

Coletânea
Infográficos
Eletricidade

Grupo Facebook
“Eletricidade, Teoria na Prática”

Janeiro / Fevereiro
2021

Fórmulas básicas S, U, R, I, L

$$56 \times u\% \times U \times S = 2 \times L \times I$$

$$56 \times R \times S = 2 \times L$$

Exemplos :

Qual queda em circuito 220V, cabo 2,5mm², com 20m e 15A ?

$$u\% = (2 \times L \times I) / (56 \times U \times S)$$

$$u\% = (2 \times 20 \times 15) / (56 \times 220 \times 2,5)$$

$$u\% = 0.0194 \text{ ou } 1.94\%$$

Qual a seção em circuito 220V com 20m, 25A e queda de 2% ?

$$S = (2 \times L \times I) / (56 \times u\% \times U)$$

$$S = (2 \times 20 \times 25) / (56 \times 0.02 \times 220)$$

$$S = 4 \text{ mm}^2$$

Qual a distancia máximo de circuito 220V com 20m, 20A, seção 4mm² e queda de 2% ?

$$L = (56 \times u\% \times U \times S) / (2 \times I)$$

$$L = (56 \times 0.02 \times 220 \times 4) / (2 \times 20)$$

$$L = 24.64 \text{ m}$$

Qual a seção do cabo de 2 Ω com 100m ?

$$S = (L) / (56 \times R)$$

$$S = (100) / (56 \times 2)$$

$$S = 0.892 \text{ mm}^2$$

S = seção

u% = queda de tensão

U = tensão

56 = condutividade cobre

R = resistência

I = corrente

L = comprimento

Kurt Meister

Qual a resistência do cabo 4mm² com 20m ?

$$R = (2 \times L) / (56 \times S)$$

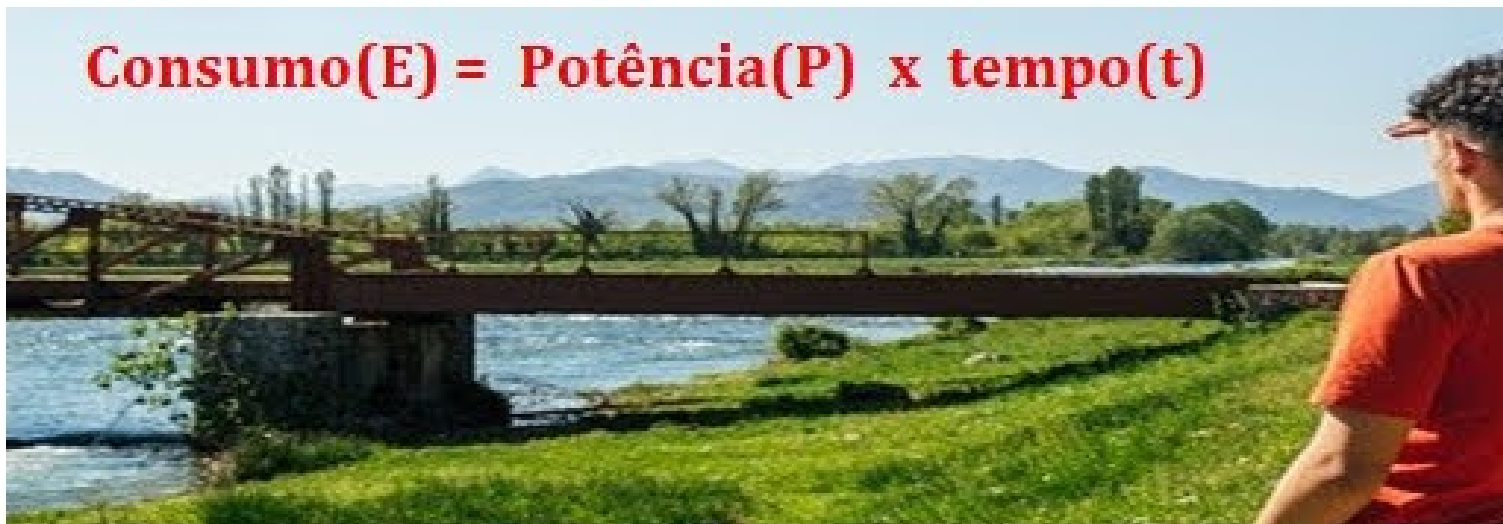
$$R = (2 \times 20) / (56 \times 4)$$

$$R = 0.178 \Omega$$

Grupo, Eletricidade Teoria na Prática

"Só poucos enxergam além do que estão vendo"

$$\text{Consumo}(E) = \text{Potência}(P) \times \text{tempo}(t)$$



Mas sendo , $P = \text{tensão}(U^2) / \text{resistência}(R)$

Kurt Meister

Fica evidente que : consumo (E), depende da tensão (U)

Exemplo : aquecedor de 1kW-220V ligado 1 hora

Resistência do aquecedor :

$$R = U^2 / P = 220^2 / 1000 = 48,4 \Omega$$

Consumo do aquecedor :

$$E = P \times h = 1000 \times 1 = 1 \text{ kWh} \quad \text{ou : } E = (U^2 / R) \times h = (220^2 / 48,4) \times 1 = 1000 \times 1 = 1 \text{ kWh}$$



220 V - 1kW

Agora considerando aquecedor de 1kW-220V recebendo 230V

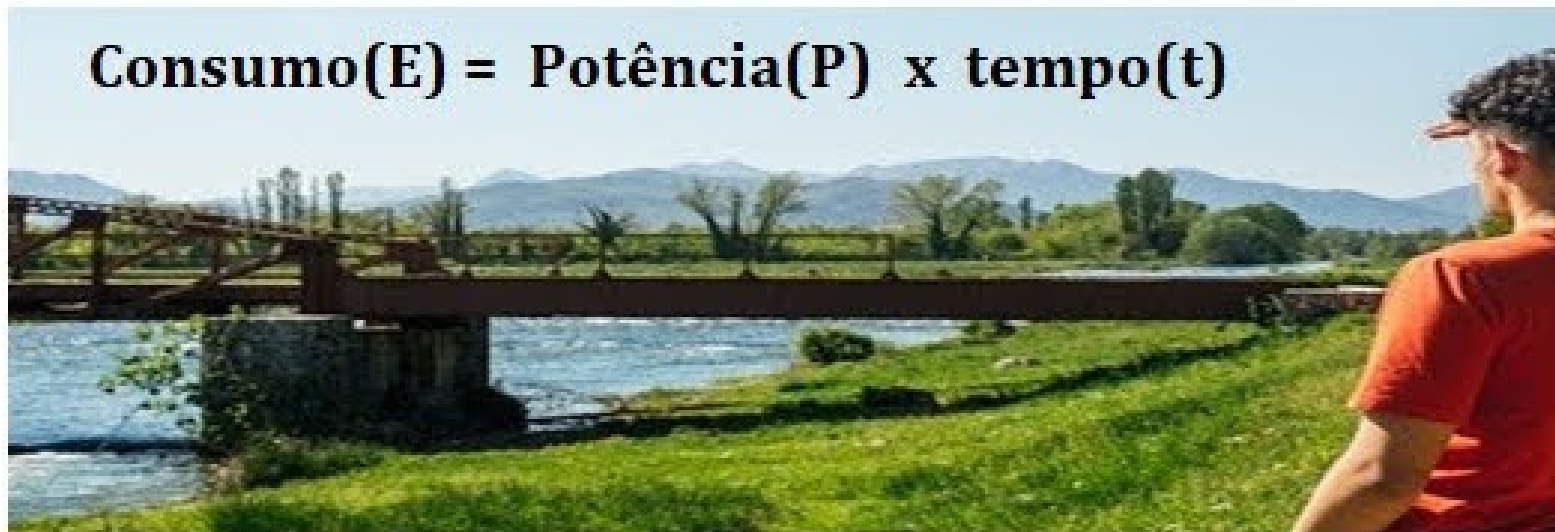
$$E = (U^2 / R) \times h = (230^2 / 48,4) \times 1 = 1093 \times 1 = 1,09 \text{ kWh}$$



Ou seja : Maior tensão = Maior potência e Consumo

"Só poucos enxergam além do que estão vendo"

$$\text{Consumo}(E) = \text{Potência}(P) \times \text{tempo}(t)$$



Massendo , $P = \text{tensão}(U) \times \text{corrente}(I)$

Kurt Meister

Fica evidente que : consumo (E), depende da tensão (U)

Exemplo : aquecedor de 1kW-220V ligado 1 hora

Resistência do aquecedor :

$$R = U^2 / P = 220^2 / 1000 = 48,4 \Omega$$

Corrente com 220V no aquecedor :

$$I = U / R = 220 / 48,4 = 4,54 \text{ A}$$

Corrente com 230V no aquecedor :

$$I = U / R = 230 / 48,4 = 4,75 \text{ A}$$

Consumo do aquecedor :

$$E = P \times h = 1000 \times 1 = 1 \text{ kWh}$$

$$\text{ou : } E = (U \times I) \times t = (220 \times 4,54) \times 1 = 1000 \times 1 = 1 \text{ kWh}$$

Agora considerando aquecedor de 1kW-220V recebendo 230V

$$E = (U \times I) \times h = (230 \times 4,75) \times 1 = 1093 \times 1 = 1,09 \text{ kWh}$$

Ou seja : Maior tensão = Maior potência e Consumo

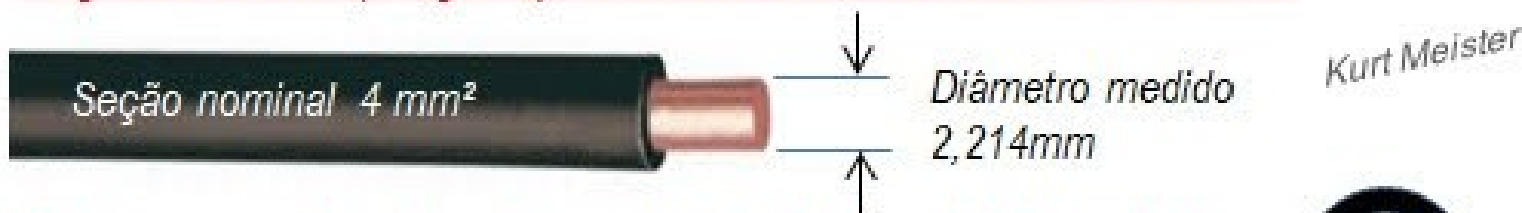


Seção nominal x Resistência dos condutores

A seção nominal identifica um condutor, mas não significa que esta é uma medida direta da seção do condutor.

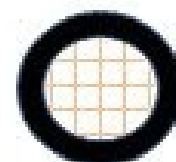
Cada valor de seção nominal está relacionado a um valor máximo de resistência, e com isso temos a garantia que uma determinada seção não supera uma resistência máxima mesmo variando a pureza do cobre. Com isso é possível achar seção geométrica diferente entre vários fabricantes.

Seção nominal (seção que identifica o condutor, ex: 4 mm²)



Seção geométrica (seção real calculada pelo diâmetro):

$$S = \frac{\pi \times D^2}{4} = \frac{3,14 \times 2,214^2}{4} = 3,85 \text{ mm}^2$$



Portanto, mesmo o cabo tendo uma seção real de 3,85 mm² ao invés de 4 mm², o fabricante deve garantir que este cabo não tenha uma resistência, Ω/km a 20°C, maior que um valor pré estabelecido.

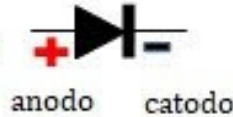
Ou seja, o fabricante pode usar um cobre mais puro e conseguir a mesma resistência que a seção de 4 mm² usando uma seção real de 3,85 mm².

Diodo retificador, simplificado

Real

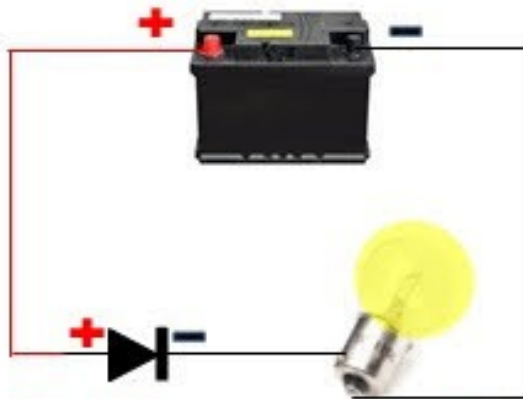


Simbolo



Kurt Meister

Diodo diretamente polarizado: Quando **anodo** esta no **positivo** da fonte



Diodo diretamente polarizado:
Equivale a um interruptor fechado



Diodo inversamente polarizado: Quando catodo esta no **positivo** da fonte



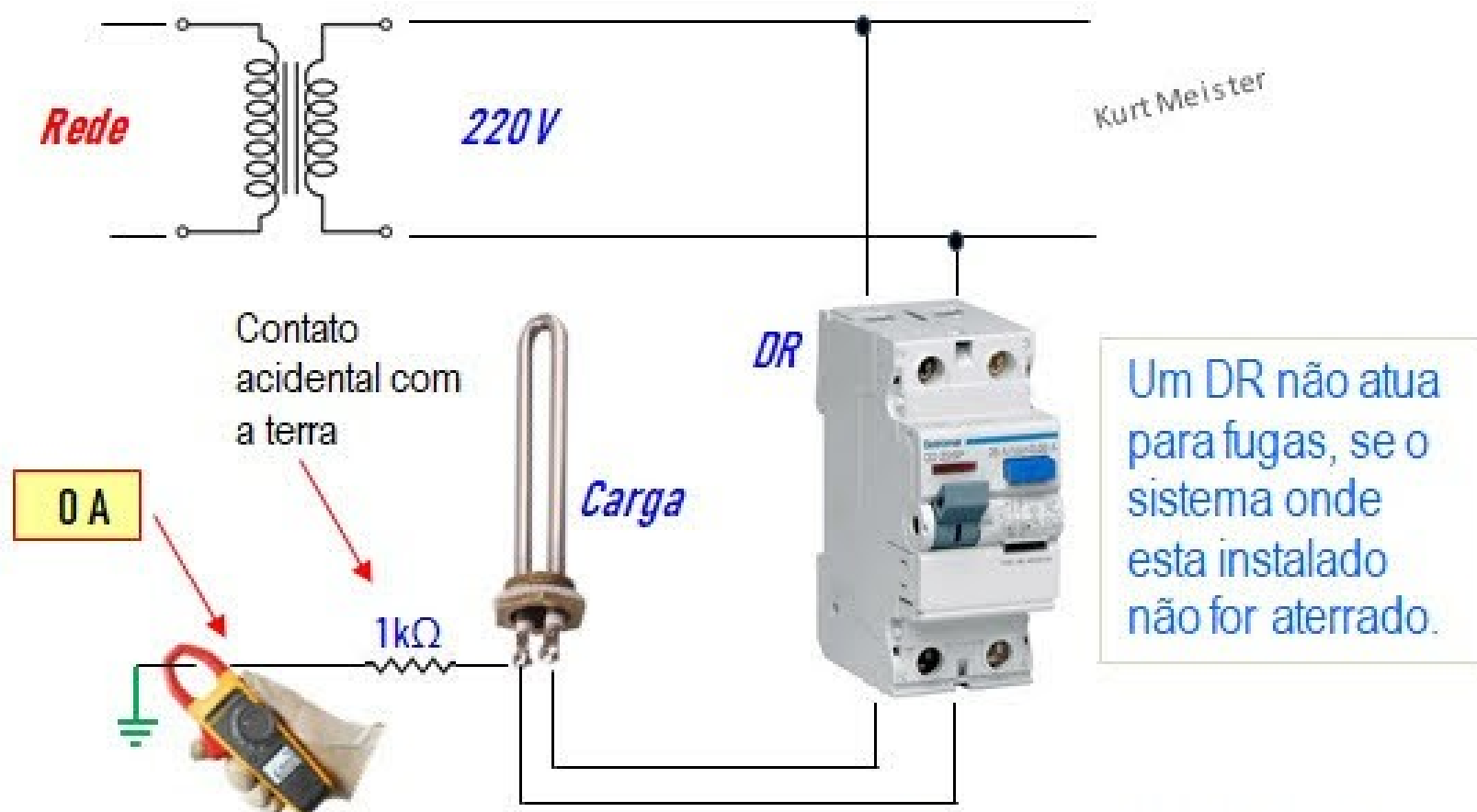
Diodo inversamente polarizado:
Equivale a um interruptor aberto



Dispositivo Diferencial Residual (DR) e Aterramento

O contato acidental com a terra irá atuar o DR ??? Resposta: **NÃO!**

Como a carga esta isolada da rede pelo transformador e este não esta aterrado, não teremos caminho de retorno da corrente de fuga até o outro polo do secundário pelo contato acidental para atuar o DR. Portanto o DR não tem funcionalidade nenhuma nesse circuito.



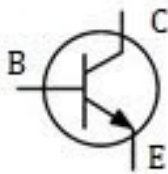
Transistor como chave, simplificado

Real



Coletor Emissor
Base

Simbolo



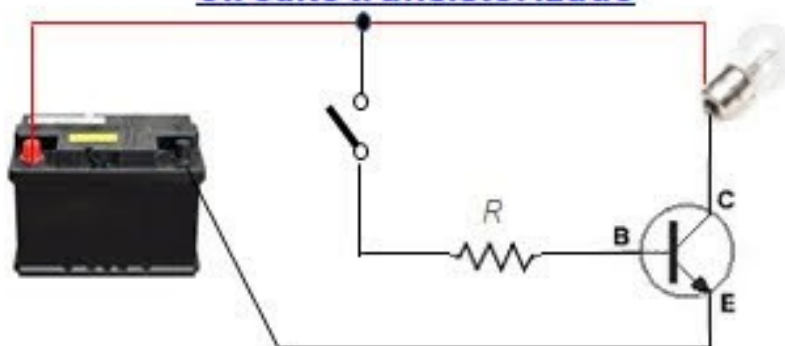
Kurt Meister

O **ganho** de um transistor, é uma característica do transistor, é o factor de multiplicação da corrente de base (I_b) ou Beta β ou h_{fe} do transistor.

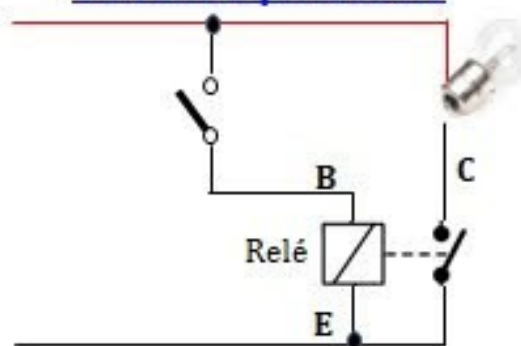
Se o transistor tem um ganho β de 100, significa que basta 5mA na base para comandar uma carga de 500mA em seu coletor.

$$I_C = \beta \times I_B = 100 \times 5 = 500 \text{ mA}$$

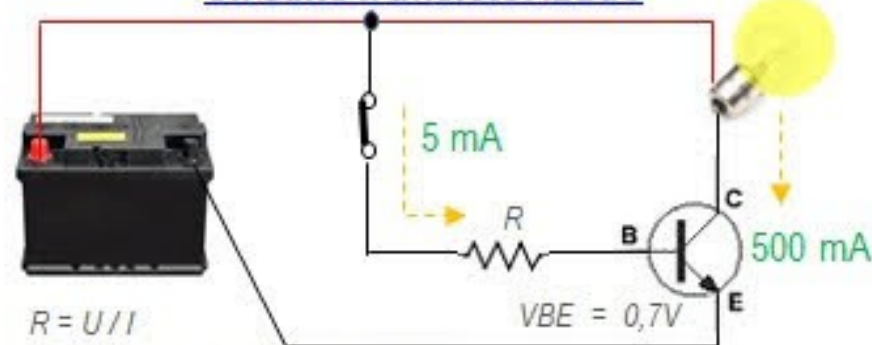
Circuito transistorizado



Circuito equivalente



Circuito transistorizado

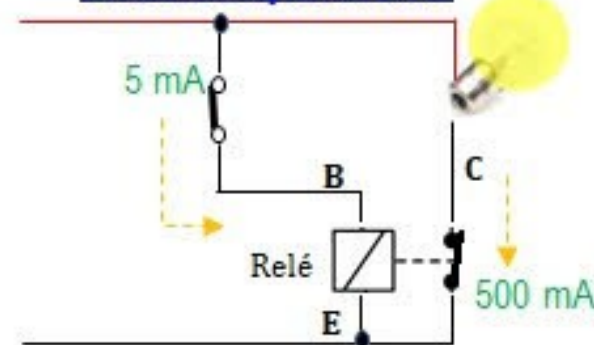


$$R = U / I$$

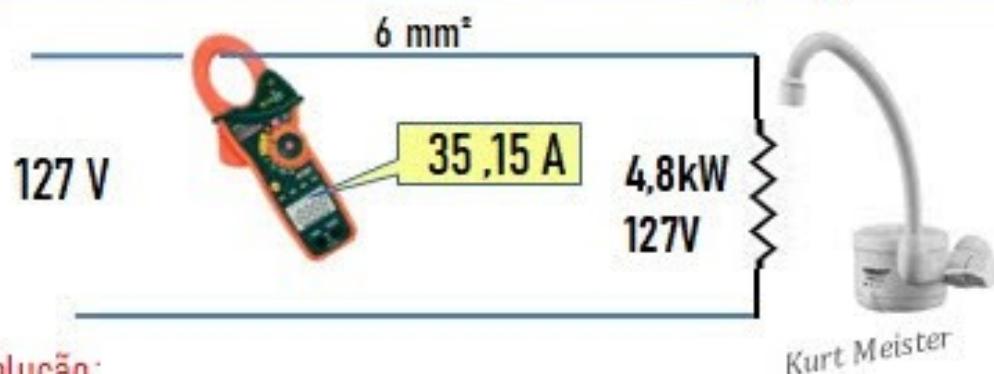
$$R = (12 - 0,7) / 0,005 = 2\,260 \, \Omega$$

$$R \text{ comercial} = 2,2 \text{ k}\Omega$$

Circuito equivalente



Medindo a corrente, o eletricitista chegou a conclusão que o circuito tem excesso de queda de tensão. Qual deve ser a seção para uma queda máxima de 4 % ?



Seção (mm²)	CAPACIDADE DE CORRENTE (A)	
	MODO DE INSTALAÇÃO B – ELETRODUTO EMBUTIDO EM ALVENARIA	
	2 CONDUTORES	3 condutores
1,5	17,5	15,5
2,5	24	21
4	32	28
6	41	36
10	57	50
16	76	68

Solução:

Corrente nominal, $I = P / U = 4800 / 127 = 37,8 \text{ A}$

Queda tensão/corrente atual, $37,8 - 35,15 = 2,65 \text{ A} ; (2,65 \times 100) / 37,8 = 7\%$ (Maior que máximo permitido de 4%)

Determinando a seção mínima necessária:

Queda atual: 7% de 127V = 8,89 V

Distância da carga: $L = (S \times 56 \times u) / (2 \times I) = (6 \times 56 \times 8,89) / (2 \times 35,15) = 42,5 \text{ m}$

Usando queda máxima permitida: 4% de 127 = 5,08 V

Seção mínima: $S = (2 \times L \times I) / (56 \times u) = (2 \times 42,5 \times 37,8) / (56 \times 5,08) = 11,3 \text{ mm}^2$

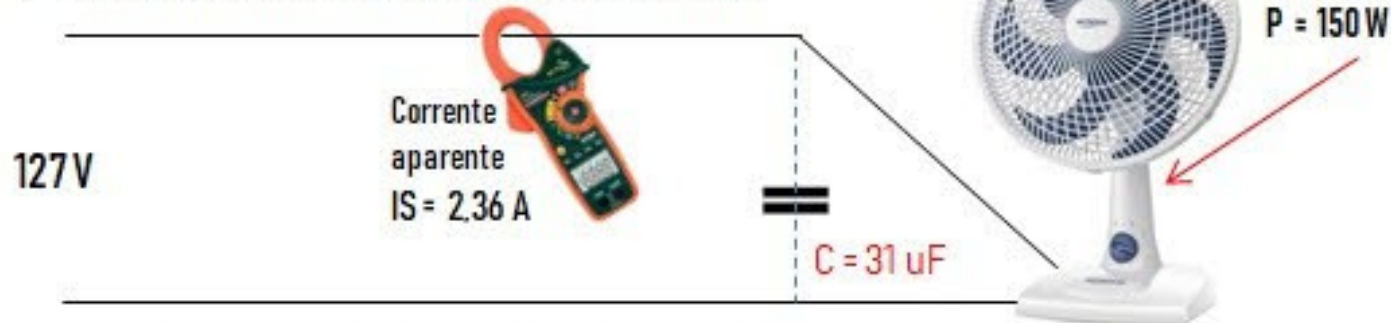
Então: Para circuito de 42 metros com queda máxima de 4% teríamos de adotar no mínimo condutores de 16 mm².

Grupo, Eletricidade Teoria na Prática

Corrigindo $\cos \phi$ de 0,5 para 0,9 com correntes

1 - Corrente ativa: $IP = P / U = 150 / 127 = 1,18 \text{ A}$

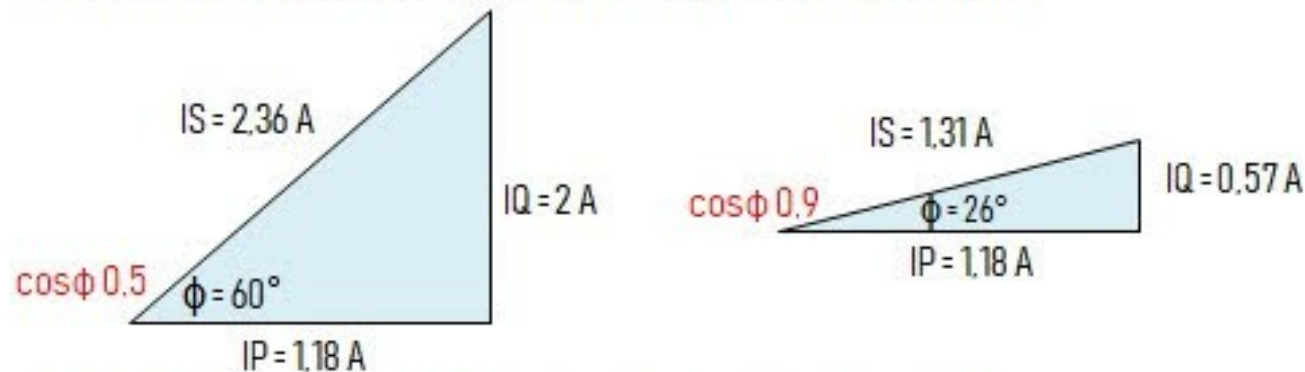
2 - Fator de potência: $\cos \phi = 1,18 / 2,36 = 0,5 (60^\circ)$



3 - Corrente Reativa: $IQ = IS \times \sin \phi = 2,36 \times 0,866 = 2 \text{ A}$

4 - Corrente Aparente com $\cos \phi 0,9 (26^\circ)$: $IS = IP / 0,9 = 1,18 / 0,9 = 1,31 \text{ A}$

5 - Corrente Reativa com $\cos \phi 0,9$: $IQ = IS \times \sin \phi = 1,31 \times 0,438 = 0,57 \text{ A}$



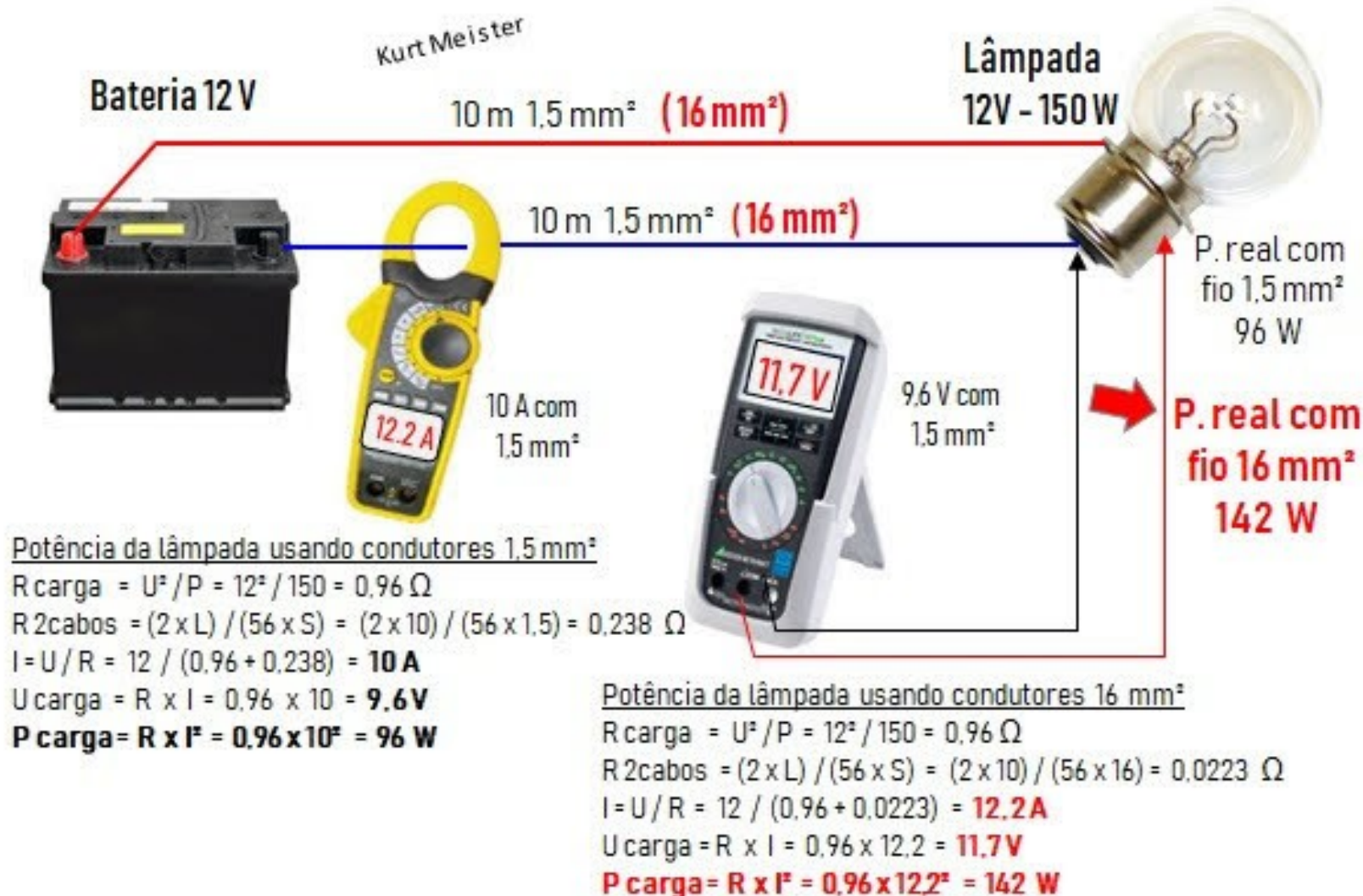
6 - Corrente Reativa do capacitor para corrigir $\cos \phi$ de 0,5 para 0,9:

$$IC = IQ1 - IQ2 = 2 - 0,57 = 1,47 \text{ A}$$

7 - Capacitância do capacitor: $C = IC / (2 \times \pi \times f \times U) = 1,47 / (2 \times 3,14 \times 60 \times 127) = 31 \mu\text{F}$

Achando a potência real da lâmpada, trocando os condutores pelo 16 mm².

Condutividade do cobre 56



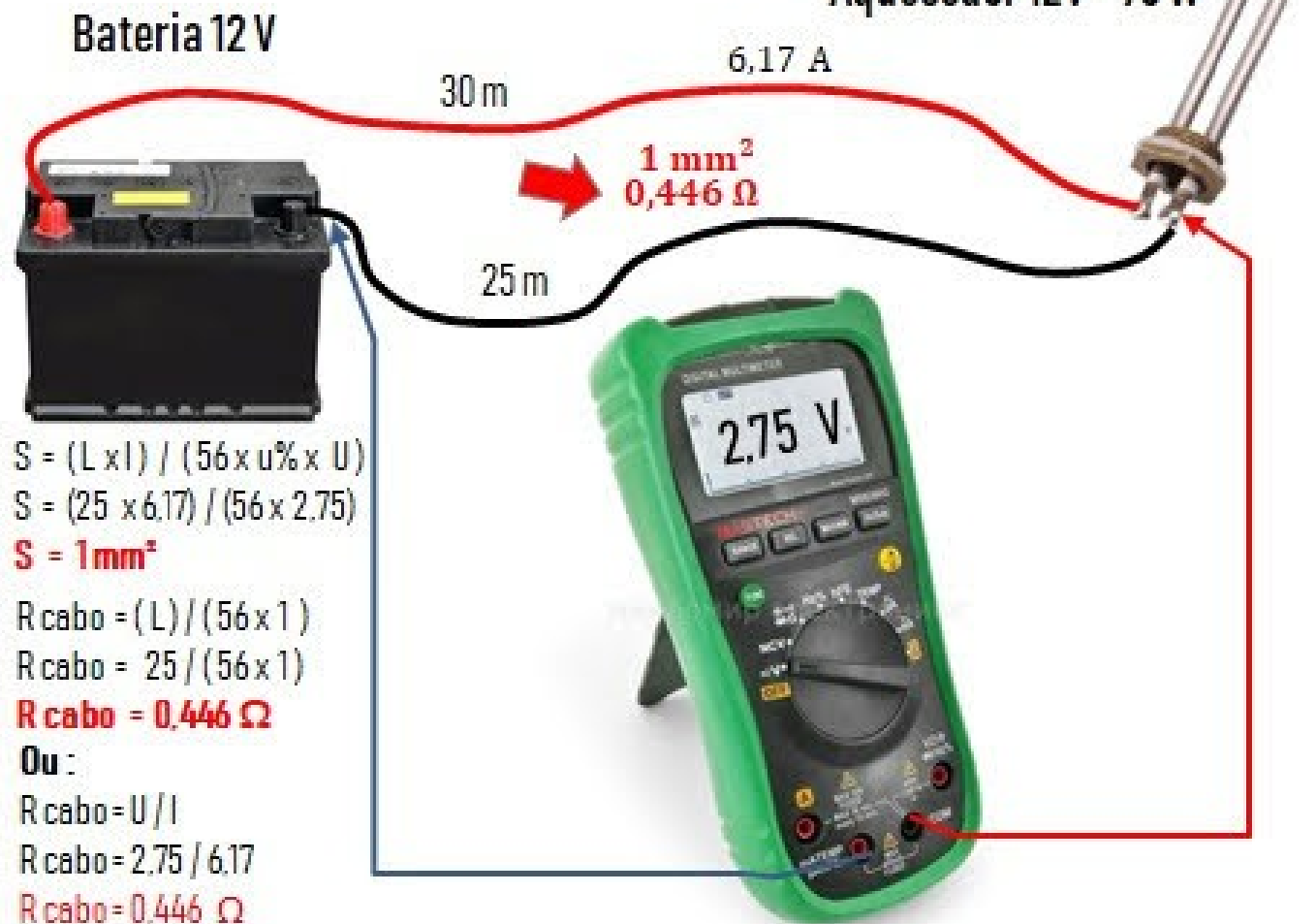
Achando a seção e resistência do cabo preto

Condutividade do cobre 56

Condutores de mesma seção nominal

Kurt Meister

Aquecedor 12V - 96 W



$$S = (L \times I) / (56 \times U \times U)$$

$$S = (25 \times 6,17) / (56 \times 2,75)$$

$$\mathbf{S = 1\,mm^2}$$

$$R_{\text{cabo}} = (L) / (56 \times I)$$

$$R_{\text{cabo}} = 25 / (56 \times I)$$

$$\mathbf{R_{\text{cabo}} = 0,446\,\Omega}$$

Ou :

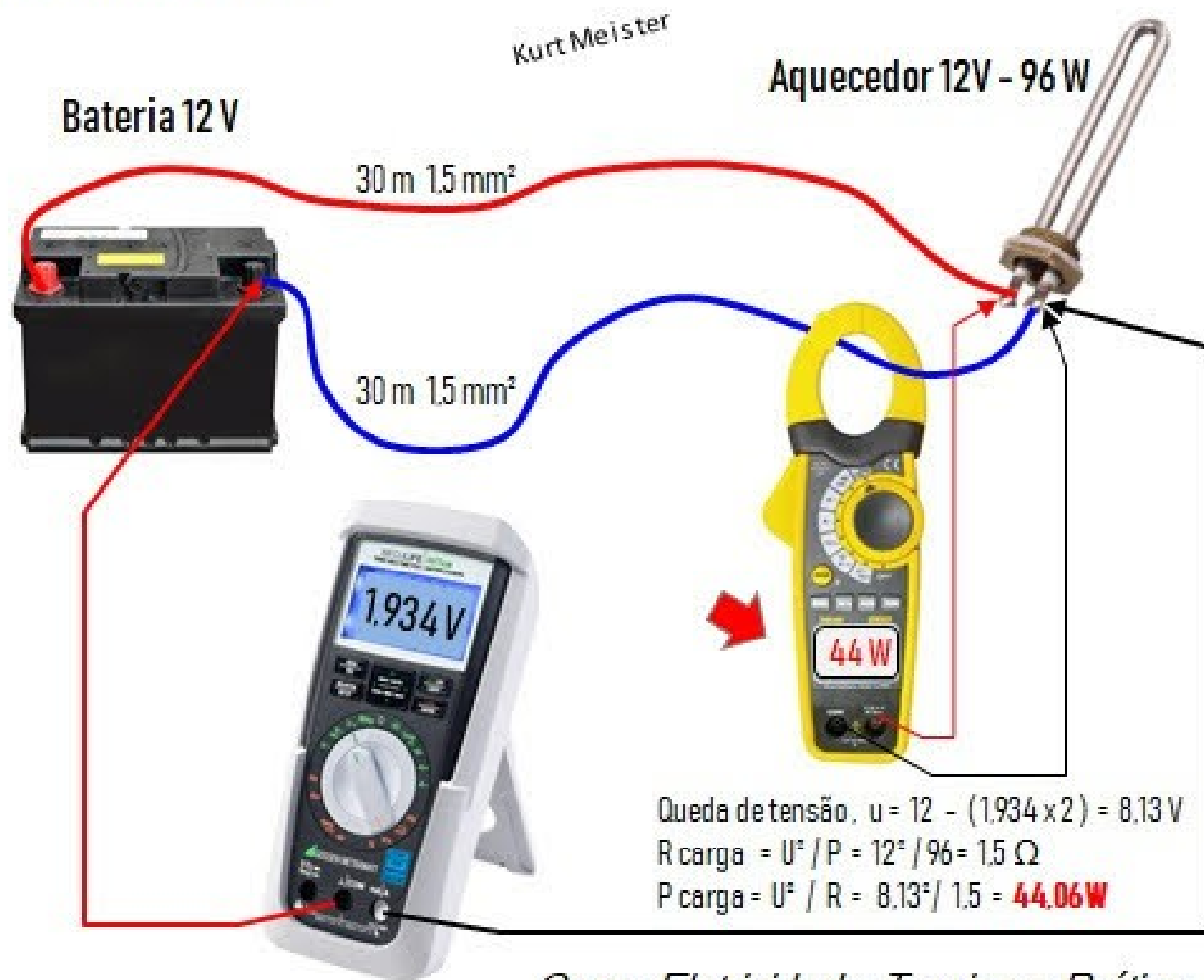
$$R_{\text{cabo}} = U / I$$

$$R_{\text{cabo}} = 2,75 / 6,17$$

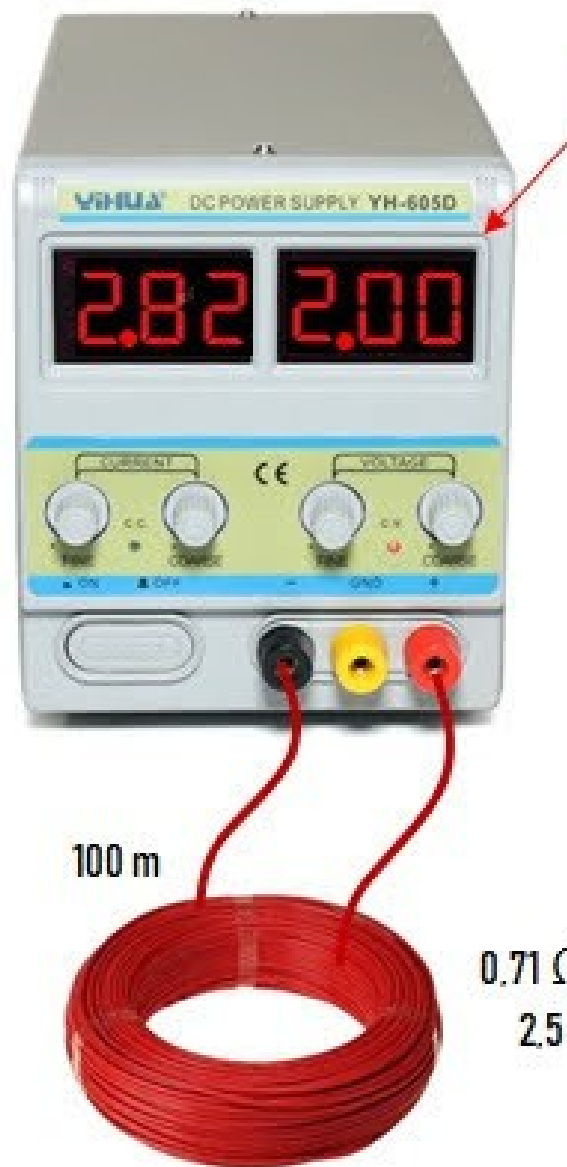
$$\mathbf{R_{\text{cabo}} = 0,446\,\Omega}$$

Achando a potência dissipada no aquecedor

Condutividade do cobre 56



Achando resistência e seção de cabo com fonte



Aplicando 2V no cabo obtivemos corrente de 2,82A.

Portanto sua resistência será:

$$R = U / I = 2 / 2,82 = 0,71 \, \Omega$$

Kurt Meister

Se usarmos 3V teremos uma corrente de :

$$I = U / R = 3 / 0,71 = 4,23 \, A$$

Seção do condutor :

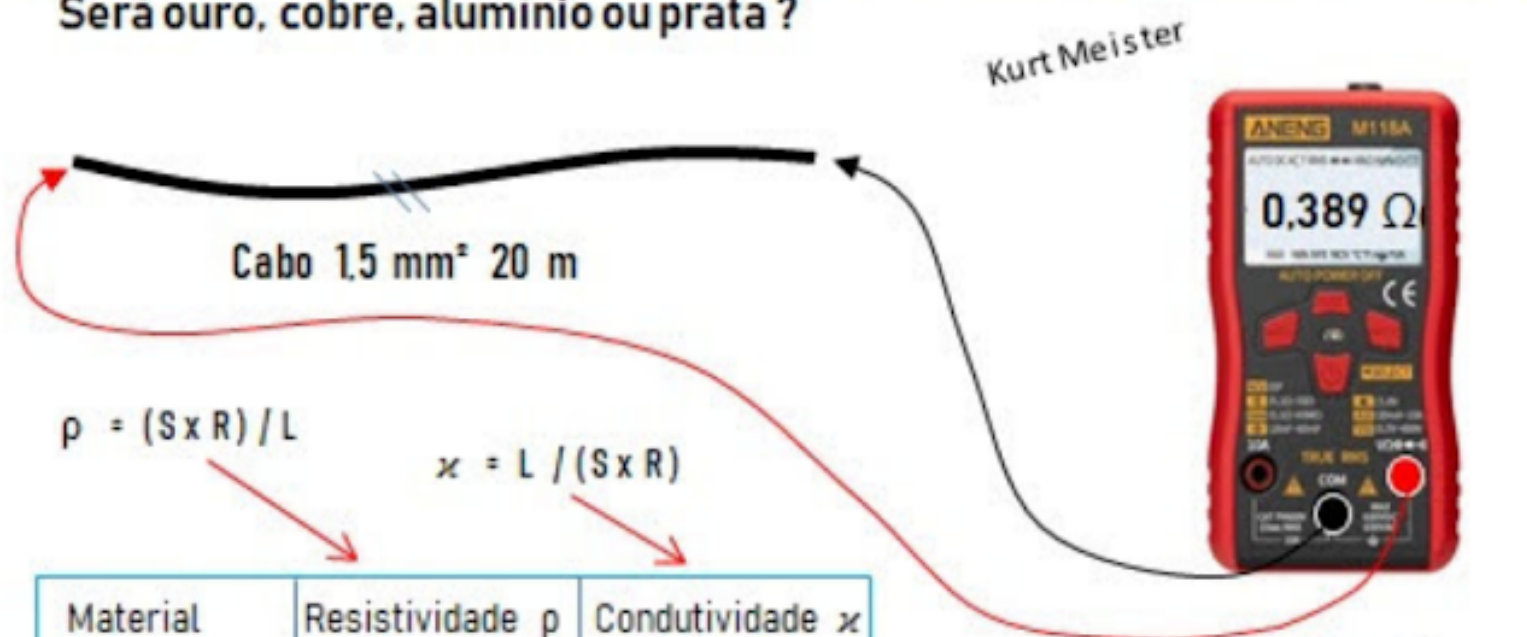
$$S = L / (56 \times R)$$

$$S = 100 / (56 \times 0,71)$$

$$S = 2,5 \, \text{mm}^2$$

Achando o material do condutor pelos dados

Será ouro, cobre, alumínio ou prata ?



Material	Resistividade ρ $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$	Condutividade κ $\text{S} \cdot \text{m}/\text{mm}^2$
1º Prata	0,0158	62,5
2º Cobre duro	0,0178	56,1
3º Ouro	0,024	43,5
4º Alumínio	0,0292	34,2

Condutividade, S = Siemens

Resistividade, Ω = Ohms

$$\begin{aligned}\text{condutividade} &= L / (S \times R) \\ \text{condutividade} &= 20 / (1,5 \times 0,389) \\ \text{condutividade} &= \mathbf{34,2 \text{ S} \cdot \text{m}/\text{mm}^2}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{resistividade} &= (S \times R) / L \\ \text{resistividade} &= (1,5 \times 0,389) / L \\ \text{resistividade} &= \mathbf{0,029 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}}\end{aligned}$$

Portanto, os dados indicam que trata-se de condutor de Alumínio.

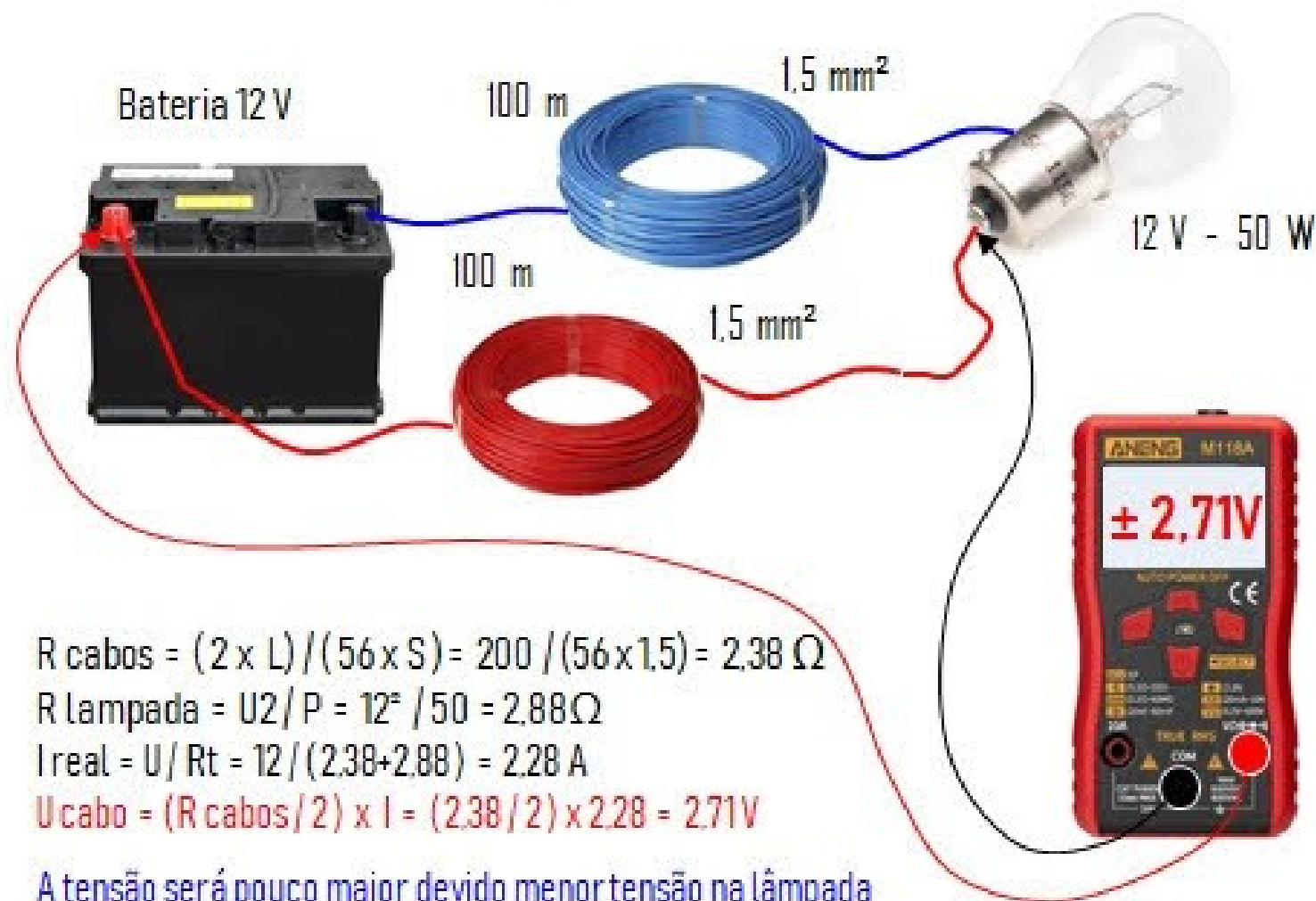
Grupo, Eletricidade Teoria na Prática

Achando a tensão sobre o cabo vermelho

Circuito Real

condutividade do cobre 56

Kurt Meister



$$R_{\text{cabos}} = (2 \times L) / (56 \times S) = 200 / (56 \times 1.5) = 2.38 \, \Omega$$

$$R_{\text{lâmpada}} = U^2 / P = 12^2 / 50 = 2.88 \, \Omega$$

$$I_{\text{real}} = U / R_t = 12 / (2.38 + 2.88) = 2.28 \, \text{A}$$

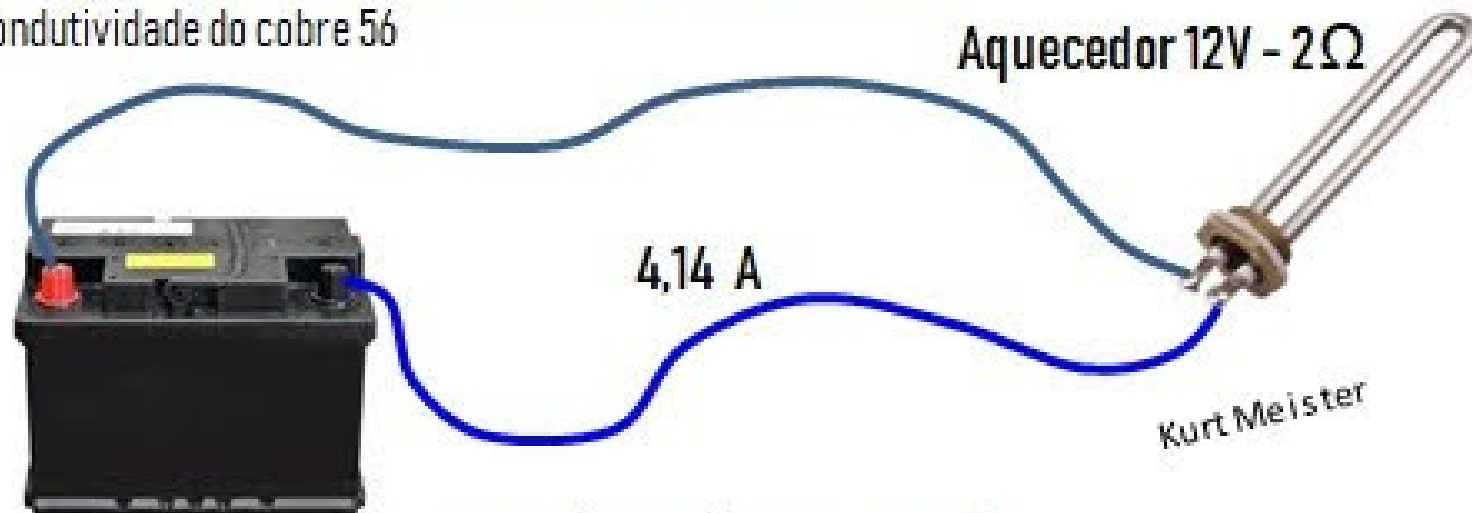
$$U_{\text{cabo}} = (R_{\text{cabos}} / 2) \times I = (2.38 / 2) \times 2.28 = 2.71 \, \text{V}$$

A tensão será pouco maior devido menor tensão na lâmpada

Achando a seção dos condutores

Dois cabos de cobre com 100 m de comprimento

Condutividade do cobre 56



Bateria 12 V

$$R = U / I = 12 / 4.14 = 2.9 \, \Omega$$

$$R_{\text{cabos}} = 2.9 - 2 = 0.9 \, \Omega$$

$$S = (2 \times L) / (56 \times R) = (2 \times 100) / (56 \times 0.9) = 4 \, \text{mm}^2$$

100 m - cabos de 4 mm²

Grupo, Eletricidade Teoria na Prática

Achando a queda de tensão no cabo azul

Dois cabos de cobre com mesmo comprimento

Condutividade do cobre 56

Aquecedor 12V - 144W

Kurt Meister

6,72 A



Bateria 12 V



Solução:

$$R_{\text{carga}} = U^2 / P = 12^2 / 144 = 1 \Omega$$

$$R_{\text{total}} = U / I = 12 / 6,72 = 1,785 \Omega$$

$$R_{\text{2cabos}} = 1,785 - 1 = 0,785 \Omega$$

$$R_{\text{1cabo}} = 0,785 / 2 = 0,39 \Omega$$

$$U_{\text{1cabo}} = R \times I = 0,39 \times 6,72 = 2,62 \text{ V}$$

Grupo, Eletricidade Teoria na Prática

Achando o comprimento do circuito

Dois cabos de cobre de 0.5 mm^2 com mesmo comprimento

Condutividade do cobre 56

Kurt Meister

Aquecedor 12V - 1Ω

6,72 A

Solução:

$$R_{\text{total}} = U / I = 12 / 6,72 = 1,785 \Omega$$

$$R_{\text{2cabos}} = 1,785 - 1 = 0,785 \Omega$$

$$L = (56 \times R \times S) / 2$$

$$L = (56 \times 0,785 \times 0,5) / 2$$

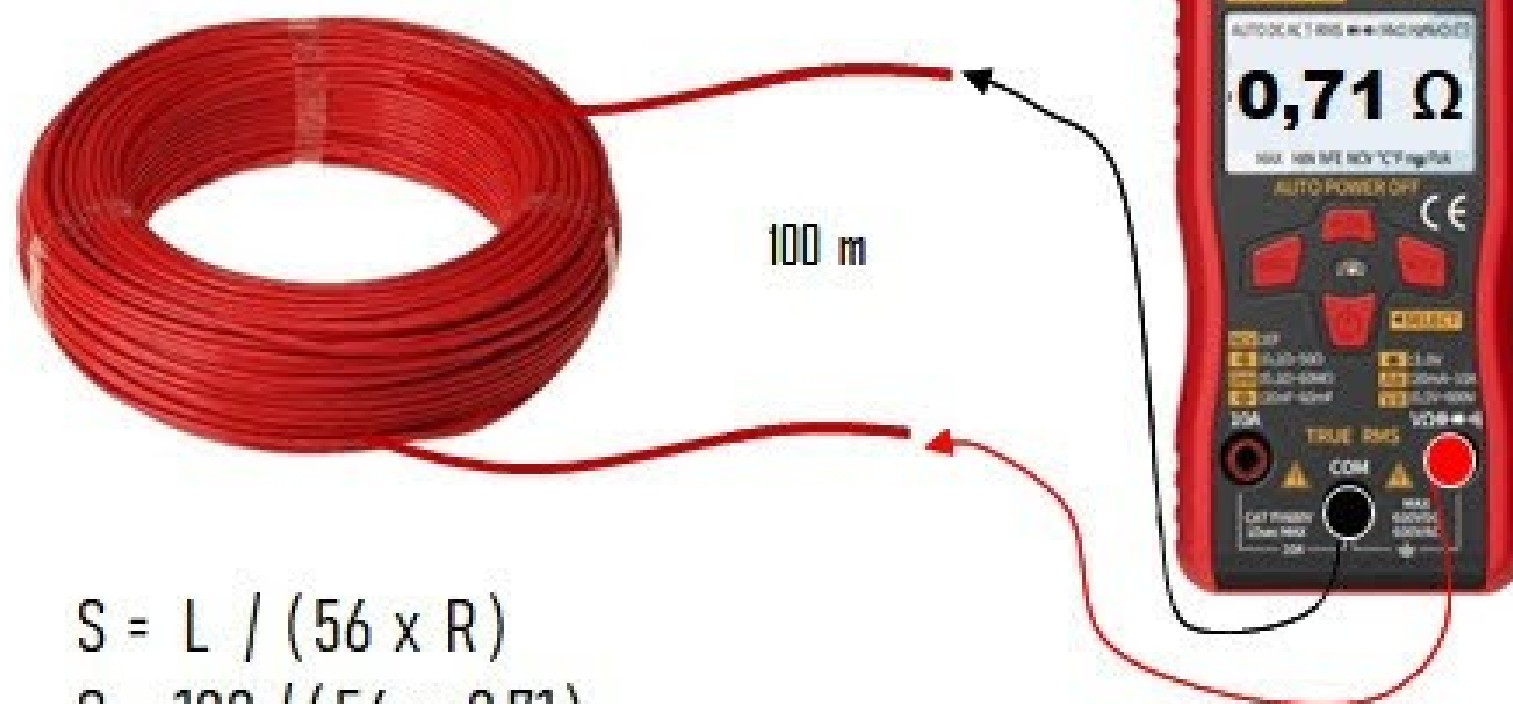
$$L = 11 \text{ m}$$

11 metros cabo 0.5 mm^2

Achando a seção aproximada do fio

condutividade do cobre 56

Kurt Meister



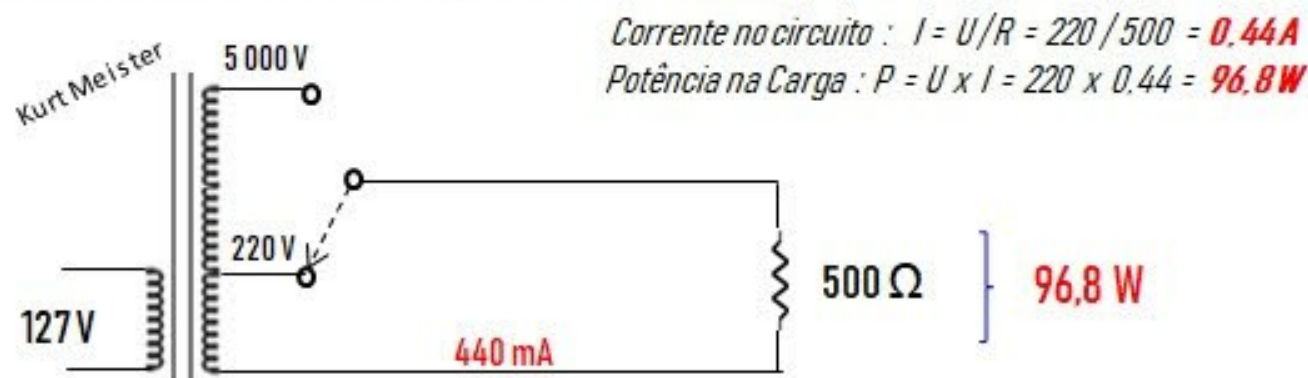
$$S = L / (56 \times R)$$

$$S = 100 / (56 \times 0.71)$$

$$S = 2.5 \text{ mm}^2$$

Grupo, Eletricidade Teoria na Prática

Mais tensão é igual a Menos corrente ? Não !



Para manter a potência e querendo menor corrente, com objetivo de reduzir as perdas, devemos também elevar a resistência da carga para, $R = U^2/P = 5\,000^2/96,8 = 258\,265 \Omega$



Portanto não podemos dizer que foi aplicado "mais tensão" sobre a carga, quando na verdade trocamos a carga por outra, cuja tensão nominal é de 5 000V para produzir a mesma potência da carga anterior.

O ideal seria dizer: Maior tensão sobre carga de maior impedância reduz a corrente mantendo a potência.

Mais tensão é igual a Menos corrente ?

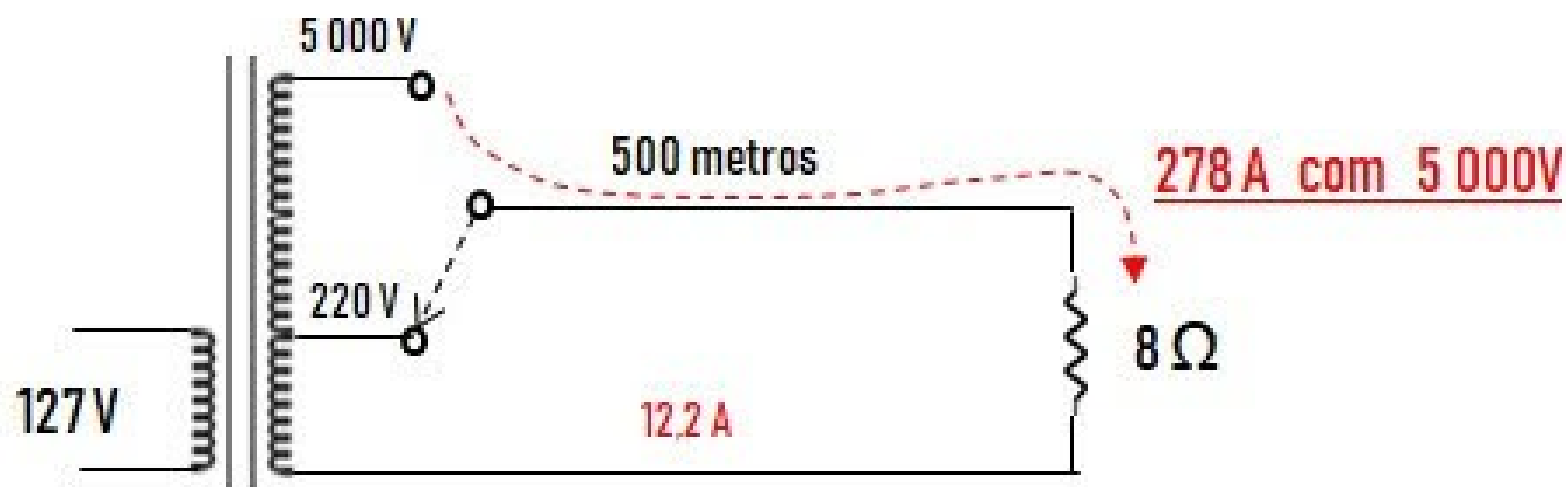
Qual é a corrente na linha se usarmos a saída de 5 kV???

Resposta: **Não**

Resistência do circuito: $R = U/I = 220/12,2 = 18 \Omega$

Corrente aplicando 5 000 V: $I = U/R = 5\,000/18 = 278 \text{ A}$

Kurt Meister

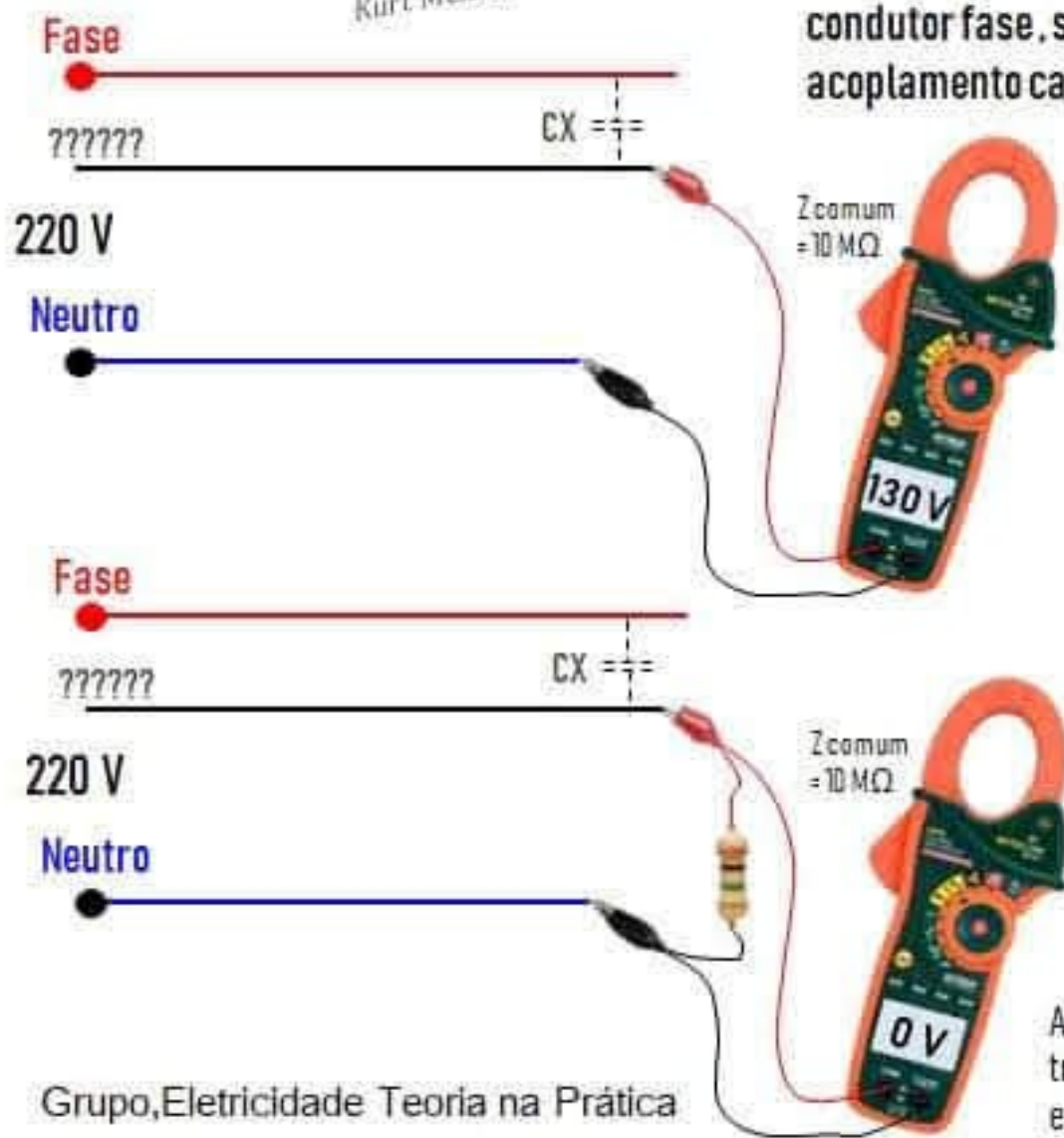


Grupo, Eletricidade Teoria na Prática

Tensão Fantasma, Como acontece ? Como evitar ?

Kurt Meister

Acontece quando um condutor que segue próximo do condutor fase, sofre de influência por indução ou acoplamento capacitivo.



Isto faz com que tenhamos uma tensão sendo indicada por um voltmetro aplicado entre Neutro e esse condutor, devido a alta impedância deste, levando a falsos diagnósticos nesse circuito.

É possível evitar a indicação da tensão fantasma diminuindo a impedância do voltímetro ligando um resistor em torno de $1\text{M}\Omega$ em paralelo

Alguns multímetros já possuem a função "LoZ" que os transformam em voltímetros de baixa impedância para evitar tensões fantasmas.

Potências no Motor Elétrico

Motor 5 cv 220 V $\eta=0,8$ $\cos\phi=0,9$

Kurt Meister

$$P = \frac{P_u}{\eta} = \frac{3680}{0,8} = 4,6 \text{ kW}$$

$$S = \frac{P}{\cos\phi} = \frac{4,6}{0,9} = 5,11 \text{ kVA}$$

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2}$$
$$Q = \sqrt{5,11^2 - 4,6^2} = 2,23 \text{ kVAr}$$

$$\cos\phi = \frac{P}{S} = \frac{4,6}{5,1} = 0,9$$

Motor



$P_u = 5 \text{ cv}$ ou:

$$P_u = \text{cv} \times 736$$

$$P_u = 5 \times 736$$

$$P_u = 3,68 \text{ kW}$$



P = potência ativa absorvida

S = potência aparente absorvida

P_u = potência útil no eixo

Q = potência reativa

η = rendimento

$\cos\phi$ = fator de potência

Grupo, Eletricidade Teoria na Prática

Cálculos de Potências e Corrente

Kurt Meister

1. Potência aparente, $S = VA$

2. Potência reativa, $Q = VAr$

3. Corrente, $I = A$



Placa
 $U = 220 V$
 $P = 80 W$
 $\cos\varphi = 0,85$

220V

$I = ?$ **0,428 A**

$$S = P / \cos\varphi$$

$$S = 80 / 0,85$$

$$S = 94,1 VA$$

$$I = S / U$$

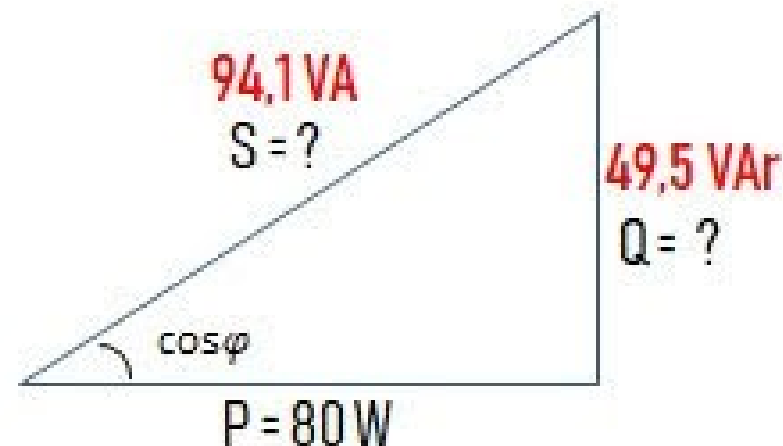
$$I = 94,1 / 220$$

$$I = 0,428 A$$

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2}$$

$$Q = \sqrt{94,1^2 - 80^2}$$

$$Q = 49,55 VAr$$

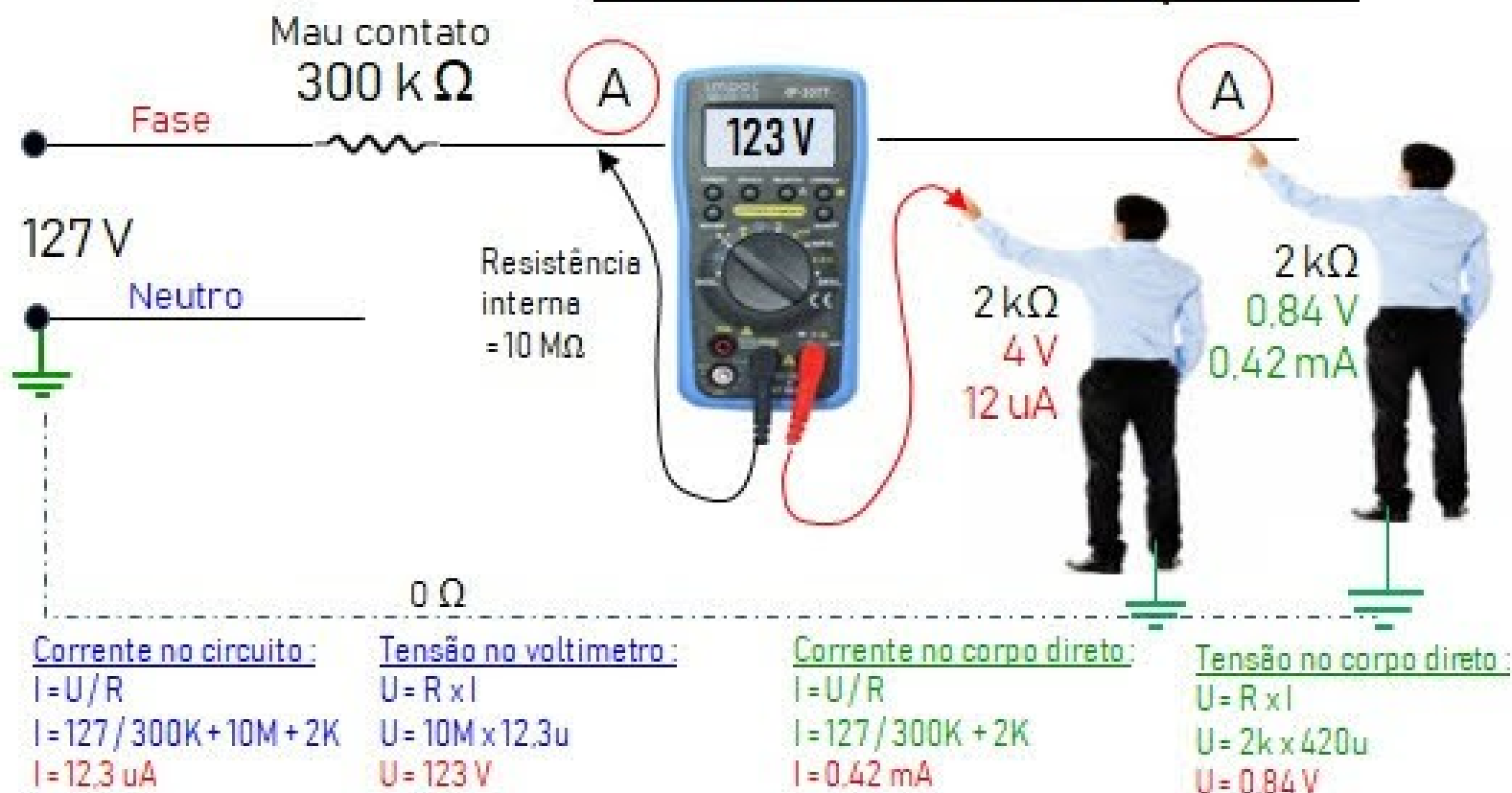


Grupo, Eletricidade Teoria na Prática

Voltímetro como Detetor de Tensão, é confiável ?

Kurt Meister

Qual a tensão e corrente no corpo quando o homem tocar diretamente o ponto A ?



Portanto o voltmetro indica ter 123 V devido sua alta impedância, mas se este ponto for tocado por corpo de 2kΩ ele receberá uma tensão de 0,84V com corrente de 0,42mA.

Uma falha de isolamento provoca uma fuga de corrente.
Esta corrente de fuga se Dissipa na Terra ou Retorna
para a fonte ?

Kurt Meister

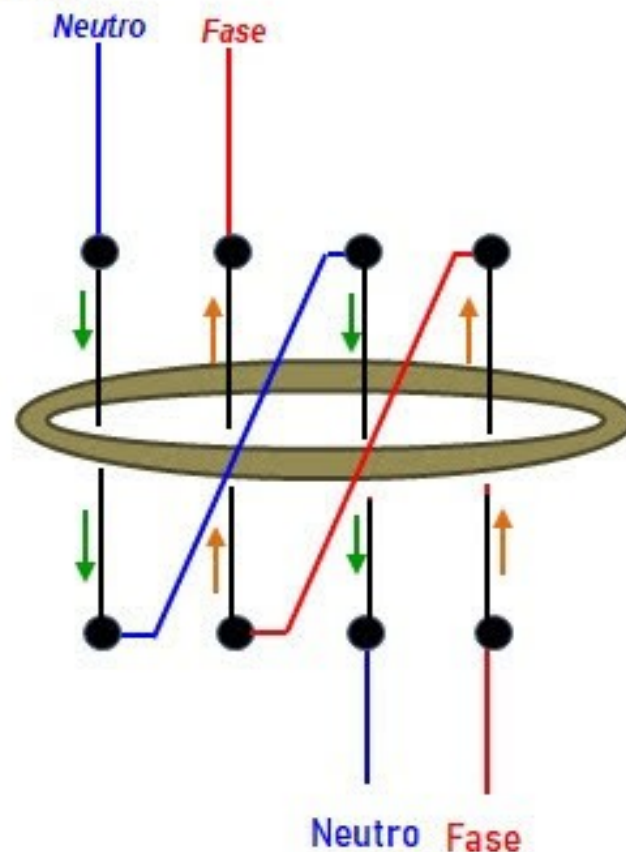
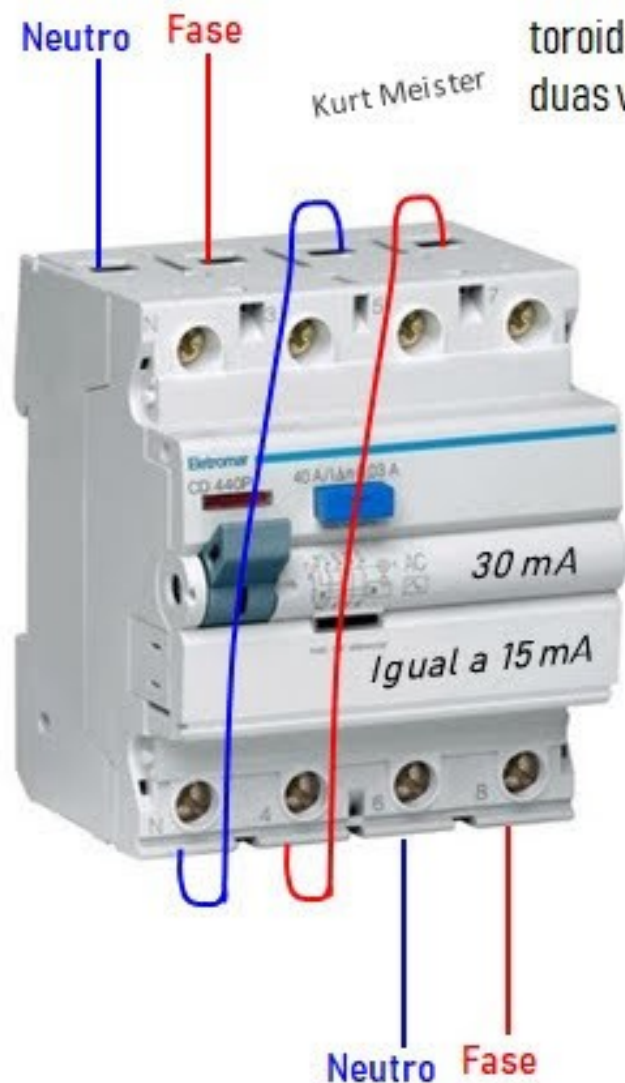


Obedecendo a lei de Kirchhoff, toda corrente que vai até a carga, deve retorna para a fonte, independente se pelo circuito, ou fora dele.

Grupo, Eletricidade Teoria na Prática

Tendo um IDR tetrapolar de 30 mA e querendo usar como bipolar mais sensível, Posso colocar dois polos em série para transformar em IDR de 15 mA?

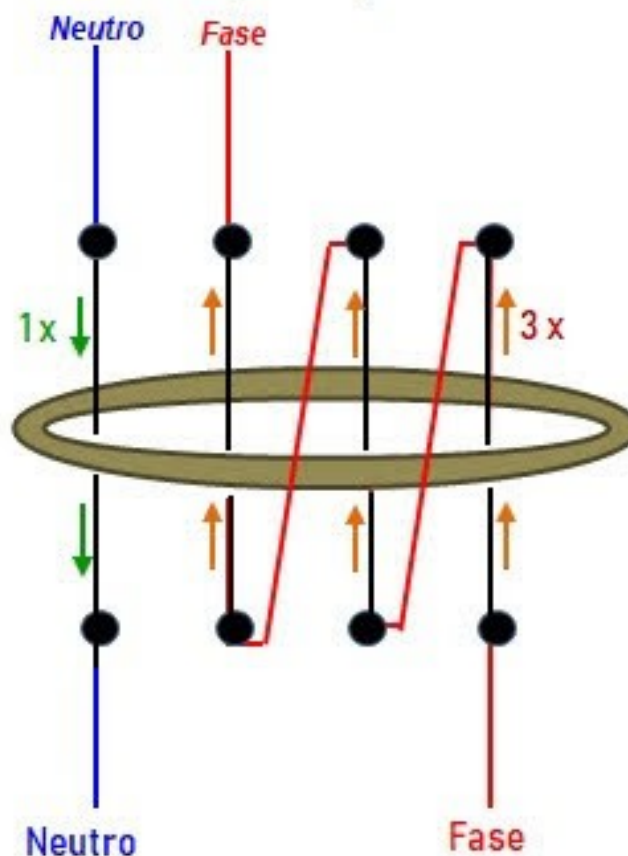
Pode! Pois como a corrente de 15 mA circula duas vezes pelo toroide, o IDR entende como $2 \times 15 = 30$ mA e portanto ele ficará duas vezes mais sensível.



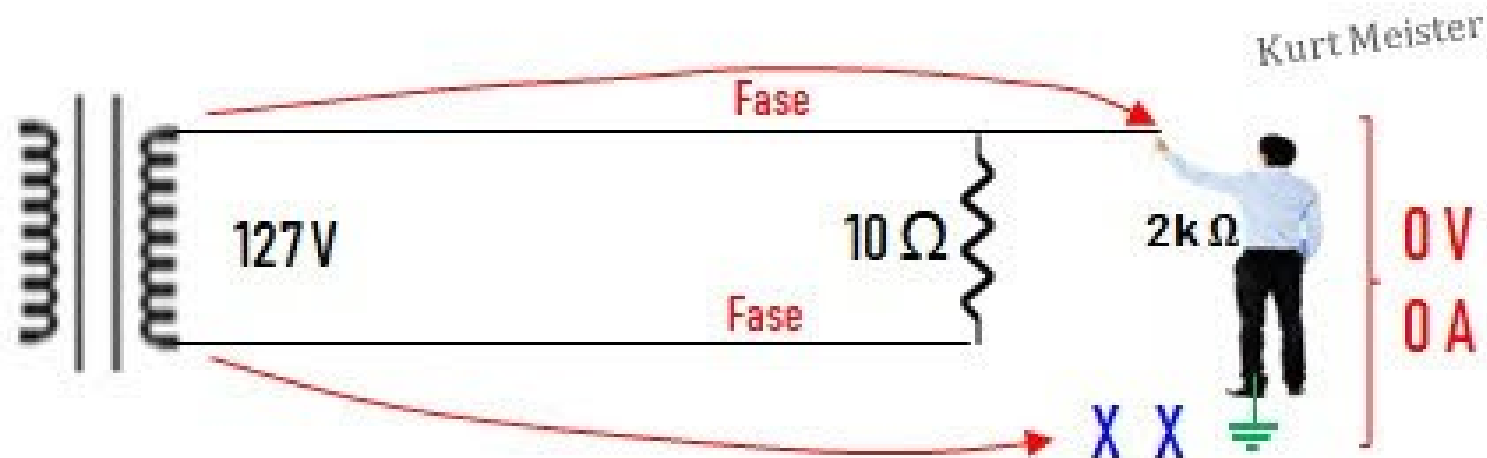
Tendo apenas um IDR tetrapolar e querendo usar como bipolar,
Posso colocar três polos em série para aproveitá-los todos ?



Não pode ! Pois teremos a corrente de retorno sendo 3 vezes maior que a corrente de entrada, o que é visto como fuga pelo IDR e ele irá atuar assim que for ligado.



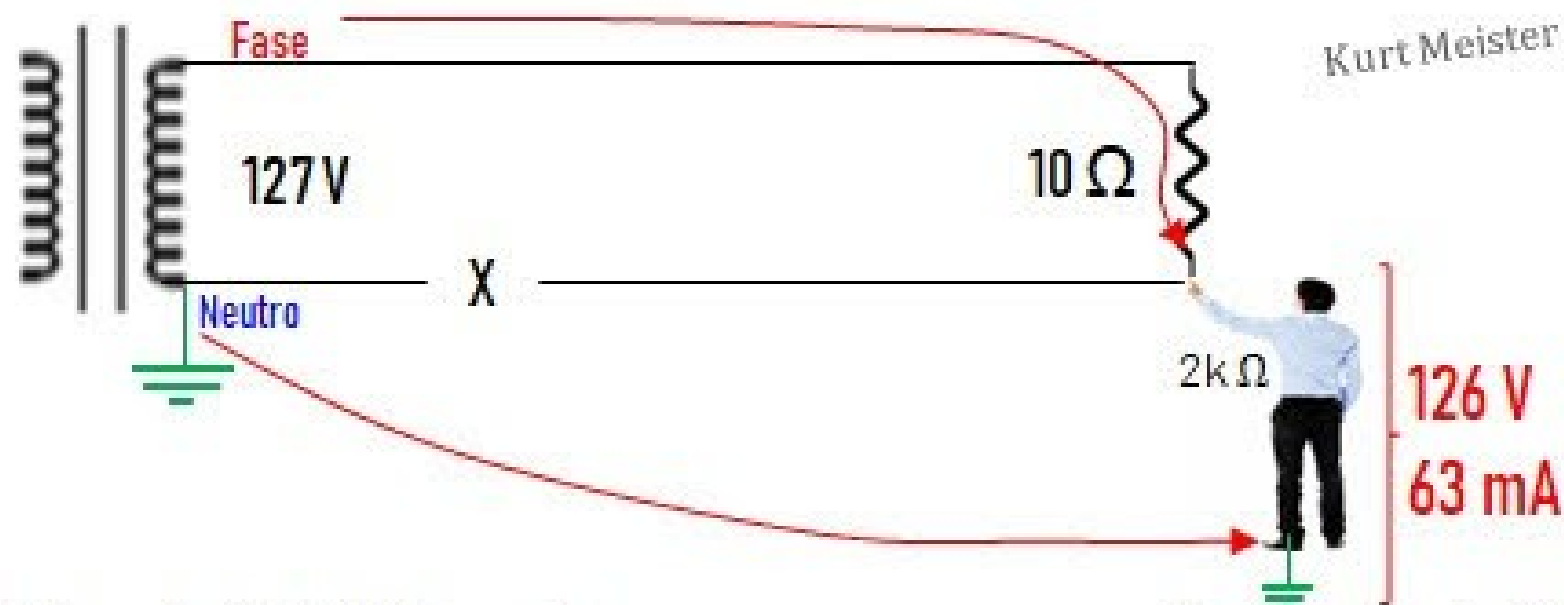
O homem em contato com uma fase e a terra.
Qual a DDP sobre o corpo e a corrente no corpo ?



Apenas um polo da fonte está em contato com o corpo.
Sem o contato com os dois polos, não existe DDP (tensão) aplicada
no corpo, portanto também não tem corrente.
O transformador isola o corpo da rede de energia.

Grupo, Eletricidade Teoria na Prática

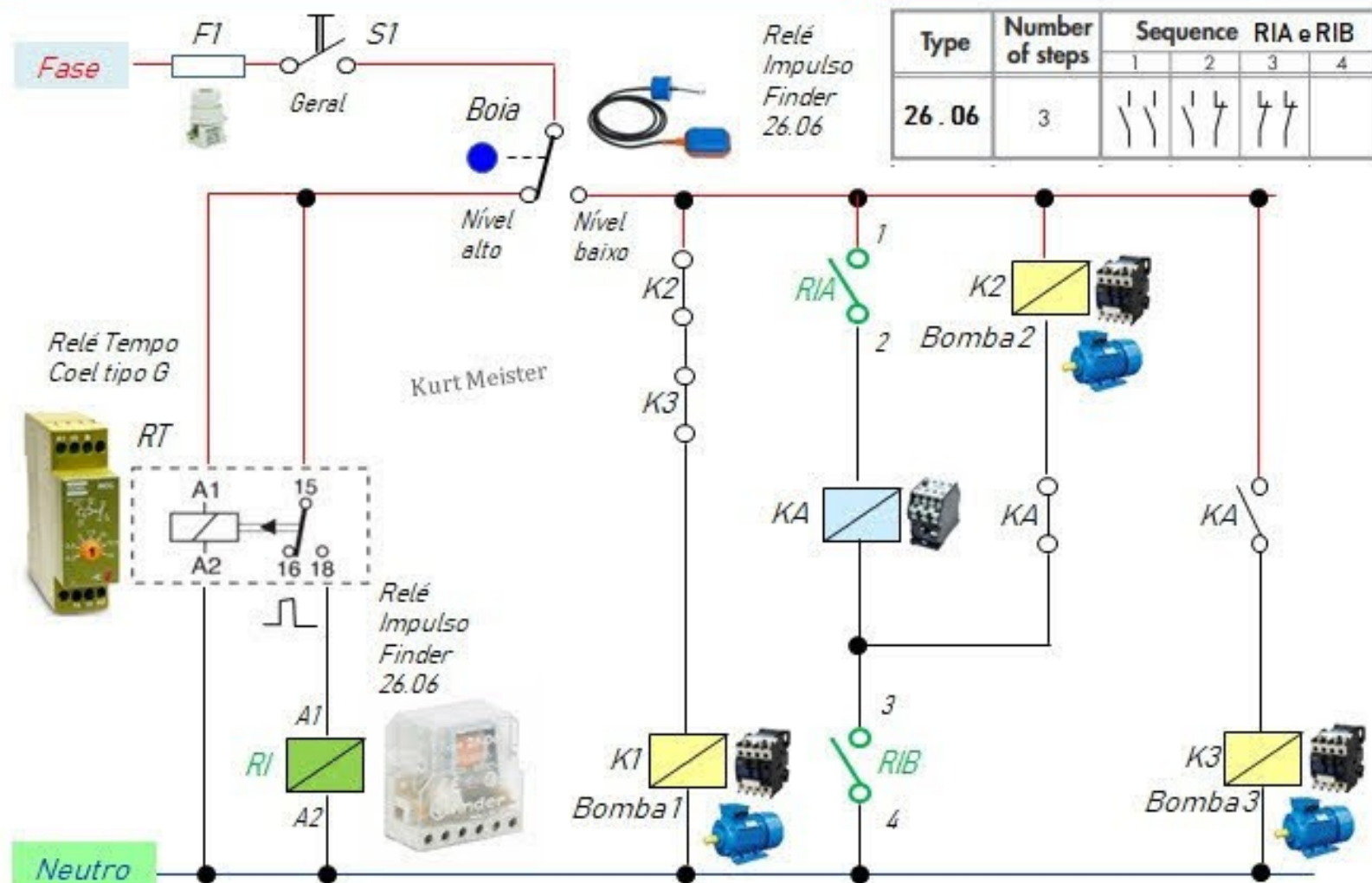
O homem em contato com neutro rompido e a terra
Qual a DDP sobre o corpo e a corrente no corpo ?



A tensão de 127 fica sobre a carga e corpo, sendo a corrente $I = U/R$
ou $127 / 10 + 2000 = 0,063\text{ A}$ (63mA) e a tensão no corpo ,
 $U = R \times I = 2000 \times 0,063 = 126\text{ V}$

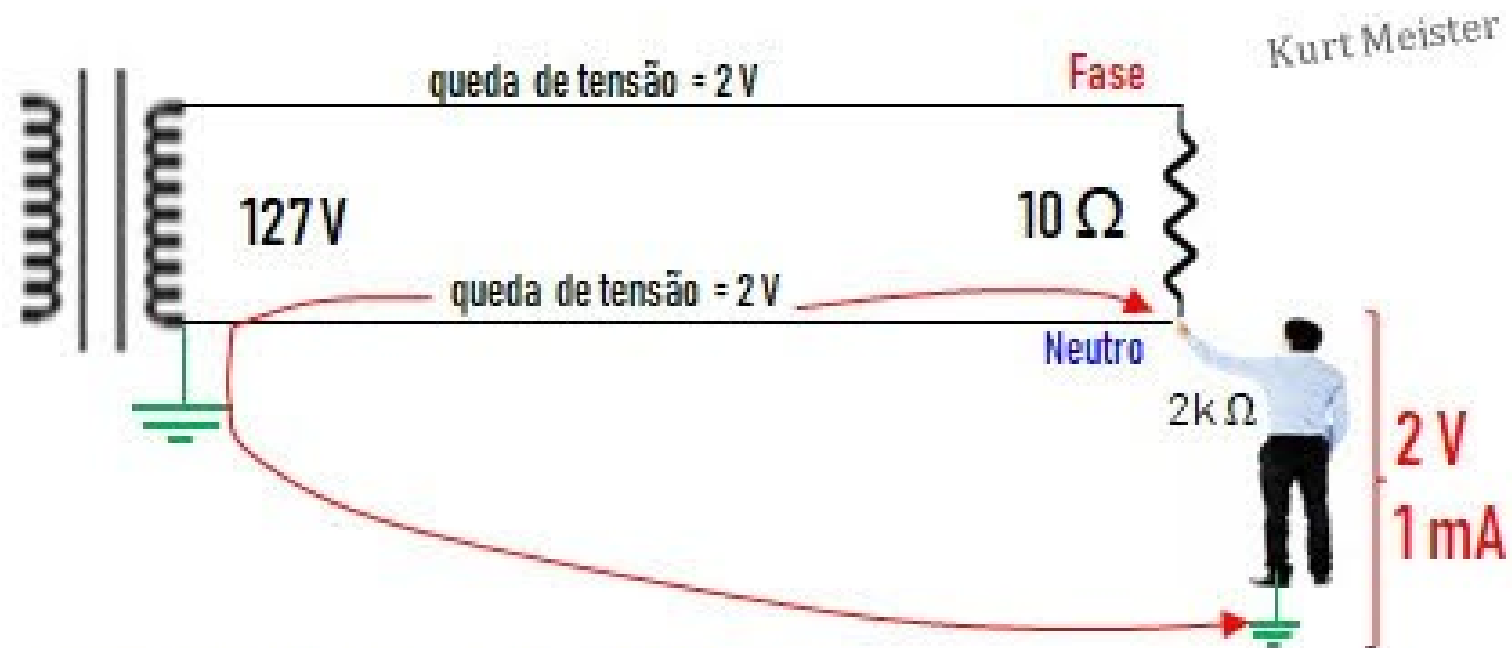
Grupo, Eletricidade Teoria na Prática

Comando Revezamento para 3 Bombas



Funcionamento : Assim que o nível estiver baixo, a boia fecha contato NA. Como RI está com dois contatos abertos temos atuação de K1 (bomba 1). Assim que atingir nível alto, a boia desliga K1 e aciona RT e este dá um pulso no relé de impulso RI, fechando apenas o contato RIB. Agora quando o nível baixar será ligado K2 (bomba 2) e desliga bomba 1. No próximo nível baixo outro pulso em RI faz fechar seus dois contatos. Ao baixar o nível será atuado o KA que aciona K3 (bomba 3) e desliga as outras bombas. O ciclo se repete indefinidamente.

O homem em contato com neutro e a terra .
Qual a DDP sobre o corpo e a corrente no corpo ?



A queda de tensão de 2 V fica sobre o corpo e a corrente será: $I = U / R = 2 / 2000 = 0,001\text{ A}$ ou 1 mA

Grupo, Eletricidade Teoria na Prática

