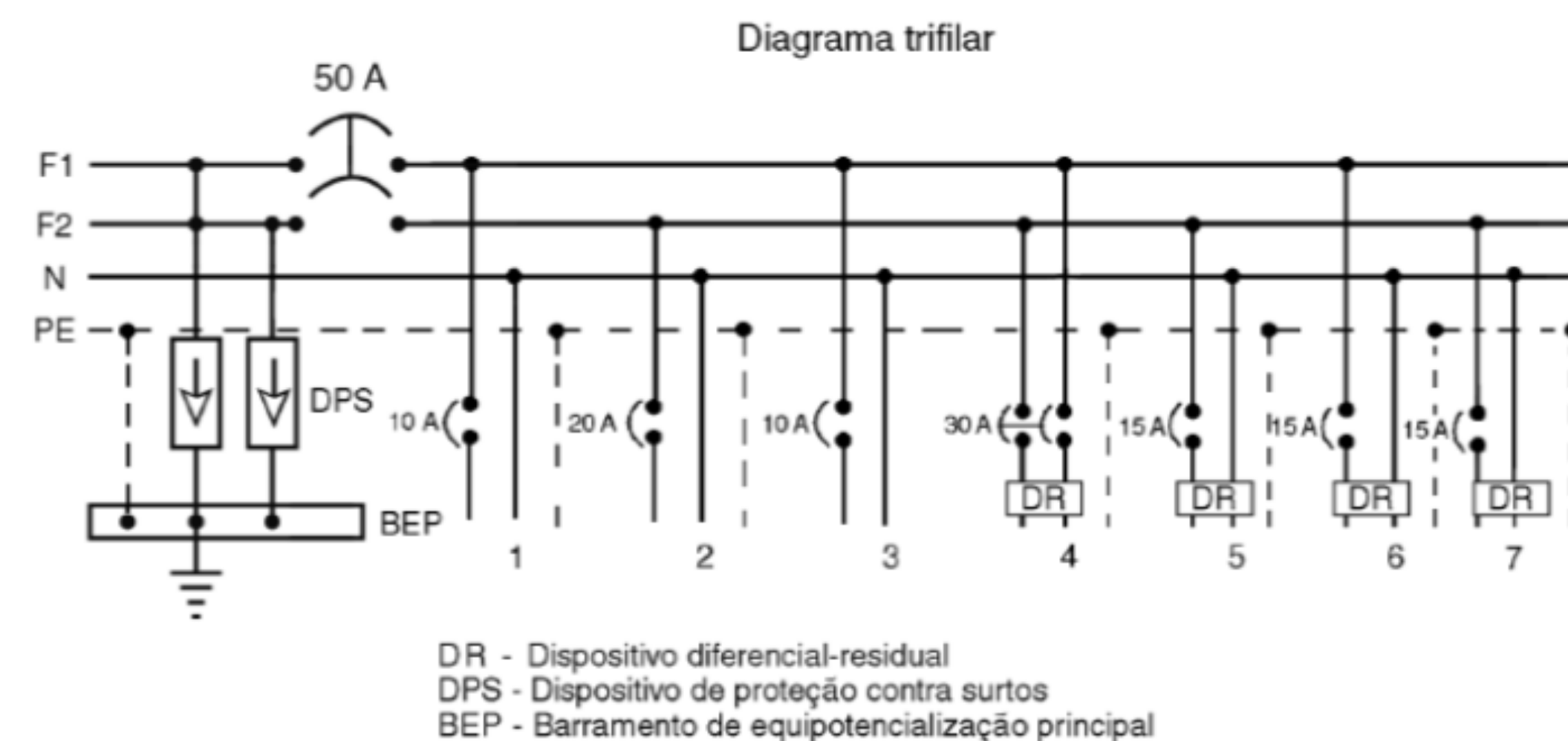


Diagrama multifilar de parte de uma instalação elétrica
Fonte: (Creder, 2002)

Próxima Aula

Elementos de instalações elétricas



<https://www.legrand.com.br/>



<https://www.weg.net/>



<http://www.taschibra.com.br/>