

NR10 - Choque Elétrico

Prof. Pedro Armando da Silva Jr.

Eng. Eletricista, Dr.

pedroarmando@ifsc.edu.br

IFSC Câmpus São José

Tópicos da aula

- Definição
- Tipos
- Estatísticas de Acidentes
- Choque Elétrico
- Campos Eletromagnéticos

Definição

Choque elétrico é a perturbação de natureza e efeitos diversos que se manifesta no organismo humano quando este é percorrido por uma corrente elétrica.



Tipos



Estático



Dinâmico



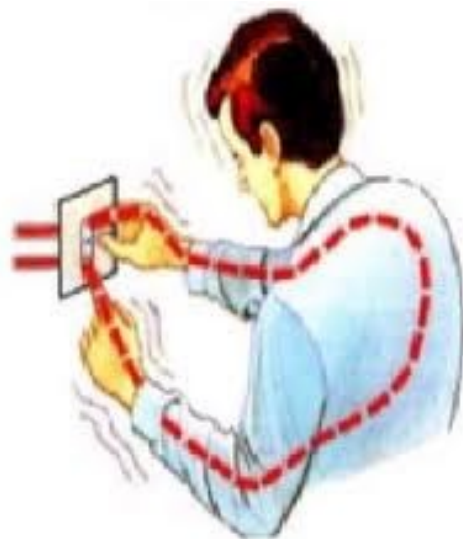
Descarga atmosférica

Tipos

Choques dinâmicos



Contato unipolar

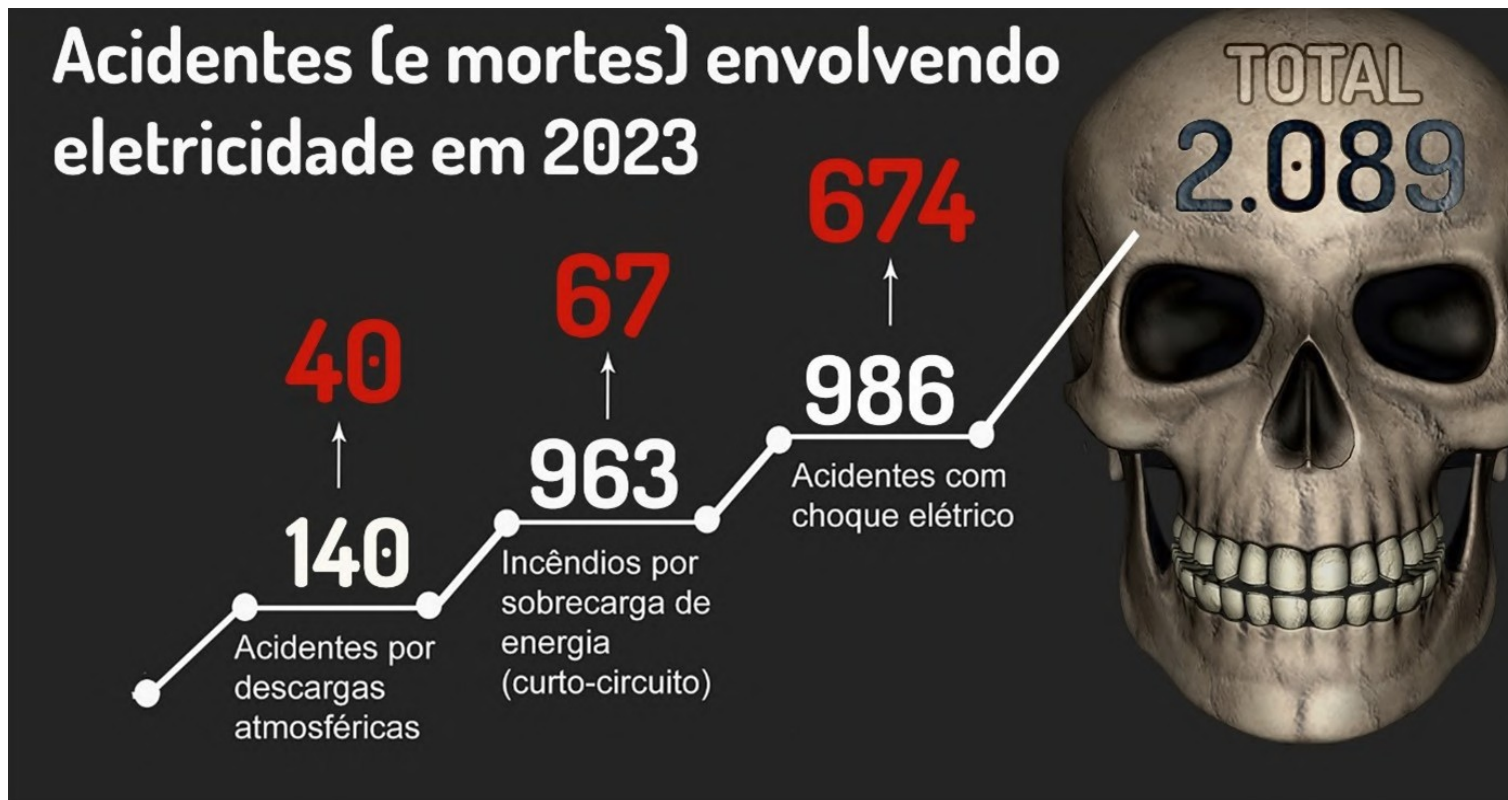


Contato bipolar



**Contato pelo
dielétrico rompido**

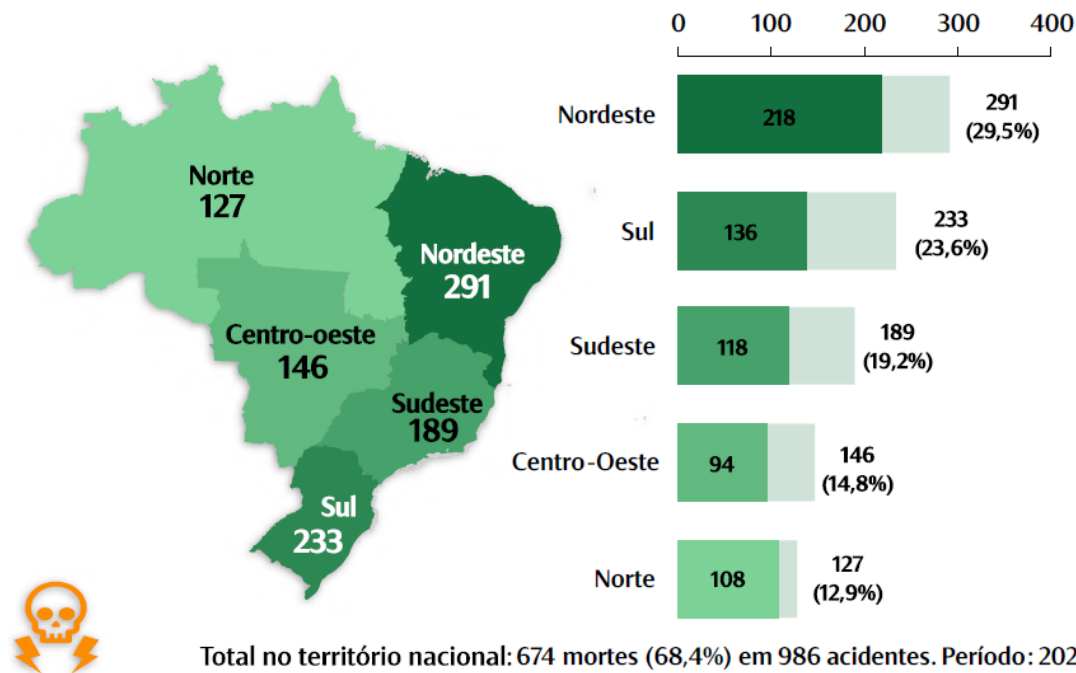
Estatísticas de Acidentes 2023



Infográfico 2 Dados gerais de acidentes com eletricidade em 2023 - totais e vítimas fatais

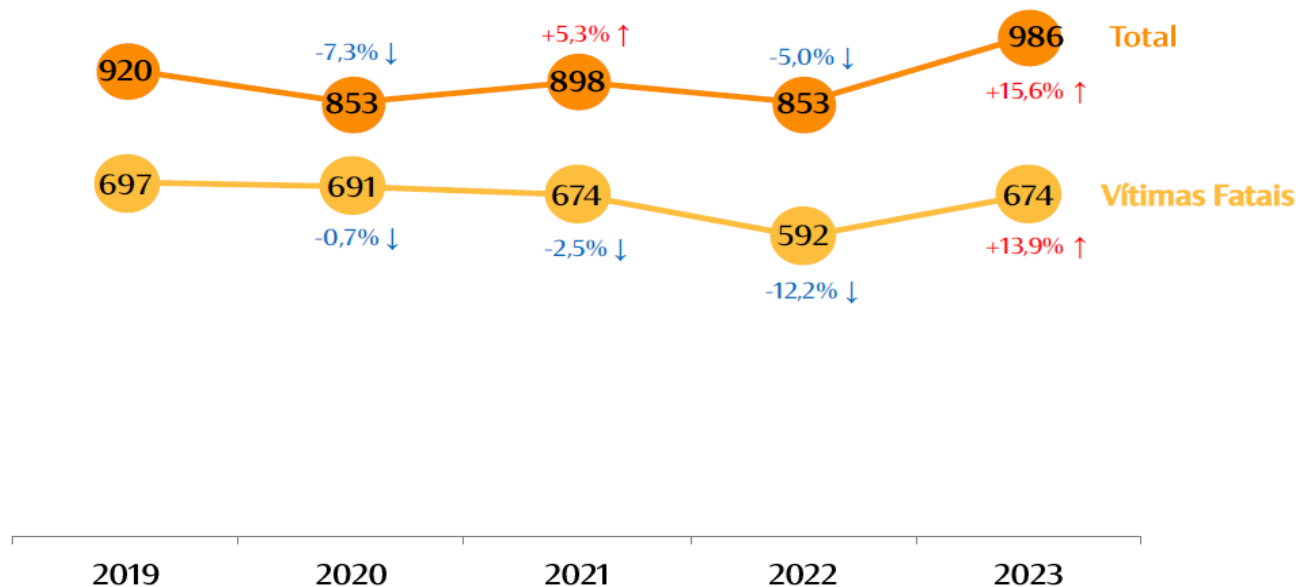
Estatísticas de Acidentes 2023

Gráfico 2 - Total de acidentes por choques elétricos, por região do país, com números totais, % do território nacional, e total de vítimas fatais.



Estatísticas de Acidentes 2023

Gráfico 3 - Número de ocorrências de Choques elétricos (de 2019 até 2023)



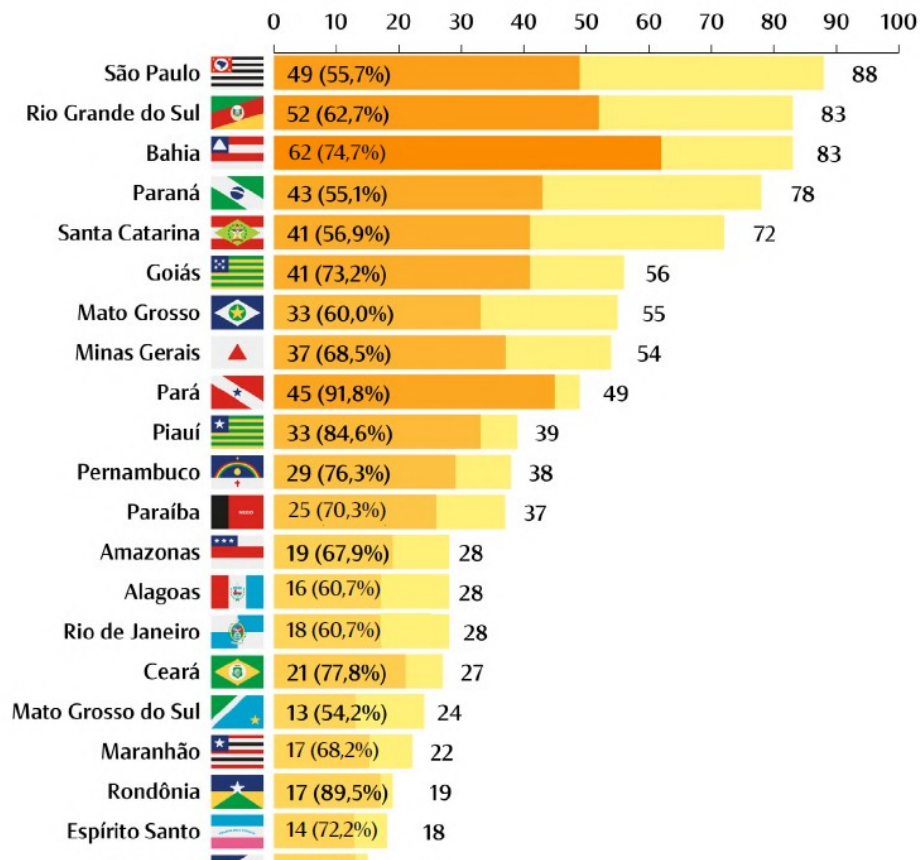
Visualização no período 2019 - 2023

Acidentes Totais : +7,2% ↑
Acidentes Fatais : -3,2% ↓
Acidentes Não-fatais : 39,3% ↑



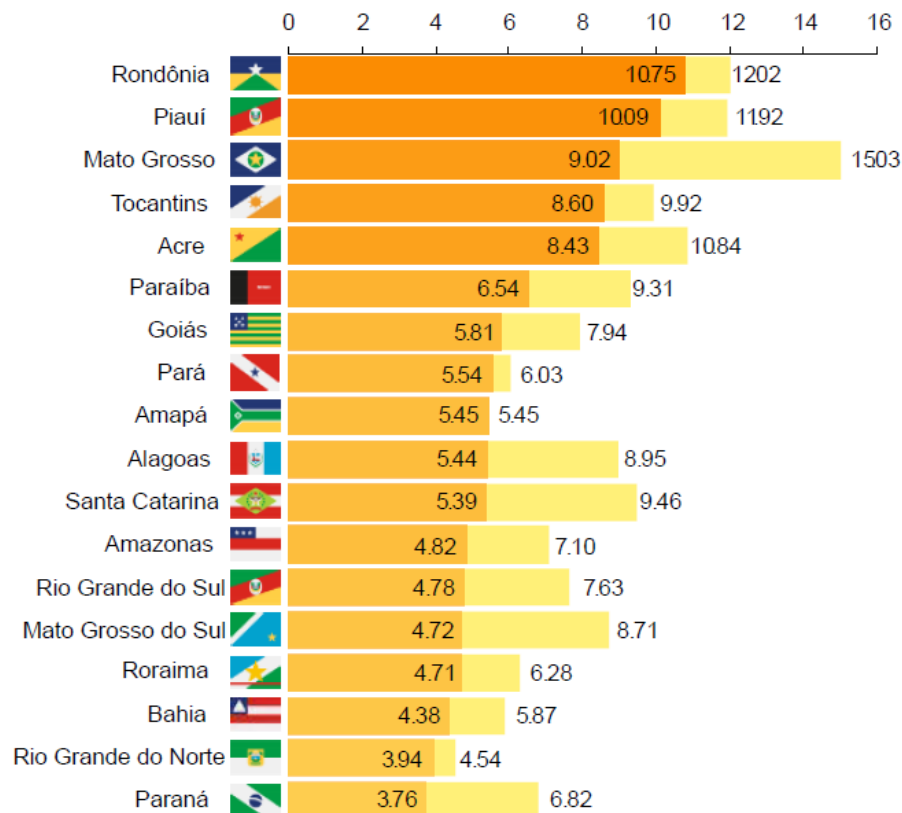
Estatísticas de Acidentes 2023

Gráfico 9 - Ranking nacional de acidentes e mortes por choques elétricos em 2023



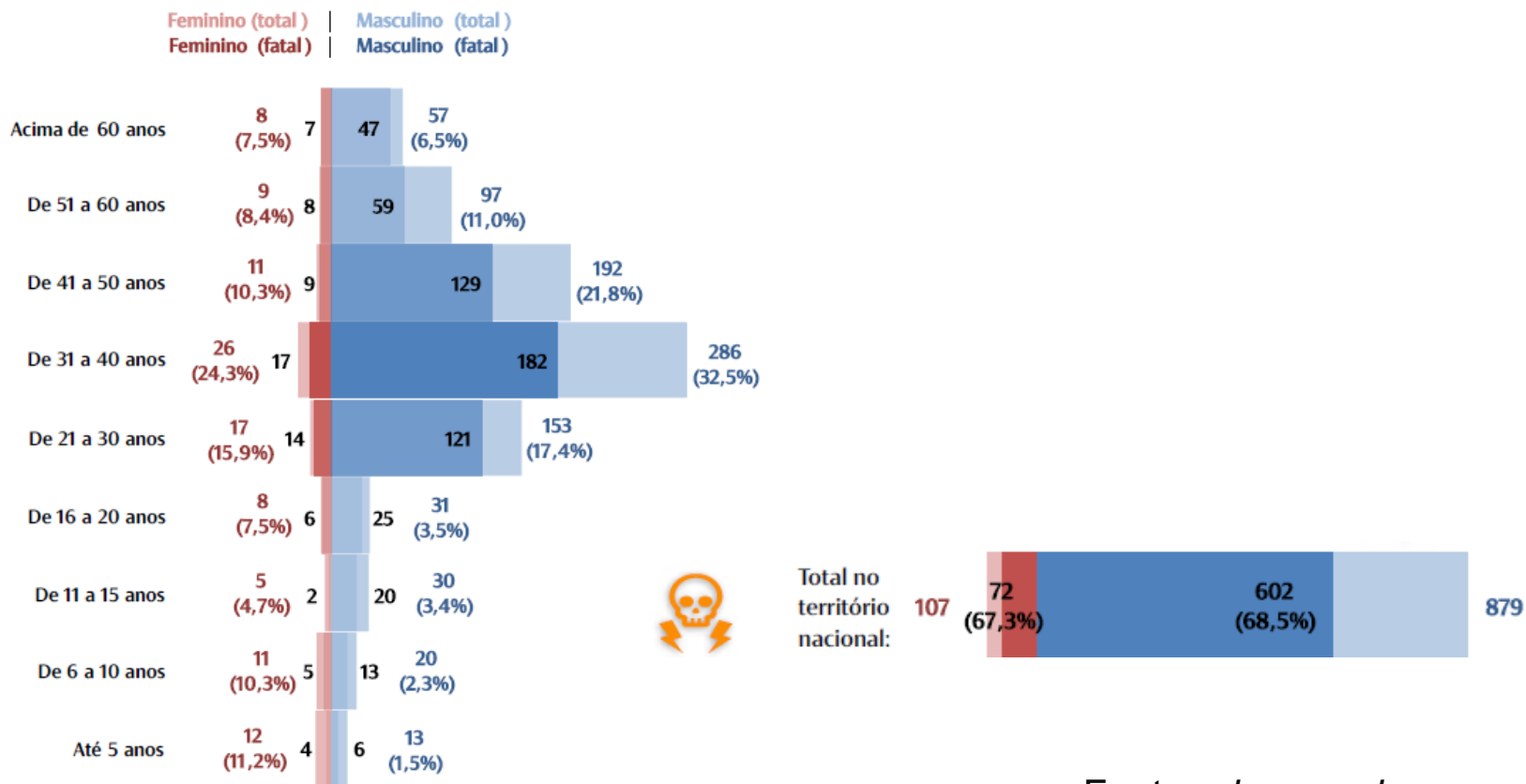
Estatísticas de Acidentes 2023

Gráfico 10 - Ranking nacional de taxa (mortes por milhão de habitantes) de acidentes e mortes por choques elétricos por estado em 2023.



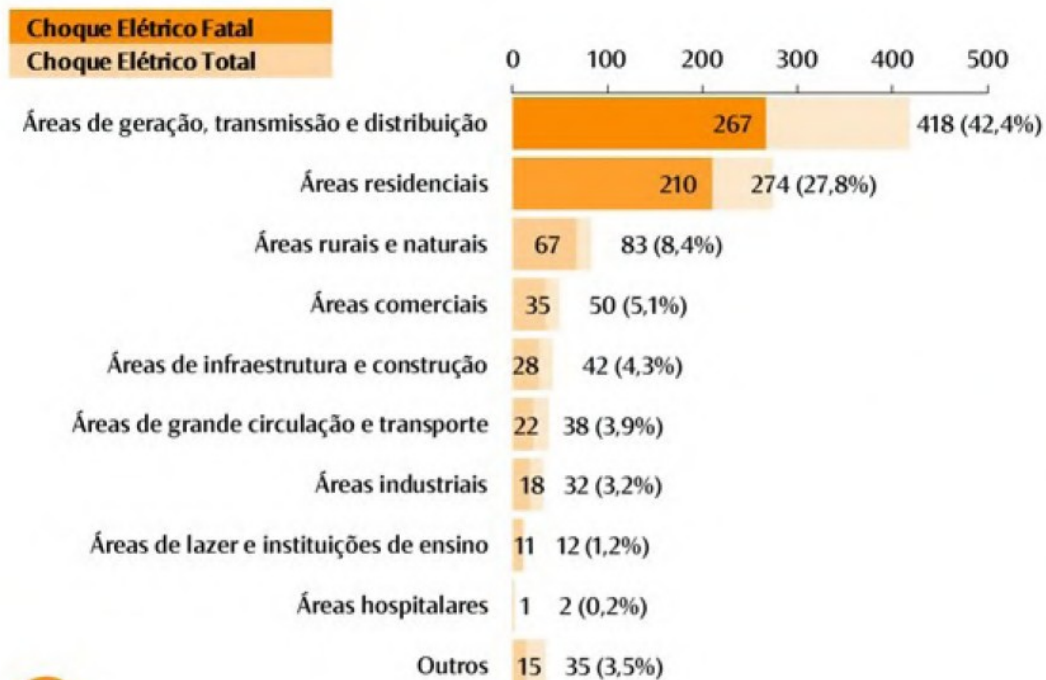
Estatísticas de Acidentes 2023

Gráfico 11 - Número de Acidentes decorrentes de choques elétricos por faixa etária e gênero em 2023



Estatísticas de Acidentes 2023

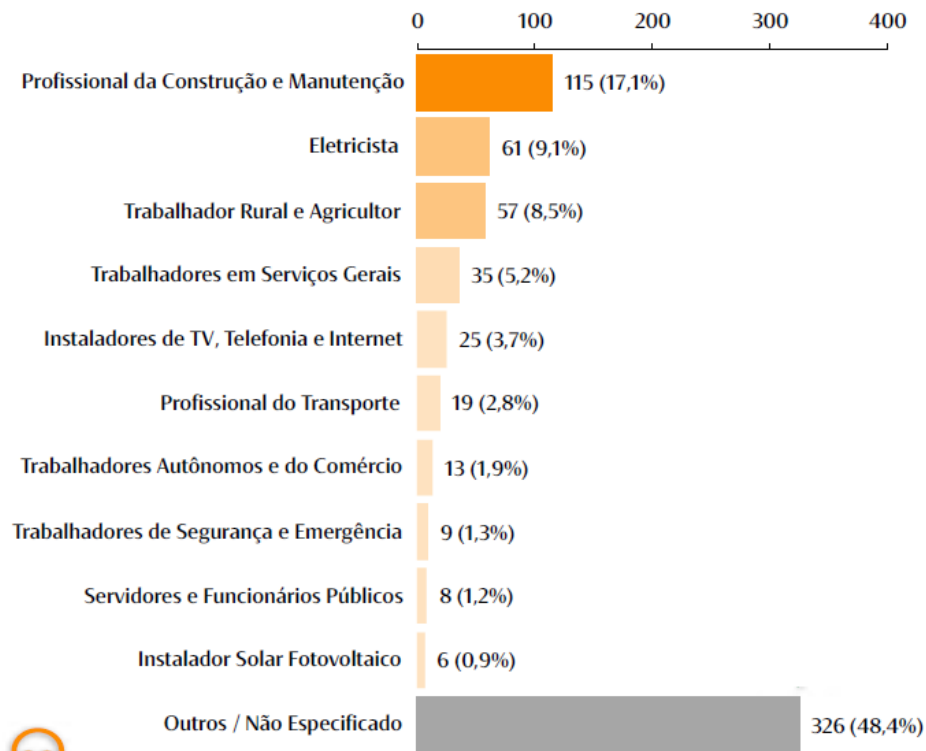
Gráfico 13 - Número de mortes decorrentes de choques elétricos, por local de ocorrência em 2023



Total no território nacional: **674 (68,4%) mortes em 986 acidentes**
Período: 2023

Estatísticas de Acidentes 2023

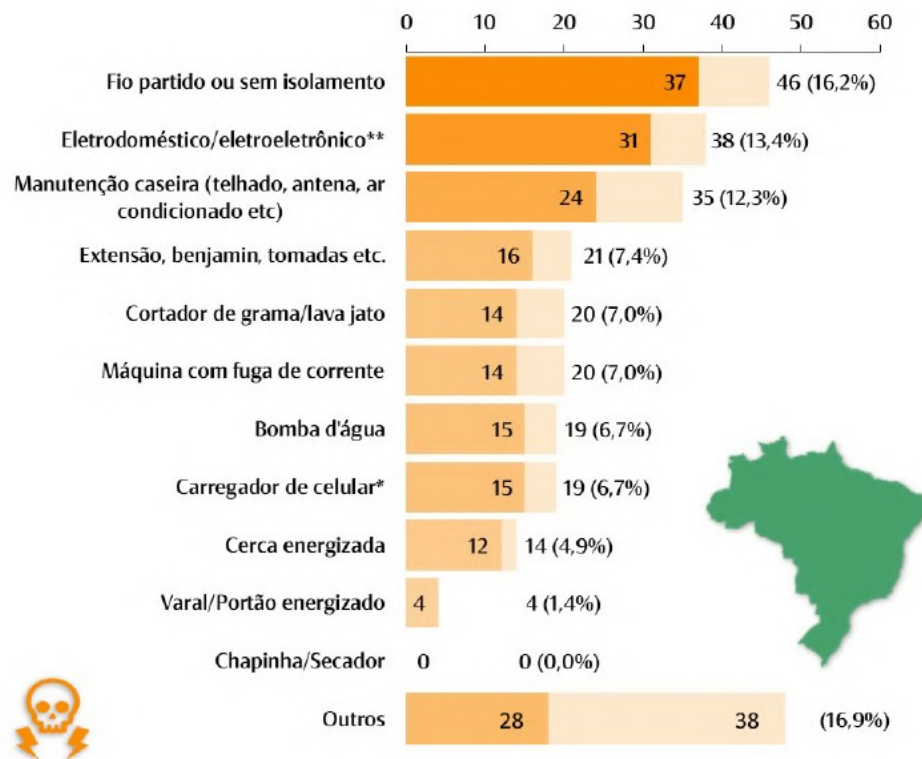
Gráfico 14 - Número de mortes decorrentes de choques elétricos e profissão em 2023



Total no território nacional: 674 mortes por choque elétrico. Período: 2023

Estatísticas de Acidentes 2023

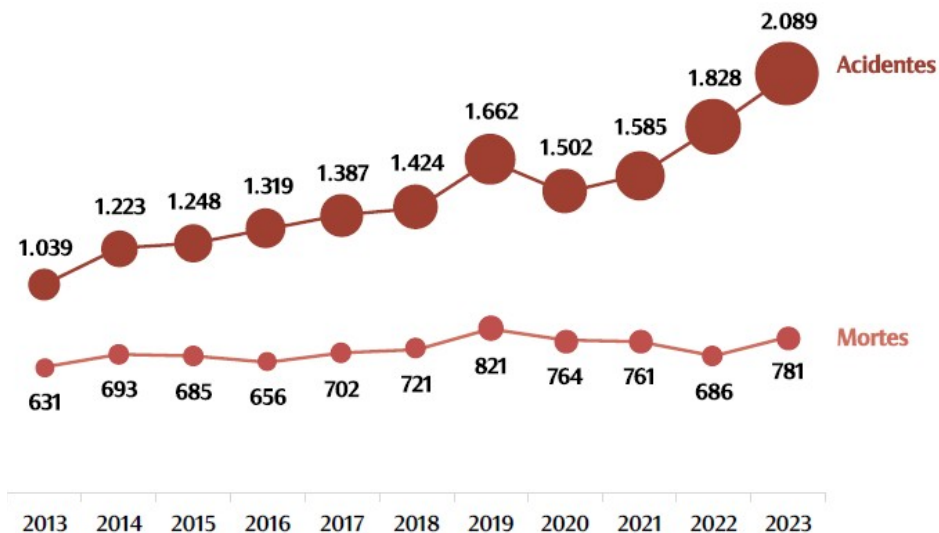
Gráfico 16 - Principais causas de acidentes por choques elétricos nas áreas residenciais em 2023



Total no território nacional: 210 (70,4%) mortes em 274 acidentes por choque elétrico em áreas residenciais. Período: 2023.

Estatísticas de Acidentes 2023

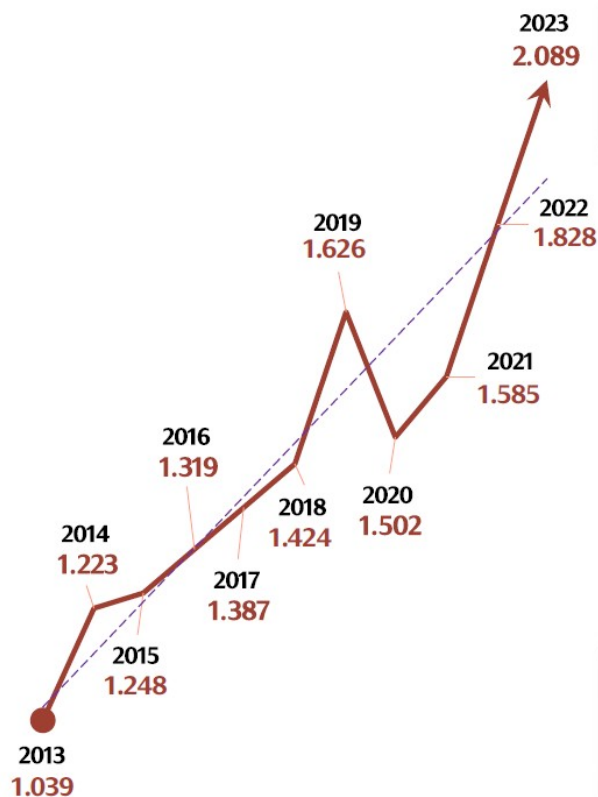
Gráfico 40 - Total de acidentes de origem elétrica – série histórica 2013-2023



Resumo Estatístico	Mortes	Acidentes
Mínima:	631	1.039
Média:	718	1.482
Mediana:	702	1.424
Máxima:	821	2.089
Variação no Período:	23,8%	101,1%
Variação Populacional (IBGE: 2013-2023):		1%

Estatísticas de Acidentes 2023

Infográfico 3 - Total de acidentes - série histórica 2013-2023



Os **acidentes de origem elétrica** são classificados em:

- **Choques elétricos**
- **Incêndios de origem elétrica**
- **Descargas atmosféricas (raios)**



Choques elétricos representaram 57% dos acidentes de origem elétrica, somando 9.376 vítimas no período.



Incêndios de origem elétrica representaram 38% dos acidentes de origem elétrica, somando 6.246 vítimas no período.



Descargas atmosféricas (raios) representaram 5% dos acidentes de origem elétrica, somando 841 vítimas no período.



Redes aéreas de distribuição ou transmissão & áreas residenciais representam as principais localidades de ocorrência de mortes por **choque elétrico**, com 35% e 25% das vítimas, respectivamente.

Estatísticas de Acidentes 2023



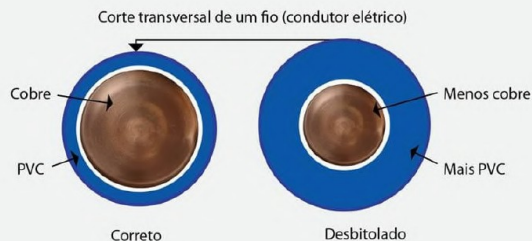
O problema da qualidade do cabo de cobre

Somente no ano de 2023, um total de 923 amostras de fios e cabos elétricos provenientes de 91 fabricantes diferentes foram ensaiadas em nosso laboratório próprio, onde os resultados apresentados foram alarmantes.

Ensaio realizado: **923**

Fabricantes avaliados: **91**

Estrutura do cabo de cobre



Amostras **NÃO**
conformes



Amostras em
conformidade



Fabricantes
associados
avaliados



Resistência média
acima do esperado
(Empresas não
associadas)



Choque Elétrico

Sintomas

- Inibição dos centros nervosos, inclusive dos que comandam a respiração produzindo parada respiratória;
- Alteração no ritmo cardíaco, podendo produzir fibrilação ventricular do coração e parada cardíaca;
- Queimaduras profundas, produzindo necrose do tecido, ossos, músculo, órgãos etc.;
- Alterações do sangue provocadas por efeitos térmicos;
- Perturbação no sistema nervoso;
- Contrações musculares;
- Eletrólise no sangue;
- Retenção sanguínea.

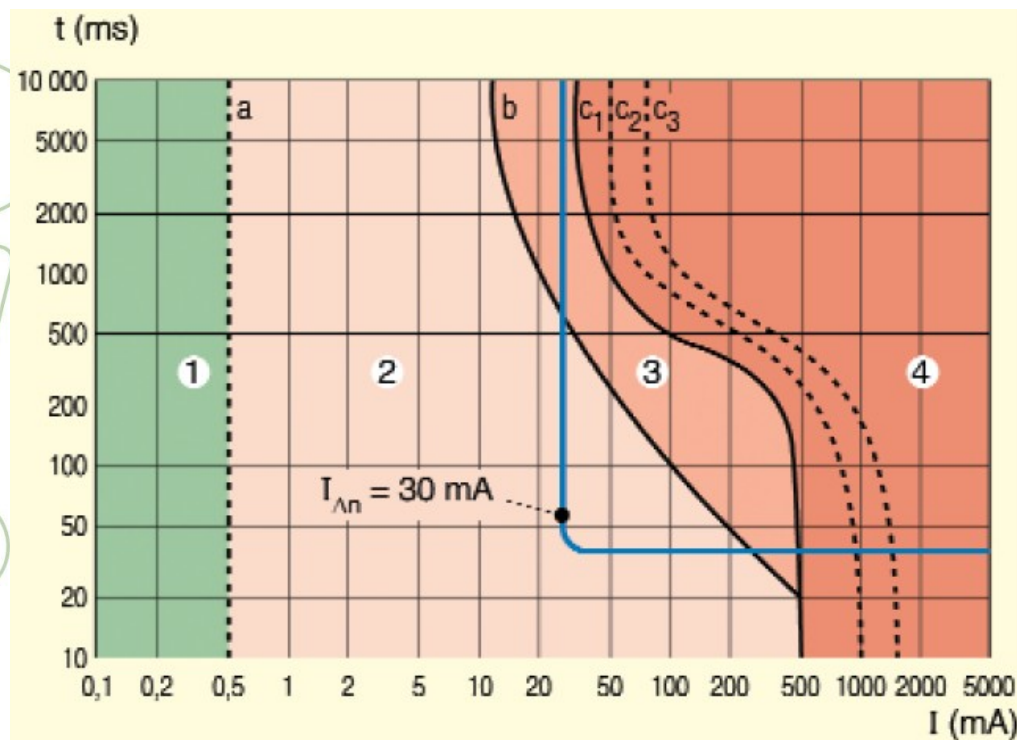
Choque Elétrico

Os efeitos das perturbações variam e dependem de:

- Percurso e espraio da corrente pelo corpo;
- Intensidade da corrente;
- Tempo de duração do choque;
- Área de contato do choque;
- Pressão de contato;
- Frequência da corrente;
- Nível da tensão elétrica;
- Condições da pele do indivíduo;
- Região do choque no corpo humano;
- Estado de saúde do indivíduo;
- Outras condições (uso de próteses, marca-passos etc.)

Choque Elétrico

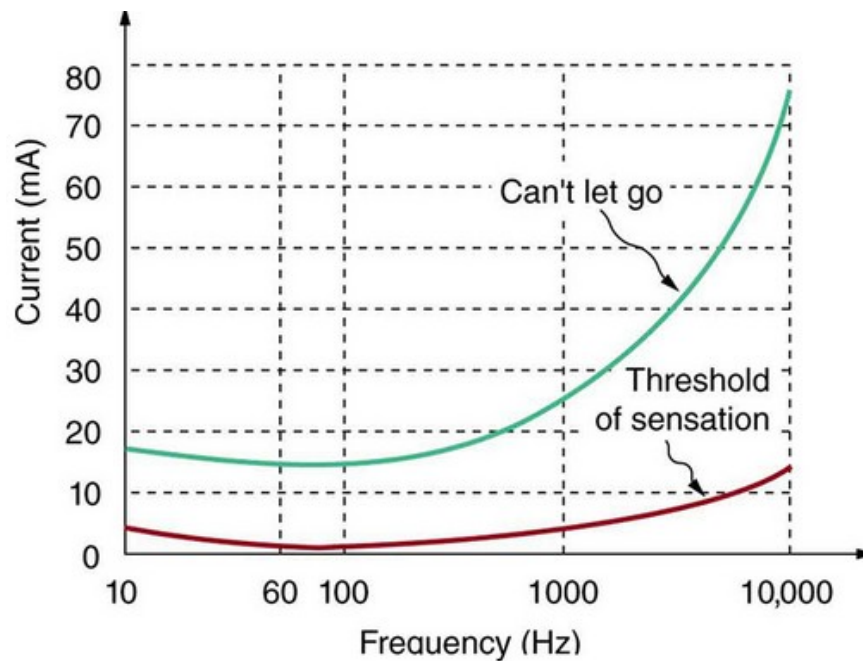
Efeitos da corrente alternada



1. Normalmente, nenhum efeito perceptível;
2. Sente-se a passagem da corrente, mas não se manifesta qualquer reação do corpo humano;
3. Zona em que se manifesta o efeito agarramento. Todavia, não há sequelas após a interrupção da corrente;
4. Probabilidade de ocorrência da fibrilação ventricular.

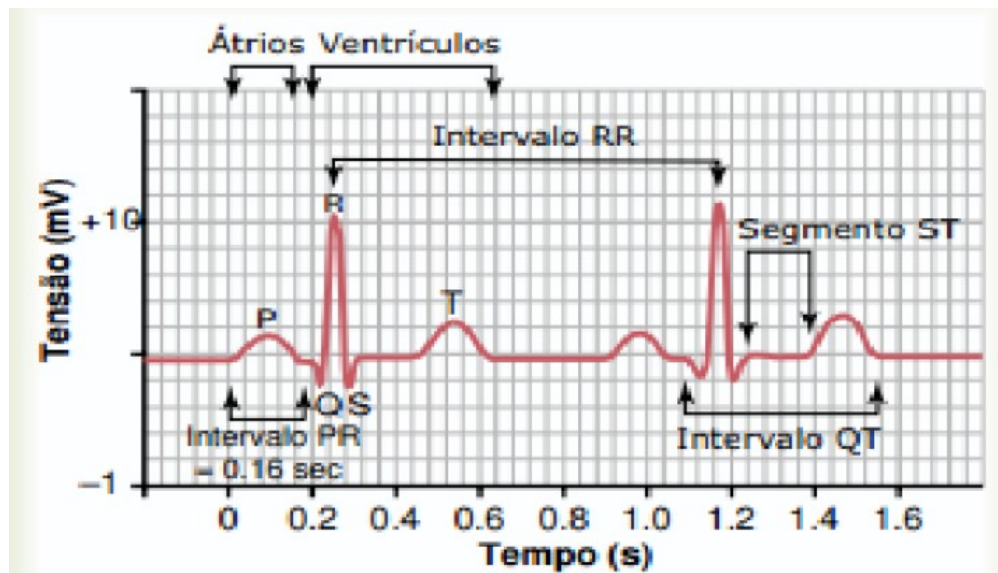
Choque Elétrico

Valores médios do limiar de percepção e do efeito agarramento em função da frequência



Choque Elétrico

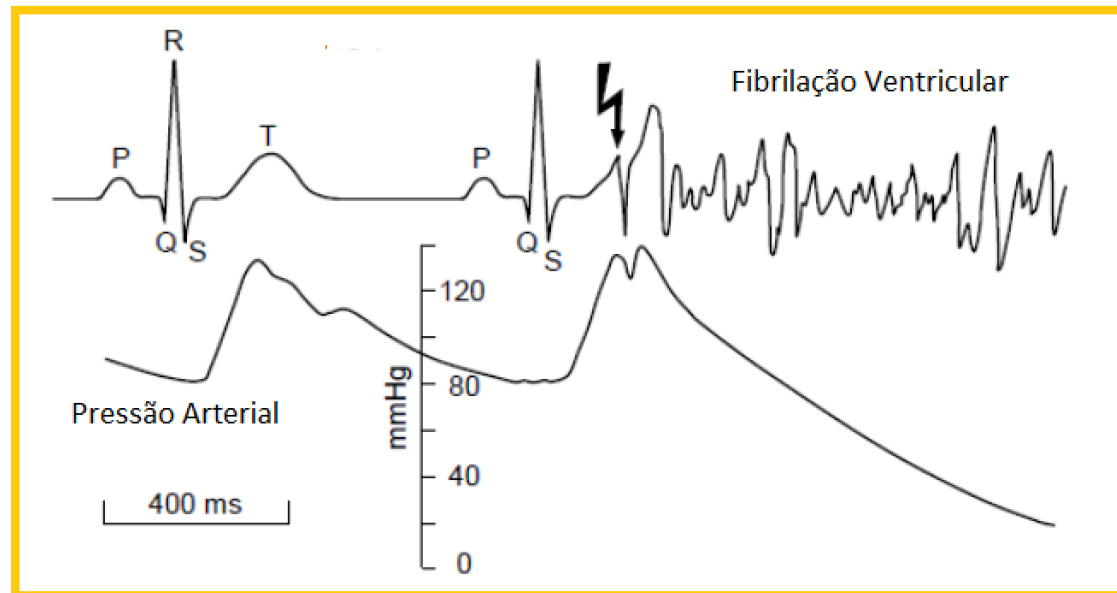
ECG de um coração



Fonte: GUYTON, A. C.; HALL, J. E. *Guyton & Hall, Tratado de Fisiología Médica*. Elsevier. 2002

Choque Elétrico

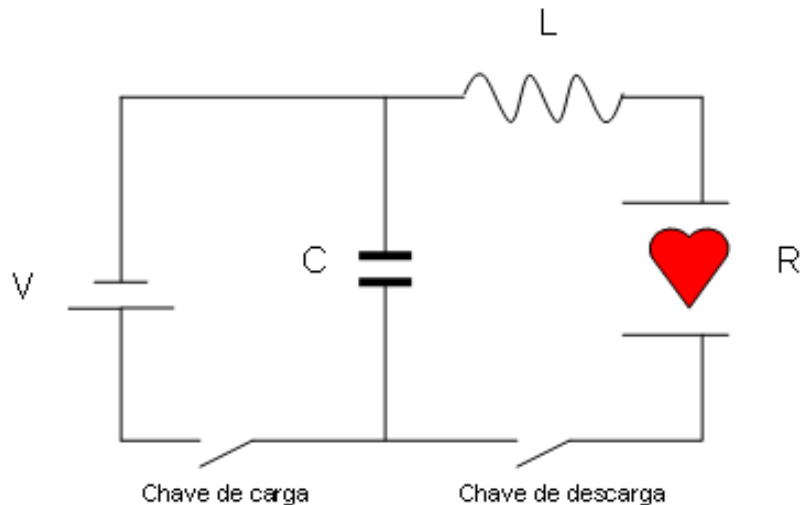
ECG de um coração antes e após a ocorrência de um choque



Choque Elétrico

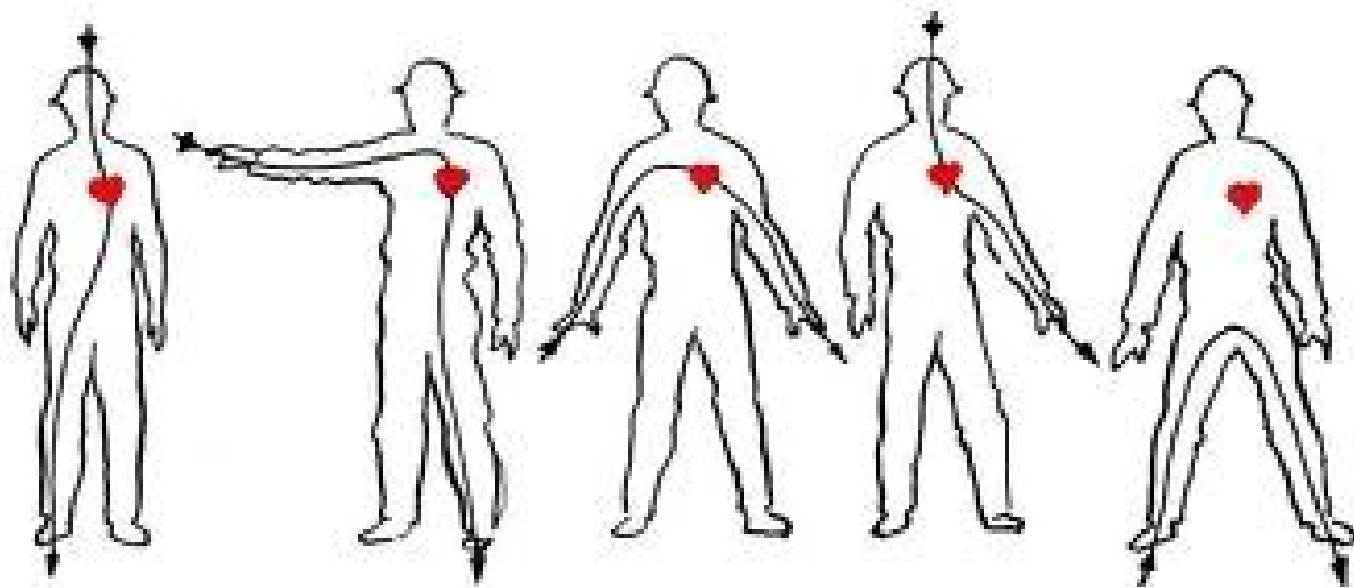
Desfibrilador

1. Analisa o ritmo cardíaco do paciente;
2. Identifica a quantidade de carga elétrica;
3. Libera a energia necessária.



Choque Elétrico

Percurso e espraramento da corrente elétrica pelo corpo



Choque Elétrico

Lesões Térmicas

- Queimadura de 1º, 2º e 3º graus nos músculos e pele;
- Aquecimento e dilatação dos vasos sanguíneos
- Aquecimento/carbonização de ossos e cartilagens;
- Queima de terminações nervosas e sensoriais;



Choque Elétrico

Queimaduras por arco voltaico

O arco elétrico caracteriza-se pelo fluxo de corrente elétrica através do ar, e geralmente é produzido quando da conexão e desconexão de dispositivos elétricos e também em caso de curto-circuito, provocando queimaduras de segundo ou terceiro grau.



Choque Elétrico

Queimaduras por vapor metálico e metal derretido

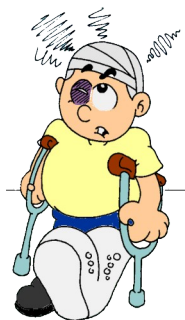
Na fusão de um elo fusível ou condutor, há a emissão de vapores e derramamento de metais derretidos (em alguns casos prata ou estanho) podendo atingir as pessoas localizadas nas proximidades



Choque Elétrico

Lesões não Térmicas

- Danos celulares;
- Espasmos musculares;
- Contração descoordenada do coração (fibrilação);
- Parada respiratória e cardíaca;
- Ferimentos resultantes de quedas e perda do equilíbrio.



Choque Elétrico

Resistência elétrica do corpo humano

- A resistência que o corpo humano oferece à passagem da corrente é quase que exclusivamente devida à camada externa da pele.
- Dependendo da espessura da pele a resistência pode estar situada entre $100\text{ k}\Omega$ e $600\text{ k}\Omega$, quando seca e sem cortes.

Choque Elétrico

Resistência elétrica do corpo humano

- A pele úmida apresenta menor resistência elétrica. Cortes também oferecem uma baixa resistência elétrica.
- A resistência da parte interna do corpo, constituída pelo sangue, músculos e demais tecidos é baixa, podendo variar entre 300Ω e 500Ω .

Choque Elétrico

Resistência elétrica do corpo humano

Diferenças da resistência elétrica apresentadas pela pele à passagem da corrente ao estar seca ou molhada:

Pele seca:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{220}{400.000} = 0,55 \text{ mA}$$

Pele molhada:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{220}{15.000} = 14,7 \text{ mA}$$

Choque Elétrico

Causas determinantes

- Falha na isolação elétrica;
- Calor e temperaturas elevadas;
- Umidade;
- Oxidação;
- Radiação;
- Produtos químicos;
- Desgaste mecânico;
- Fatores biológicos;
- Altas tensões.

Campos Eletromagnéticos

É gerado quando da **passagem da corrente elétrica** nos meios condutores. O campo eletromagnético está presente em inúmeras atividades humanas, tais como trabalhos com circuitos ou linhas energizadas, solda elétrica, utilização de telefonia celular e fornos de micro-ondas.

A unidade de medida do campo magnético é o **ampere por volt**, Gauss ou Tesla cujo símbolo é representado pela letra **T**.

Cuidados especiais devem ser tomados por trabalhadores ou pessoas que possuem em seu corpo aparelhos eletrônicos, tais como marca passo, aparelhos auditivos, dentre outros, pois seu funcionamento pode ser comprometido na presença de campos magnéticos intenso.

Campos Eletromagnéticos

Os níveis de referência adotados pela ANEEL se baseiam nos indicadores recomendados pela OMS, que têm como fundamento estudos científicos biológicos e epidemiológicos sobre os possíveis efeitos dos campos elétricos e magnéticos no ser humano.

A OMS, por sua vez, adota os limites recomendados pela ICNIRP (Comissão Internacional de Proteção Contra Radiação Não Ionizante) para a exposição humana a campos elétricos e magnéticos em baixa frequência.

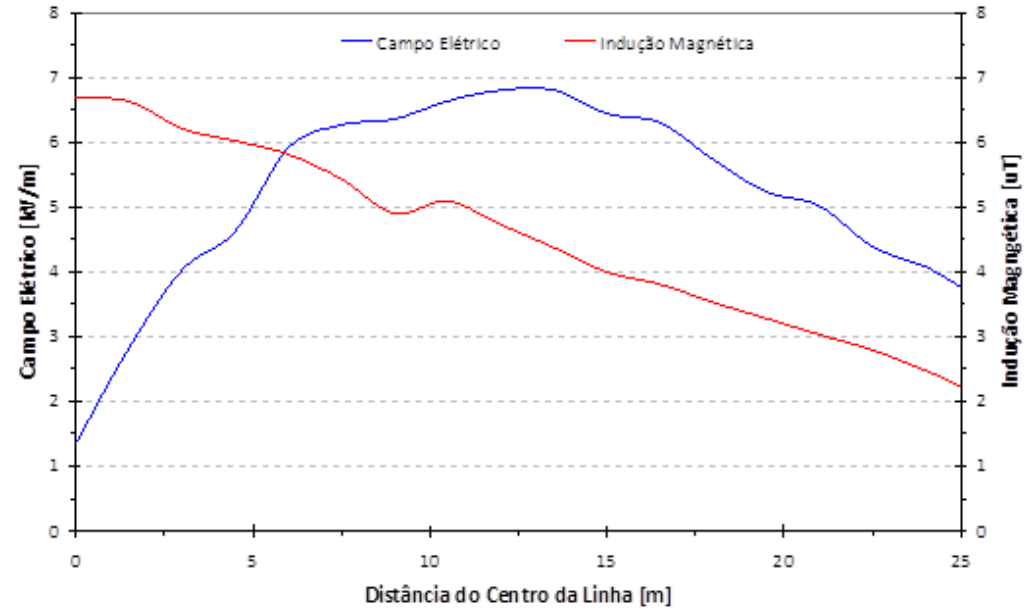
Tabela de níveis de referência para 60 Hz

População exposta	Campo elétrico [kV/m]	Campo Magnético [μT]
Público em geral	4,17	200
População ocupacional	8,33	1.000

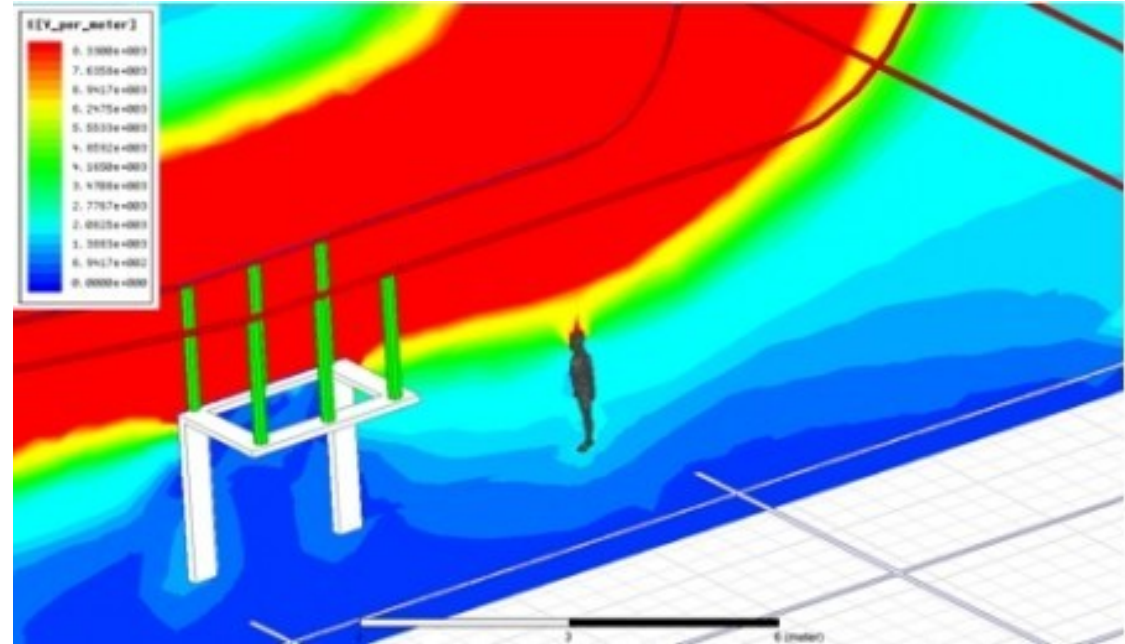
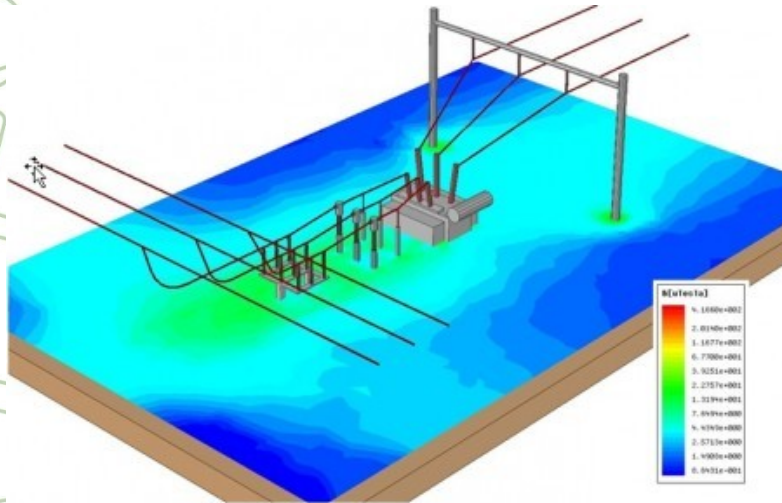
Campos Eletromagnéticos



Exemplo: Linha 525 kV – 830 A



Campos Eletromagnéticos



Fonte: <https://www.esss.com/blog/analise-da-conformidade-de-subestacoes-a-resolucao-normativa-aneel-no-398/>