ON4CRD

Volume 07

# As resistências



Radio Club Durnal ON4CRD

https://on4crd.be

# Informações legais

**Volume 07 · As resistências**

Editor do site : Radio Club Durnal ON4CRD

Gerente de publicação : Comité do Radio Club Durnal ON4CRD

https://on4crd.be

Informações legais

## Propriedade intelectual

Textos, imagens, documentos, logotipos e materiais publicados no site permanecem propriedade de seus respectivos autores ou do clube. Qualquer reprodução ou reutilização deverá respeitar a fonte, os direitos aplicáveis e qualquer permissão do autor.

## Responsabilidade

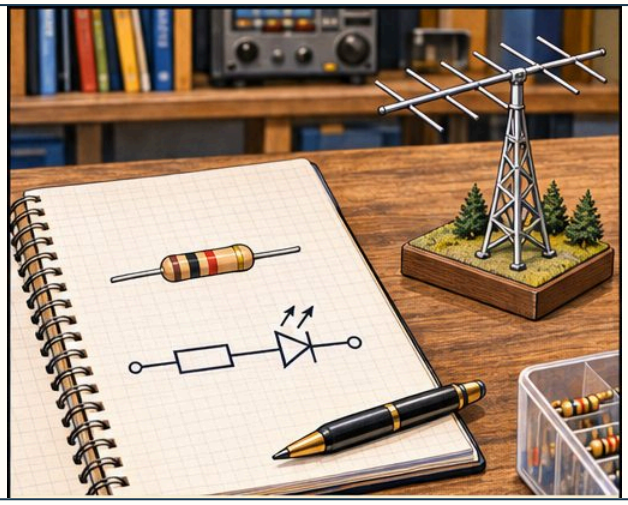
O clube trabalha para publicar informações úteis e verificadas, mas não garante a ausência de erros, omissões ou interrupções. As informações técnicas ou regulatórias devem ser verificadas em relação às fontes oficiais quando apoiam uma decisão.

Ilustrações criadas com assistência de inteligência artificial.

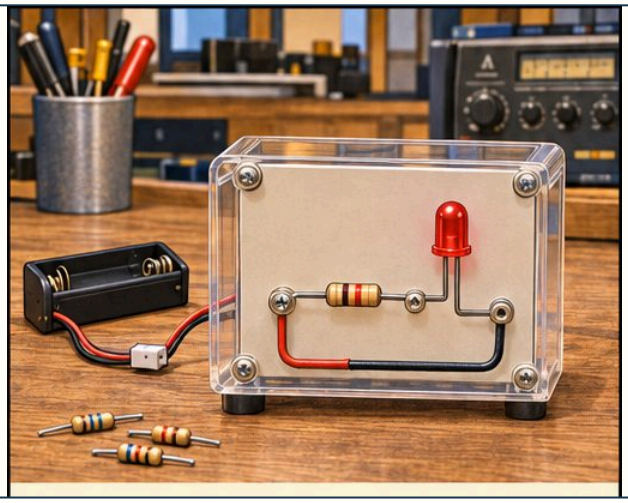
# O indicador da banca



Lucas encontra Henri para preparar a banca de descoberta do clube.



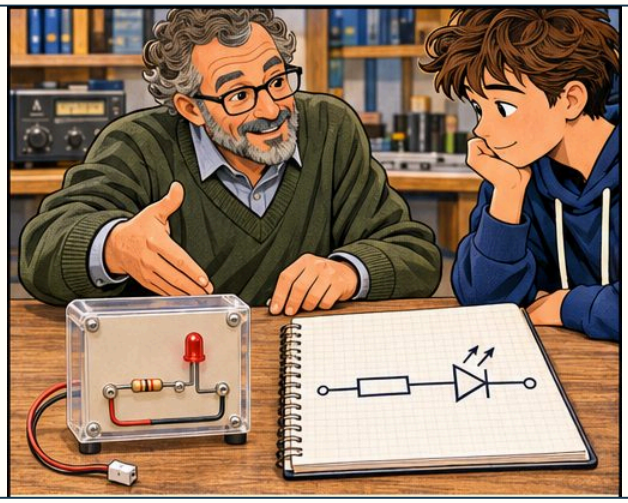
Depois das antenas, o caderno recebe um componente muito mais pequeno.



O indicador do pequeno painel de demonstração deixou de acender.



«Trocamos o LED?», propõe Lucas, abrindo a caixa de peças.

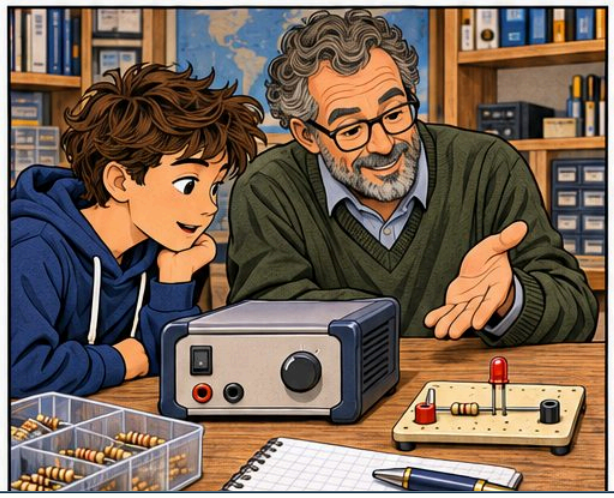


Henri quer compreender o circuito antes de substituir alguma coisa.



A missão: recuperar um indicador fiável e explicar cada escolha.

# Desligar antes de procurar



O painel usa uma fonte didática de 5 V com corrente limitada.



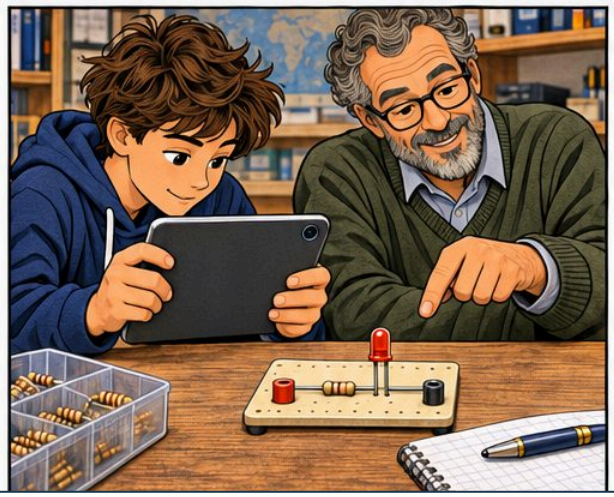
Henri desliga e desconecta a alimentação antes de intervir.



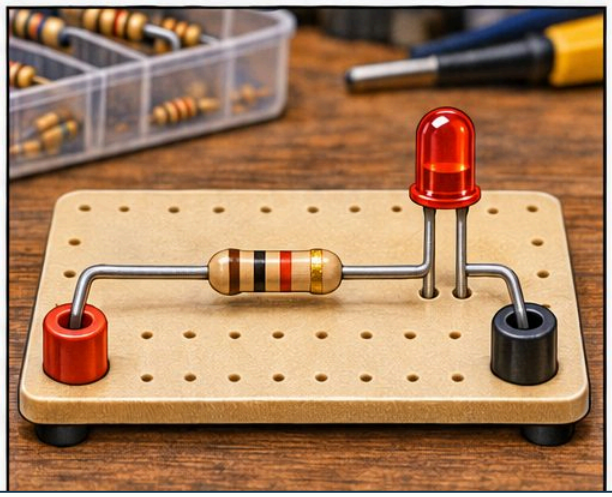
Esperam a descarga prevista e verificam a ausência de tensão.



Não abrem nenhum aparelho ligado à rede elétrica.



Lucas fotografa as ligações e segue o esquema do painel.



Uma pequena resistência no percurso do LED chama-lhe a atenção.

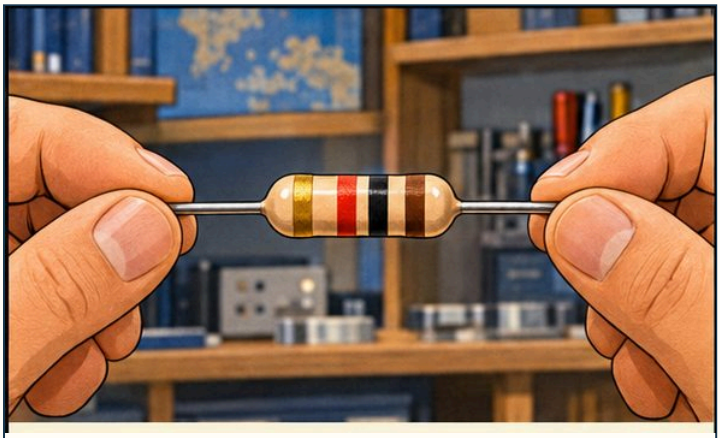
# Um nome, dois sentidos



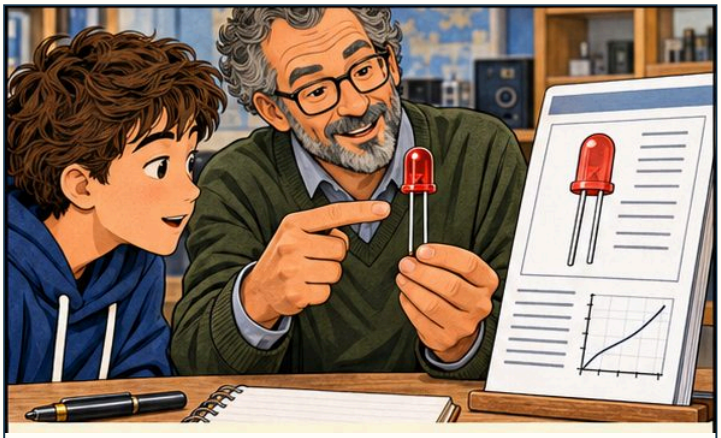
Resistência designa o componente e a grandeza elétrica R.



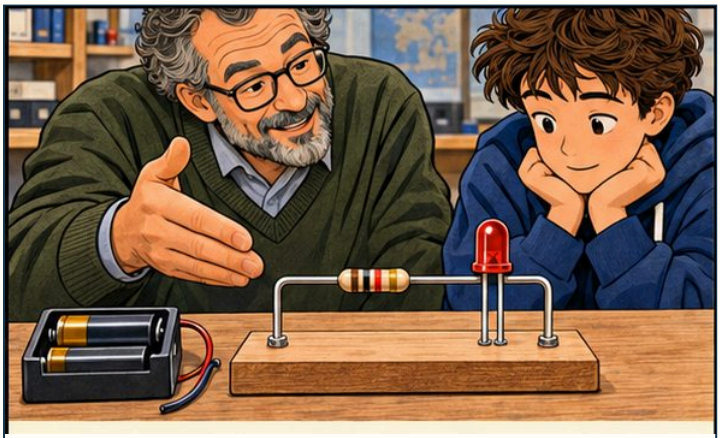
Esta grandeza exprime-se em ohms, representados pelo símbolo Ω.



Uma resistência comum não tem sentido obrigatório de ligação.



O LED tem uma polaridade que deve ser respeitada.



A resistência em série ajuda a limitar a corrente no LED.

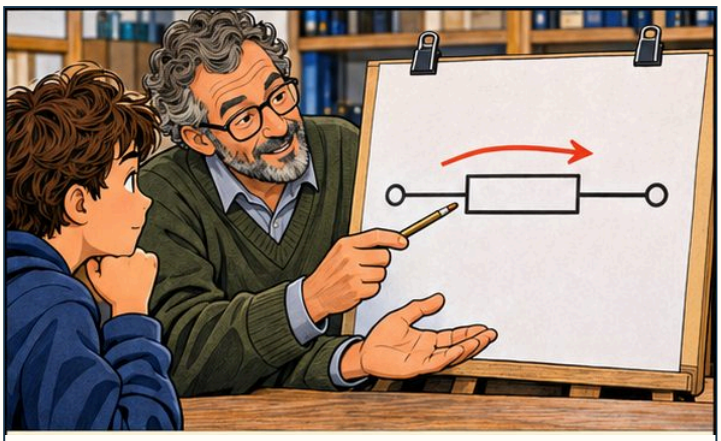


Lucas distingue o papel de cada peça antes de procurar a avaria.

# Recordar a lei de Ohm



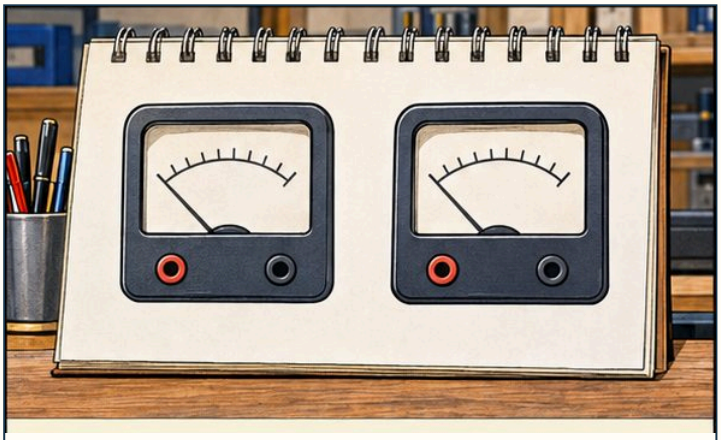
Para uma resistência óhmica, a determinada temperatura, U = R × I.



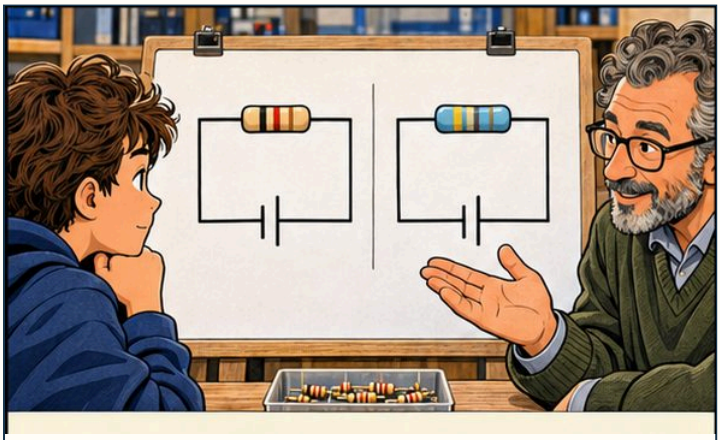
U é a tensão aos terminais; I é a corrente que a atravessa.



Também se escreve I = U / R e R = U / I.



Aqui U exprime-se em volts e I em amperes.



À mesma tensão, aumentar R reduz a corrente.

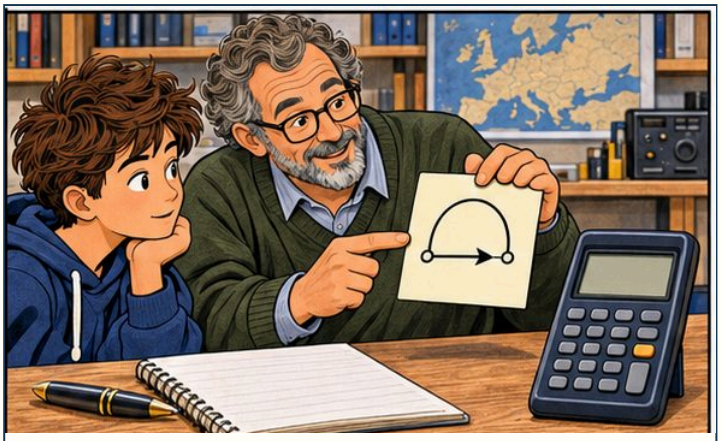


«O LED não é uma resistência óhmica», recorda Henri.

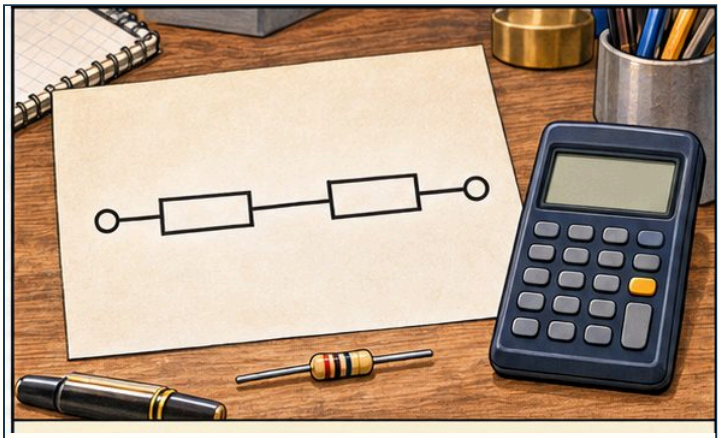
# As unidades antes dos números



1 kΩ = 1 000 Ω; 1 MΩ = 1 000 000 Ω.



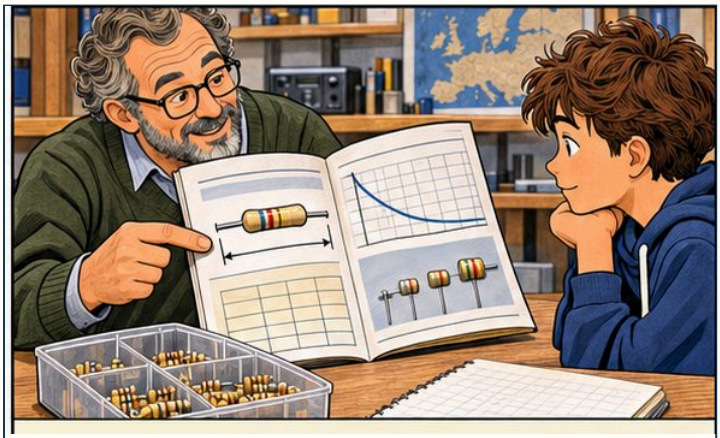
1 mA = 0,001 A: Lucas converte antes de usar a fórmula.



Com 5 V em 1 kΩ, a corrente calculada é 5 mA.



Nalgumas peças, 4K7 significa 4,7 kΩ e 2R2 significa 2,2 Ω.



A marcação depende do componente; a documentação continua a referência.



Lucas assinala as unidades: esquecer um prefixo pode alterar a escolha.

# Ler antes de medir



A resistência do painel tem anéis coloridos.



Henri traz uma tabela do fabricante e uma lupa.



Primeiro identificam o número de anéis e o espaçamento.



O anel de tolerância está frequentemente separado dos restantes.



Se o sentido for ambíguo, verificam referência e valor medido.



Uma cor mal iluminada não basta para escolher uma substituição.

# Quatro anéis, quatro funções



No código habitual de quatro anéis, os dois primeiros dão dois algarismos.



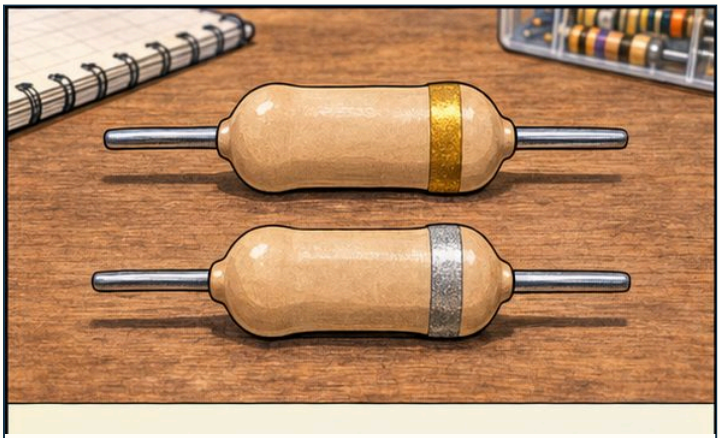
O terceiro anel é o multiplicador.



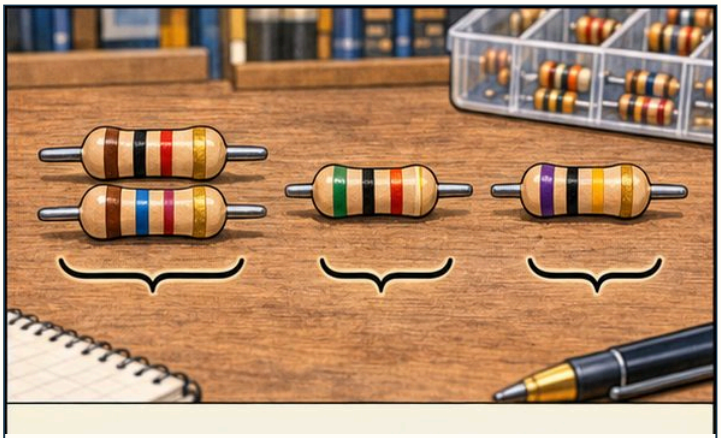
O quarto indica a tolerância do valor nominal.



Leem a partir da extremidade oposta ao anel de tolerância.



Dourado significa aqui ±5%; prateado significa ±10%.



«Dois algarismos, um fator e uma margem», resume Lucas.

# A paleta dos algarismos



Preto vale 0; castanho 1; vermelho 2; laranja 3; amarelo 4.



Verde vale 5; azul 6; violeta 7; cinzento 8; branco 9.



A posição da cor determina a sua função no código.



Como multiplicador, vermelho significa ×100 e laranja ×1 000.



Dourado e prateado também multiplicam por 0,1 e 0,01.



Lucas guarda a tabela perto: compreender é melhor do que adivinhar.

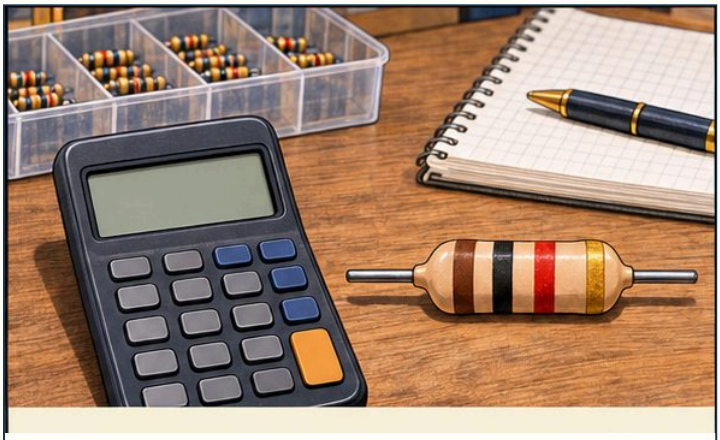
# A primeira leitura



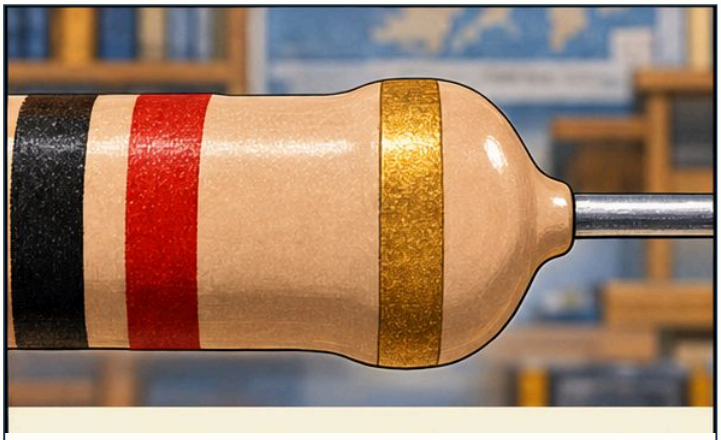
Um exemplo tem castanho, preto, vermelho e dourado.



Castanho seguido de preto dá 10; vermelho multiplica por 100.



10 × 100 = 1 000 Ω, ou seja, 1 kΩ.



O anel dourado acrescenta uma tolerância de ±5%.



O valor nominal não promete, portanto, um valor exato.

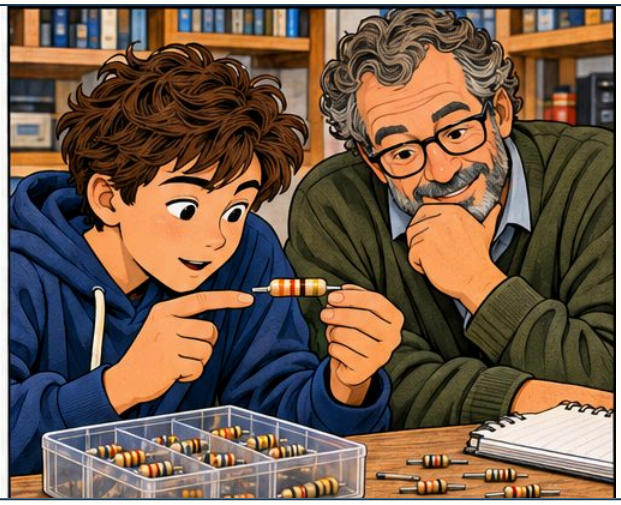


Lucas regista valor e tolerância separadamente.

# A peça do indicador



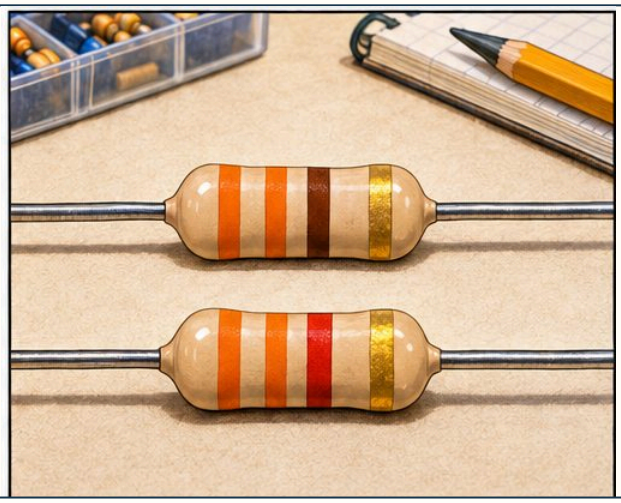
A ficha do painel prevê laranja, laranja, castanho e dourado.



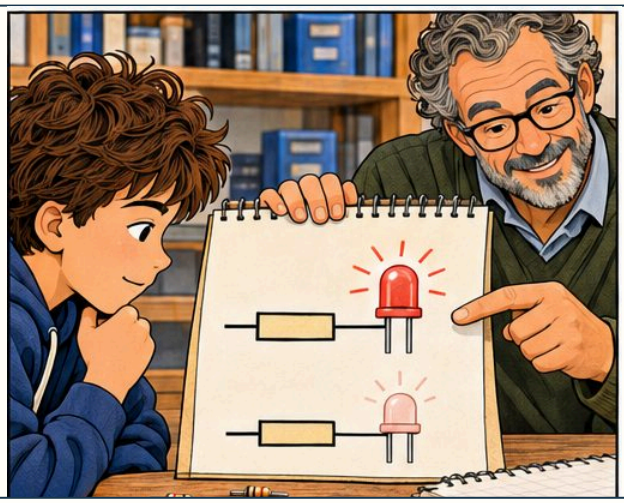
Os dois primeiros anéis dão 33; castanho significa ×10.



O resultado é 330 Ω, com tolerância de ±5%.



Um terceiro anel vermelho daria 3 300 Ω, ou 3,3 kΩ.



Essa confusão reduziria bastante a corrente do indicador.



Henri conserva os dois exemplos para a oficina dos visitantes.

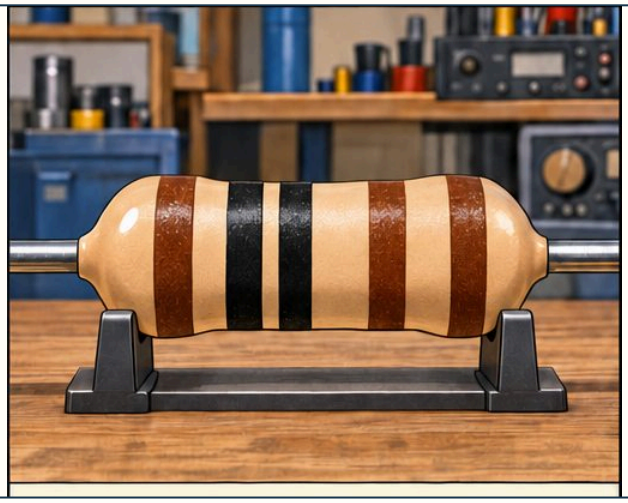
# Mais um anel



O código habitual de cinco anéis começa por três algarismos significativos.



O quarto multiplica; o quinto indica a tolerância.



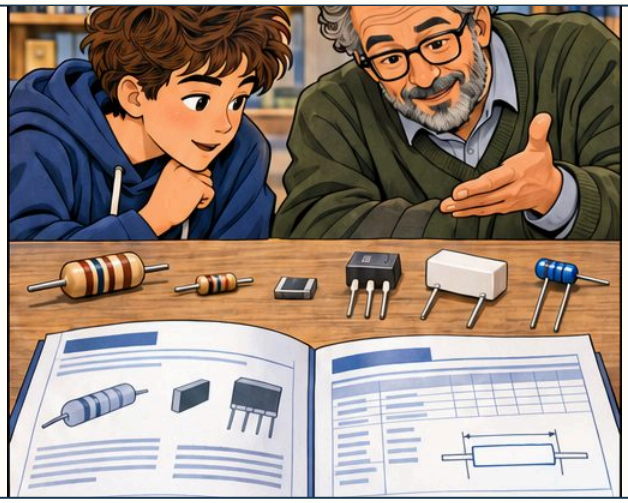
Castanho, preto, preto, castanho, castanho dá 100 × 10 = 1 000 Ω.



O último anel castanho significa aqui ±1%.

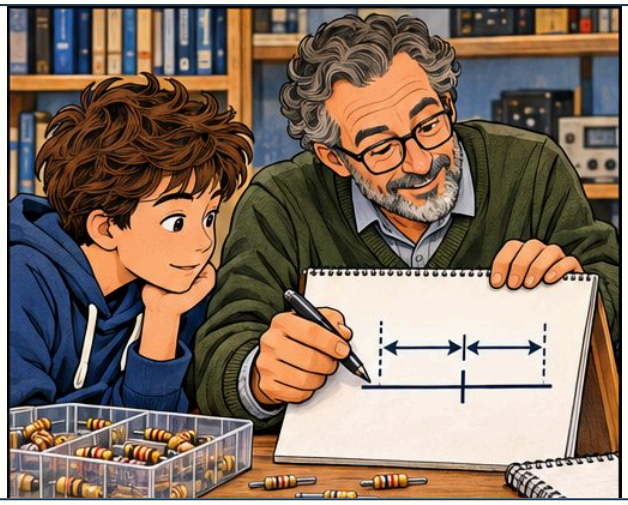


Não leem cinco anéis como se fossem quatro.



Existem outras marcações: Henri recomenda sempre a ficha correta.

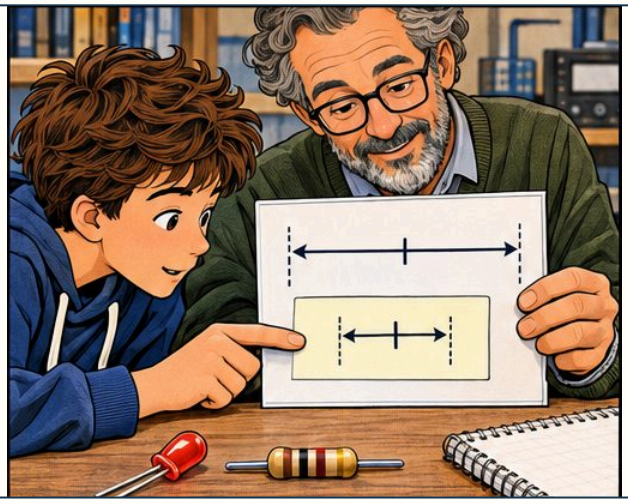
# Compreender a tolerância



Para 1 kΩ com ±5%, o desvio nominal máximo é 50 Ω.



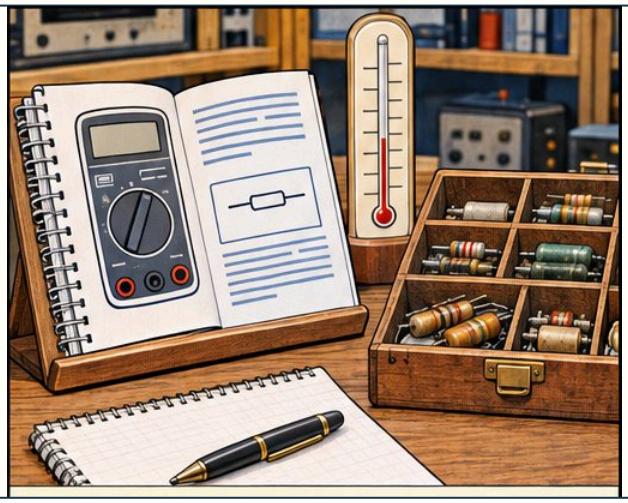
O intervalo correspondente vai de 950 Ω a 1 050 Ω.



Para 330 Ω com ±5%, vai de 313,5 Ω a 346,5 Ω.



Estes limites valem nas condições de referência do fabricante.



Temperatura, envelhecimento e incerteza de medição também contam.



Lucas compreende porque duas boas peças podem dar leituras diferentes.

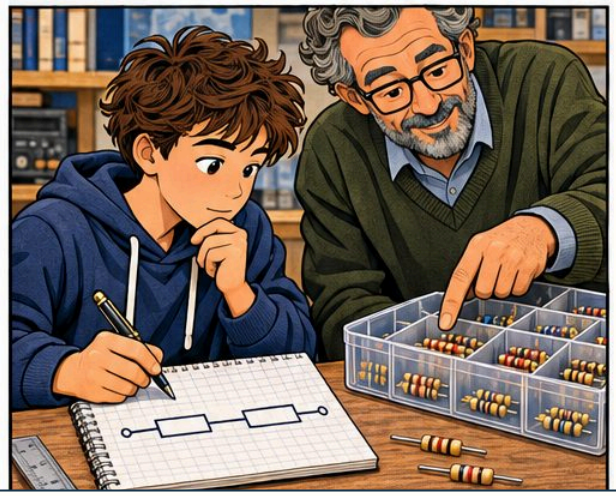
# Escolher um valor disponível



Os fabricantes oferecem séries normalizadas de valores.



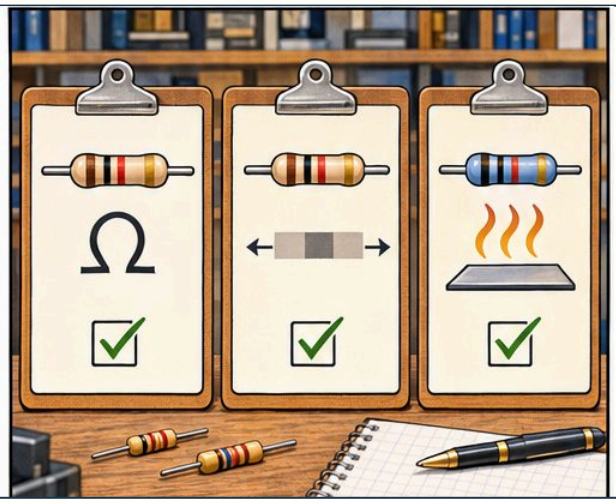
A série E12 inclui, por exemplo, 270 Ω, 330 Ω e 390 Ω.



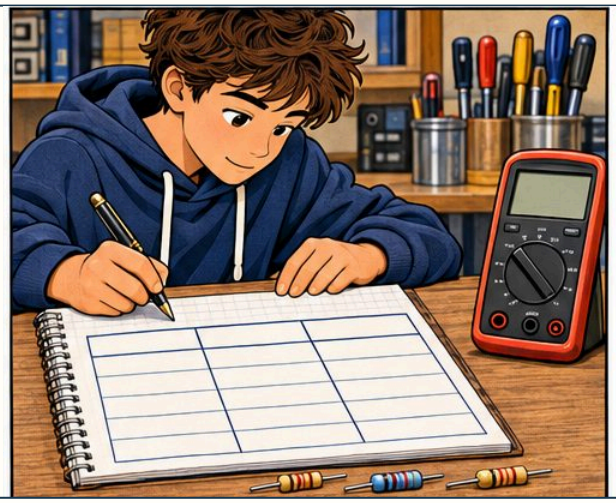
Um resultado calculado nem sempre corresponde a uma peça disponível.



Escolhem segundo a função pretendida e voltam a calcular.



Valor, tolerância e potência são três critérios diferentes.

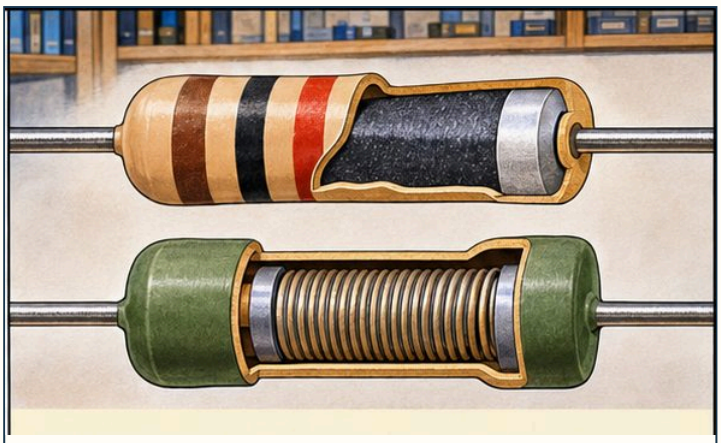


Lucas reserva um lugar para cada um na lista de peças.

# Sob o mesmo nome



Resistências do mesmo valor podem ter construções diferentes.



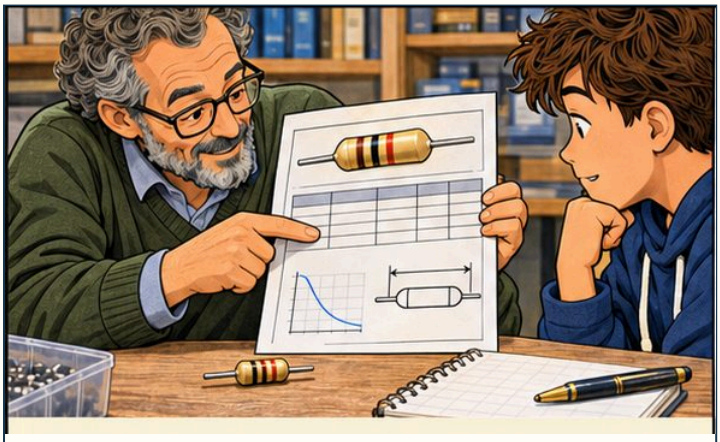
Henri apresenta modelos de película e um bobinado.



Pequenas resistências SMD montam-se diretamente no circuito impresso.



O tamanho por si só não revela tolerância nem todos os limites.

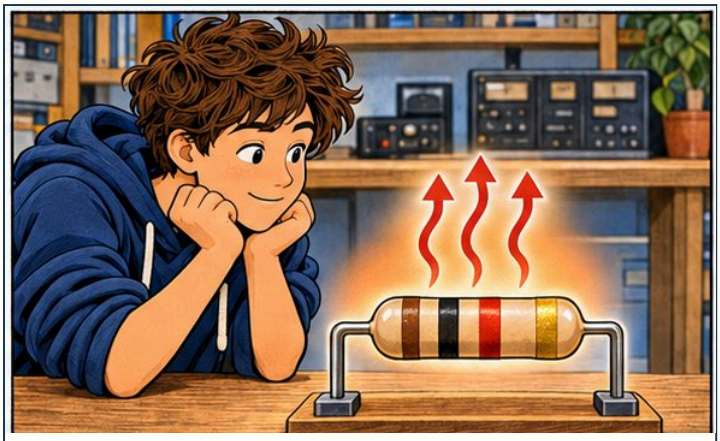


A ficha especifica potência, tensão máxima e condições de utilização.

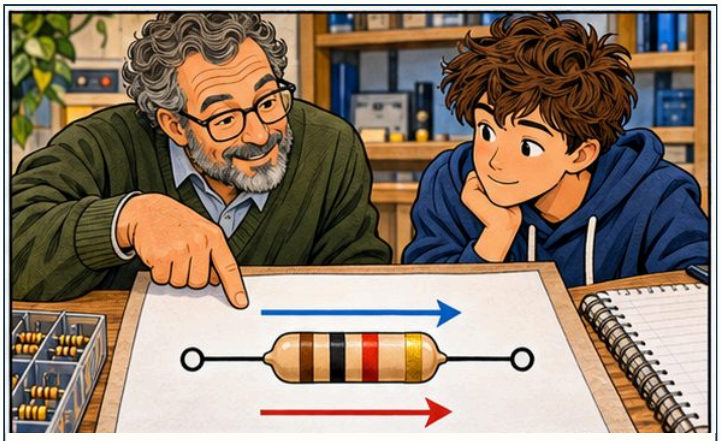


Para o indicador escolhem uma peça identificada e documentada.

# Para onde vai a energia?



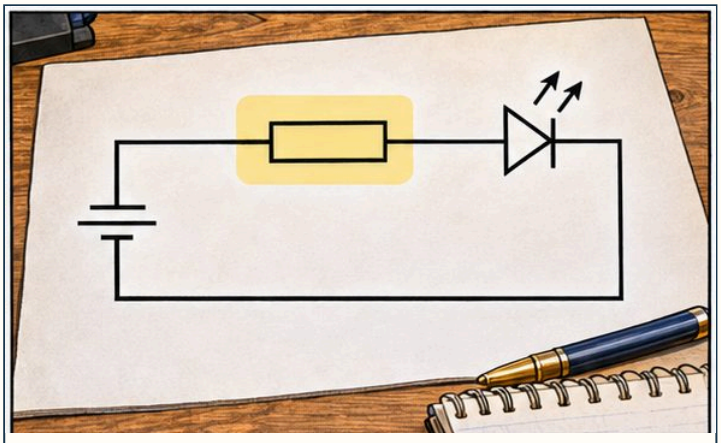
Uma resistência dissipa energia elétrica sob a forma de calor.



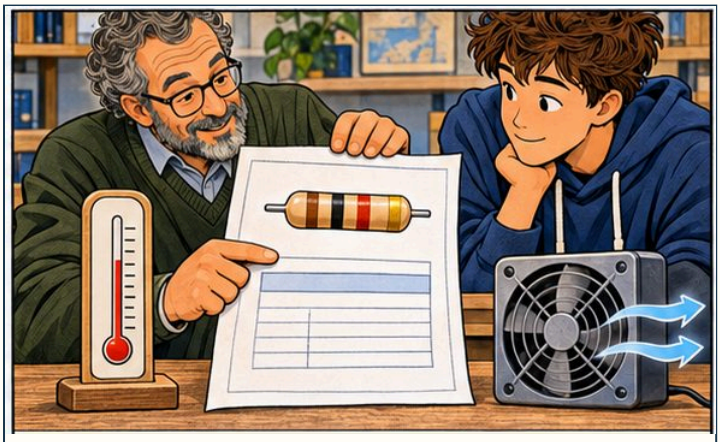
A potência dissipada é $P = U \times I$.



Com a lei de Ohm: $P = R \times I^2 = U^2 / R$.



Estes U e I são os da resistência estudada.



A potência nominal é um limite definido em determinadas condições.



«Mais watts não significa mais ohms», conclui Lucas.

# Um exemplo que aquece



No papel, 12 V em 1 kΩ dão 12 mA.



A potência é 12² / 1 000 = 0,144 W.



Uma peça de 0,25 W pode servir se as condições o permitirem.



Mantêm uma margem e verificam também a temperatura ambiente.

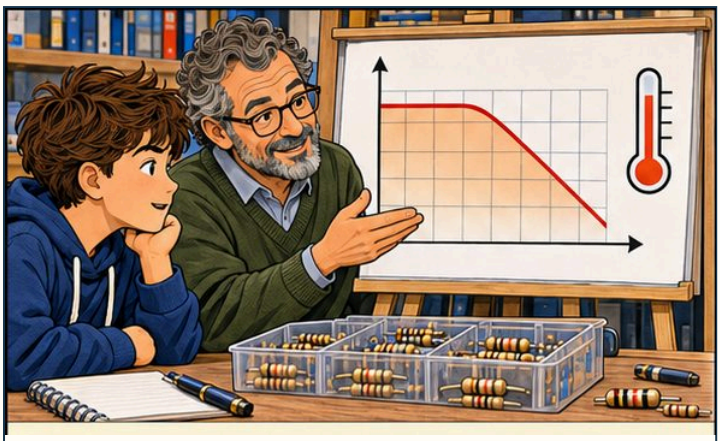


Uma caixa fechada ou calor próximo pode alterar a escolha.



Não é preciso ensaio térmico para compreender o cálculo.

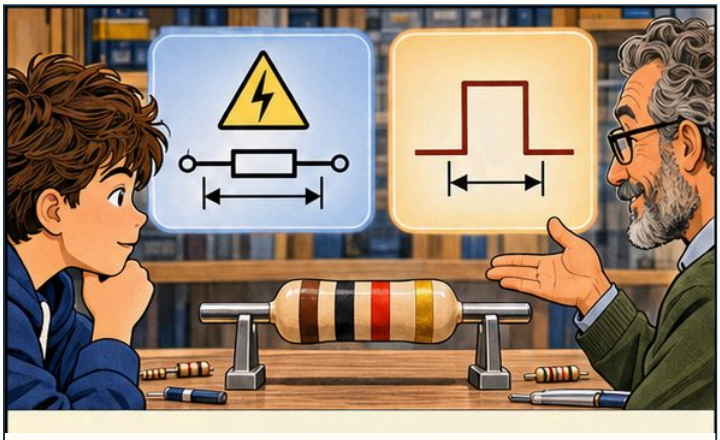
# Um limite não é um objetivo



A curva de redução pode baixar a potência admissível com o calor.



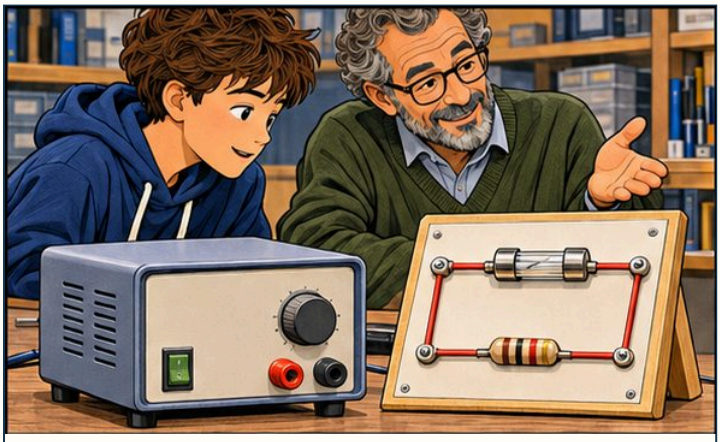
Henri mostra essa curva na ficha do modelo escolhido.



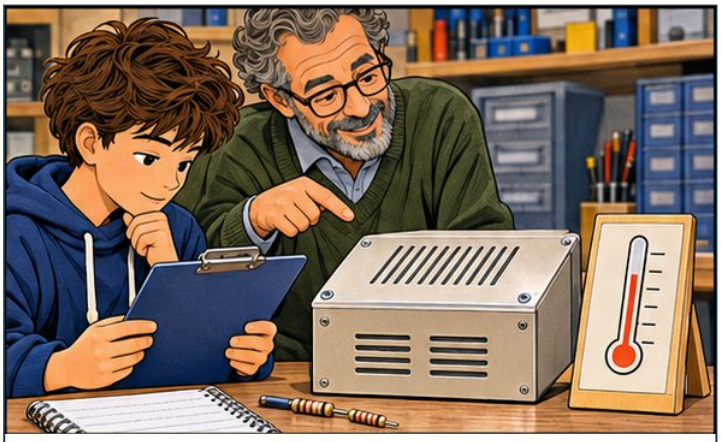
Verificam também tensão de serviço e eventuais impulsos.



Uma resistência dissipadora não substitui um fusível.

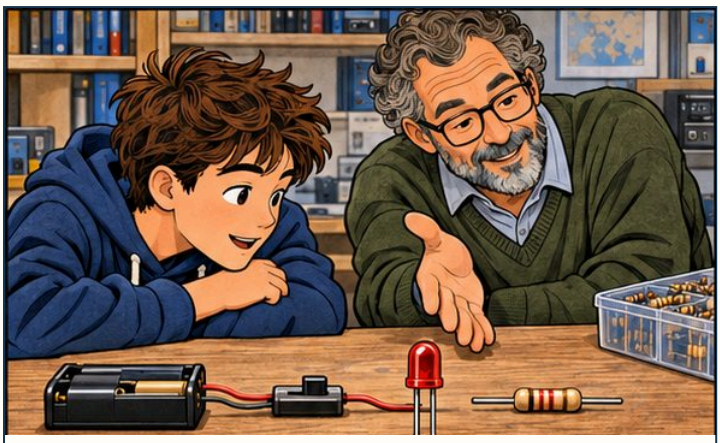


O painel conserva a proteção prevista pelo projetista.

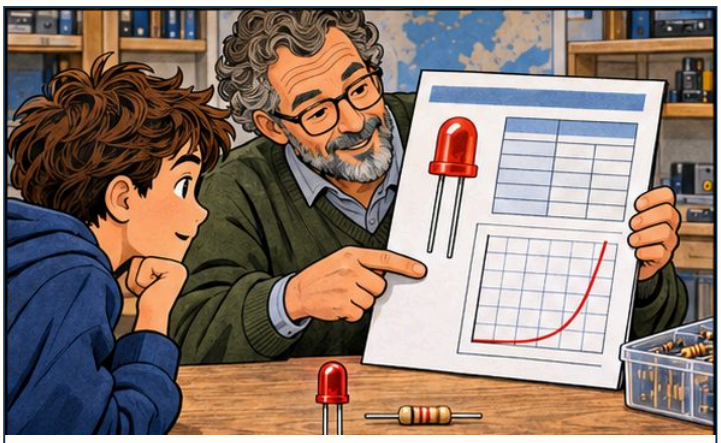


Lucas escolherá com margem e verificará as condições reais.

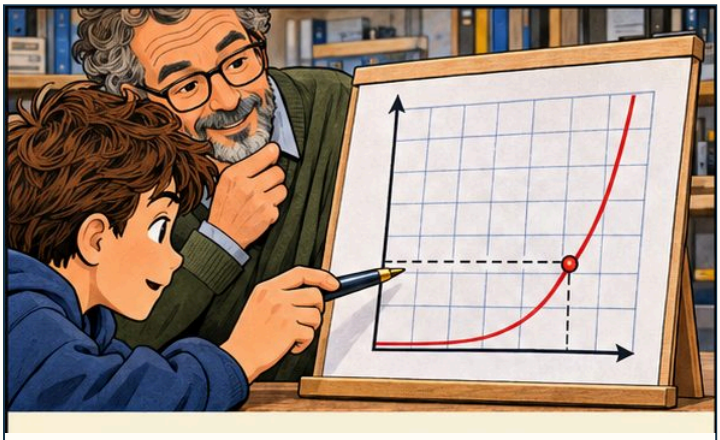
# Preparar o cálculo do indicador



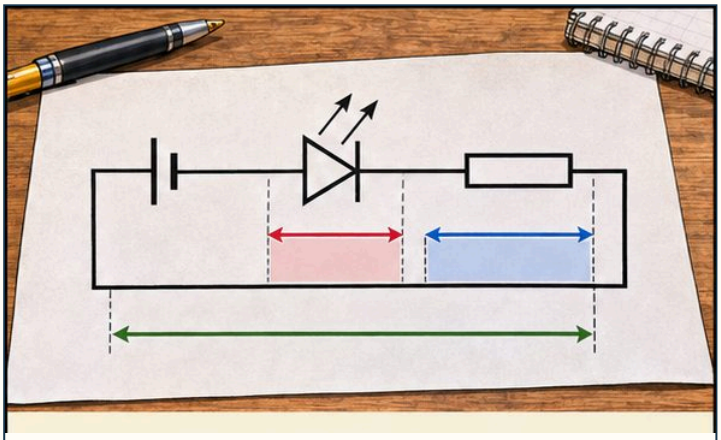
O exemplo usa uma alimentação de 5 V e um LED vermelho.



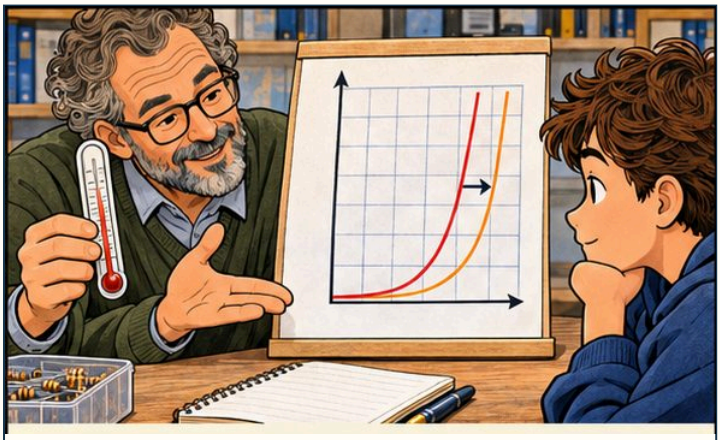
A ficha deste LED permite cerca de 2 V à corrente estudada.



Visam 10 mA, dentro dos limites do modelo.



A resistência em série recebe então aproximadamente 5 − 2 = 3 V.

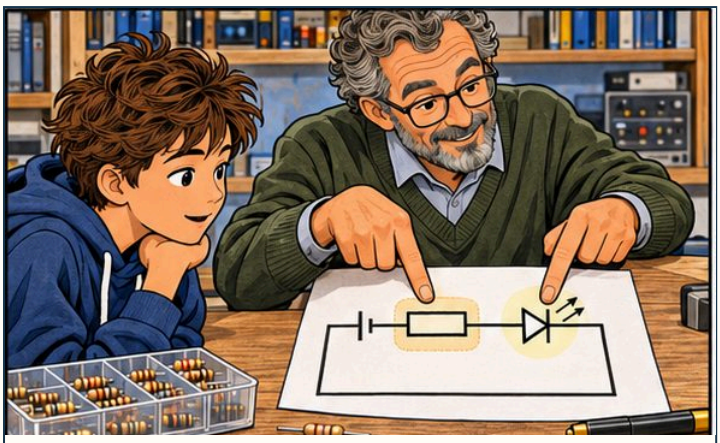


A tensão direta do LED depende de corrente e temperatura.

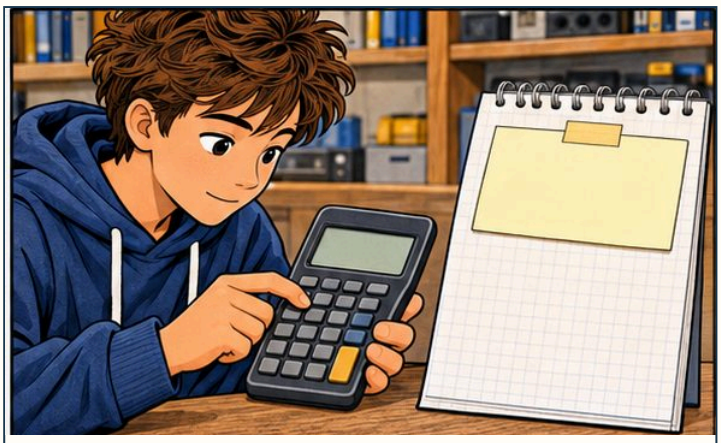


Estas hipóteses servem ao cálculo e não valem para todos os LED.

# O valor teórico



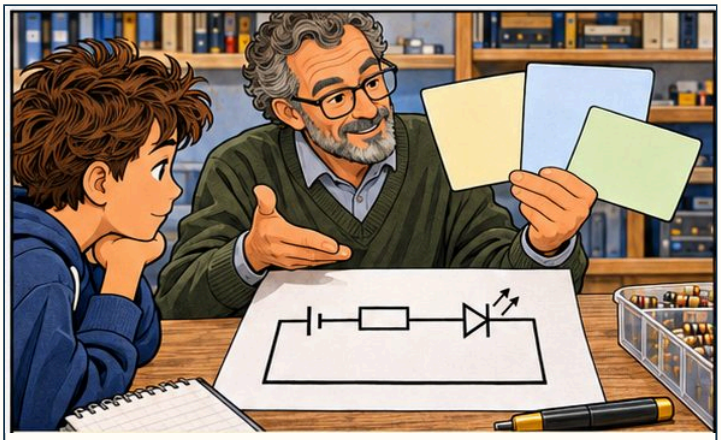
Para a resistência série: R = (Ualimentação − ULED) / I.



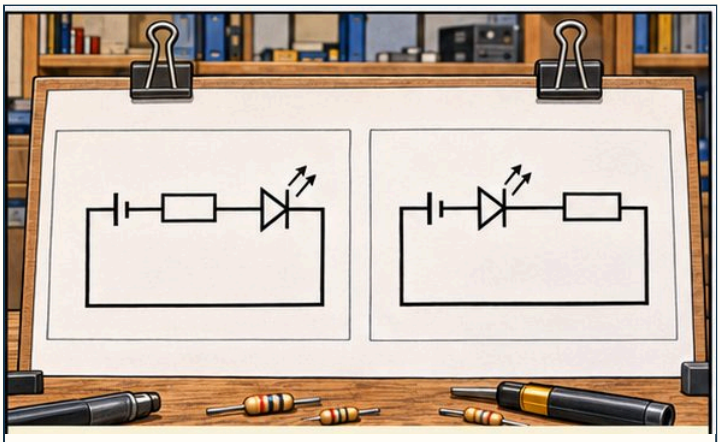
Lucas converte: 10 mA = 0,010 A.



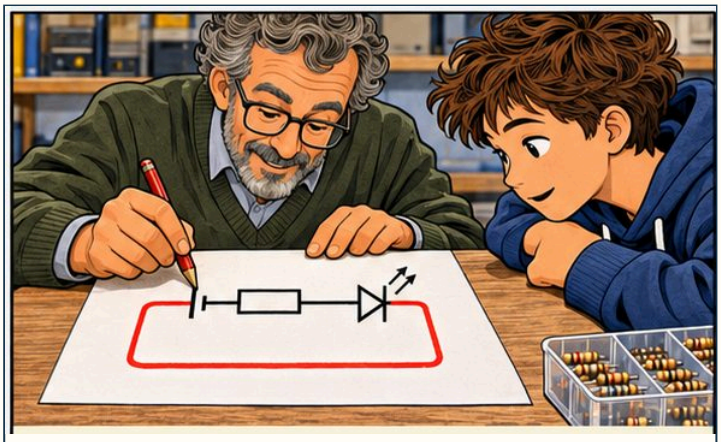
Calcula R = (5 − 2) / 0,010 = 300 Ω.



O valor pressupõe as tensões do exemplo e a corrente pretendida.



A resistência pode ficar antes ou depois do LED na mesma malha série.

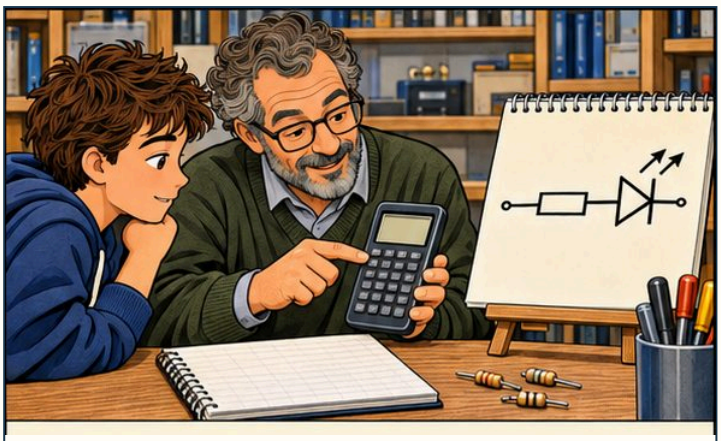


Henri verifica sobretudo se nenhum percurso contorna a resistência.

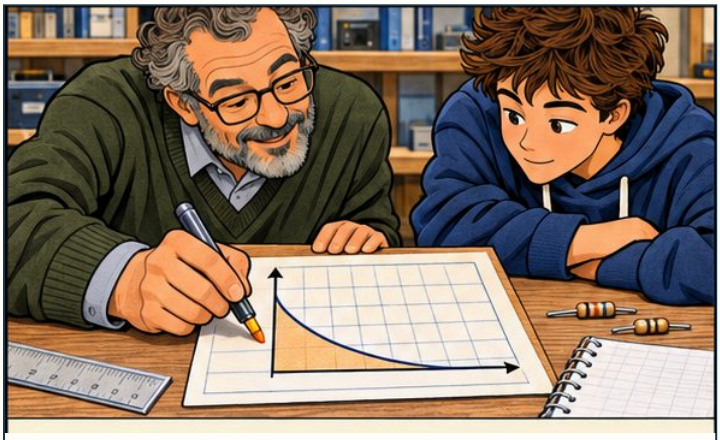
# Do cálculo à gaveta



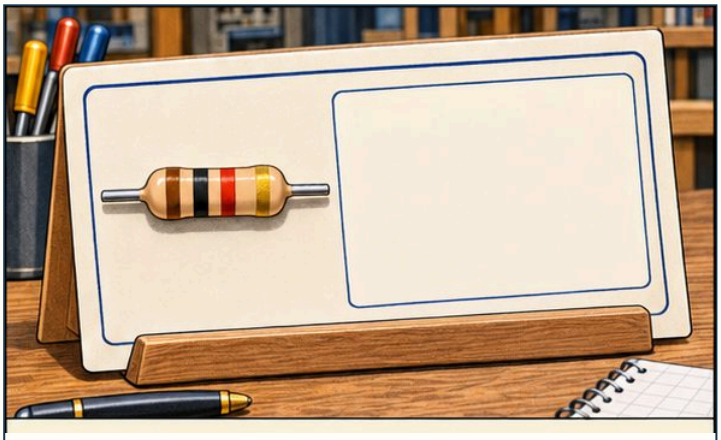
Do stock escolhem 330 Ω em vez de 270 Ω.



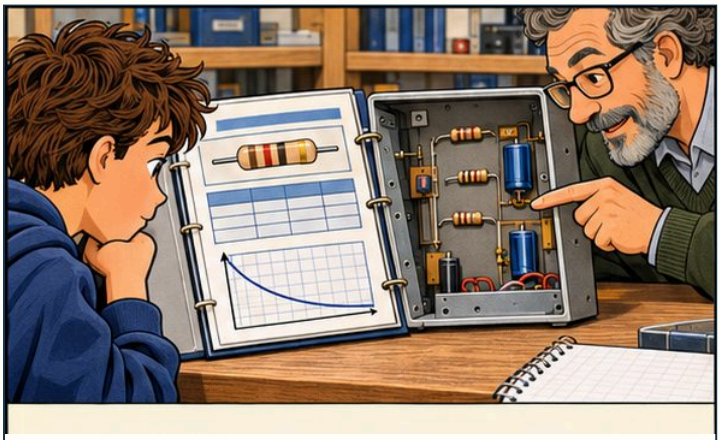
Com as mesmas hipóteses, I ≈ 3 / 330 ≈ 9,1 mA.



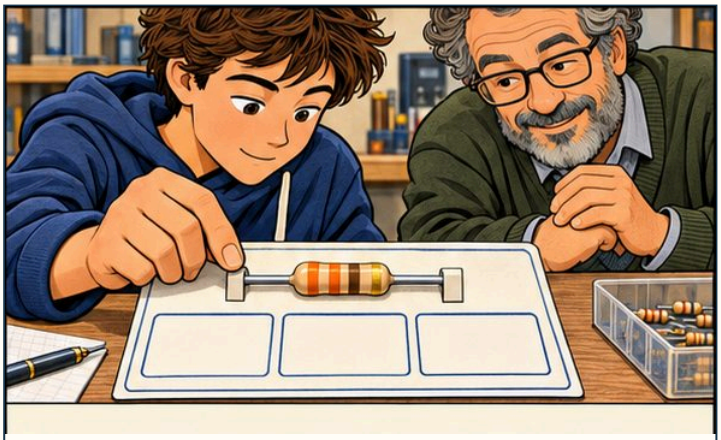
A potência na resistência é aproximadamente $3^2$ / 330 ≈ 0,027 W.



Uma peça identificada de 0,25 W oferece aqui boa margem térmica.

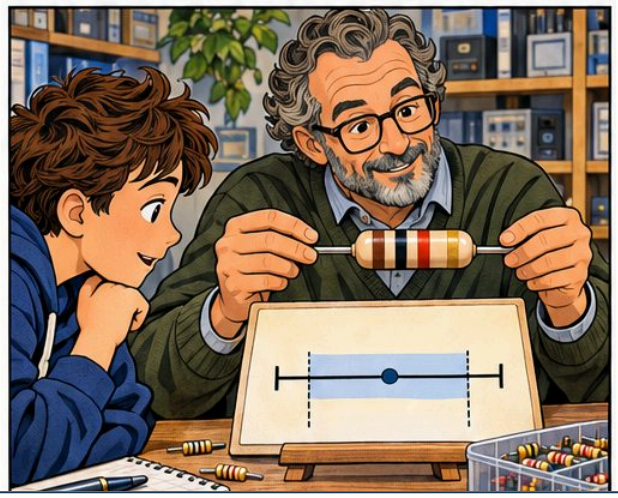


Ainda assim verificam a ficha e as condições previstas do painel.

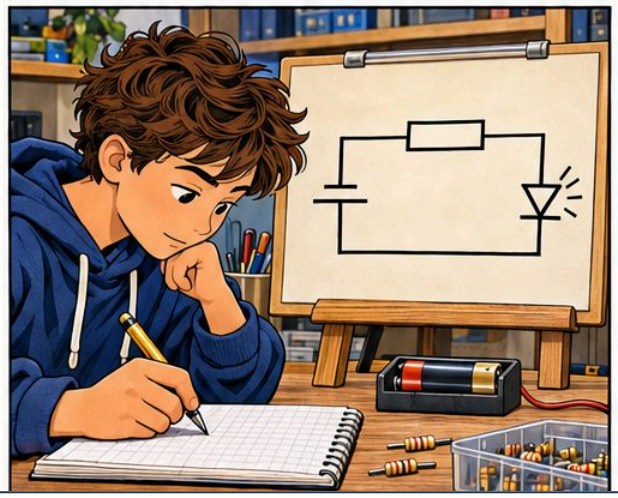


Lucas regista: 330 Ω, ±5%, 0,25 W; os três critérios estão definidos.

# Pensar nos desvios



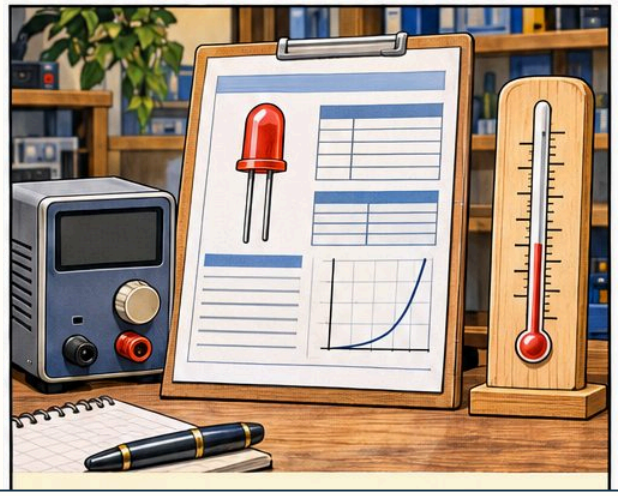
A tolerância de R já altera a corrente calculada.



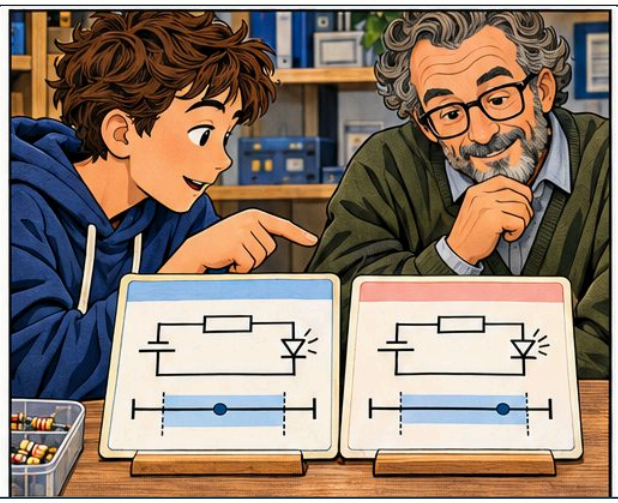
Com 3 V na resistência, 313,5 Ω dão aproximadamente 9,57 mA.



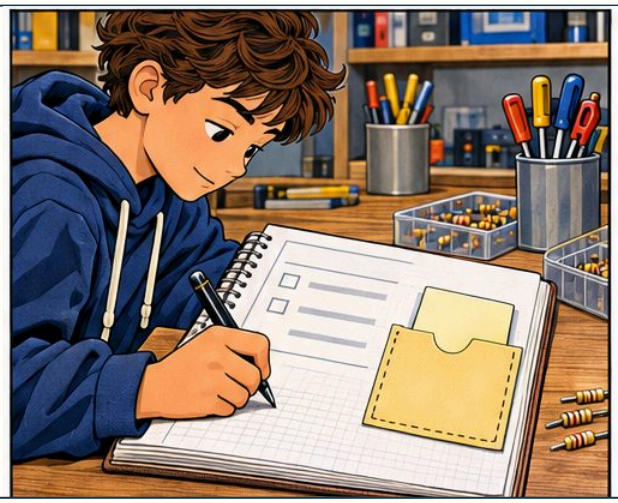
Com 346,5 Ω obtêm-se aproximadamente 8,66 mA.



A alimentação e a tensão do LED também variam.



Num circuito real verificam o caso desfavorável com as fichas.



«Uma aproximação útil conserva as hipóteses», recorda Lucas.

# O momento certo para o ohmímetro



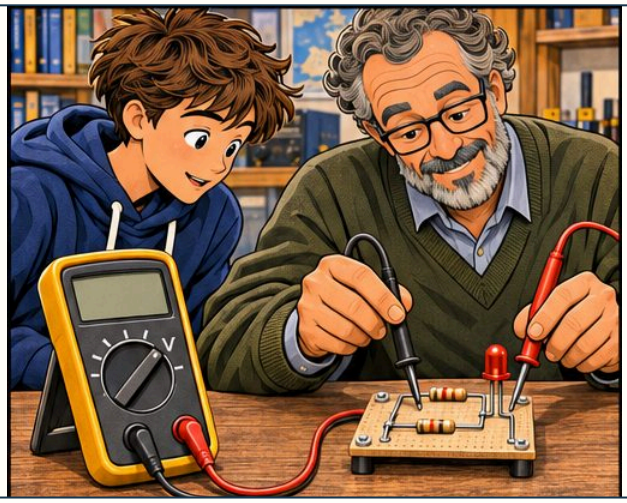
O ohmímetro injeta um pequeno sinal para determinar a resistência.



Não deve ser usado num circuito alimentado.



Henri desliga, desconecta e segue o procedimento de descarga.



Verifica depois a ausência de tensão com a configuração adequada.



Só depois destes controlos passam à medição de resistência.



Lucas acrescenta essa ordem exata à ficha de diagnóstico.

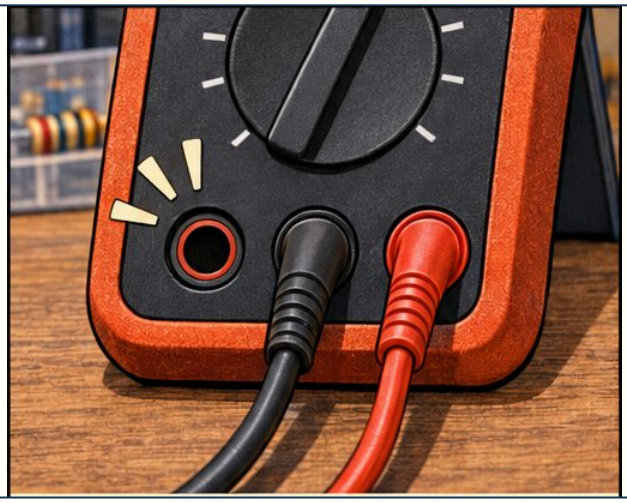
# Preparar as pontas



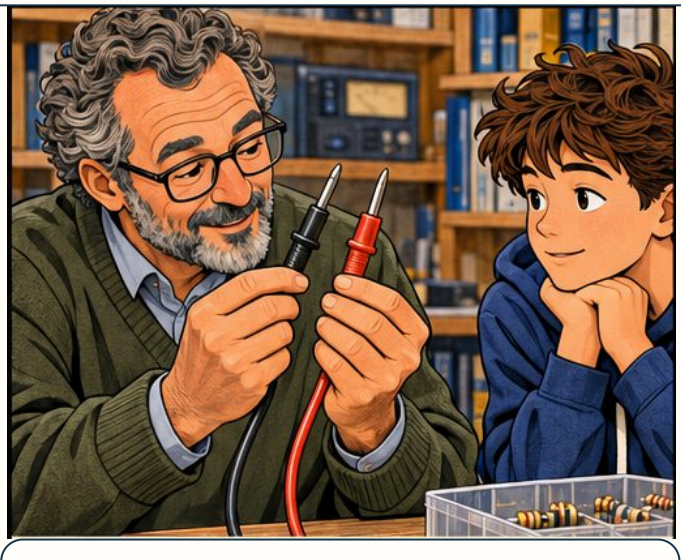
Seguem o manual do multímetro para bornes e escala.



A ponta preta vai a COM; a vermelha, à entrada de ohms.



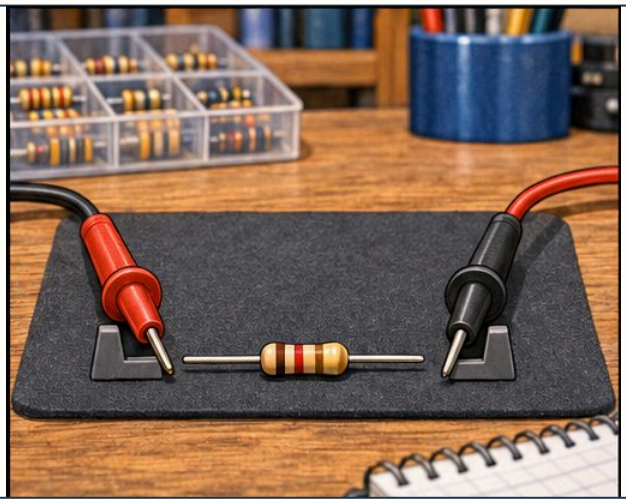
A entrada de corrente não se usa nesta medição.



Verificam os cabos e o contacto das pontas.

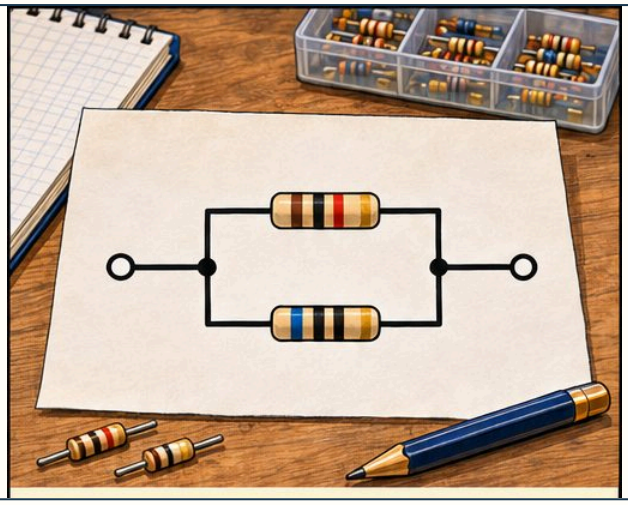


Dedos e maus contactos podem falsear sobretudo resistências elevadas.

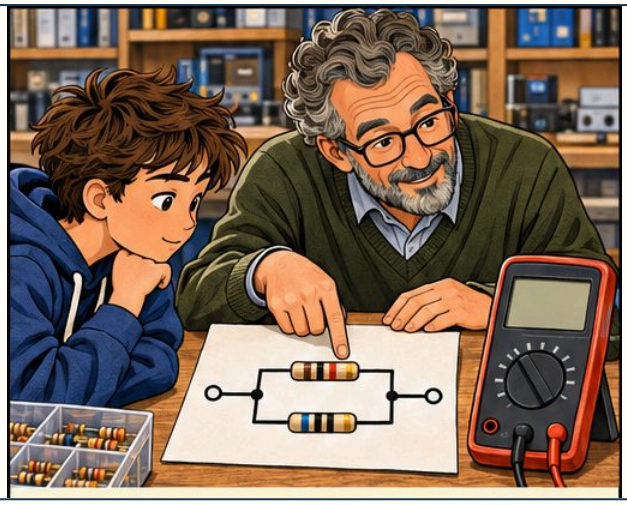


Lucas coloca o componente sobre isolamento e afasta as mãos.

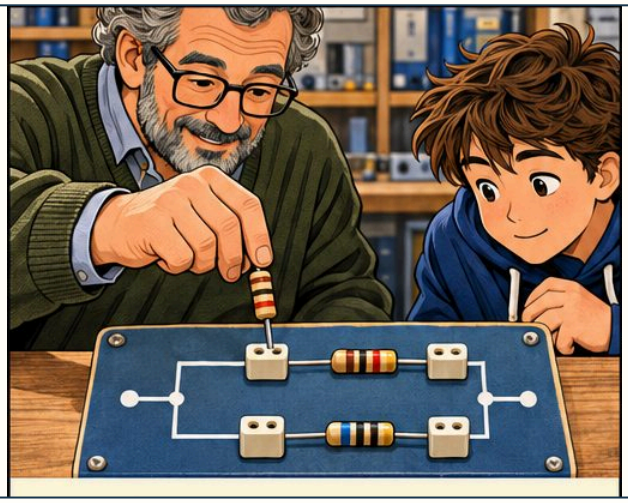
# Evitar percursos escondidos



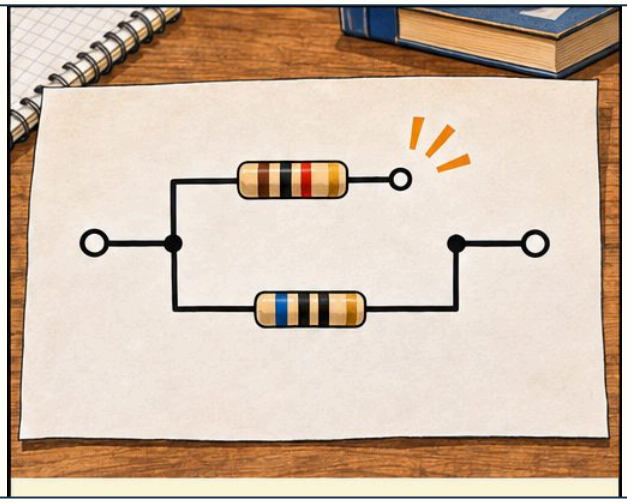
Outros componentes do circuito podem criar percursos em paralelo.



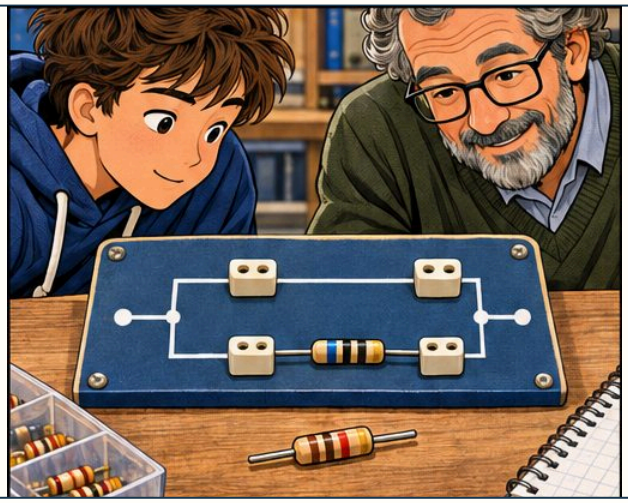
A leitura pode não ser o valor da resistência isolada.



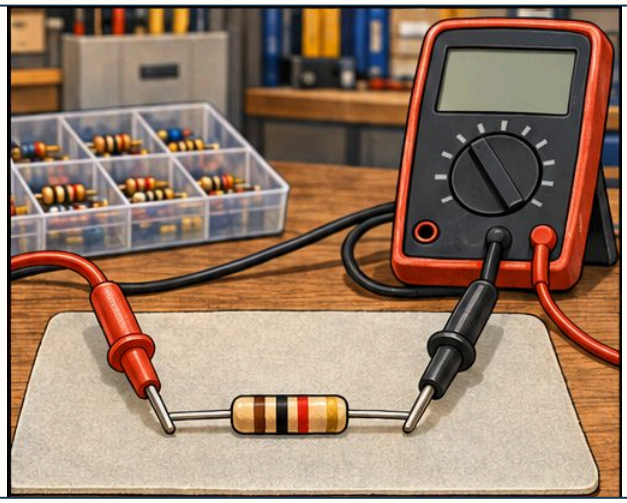
No painel encaixável sem alimentação retiram a peça do suporte.



Noutros circuitos pode ser preciso isolar um terminal.



Aqui não dessoldam nada: o suporte permite a separação.

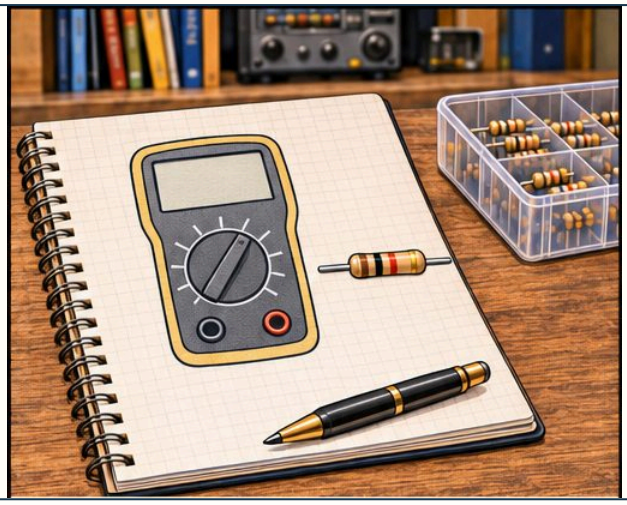


A resistência retirada pode agora ser medida sozinha.

# Ler sem exagerar a conclusão



Primeiro praticam com uma resistência conhecida de 1 kΩ a ±5%.



O caderno ilustra uma leitura possível: 0,998 kΩ, ou 998 Ω.



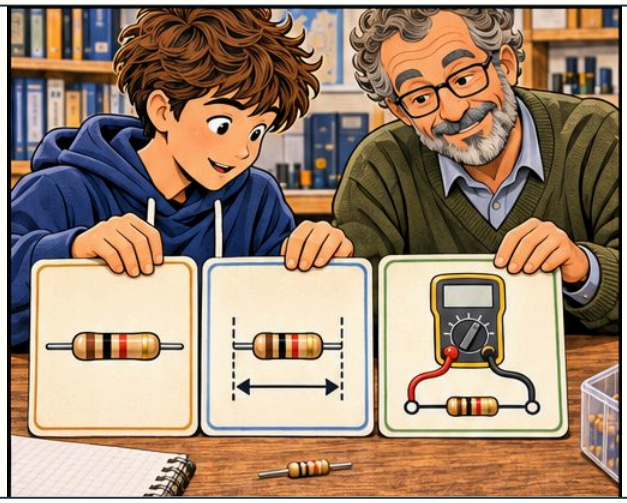
Está no intervalo nominal de 950 Ω a 1 050 Ω.



Precisão do multímetro e qualidade dos contactos limitam a conclusão.



O sinal sonoro de continuidade não substitui uma medição numérica.

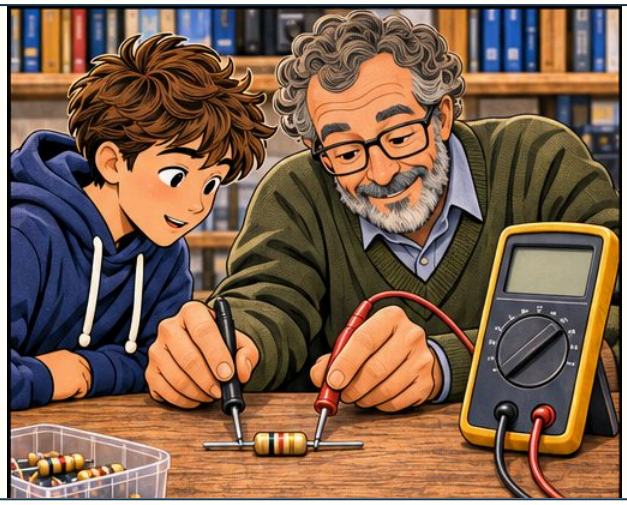


Lucas compara unidade, intervalo esperado e condições de medição.

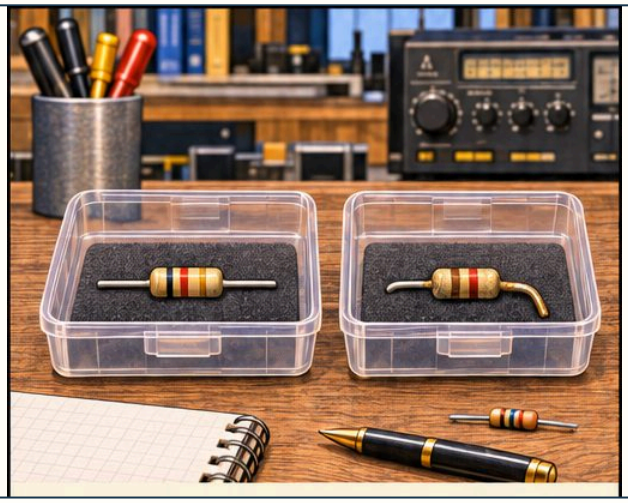
# Uma pista, ainda não um veredito



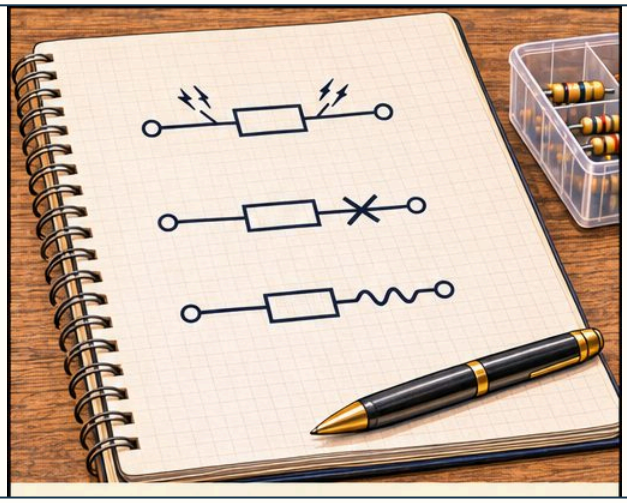
A peça retirada do indicador tem um contacto da perna danificado.



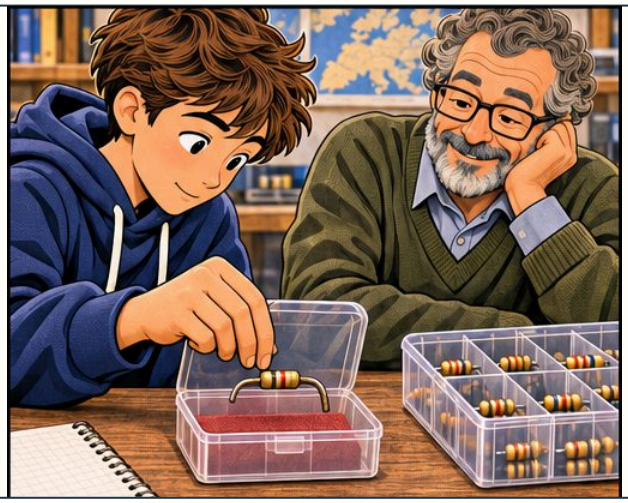
A leitura continua instável; Henri refaz os contactos de medição.



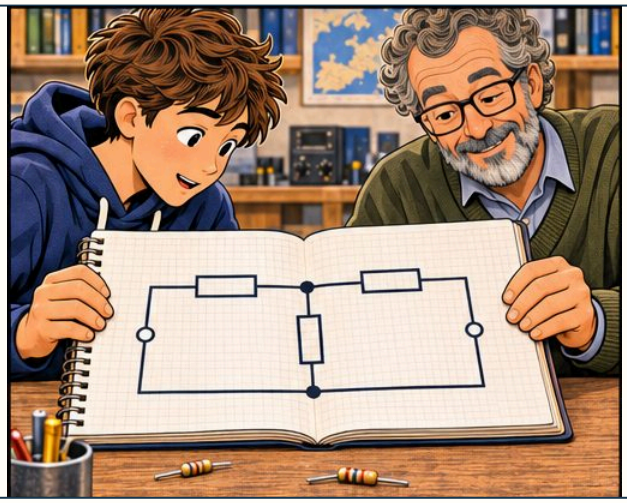
Comparam o comportamento com o da peça conhecida.



Uma leitura fora de escala pode vir da peça, cabos ou contacto.



Afastam a peça suspeita sem declarar toda a avaria identificada.



O esquema ainda deve explicar como as resistências trabalham juntas.

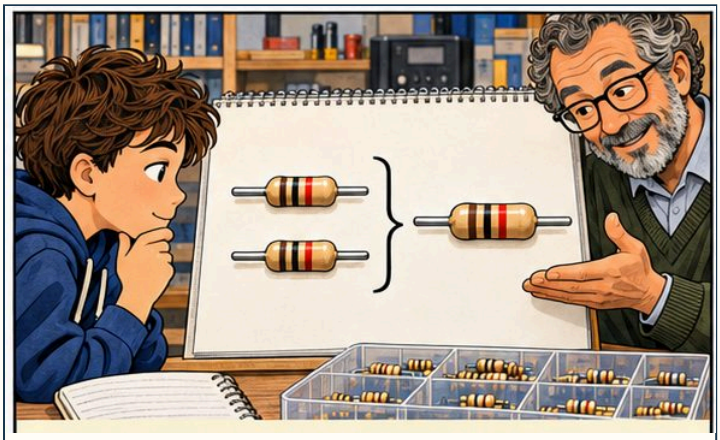
# Por um único caminho



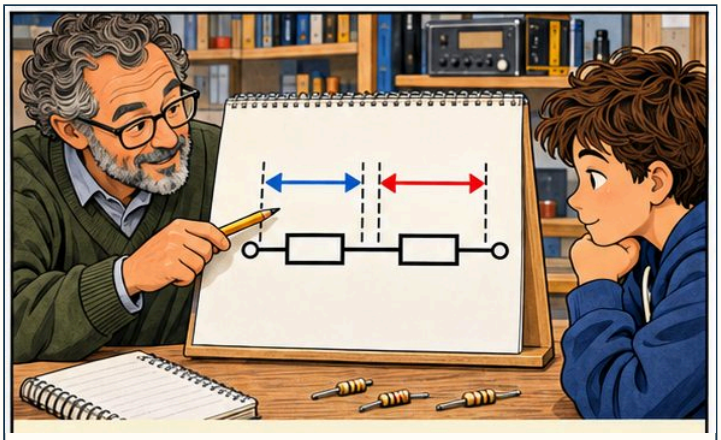
Duas resistências estão em série se a mesma corrente atravessa ambas sem derivação.



A resistência equivalente é R = R1 + R2.



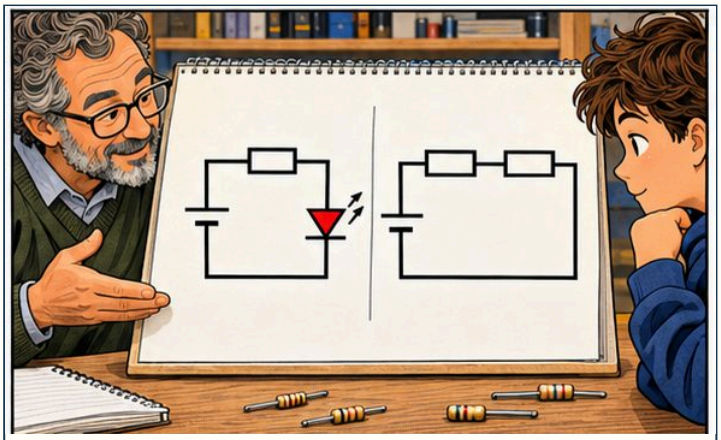
Duas resistências de 1 kΩ em série dão 2 kΩ.



A tensão total reparte-se segundo os seus valores.

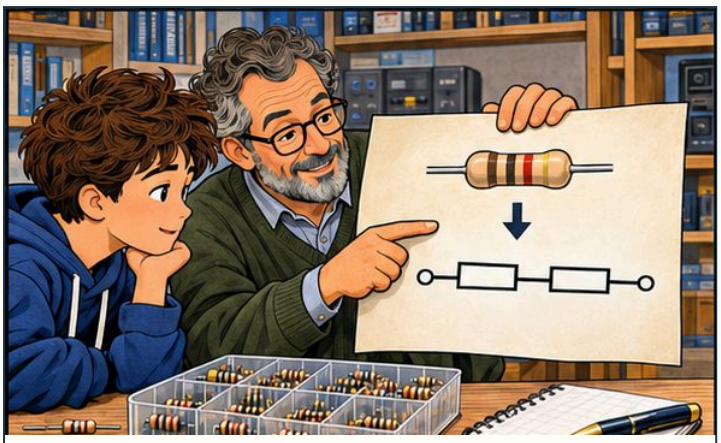


Cada componente deve suportar a sua própria tensão e potência.

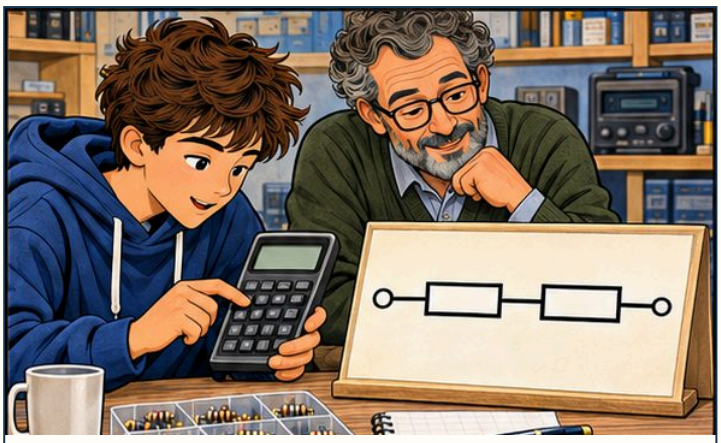


Lucas traça um caminho e reconhece a resistência série do LED.

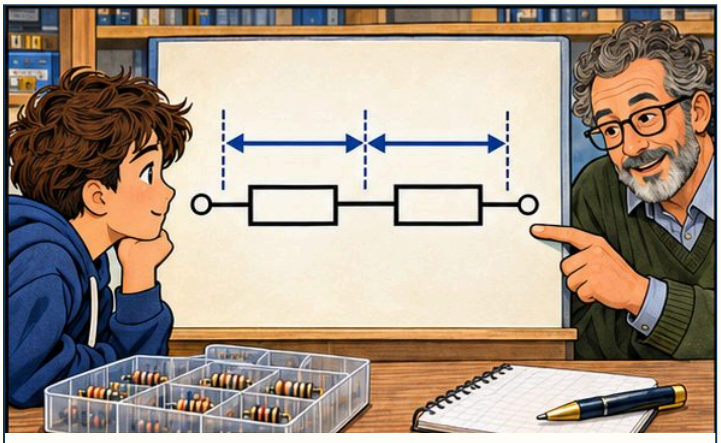
# Repartir em série



No papel, 5 V alimentam duas resistências iguais de 1 kΩ em série.



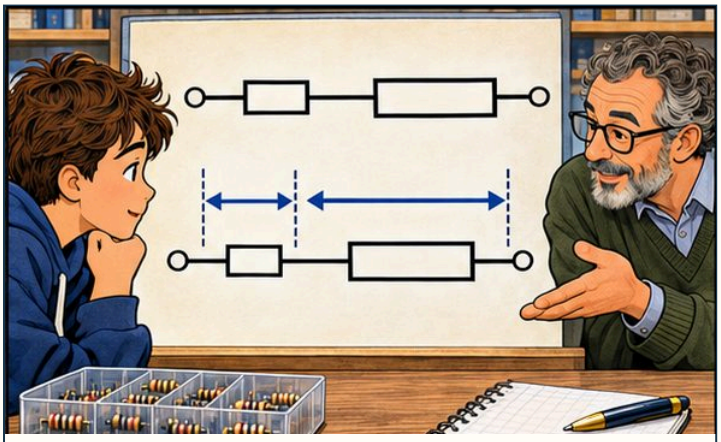
A corrente é 5 / 2 000 = 0,0025 A, ou 2,5 mA.



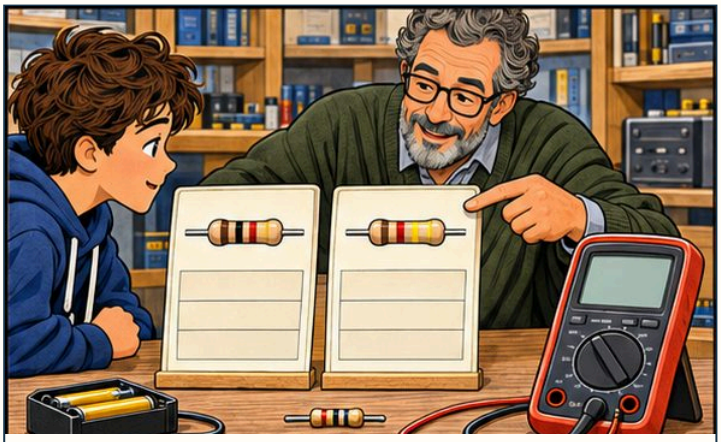
Cada resistência recebe 2,5 V neste modelo ideal.



Cada uma dissipa 2,5 × 0,0025 = 0,00625 W.

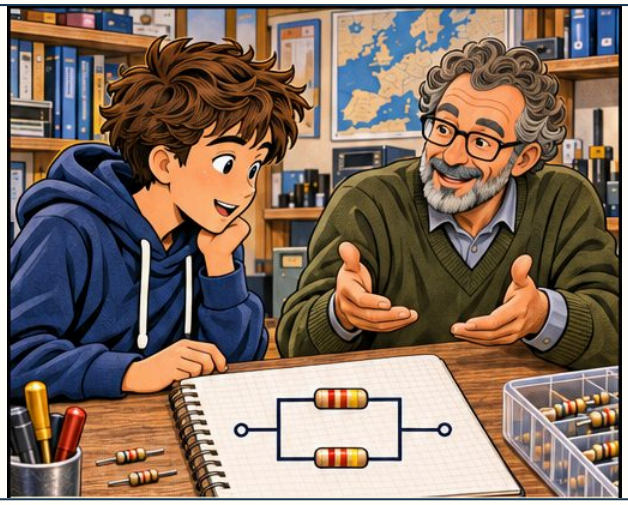


Valores diferentes repartiriam tensão e potência de outra forma.

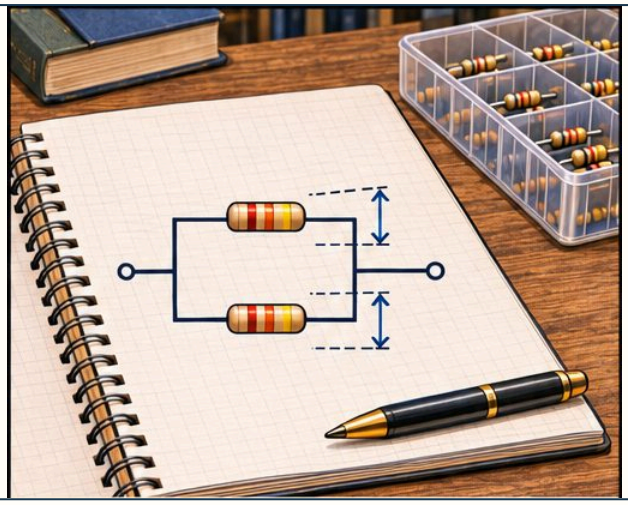


Henri insiste: somar as potências nominais das peças não basta.

# Dois caminhos entre dois nós



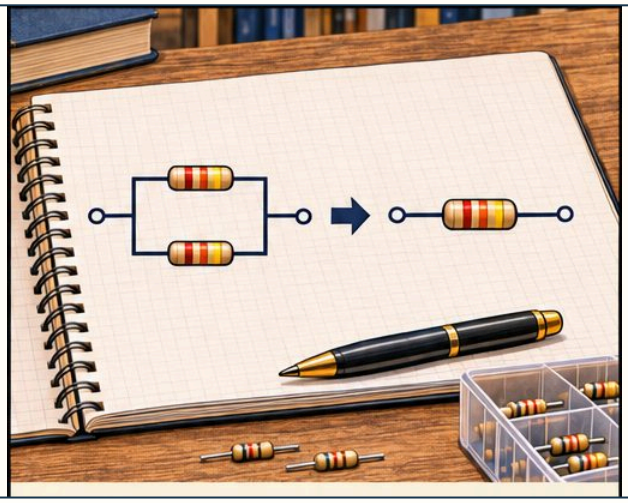
Em paralelo, as resistências ligam-se aos mesmos dois nós.



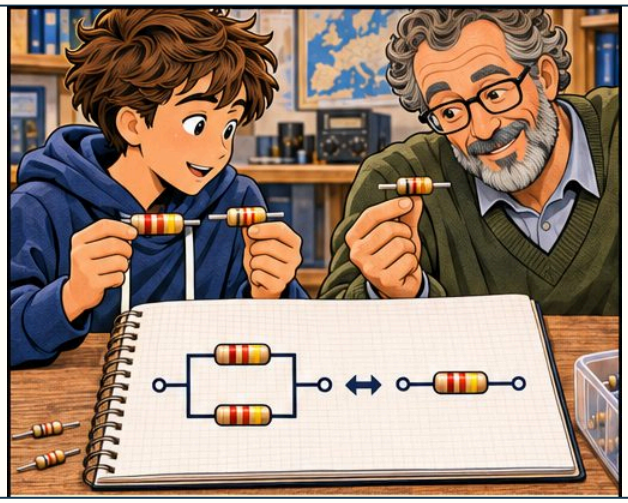
Têm, portanto, a mesma tensão nos terminais.



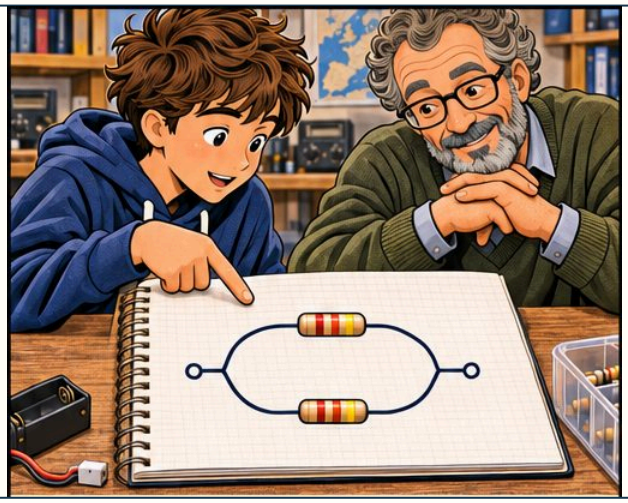
Para dois ramos: 1 / R = 1 / R1 + 1 / R2.



Duas resistências de 1 kΩ em paralelo dão 500 Ω.

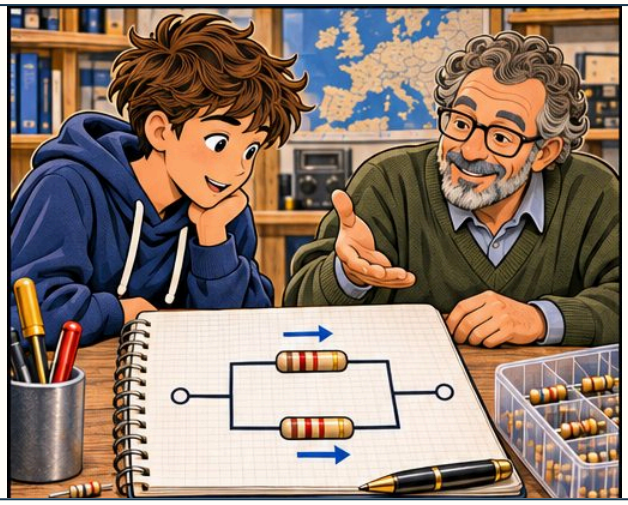


O equivalente é inferior à menor resistência positiva desses ramos.

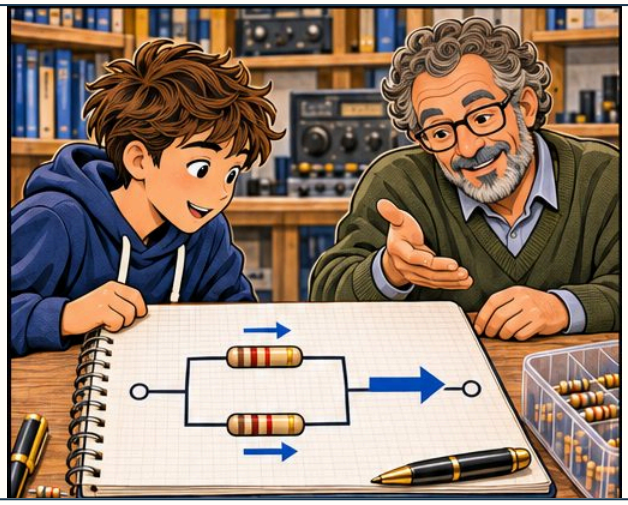


Lucas verifica os nós; a posição no desenho não basta.

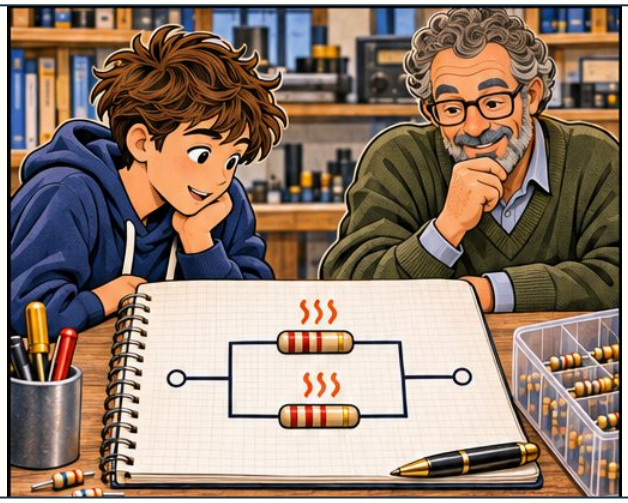
# A corrente nos ramos



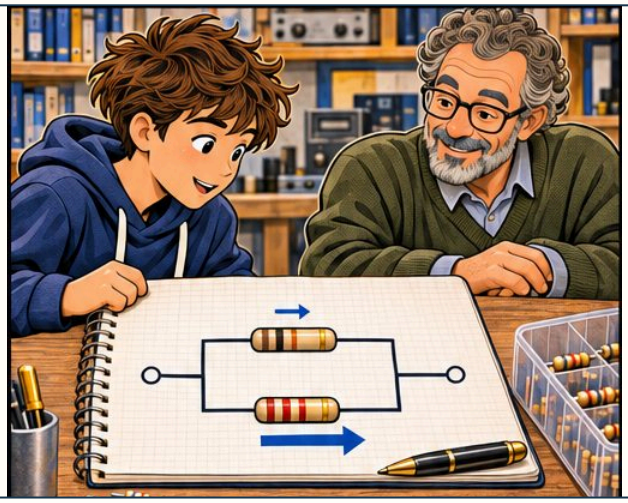
Com 5 V em cada resistência de 1 kΩ, cada ramo recebe 5 mA.



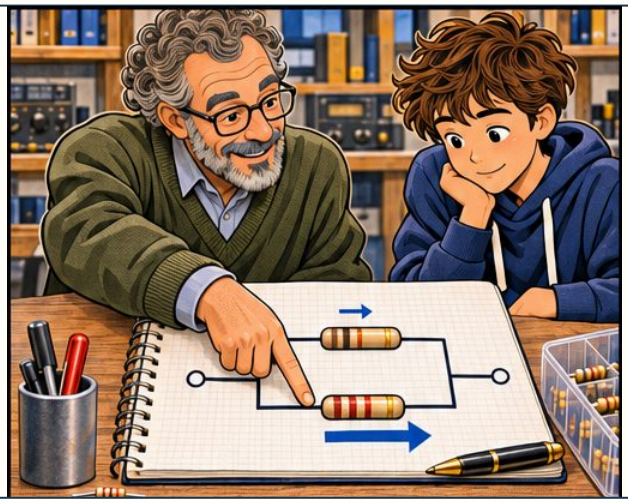
A fonte fornece a soma: 10 mA neste exemplo ideal.



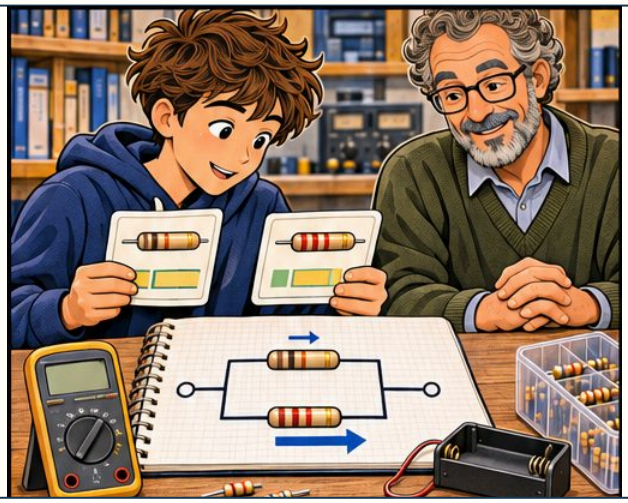
Cada resistência dissipa $5^2$ / 1 000 = 0,025 W.



Com valores diferentes, as correntes deixam de ser iguais.

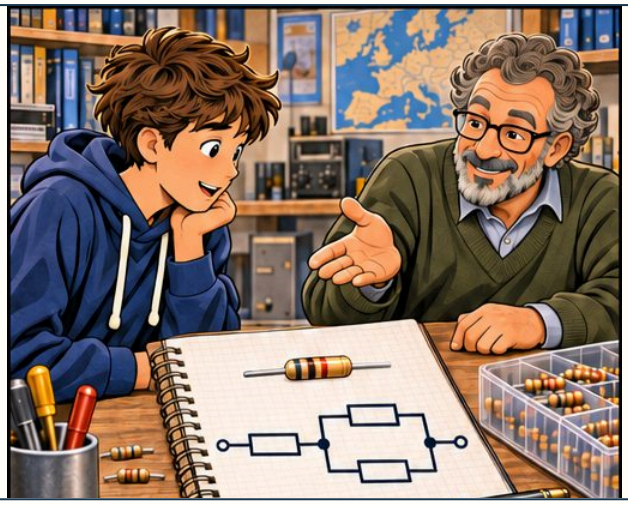


O ramo de menor resistência recebe mais corrente à mesma tensão.



Lucas compreende porque duas resistências paralelas exigem dois controlos.

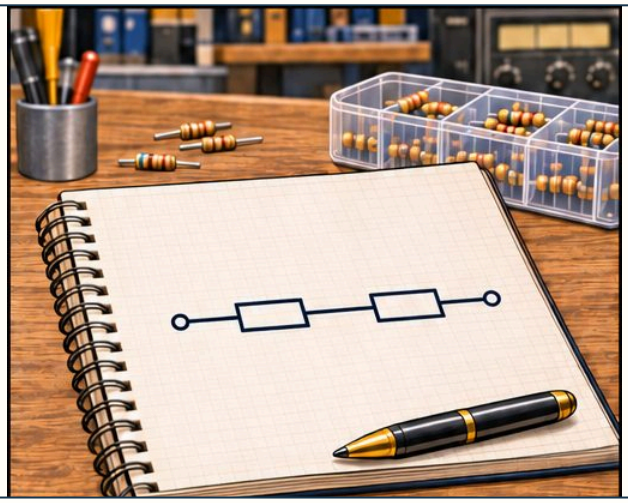
# Simplificar sem se perder



Henri desenha 1 kΩ em série com duas resistências paralelas de 1 kΩ.



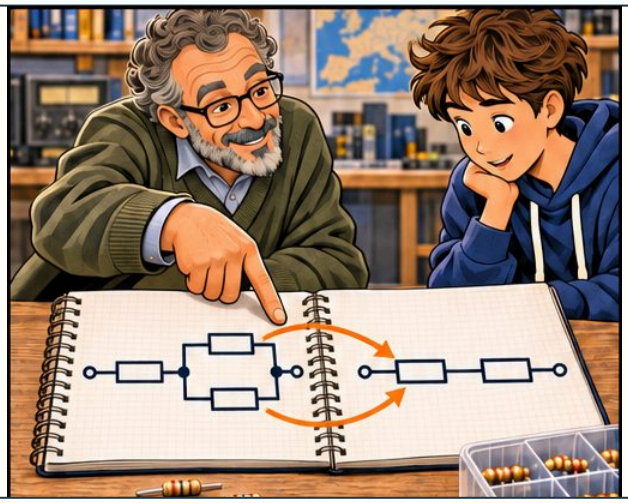
Lucas substitui primeiro o par paralelo por 500 Ω.



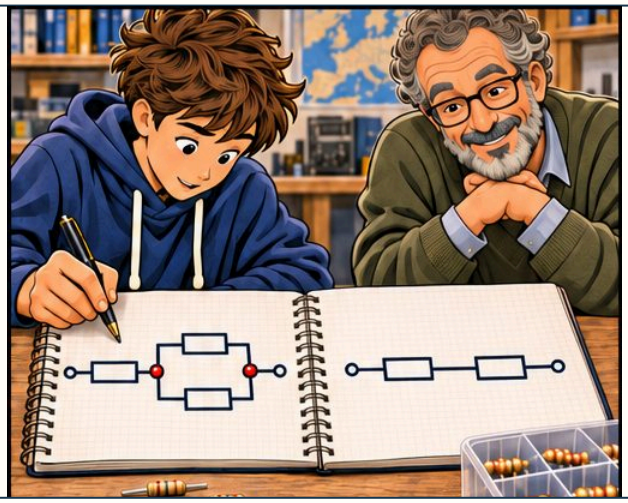
Depois soma a resistência série: 1 000 + 500 = 1 500 Ω.



Conserva o desenho original para recuperar cada corrente.



Um equivalente descreve os terminais sem apagar as limitações internas.



Assim não escolhe uma fórmula apenas pelo aspeto do esquema.

# Criar uma tensão intermédia



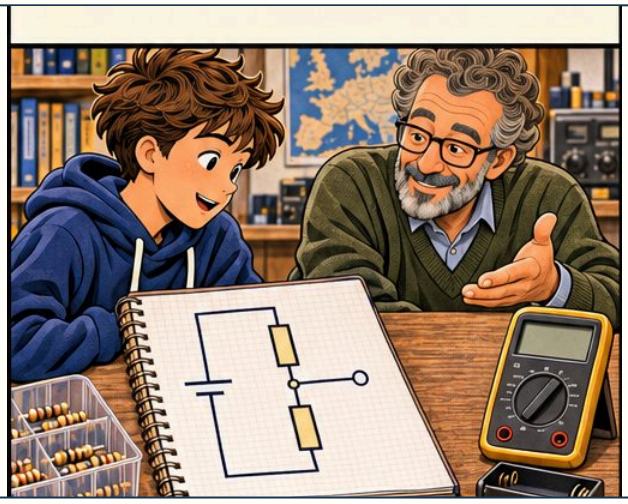
Duas resistências em série podem formar um divisor de tensão.



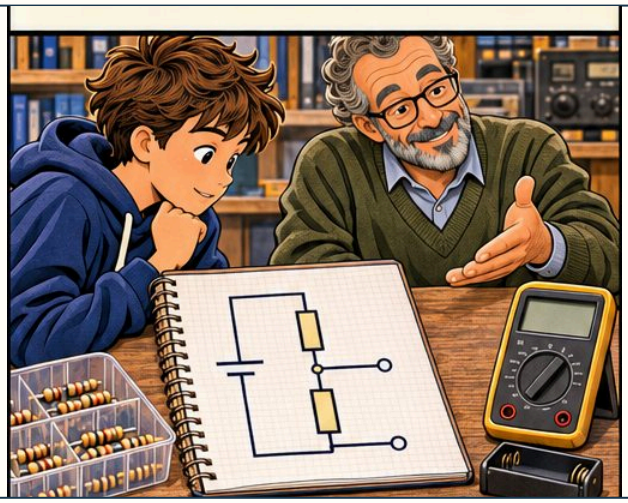
Sem carga: Usaída = Uentrada × R2 / (R1 + R2).



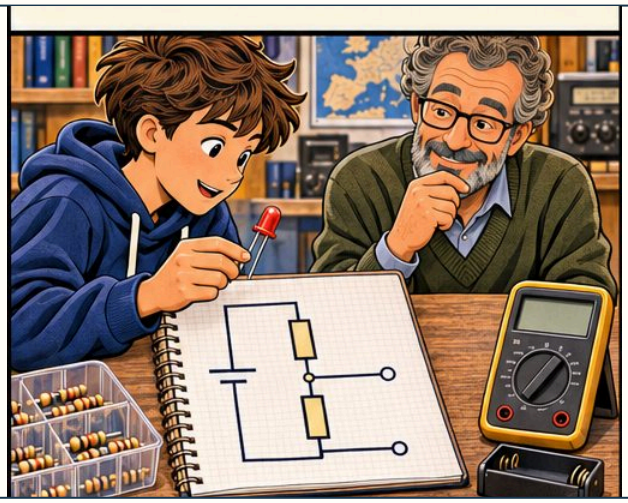
A saída toma-se em R2, do ponto médio à referência.



Com 5 V e duas resistências de 1 kΩ, vale idealmente 2,5 V.

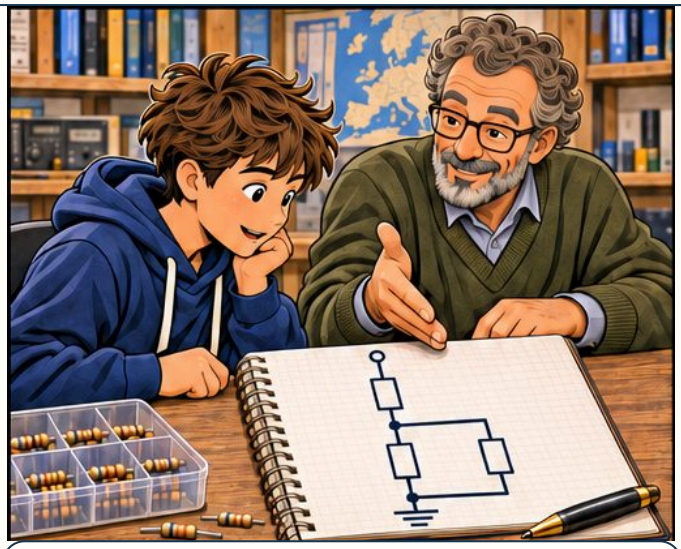


Isto pressupõe que a saída praticamente não retira corrente.

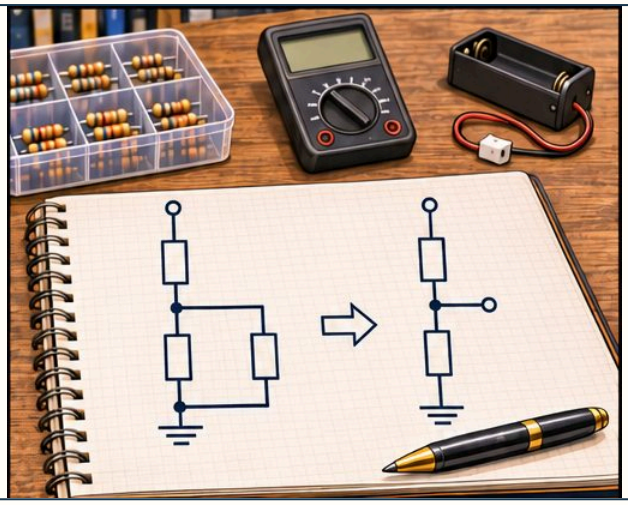


Lucas quer ligar o LED; Henri mostra o que mudaria.

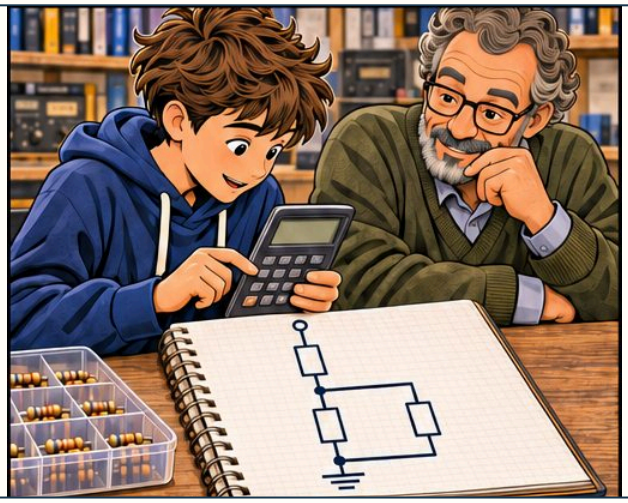
# Quando a saída tem carga



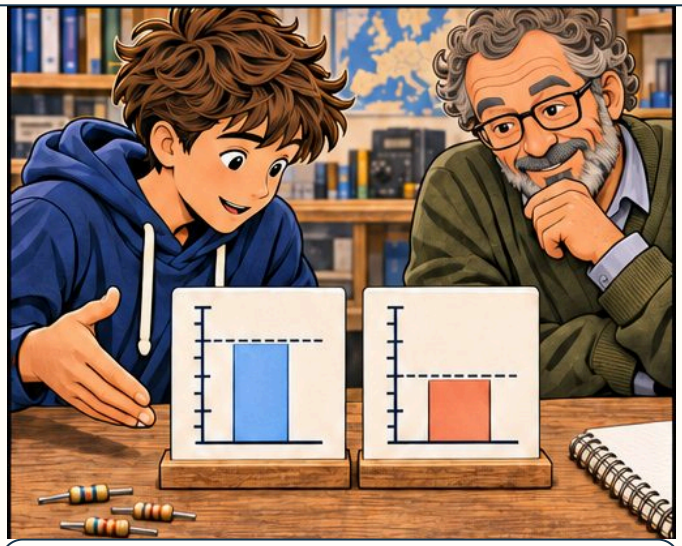
Uma carga na saída fica em paralelo com R2.



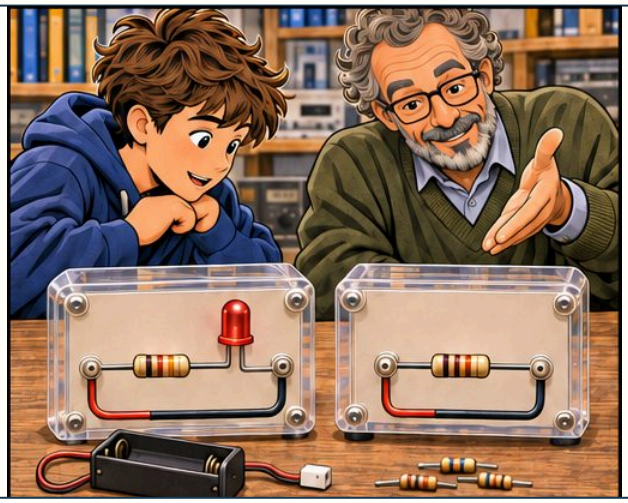
Com uma carga de 1 kΩ, R2 de 1 kΩ equivale a 500 Ω.



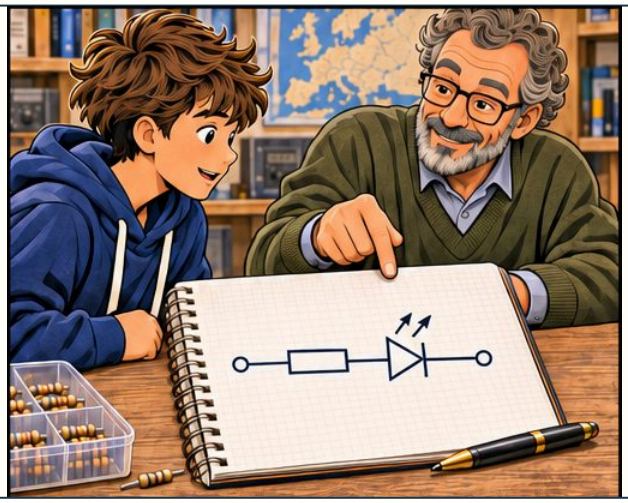
A saída passa a 5 × 500 / (1 000 + 500) ≈ 1,67 V.



Já não são 2,5 V: a carga alterou o divisor.



Um LED não é uma carga óhmica; este cálculo não descreve exatamente o seu caso.



Mantêm o circuito série previsto sem um divisor improvisado.

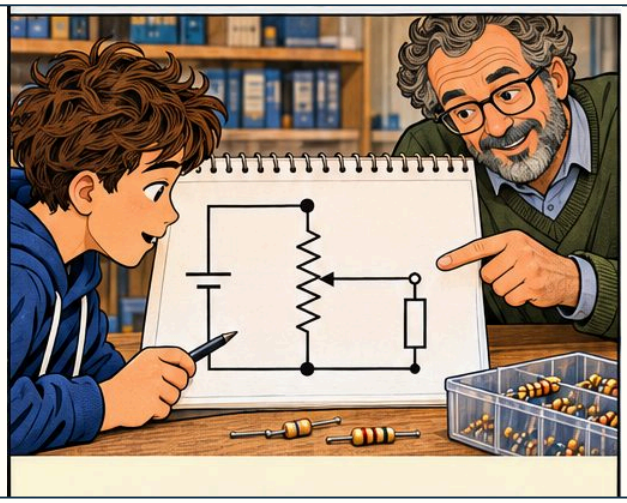
# O cursor do potenciómetro



Um potenciómetro tem uma pista resistiva e um cursor móvel.



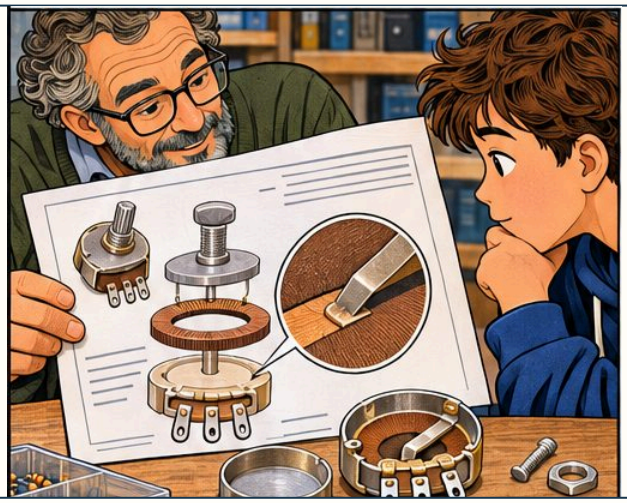
Os três terminais permitem um divisor ajustável.



A carga também influencia a tensão retirada do cursor.



Com dois terminais pode servir de resistência variável, conforme o circuito.

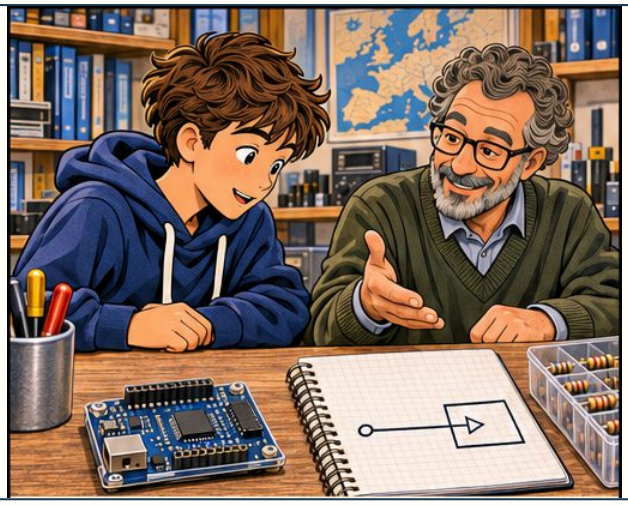


É preciso verificar potência, corrente do cursor e cablagem.

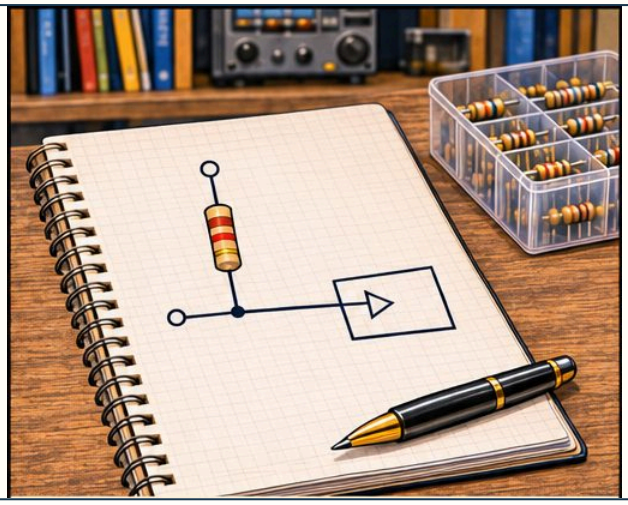


Lucas recusa retirar a resistência fixa de proteção do LED.

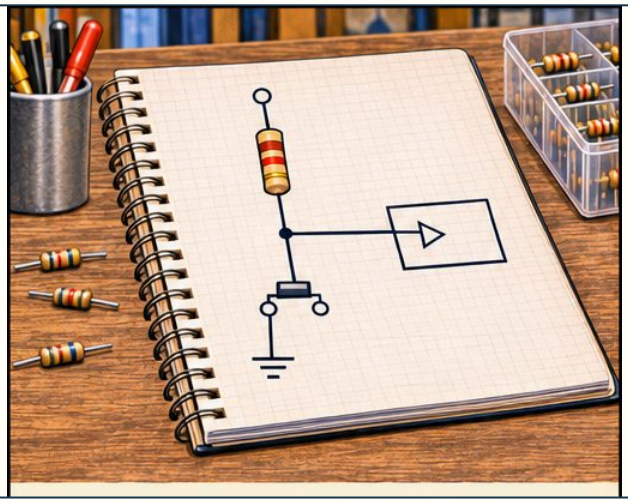
# Dar um estado a uma entrada



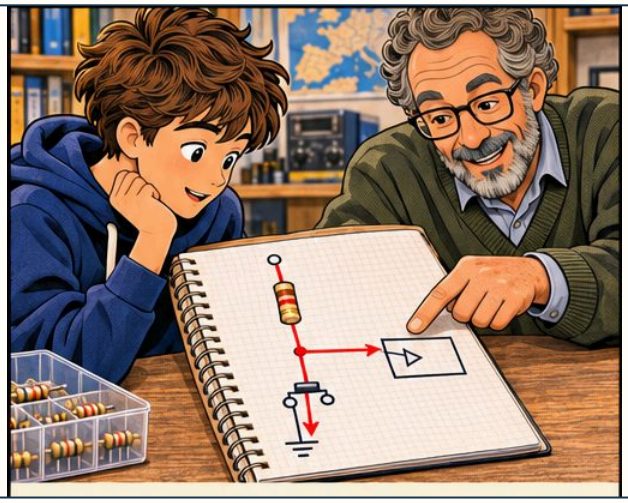
Uma entrada flutuante numa placa didática pode ler um estado incerto.



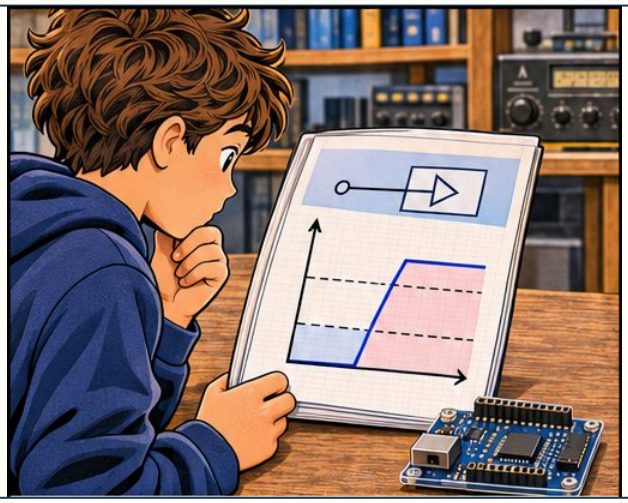
Uma resistência para a alimentação estabelece um estado alto em repouso.



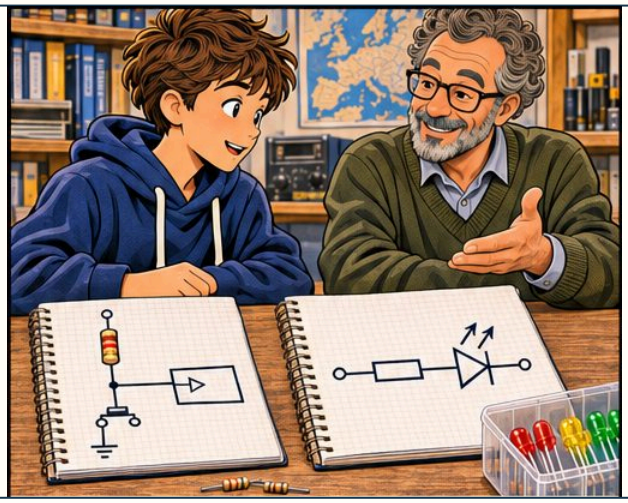
Um botão para a referência impõe estado baixo quando fechado.



A resistência limita então a corrente entre alimentação e botão.



O valor depende da entrada, dos limiares e da documentação.

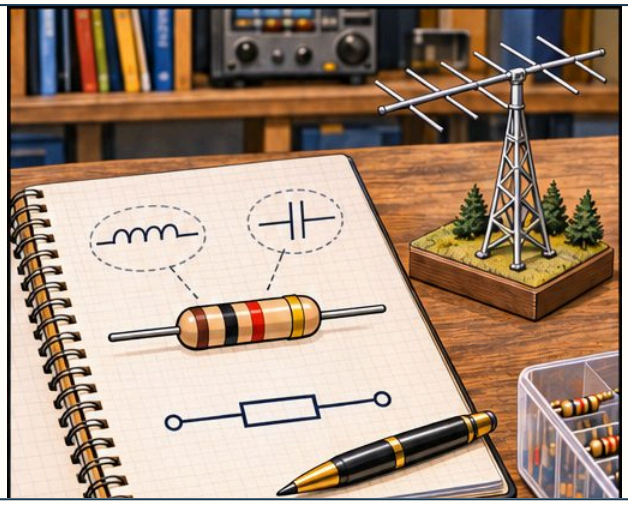


Henri explica num desenho; o indicador mantém o circuito simples.

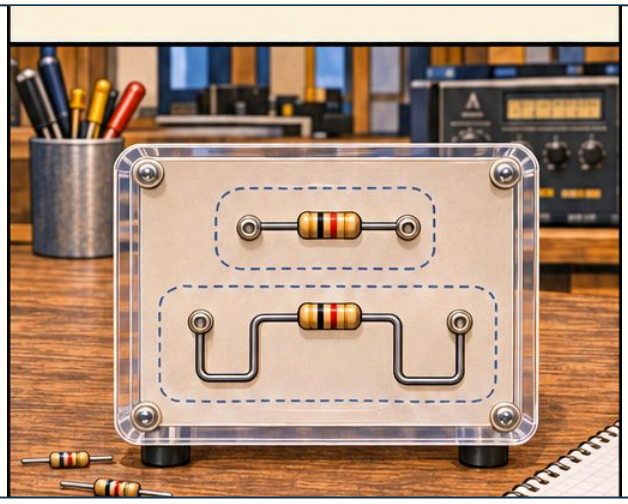
# Na rádio, o modelo tem limites



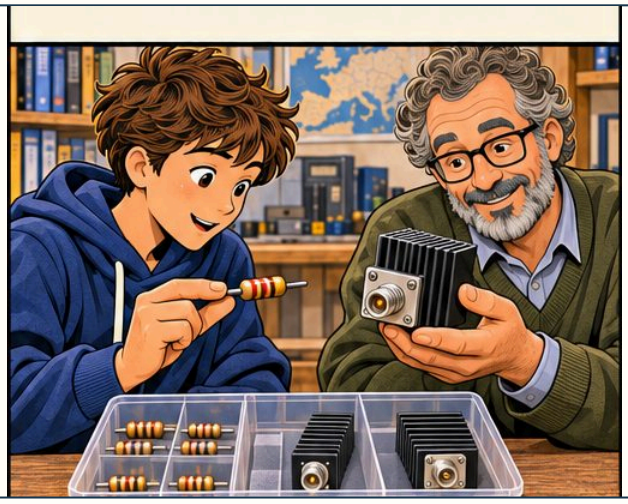
As resistências também polarizam, atenuam ou terminam circuitos de rádio.



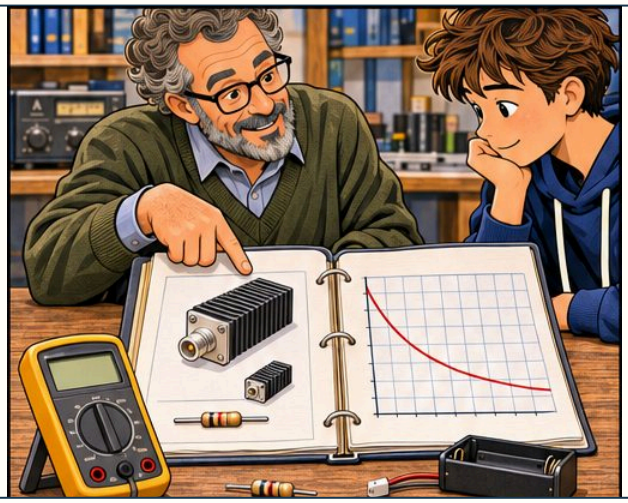
A alta frequência podem contar indutância e capacidade parasitas.



Ligações e disposição acrescentam os seus próprios efeitos.



Uma resistência qualquer de 50 Ω não é necessariamente uma boa carga RF.



Banda de frequência, potência e construção devem adequar-se ao uso.



Lucas guarda os exemplos RF: a oficina não transmite.

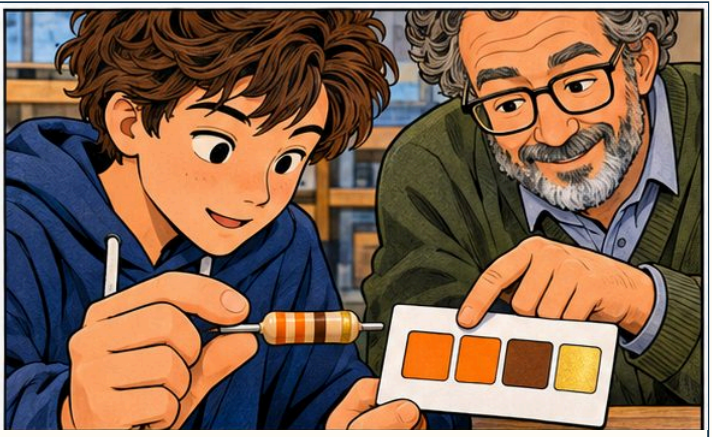
# A ficha de substituição



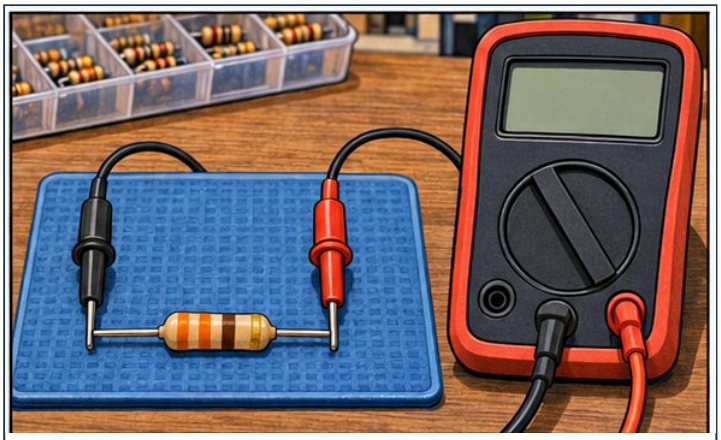
Lucas reúne o esquema e as referências do LED e da resistência.



A escolha mantém-se 330 Ω, ±5%, 0,25 W neste exemplo documentado.



Confirma laranja, laranja, castanho e dourado com a tabela.



A resistência nova mede-se sozinha, fora de qualquer circuito alimentado.



A leitura deve ser compatível com tolerância e incerteza do multímetro.

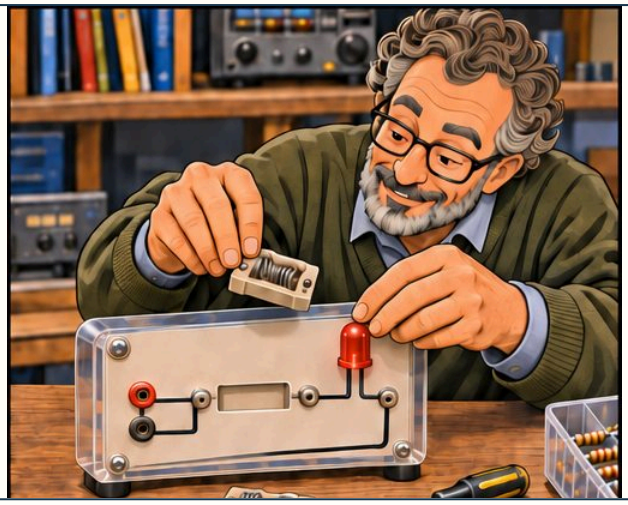


Henri verifica o dossier: calcular e medir complementam-se.

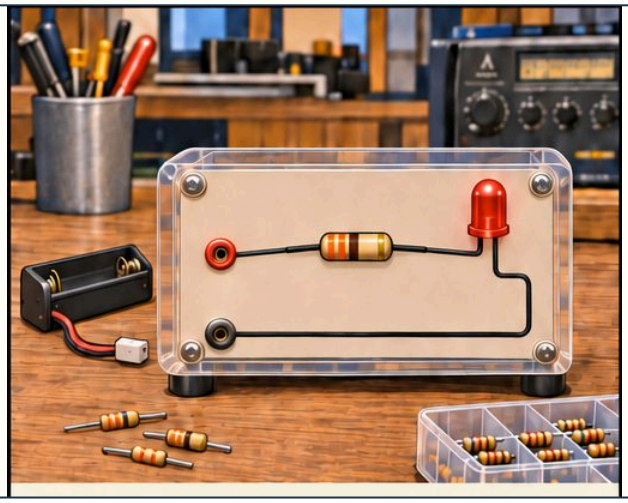
# Remontar com método



O painel permanece desconectado durante a substituição.



Henri verifica o suporte danificado e substitui o elemento de ligação previsto.



Inserem a resistência nova sem forçar nem deixar fios soltos.



Lucas segue a malha: alimentação, resistência, LED, retorno.

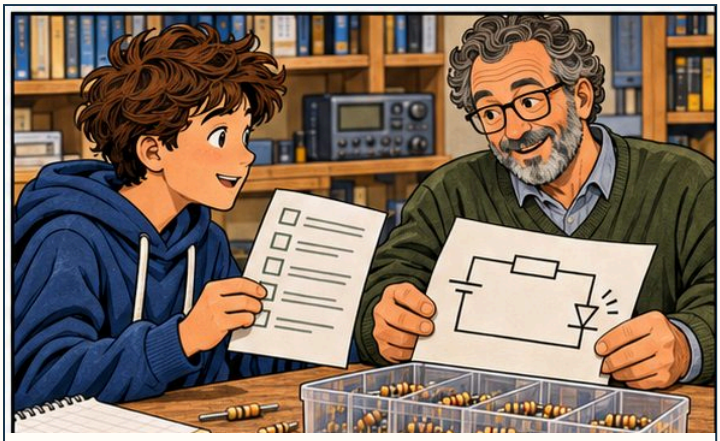


A polaridade do LED corresponde ao esquema e à ficha.

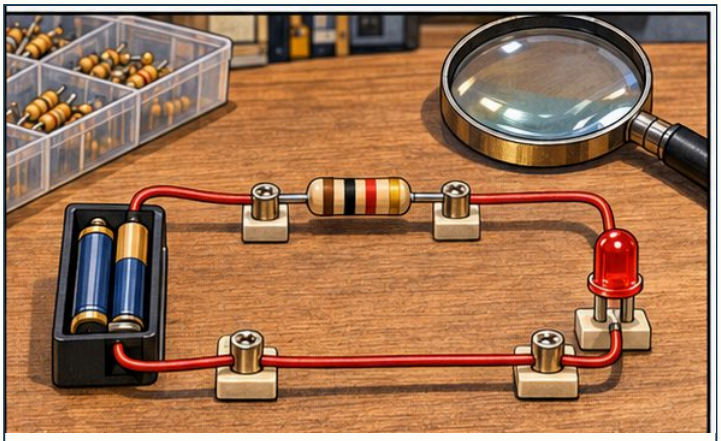


A peça suspeita fica separada com as observações, sem reutilização.

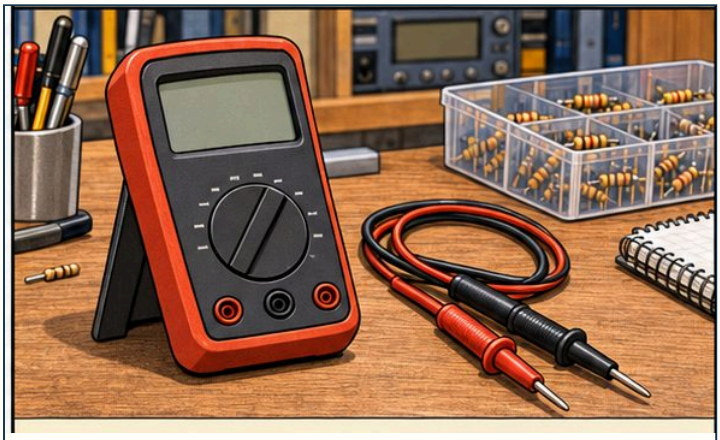
# A verificação cruzada



Antes de alimentar, cada um revê o trabalho do outro.



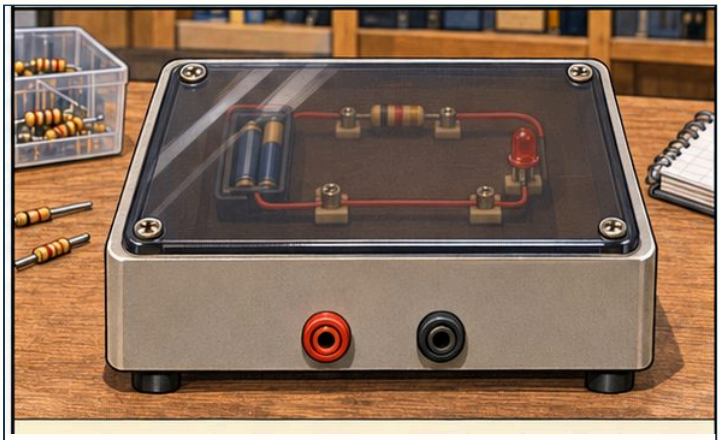
Procuram curtos-circuitos, esquecimentos ou ligações que contornem a resistência.



Retiram do painel os cabos do ohmímetro.



Henri prepara a alimentação a 5 V com limitação adequada.

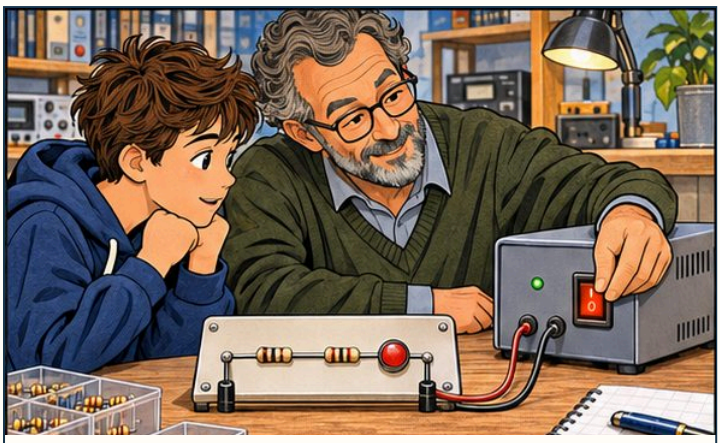


Fecham o painel segundo o manual; as ligações ficam protegidas.



Lucas prevê um indicador visível com corrente moderada.

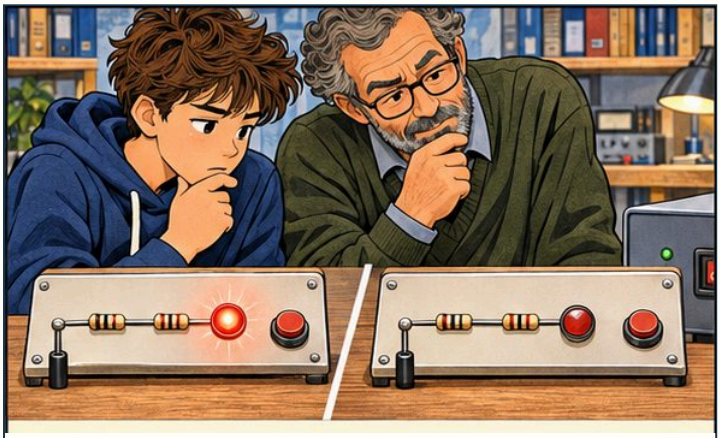
# Um primeiro ensaio prudente



Henri alimenta o painel fechado; ninguém move as ligações.



O indicador acende e apaga quando o botão é largado.



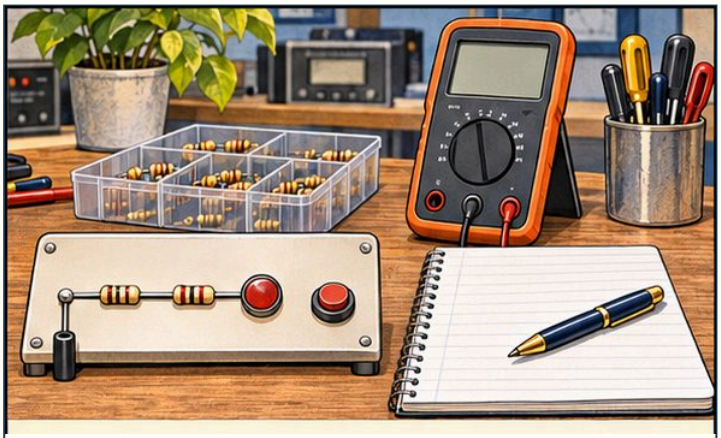
No novo ensaio surge uma hesitação no funcionamento.



Lucas sugere subir a tensão, mas recorda o método.



Desligam e desconectam antes de retomar o diagnóstico.

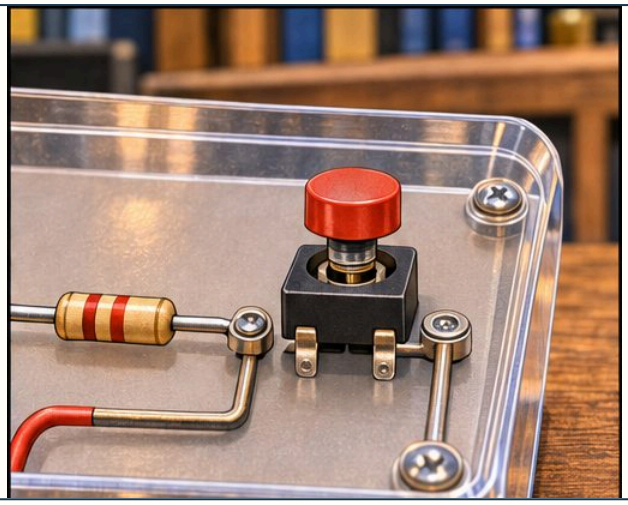


Ver luz uma vez não prova que o painel esteja pronto.

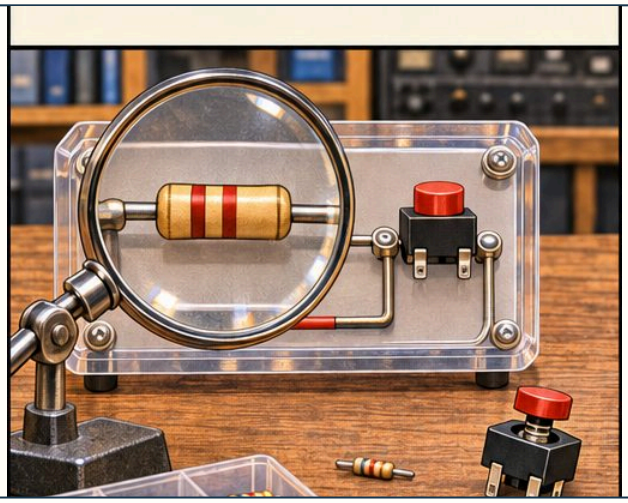
# Uma segunda causa



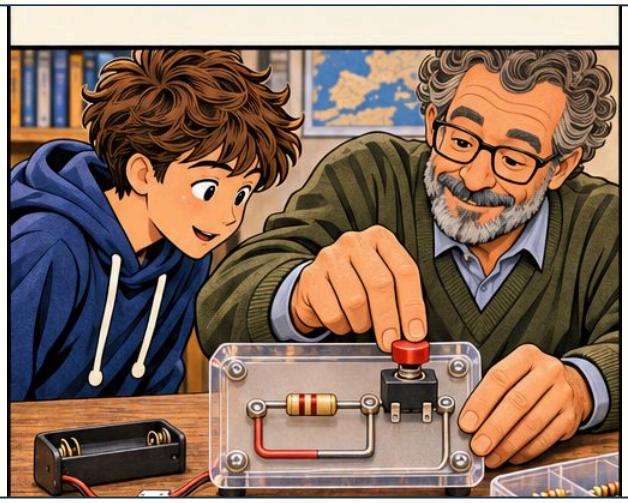
Após os controlos de segurança, verificam o percurso sem alimentação.



Um conector amovível do botão não está bem encaixado.



A resistência certa não corrige sozinha uma má ligação.



Henri recoloca o conector e verifica a fixação.



Lucas anota peça suspeita e falha de ligação como pistas distintas.

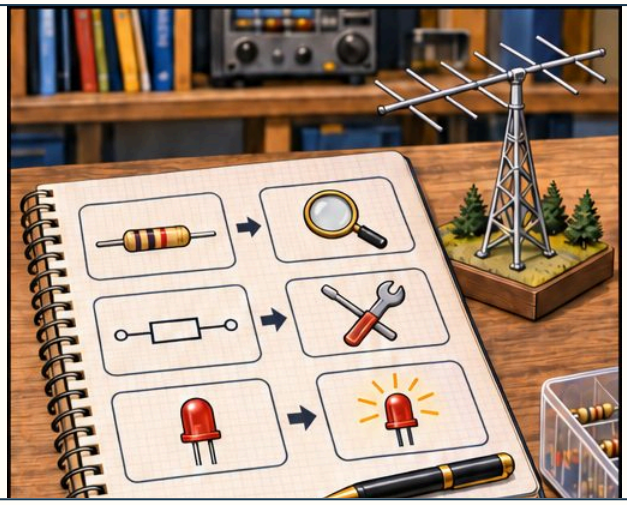


Repetem o controlo completo antes de novo ensaio.

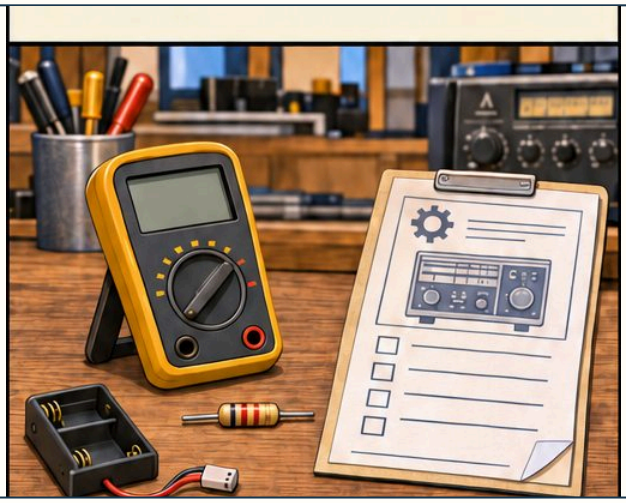
# Observar uma coisa de cada vez



Já não trocam várias peças ao mesmo tempo.



A cada etapa, o caderno guarda o sintoma e o controlo.



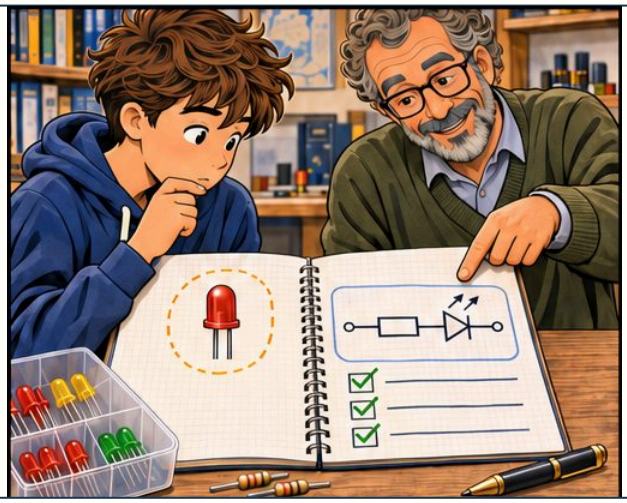
Um valor correto no ohmímetro não garante todo o comportamento em serviço.



Inspeção, limites dos componentes e ensaio previsto complementam a medida.

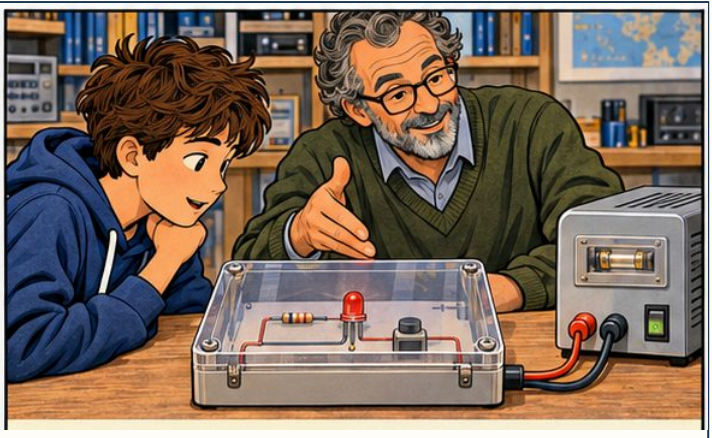


Se surge algo anormal, param e investigam novamente sem tensão.



Lucas explica agora porque a primeira ideia foi precipitada.

# O indicador cumpre a promessa



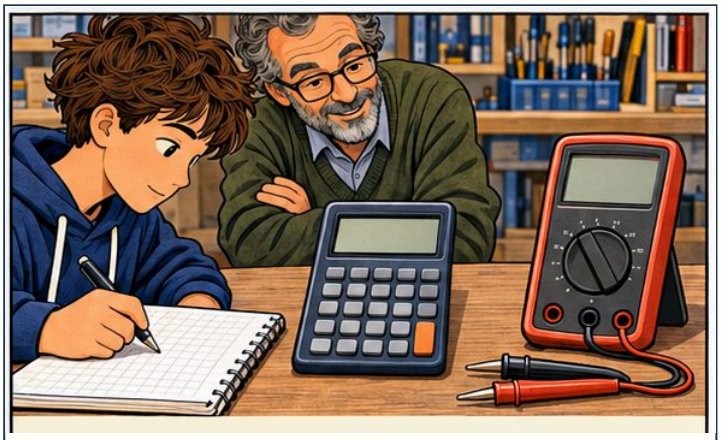
O painel fechado volta a ser alimentado segundo o procedimento.



Na demonstração, o indicador responde agora regularmente ao botão.



Henri vigia; Lucas compara com o resultado esperado.



Não apresentam a corrente calculada como uma medição realizada.



O caderno distingue cálculos, controlos e observações do ensaio.

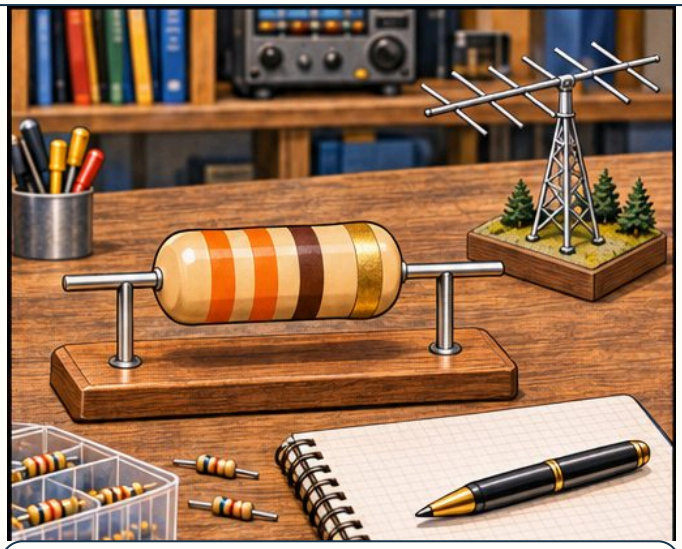


Desligam antes de preparar o transporte para a banca.

# Explicar a escolha



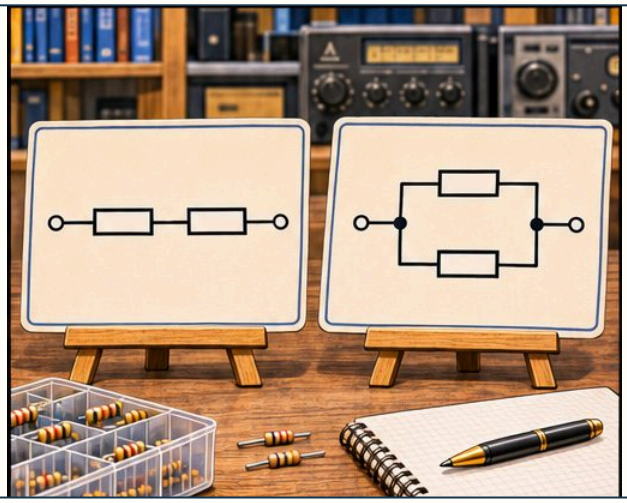
Na banca, Lucas apresenta uma resistência ampliada aos visitantes.



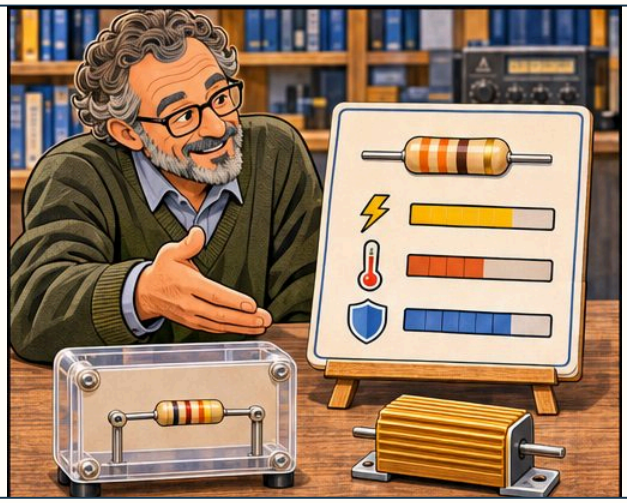
Explica anéis, valor nominal e tolerância.



O desenho mostra a resistência série que limita a corrente do LED.



Outro desenho compara associações série e paralelo.



Henri pergunta porque verificou potência e condições de utilização.

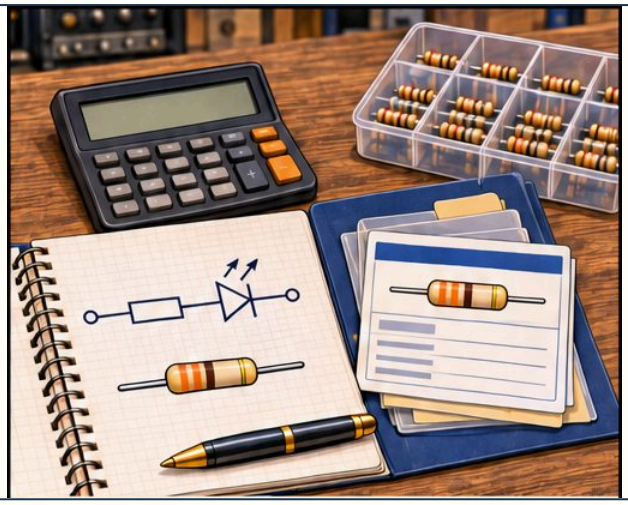


«Para escolher uma peça adequada ao circuito», responde Lucas.

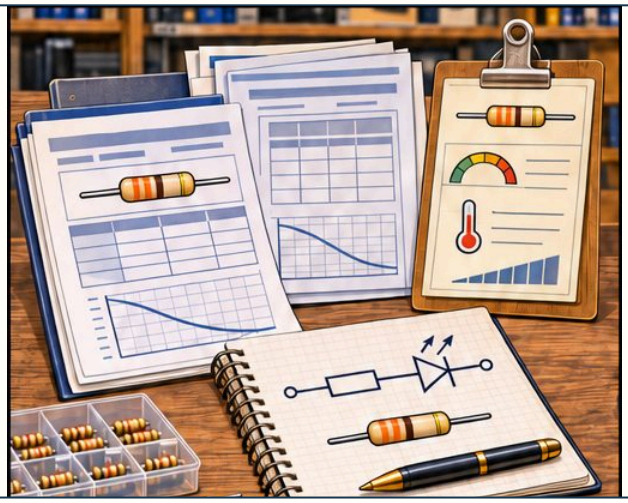
# Um caderno para o próximo



A ficha começa pela necessidade: um indicador para o painel de descoberta.



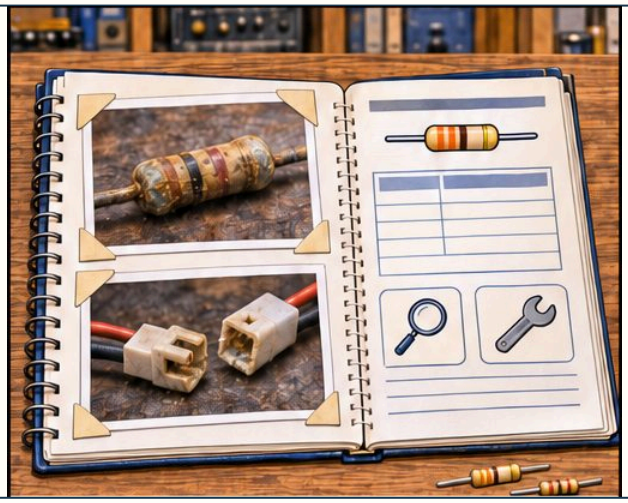
Conserva hipóteses, fórmula e a escolha de 330 Ω.



Tolerância, potência e referências ficam junto ao esquema.



O procedimento lembra medir sem tensão e isolar quando necessário.



As observações ajudarão a próxima oficina a procurar com método.

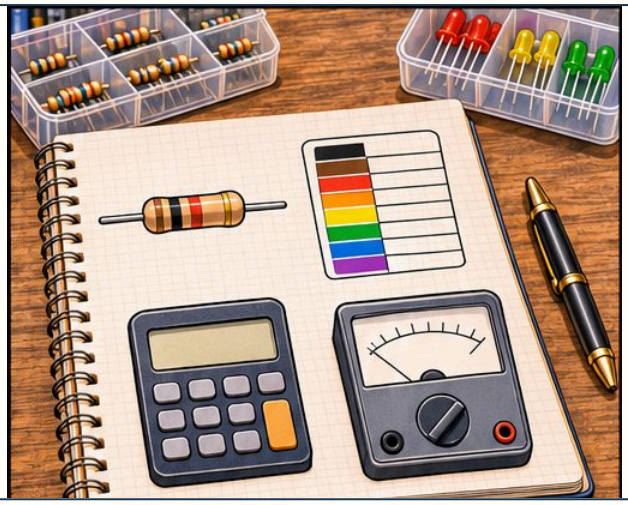


Henri deixa Lucas arrumar o dossier: aprender tornou-se partilhar.

# Uma peça pequena, um grande método



A banca está pronta; Lucas olha a pequena resistência de outra forma.



Ler, calcular, escolher, medir: cada etapa responde a uma pergunta.



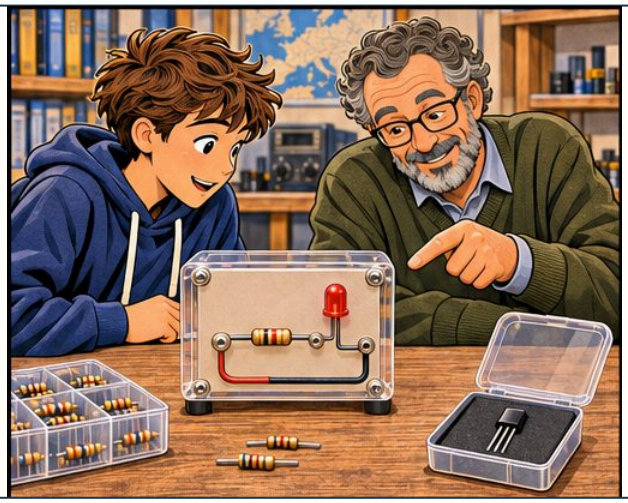
O indicador tornou-se uma explicação que pode transmitir.



Noutra caixa, Henri mostra um componente de três pernas.



«Pode comandar uma corrente maior?», pergunta Lucas.



A próxima investigação espera-os no volume 08: os transístores.