

# Eletrônica Para Smartphones



**Guia didático da teoria à prática**

**Bruno Felix**



## **Sobre es E-book**

**Este material reúne, de forma clara, prática e cuidadosamente organizada, os fundamentos indispensáveis para quem deseja compreender as bases da manutenção de smartphones. Ao longo das páginas, você encontrará explicações acessíveis sobre os princípios da eletricidade e da Lei de Ohm, orientações para a escolha e o uso correto de ferramentas e acessórios, além de uma visão detalhada dos principais componentes eletrônicos presentes em dispositivos móveis. O conteúdo aborda ainda os conceitos de circuitos elétricos e oferece um resumo didático de esquemas elétricos, ajudando a interpretar e aplicar esse conhecimento no dia a dia.**

**Não se trata de um curso formal, e sim de um guia de estudo e consulta rápida, pensado para iniciantes que desejam construir uma base sólida e também para profissionais que buscam reforçar ou revisar seus conhecimentos com agilidade e segurança.**

# Capítulo 01

## Assuntos Abordados

- Fundamentos da Eletricidade. 01
- Tipos de Correntes. 02
- Lei Ee Ohm. 03
- Energia Estática. 05
- Componentes Básicos de um Circuito elétrico. 06
- Circuito Paralelo e em Série. 08

# Fundamentos da Eletricidade

## O que é a eletricidade?

A eletricidade é uma forma de energia resultante da movimentação de cargas elétricas, geralmente elétrons.

A eletricidade é o movimento ordenado de elétrons através de um material condutor.

Esse movimento ocorre quando há uma diferença de potencial elétrico (tensão) entre dois pontos, forçando os elétrons a fluírem em uma direção.

Essa movimentação se dá por meio de condutores e semicondutores e é regida por leis fundamentais da física, como as Leis de Coulomb e Ohm.

No contexto de celulares, a eletricidade permite o funcionamento de todos os circuitos internos: desde a ativação da tela até o carregamento da bateria e o processamento de dados.

## Estrutura do Átomo:

Partícula	Localização	Carga Elétrica
Próton	Núcleo	Positiva (+)
Elétron	Orbitando o núcleo	Negativa (-)
Nêutron	Núcleo	Neutra (0)

Os diagramas ilustram a estrutura atômica. O 'Átomo Neutro' mostra um núcleo com 4 prótons (vermelhos) e 4 nêutrons (azuis), rodeado por 4 elétrons (pequenos pontos azuis) em duas órbitas. O 'Átomo negativo' mostra um núcleo com 3 prótons e 3 nêutrons, rodeado por 5 elétrons. O 'Átomo positivo' mostra um núcleo com 3 prótons e 3 nêutrons, rodeado por 2 elétrons.

Em um átomo neutro, o número de prótons é igual ao de elétrons.

No entanto, elétrons da camada mais externa (elétrons de valência) podem ser liberados com facilidade — especialmente em materiais condutores como o cobre (usado nas trilhas da placa do celular).

- Quando um átomo perde elétrons, torna-se um íon positivo.
- Quando ganha, vira um íon negativo.

Essa liberação de elétrons permite o fluxo de corrente elétrica.

## Princípio das cargas elétricas

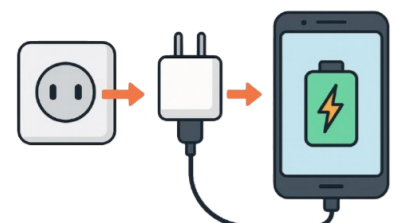
- Cargas iguais se repelem.
- Cargas opostas se atraem.

Essa movimentação e interação das cargas é o que dá origem à eletricidade — desde a eletricidade estática até o funcionamento de circuitos.

## Aplicação prática: Celular

Quando você conecta o carregador no celular:

1. A energia elétrica vem da tomada.
2. Passa pelo carregador e pelo cabo USB.
3. Entra na entrada de carga e vai para a bateria do smartphone, que armazena essa energia.
4. A energia da bateria é usada para alimentar o sistema: tela, processador, sensores, câmeras, circuitos de áudio, etc.

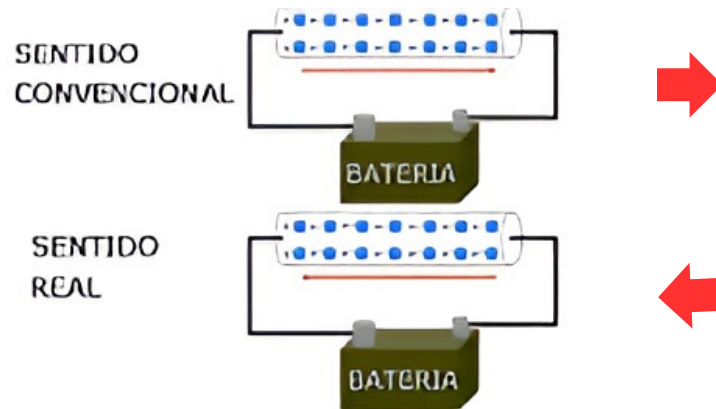


## Corrente Elétrica

A **corrente elétrica** é o fluxo organizado de partículas carregadas, como elétrons, que se movem através de materiais condutores (ex: fios metálicos, líquidos condutores e gases ionizados).

Ela só acontece quando existe uma tensão elétrica (diferença de potencial), que age como uma força empurrando essas cargas de um ponto com mais energia para outro com menos.

Nos materiais condutores, como o cobre, existem elétrons livres que podem se mover facilmente. Quando esses elétrons se deslocam em uma mesma direção, temos uma corrente elétrica.



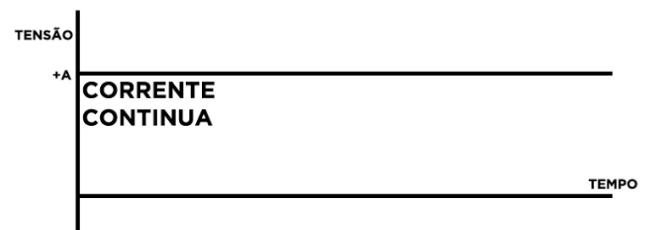
A corrente é representada pela letra  $I$  e medida em ampères (A). Em eletrônica, onde os dispositivos usam pouca energia, é comum usar:

- **miliampères (mA)** = milésimo de ampère (0,001 A)
- **microampères ( $\mu$ A)** = milionésimo de ampère (0,000001 A)

## Tipos de correntes elétrica

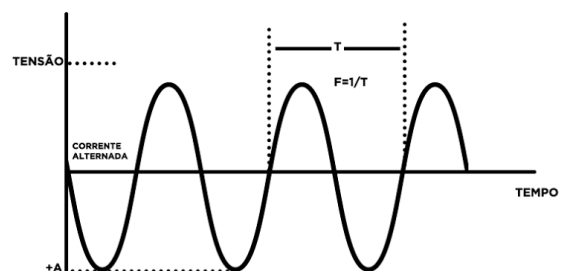
### a) Corrente Contínua (CC ou DC)

- Os elétrons se movem sempre em uma mesma direção, com polaridade fixa.
- É o tipo de corrente presente em baterias de celulares, power banks, tablets, etc.
- É fundamental em aparelhos que exigem energia estável, como microprocessadores, CI's e componentes sensíveis.
- Apresenta tensão constante, sem oscilações — ideal para evitar ruídos e proteger circuitos delicados.
- Também está presente em fontes de bancada e carregadores, que transformam a corrente alternada (da tomada) em contínua.



### b) Corrente Alternada (CA ou AC)

- Os elétrons mudam de direção constantemente, criando uma onda senoidal.
- É a corrente das tomadas residenciais, usada para distribuir energia em grande escala.
- No Brasil, tem frequência de 60 Hz (60 ciclos por segundo).
- Por ser compatível com transformadores, é usada para elevar ou reduzir a tensão, o que torna a transmissão mais eficiente.
- Aparelhos como carregadores de celular recebem AC da tomada e convertem para DC internamente.



### c) Corrente Pulsante (Pulsada)

- Mistura características da corrente contínua com variações da alternada, criando pulsos em intervalos regulares.
- Usada em:
  - Carregadores de bateria, onde os pulsos ajudam a carregar de forma controlada e segura.
  - Drivers de motor, ajustando velocidade e torque com precisão.
- É ideal em situações onde se precisa de controle de energia preciso, como em fontes com regulação inteligente.

## Lei de Ohm

A **Lei de Ohm** estabelece que a **corrente elétrica ( I )** que atravessa um condutor é diretamente proporcional à **tensão ( V )** aplicada e inversamente proporcional à **resistência ( R )** do material, desde que a temperatura permaneça constante.

As Fórmulas básica são:

$$V = R \times I$$

$$I = V / R$$

$$R = V / I$$

Onde:

( V ): Tensão (Volts, V).

( I ): Corrente (Ampères, A).

( R ): Resistência (Ohms,  $\Omega$ ).

A **Lei de Ohm** tem sua validade restrita a materiais classificados como ôhmicos, ou seja, aqueles que mantêm sua resistência elétrica invariável, independentemente das variações na tensão aplicada ou da intensidade da corrente que os percorre. Isso ocorre porque, nesses materiais, a relação entre tensão e corrente permanece linear e previsível, seguindo rigorosamente a proporcionalidade descrita pela fórmula ( **V = R x I** ).

## Materiais ôhmicos

A Lei de Ohm se aplica apenas a materiais ôhmicos, ou seja, aqueles que apresentam resistência constante, mesmo com variações de tensão ou corrente.

Entre os principais exemplos estão:

- Resistores convencionais: usados para limitar corrente ou dividir tensão em circuitos internos dos celulares.
- Fios metálicos, como cobre e alumínio, desde que operando em condições normais, sem aquecimento excessivo.

**Obs:** Em celulares, muitos materiais são não ôhmicos, como semicondutores (diodos, transistores, CI), que não obedecem diretamente à Lei de Ohm. Porém, entender a Lei de Ohm é fundamental para interpretar medições, falhas e consumo em trilhas e resistores.

## Observação prática

Nos celulares:

- A bateria geralmente opera entre 3.7V e 4.2V.
- Um carregador pode fornecer de 1A a 3A, dependendo do modelo e da tecnologia de carregamento (como Quick Charge ou Power Delivery).
- A resistência de trilhas e componentes auxiliares influencia diretamente no aquecimento, perda de tensão e eficiência da carga.

## Exemplo prático: aplicando a Lei de Ohm na bancada

Você está verificando um resistor de proteção em série com a linha VBUS (alimentação do conector USB).

Ao medir com o multímetro:

- Tensão de entrada (antes do resistor): 5V
- Tensão de saída (depois do resistor): 4,7V
- O valor do resistor medido é de 0,3 $\Omega$

Qual é a corrente que está passando por esse resistor?

$$I = \frac{V}{R} = \frac{5V - 4,7V}{0,3\Omega} = \frac{0,3V}{0,3\Omega} = 1A$$

Essa corrente de 1A está dentro do esperado para uma carga normal, como a inicialização do circuito da PMIC. Se a corrente fosse muito alta (ex: 3A em uma linha de 0,3Ω), você teria uma queda de tensão de 0,9V, o que indicaria um possível consumo excessivo ou curto parcial no circuito a jusante.

Se a corrente fosse muito alta (ex: 3A em uma linha de 0,3Ω), você teria uma queda de tensão de 0,9V, o que indicaria um possível consumo excessivo ou curto parcial no circuito a jusante.

## Potência Elétrica

A **potência elétrica** é a taxa na qual a energia elétrica é convertida em outra forma de energia (como calor, luz ou movimento). Ela está diretamente relacionada à **Lei de Ohm**, que descreve a relação entre **tensão ( V )**, **corrente ( I )** e **resistência ( R )** em um circuito elétrico. Vamos explorar como essas grandezas se conectam!

### Fórmula Básica da Potência Elétrica

A **potência elétrica ( P )** é dada por:  **$P = V \times I$**

- ( V ): Tensão (Volts, V)

- ( I ): Corrente (Ampères, A)

- ( P ): Potência (Watts, W)

a) **Potência em função da corrente e resistência.**

$$P = I^2 \times R$$

b) **Potência em função da tensão e resistência.**

$$P = V^2 / R$$

## Cálculo de consumo da placa e controle com fonte de bancada

Se você limita sua fonte de bancada em **3.7V** e observa que o aparelho consome 0,8A, pode estimar a potência elétrica total do circuito nesse instante:

$$P = V \times I = 3,7V \times 0,8A = 2,96W$$

Isso te ajuda a saber se o consumo está dentro do esperado, se o sistema está drenando mais do que deveria, ou se está com algum setor forçando a linha VBAT.

## Carregamento e potência do carregador

Quando você vê um carregador de 5V e 2A:

$$P = 5V \times 2A = 10W$$

Ou no caso de carregadores Turbo de 9V e 2A:

$$P = 18W$$

Esse valor importa, porque te ajuda a saber se o carregador está compatível com o circuito e se a placa está aceitando ou bloqueando certa potência (ex: danos na linha VBUS limitando o carregamento rápido).

## Energia Estática

A eletricidade estática é causada por um desequilíbrio de cargas elétricas em um material, normalmente após o contato e separação entre dois materiais, o que resulta na transferência de elétrons.

- Quem perde elétrons fica positivo.
- Quem ganha elétrons fica negativo.
- Esse desequilíbrio cria uma diferença de potencial que pode gerar uma descarga eletrostática — o conhecido “choque”.

### Como ela é gerada:

- Atrito: exemplo — esfregar plástico ou caminhar de meias no carpete.
- Separação: como ao tirar uma roupa sintética.
- Indução: quando um objeto carregado se aproxima de outro neutro, redistribuindo cargas.

### Efeitos da eletricidade estática nos celulares

#### 1. Tela Touchscreen

- Pode causar:
  - Falhas no toque
  - Linhas ou manchas visuais anormais

#### 2. Bateria

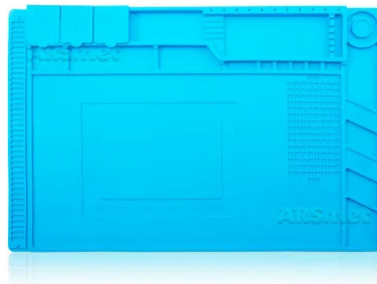
- Descargas podem provocar:
  - Desligamentos inesperados
  - Redução da vida útil da bateria com o tempo

#### 3. Componentes internos

- Pode queimar chips como:
  - Processador
  - Módulos de Wi-Fi e Bluetooth
  - Outros microchips sensíveis

### Importância para manutenção de celular:

- Evitar manusear placas e componentes sem proteção contra ESD (descarga eletrostática)
- Usar pulseiras antiestáticas, superfícies aterradas e cuidados ao abrir aparelhos



### Risco real em bancada

Muitos CI's de gerenciamento, memória, processador e sensores têm estruturas internas com tensões de ruptura muito baixas, e podem ser danificados mesmo por descargas de apenas 100V — valor muito abaixo do que o corpo humano pode acumular (milhares de volts com um simples atrito com a roupa).

**Obs:** Um toque em um **CI** com energia estática acumulada no seu corpo pode danificar permanentemente o componente sem deixar marcas visíveis.

### Exemplos de situações de risco:

- Abrir o celular e encostar o dedo no CI da placa sem descarregar a estática antes
- Usar pincel de limpeza seco em placa sem proteção ESD
- Retirar ou manusear uma tela OLED ou módulo com CI integrado com as mãos desprotegidas



# Circuitos Elétricos

## Introdução aos Circuitos Elétricos

Um **circuito elétrico** é um caminho fechado por onde os **elétrons** fluem, impulsionados por uma fonte de energia, como uma bateria ou gerador. Essa estrutura permite a transferência controlada de energia elétrica para realizar trabalho útil, como acender uma lâmpada, alimentar um motor ou processar dados em um computador.

A essência de um circuito está na interconexão de componentes elétricos (resistores, capacitores, indutores, transistores etc.) e fontes de energia, organizados de modo a seguir leis físicas bem definidas.

## Componentes Básicos de um Circuito

### 1. Fonte de Tensão ou Corrente

Uma fonte de tensão é qualquer coisa capaz de fornecer energia elétrica constante entre dois pontos. Ela cria uma diferença de potencial (voltagem), fazendo com que os elétrons se movam por um circuito.

Sem fonte de tensão, não há corrente. Sem corrente, o circuito não funciona.

#### No celular, quem é a fonte de tensão?

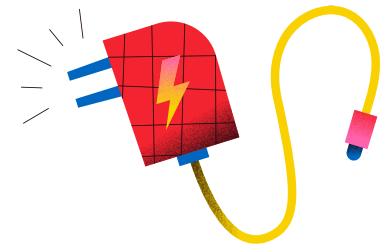
##### a. A Bateria — fonte principal

- A bateria é a principal fonte de tensão contínua (DC) do celular.
- Fornece normalmente entre **3.7V e 4.2V**.
- Alimenta os circuitos da placa por meio do **PMIC** (o circuito de gerenciamento de energia).
- Sem ela, o aparelho não liga — a não ser que você simule essa energia com uma fonte de bancada.



##### b. O Carregador — fonte de entrada

- O carregador converte a corrente alternada da tomada (AC) em corrente contínua (DC) — geralmente de 5V a 9V (ou até mais, em carregadores turbo).
- Essa energia não vai direto para o sistema do celular, mas sim para o CI de carga, que controla a recarga da bateria.
- Em alguns modelos, parte dessa energia pode alimentar o celular sem a bateria — mas não é o padrão.



#### Na prática da manutenção:

- A bateria é a fonte de tensão que você precisa testar, ativar ou substituir com mais frequência.
- A fonte de bancada simula a bateria com controle de tensão e corrente — ideal pra testes.
- O carregador serve pra ver se o circuito de carga está funcionando e se a bateria responde.

#### Exemplo prático:

Na bancada, usamos uma fonte de bancada ajustável (ex: 4.2V e até 2A) pra:

- Testar placas sem bateria
- Identificar consumo anormal (curto)
- Ativar bateria que caiu abaixo da voltagem mínima

Na bancada, a fonte de tensão é essencial para testar placas sem bateria, identificar curtos e analisar consumo elétrico. Com ela, é possível energizar a linha VBAT e observar o comportamento da placa:

- Se o consumo for zero, pode haver falha no setor primário.
- Se o consumo for alto e sem ligar, indica possível curto.
- Se o consumo estiver normal, permite testar o aparelho mesmo sem bateria.

#### Cuidados importantes

- Nunca aplicar tensão em trilhas sem saber a tensão de operação correta
- Sempre limitar a corrente (normalmente de 500mA a 1A em testes iniciais)
- Verificar se a ponteira negativa está no GND correto da placa

## 2. Condutores — por onde a energia passa

Condutores são materiais que permitem o fluxo de corrente elétrica com facilidade. Eles têm elétrons livres, o que facilita o transporte de energia.

### Exemplos na manutenção:

- Trilhas de cobre da placa-mãe
- Flat cables
- Pinos metálicos dos conectores
- Ponteiras e fios da fonte de bancada

Se uma trilha estiver rompida, mesmo com tensão presente, o circuito não vai funcionar — daí a importância de testar continuidade.



## 3. Isolantes — bloqueiam a passagem da corrente

Isolantes são materiais que impedem ou dificultam o fluxo de elétrons, protegendo o circuito.

Exemplos no celular:

- Capas plásticas dos conectores
- Plásticos que isolam a placa de contato com o aro
- Espumas ou fitas que cobrem contatos expostos

Eles são essenciais pra evitar curtos, principalmente em áreas com múltiplos conectores expostos.

### Power Key

Os Power key são componentes essenciais em circuitos elétricos, projetados para abrir ou fechar o fluxo de corrente elétrica, permitindo o controle do funcionamento dos dispositivos conectados. Quando o interruptor está aberto, o circuito se torna interrompido, impedindo a passagem de eletricidade. Já quando está fechado, ele permite que a corrente circule livremente, ativando o equipamento ou componente ligado ao circuito.



### Elementos Passivos e Ativos

- **Elementos Passivos:** São componentes que não possuem a capacidade de gerar ou fornecer energia ao circuito, atuando principalmente no armazenamento temporário, na dissipação ou na distribuição de energia. **Por exemplo**, os resistores convertem energia elétrica em térmica, dissipando-a; os capacitores armazenam carga em um campo elétrico; e os indutores acumulam energia em um campo magnético. Esses elementos são essenciais para ajustar características como tensão, corrente e frequência em circuitos, sem adicionar energia externa.

- **Elementos Ativos:** Diferentemente dos passivos, esses dispositivos têm a capacidade de controlar, gerenciar ou amplificar sinais elétricos, muitas vezes exigindo uma fonte externa de energia para operar. Eles desempenham um papel fundamental na modulação de correntes e tensões.

**Exemplos** incluem transistores, que regulam o fluxo de corrente ou amplificam sinais; diodos, que permitem a passagem de corrente em uma única direção; e amplificadores operacionais, circuitos integrados que amplificam diferenças de tensão entre entradas. Esses componentes são a base de sistemas eletrônicos complexos, como amplificadores, fontes de alimentação e dispositivos digitais.

## Circuito em Série e Paralelo

### O que é um circuito?

Um circuito elétrico é um caminho fechado por onde a corrente elétrica pode circular.

Dentro de qualquer celular, existem milhares de microcircuitos, e a forma como os componentes são organizados afeta o funcionamento.

### Circuito em Série

No circuito em série, os componentes são conectados um depois do outro, como se estivessem enfileirados.

A corrente passa por todos os componentes igualmente, e se um falhar, todo o circuito para.

#### Características:

- A corrente ( $I$ ) é a mesma em todos os pontos.
- A tensão ( $V$ ) se divide entre os componentes.
- Se um componente abrir (ex: resistor queimado), interrompe todo o caminho.

#### Na manutenção de celular:

- Linhas de alimentação com filtros (bobinas) ou fusíveis funcionam como série.
- Se uma bobina estiver aberta, a corrente não passa, e o setor alimentado para.
- Por isso, se a placa não ligar, você deve testar as bobinas de entrada de energia.

Exemplo: Linha Vbat passando por bobina e indo para o PMIC. Se a bobina estiver queimada, a PMIC não recebe energia.

### Circuito em Paralelo

No circuito em paralelo, os componentes são conectados em ramos separados, com todos ligados aos mesmos dois pontos de tensão.

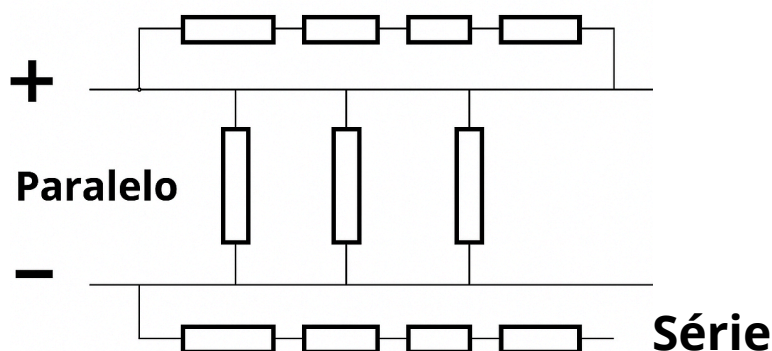
#### Características:

- A tensão ( $V$ ) é a mesma para todos os ramos.
- A corrente ( $I$ ) se divide entre os caminhos.
- Se um ramo falhar, os outros continuam funcionando.

#### Na manutenção de celular:

- Capacitores geralmente estão em paralelo com a linha de alimentação.
- Servem para filtrar ruído e estabilizar a tensão.
- Quando um capacitor entra em curto, a linha toda pode parar de funcionar.

**Exemplo:** capacitor curto-circuitando a linha PP\_VDD\_MAIN — a fonte consome alto e o celular não liga.



### LA importância do circuito elétrico na manutenção de celulares

Compreender o funcionamento dos circuitos elétricos é essencial na manutenção de smartphones. Cada componente da placa está conectado por trilhas e linhas de alimentação que formam circuitos específicos, como os de carga, alimentação principal, comunicação e controle. Saber identificar onde a energia deve passar e onde ela para ajuda o técnico a diagnosticar curtos, trilhas rompidas e falhas em componentes. Essa base elétrica torna possível entender o comportamento do aparelho e agir com precisão na identificação e correção de defeitos.

## Teste prático com multímetro

Complementar com uma explicação de como testar fisicamente um circuito em série ou paralelo na bancada.

### Exemplo:

Na prática: Para testar uma bobina em série, use o multímetro em continuidade (modo bip). Se a **bobina** estiver queimada (aberta), o multímetro não apita. Isso indica que a corrente foi interrompida, e aquele setor não vai funcionar.

### Comportamento da corrente na fonte de bancada

Mostre como o consumo elétrico muda dependendo de falhas em circuitos série/paralelo:

Quando um capacitor em paralelo entra em curto, a fonte de bancada mostra consumo alto e fixo assim que a tensão é aplicada.

Já em um circuito em série interrompido (como bobina queimada), a fonte pode mostrar consumo zero, pois a corrente nem consegue circular.

## Complemento técnico: Identificando comportamentos em bancada

Durante um diagnóstico, entender se os componentes estão ligados em série ou paralelo ajuda a interpretar o comportamento do circuito:

- Em circuitos em série, um único componente aberto pode interromper todo o fluxo da corrente, fazendo com que nada funcione naquele setor.
- Já em paralelo, mesmo que um componente falhe (exceto em caso de curto), os outros ramos continuam operando. Isso permite isolar a falha e manter parte do sistema funcionando.

**Na prática:** Com o multímetro, o modo de continuidade (bip) pode ser usado para verificar se a corrente está sendo interrompida por um componente aberto em série.

Quando há curto em paralelo, geralmente a resistência medida entre os pontos de alimentação é muito baixa, ou até zero, sinalizando a presença de um curto.

### Dica

- Se tudo parou de funcionar, pense em circuito em série interrompido.
- Se só uma parte parou ou há consumo alto, pense em paralelo com curto.

Durante o reparo de celulares, compreender como funcionam os circuitos elétricos, a atuação da fonte de tensão, e a diferença entre materiais condutores e isolantes, além da importância do botão Power (Power Key), é essencial para quem busca precisão nos diagnósticos.

**Os circuitos** presentes na placa do celular são formados por caminhos fechados (trilhas condutoras), por onde a corrente elétrica circula entre os diversos componentes. Esses circuitos só entram em funcionamento quando recebem uma fonte de tensão, seja ela a bateria do aparelho ou uma fonte de bancada. A tensão aplicada gera uma diferença de potencial que impulsiona os elétrons através das trilhas e componentes, ativando as diversas funções do sistema.

**Os materiais condutores**, como o cobre e o ouro utilizados nas trilhas e contatos internos, possuem baixa resistência e permitem o livre fluxo de corrente. Já os isolantes, como resinas protetoras, plástico e cerâmica, são fundamentais para separar eletricamente regiões da placa e evitar curtos-circuitos, garantindo que a energia percorra apenas os caminhos desejados.

Um elemento simples, mas de grande importância, é o **Power Key** — o botão de ligar. Ele atua como uma chave momentânea, que ao ser pressionada fecha um pequeno circuito entre uma linha de controle e o terra (GND). Esse sinal é interpretado pelo circuito de gerenciamento de energia (geralmente dentro do PMIC), que então inicia a ativação do restante da placa. Se essa linha estiver rompida, oxidada ou com falha de contato, o aparelho pode não ligar mesmo estando com tensão presente — o que é um problema comum e muitas vezes mal interpretado.

Por isso, conhecer o comportamento dos circuitos, identificar condutores e isolantes, e entender a função elétrica do Power Key são conhecimentos básicos, mas extremamente valiosos no dia a dia de quem atua com manutenção de smartphones.