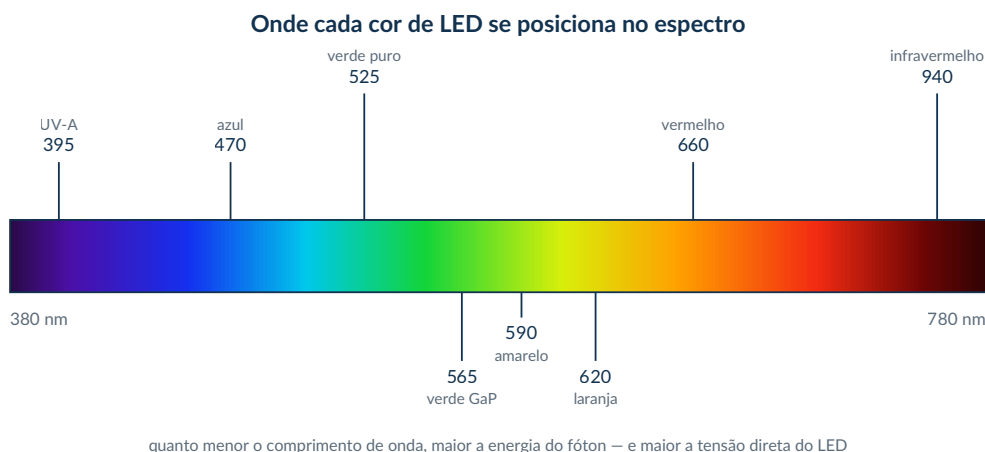


Guia Prático de LEDs

Tipos, cores, tensões, correntes e cálculo de acionamento



O que este guia traz. Tabelas de tensão e corrente para todas as cores de LED de indicação, os encapsulamentos DIP e SMD comparados em escala, LEDs de potência, o cálculo do resistor limitador com valores prontos para as fontes de 3,3 V a 24 V, as topologias série e paralelo e um roteiro de diagnóstico de bancada.

Como usar. As três primeiras seções explicam o comportamento do componente; as três últimas são de consulta direta durante a montagem ou o reparo. A Figura 3 e a tabela da seção 5 resolvem sozinhas a maior parte das dúvidas do dia a dia.

1. Como o LED funciona e o que isso muda na prática

O LED (*Light Emitting Diode*) é, antes de tudo, um diodo: conduz em um sentido e bloqueia no outro. A diferença em relação ao diodo retificador comum está no material do cristal semiconductor. Enquanto o silício devolve a energia da recombinação elétron-lacuna quase toda em forma de calor, os compostos usados nos LEDs — arseneto de gálio, fosfeto de alumínio-índio-gálio, nitreto de índio-gálio — devolvem essa energia como fóton, isto é, como luz.

A consequência prática mais importante é que **a cor e a tensão direta nascem juntas, do mesmo fenômeno físico**. A energia do fóton é inversamente proporcional ao comprimento de onda: quanto mais azul a luz, mais energia por fóton e, portanto, maior a barreira de potencial que o elétron precisa vencer. Por isso um LED vermelho acende com 1,8 V enquanto um azul precisa de 3,2 V — não é escolha do fabricante, é física do material. Esse é também o motivo de o LED branco ter a mesma tensão do azul: ele é um LED azul com uma camada de fósforo amarelo sobre o chip, que converte parte da luz e resulta em branco.

A segunda consequência é que o LED **não é um resistor**. Sua curva característica é exponencial: abaixo da tensão de joelho praticamente não passa corrente, e alguns décimos de volt acima dela a corrente dispara. Ligar um LED direto na fonte, sem limitação, significa entregar a ele toda a corrente que a fonte for capaz de fornecer — e o resultado é um flash brilhante seguido de silêncio permanente. Todo circuito com LED precisa, obrigatoriamente, de um elemento que limite a corrente: um resistor, nos casos simples, ou um driver de corrente constante, nos LEDs de potência.

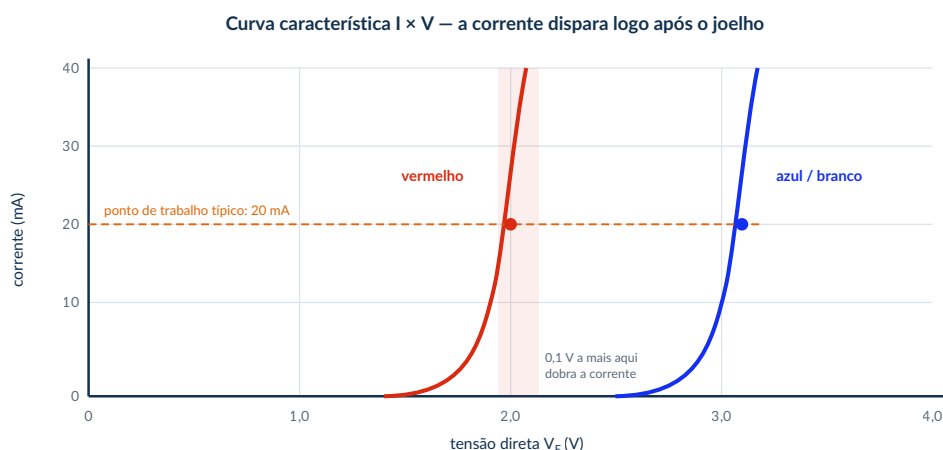


Figura 1 — Fora da região de joelho o LED é praticamente um curto-circuito. Note que uma variação mínima de tensão provoca uma variação enorme de corrente: por isso se controla corrente, nunca tensão.

2. Anatomia, símbolo e identificação de polaridade

O encapsulamento DIP de 5 mm continua sendo a referência de bancada. Dentro da cápsula de epóxi transparente há um refletor cônico (a *cup*) onde o chip fica assentado, um fio de ouro finíssimo (*bond wire*) ligando o topo do chip ao terminal oposto, e a própria lente de epóxi, que define o ângulo de emissão — de 15° em LEDs de foco estreito a 120° em LEDs difusos.

Existem três formas de identificar a polaridade, e vale conhecer todas porque em componente usado ou com as pernas já cortadas nem sempre a primeira funciona. A mais simples: **a perna mais longa é o ânodo (+)**. A segunda: **o lado chanfrado da cápsula corresponde ao cátodo (-)**. A terceira, infalível, é olhar contra a luz: **a peça metálica maior, o refletor onde o chip está apoiado, é o cátodo**. No teste com multímetro na escala de diodo, a ponta vermelha no ânodo faz o LED acender fracamente e mostra a tensão direta no visor.

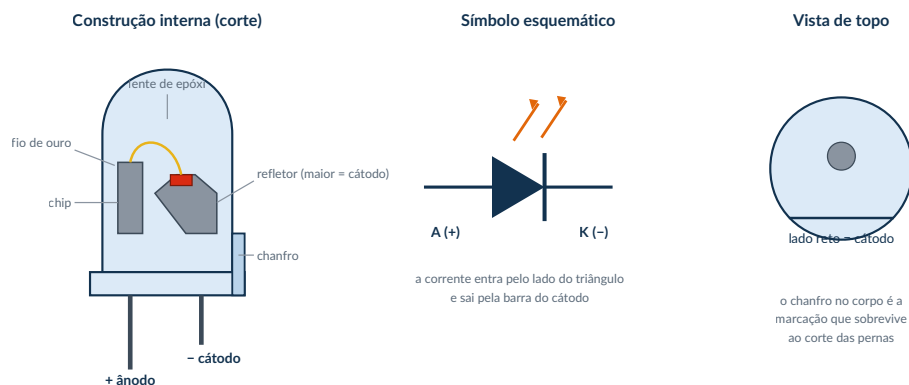


Figura 2 – Anatomia do LED DIP de 5 mm, símbolo esquemático e marcação de polaridade.

3. LEDs indicadores por cor – tensões e correntes

A tabela a seguir reúne os LEDs de indicação mais comuns nos encapsulamentos DIP de 3 mm e 5 mm, que são os que se encontram em qualquer gaveta de bancada. Os valores de tensão direta são faixas típicas a 20 mA e temperatura ambiente: peças do mesmo lote costumam variar entre si, e peças de fabricantes diferentes variam ainda mais. Sempre que o projeto for sério ou envolver muitas unidades, vale medir uma amostra em vez de confiar na tabela.

Cor	Comprim. de onda	Material	V_F típica	V_F máx.	I_F típica	I_F máx.
● Infravermelho	850–940 nm	GaAs	1,2–1,6 V	1,8 V	20 mA	50–100 mA
● Vermelho	620–660 nm	AlGaAs / GaAsP	1,8–2,2 V	2,4 V	20 mA	30 mA
● Laranja	605–620 nm	AlGaInP	2,0–2,2 V	2,5 V	20 mA	30 mA
● Âmbar	590–605 nm	AlGaInP	2,0–2,3 V	2,5 V	20 mA	30 mA
● Amarelo	585–590 nm	GaAsP	2,1–2,4 V	2,6 V	20 mA	30 mA
● Verde tradicional	560–570 nm	GaP	2,0–2,4 V	2,6 V	20 mA	30 mA
● Verde puro	520–535 nm	InGaN	3,0–3,4 V	3,8 V	20 mA	30 mA
● Azul	460–475 nm	InGaN	3,0–3,4 V	3,8 V	20 mA	30 mA
○ Branco frio	6000–8000 K	InGaN + fósforo	3,0–3,4 V	3,8 V	20 mA	30 mA
○ Branco quente	2700–3500 K	InGaN + fósforo	3,0–3,3 V	3,8 V	20 mA	30 mA
● Violeta	400–410 nm	InGaN	3,1–3,5 V	4,0 V	20 mA	30 mA
● UV-A (luz negra)	365–395 nm	InGaN	3,2–3,8 V	4,2 V	20 mA	30 mA
● UV-C (germicida)	265–285 nm	AlGaIn	5,0–7,0 V	8,0 V	20–100 mA	conf. fabricante
● RGB	3 chips	misto	R 2,0 / G 3,2 / B 3,2	3,8 V	20 mA/cor	30 mA/cor

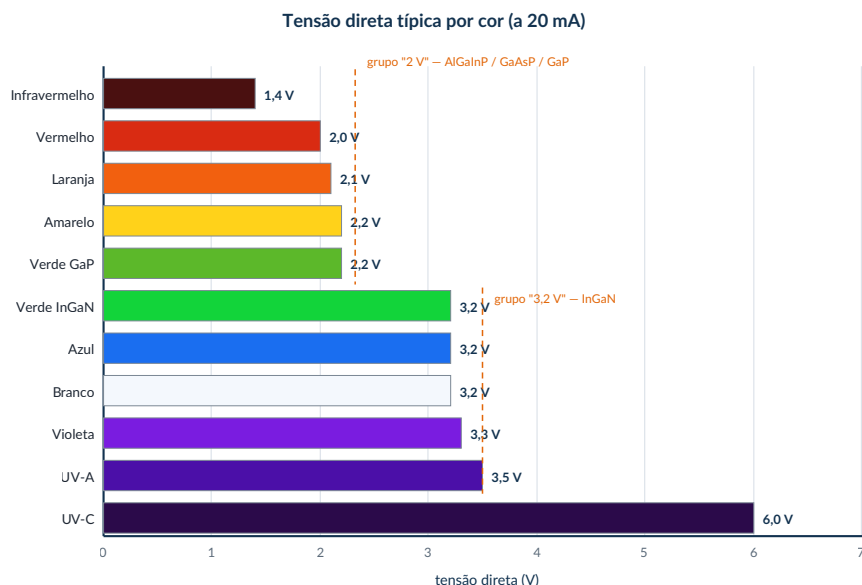


Figura 3 – Os LEDs se dividem em dois grandes grupos de tensão. Isso é o que permite, na prática, trocar um vermelho por um amarelo sem recalcular o resistor, mas exige recálculo ao trocar por um azul ou branco.

Regra de bolso para a bancada

Vermelho, laranja, âmbar, amarelo e verde tradicional formam o **grupo de 2 V**. Verde puro, azul, branco, violeta e UV formam o **grupo de 3,2 V**. Infravermelho fica isolado em 1,4 V. Guardar esses três números resolve 95% dos cálculos de bancada sem consultar tabela alguma.

4. Encapsulamentos: do DIP ao COB

O encapsulamento não altera a física do chip, mas define quase tudo o mais: quanta corrente a peça suporta, quanto calor consegue dissipar, qual o ângulo do feixe e como ela é montada. Um mesmo chip azul de 3,2 V pode viver dentro de um DIP de 5 mm consumindo 20 mA ou dentro de um encapsulamento cerâmico com dissipador consumindo 1 A — o que muda é a capacidade de tirar o calor de perto da junção.

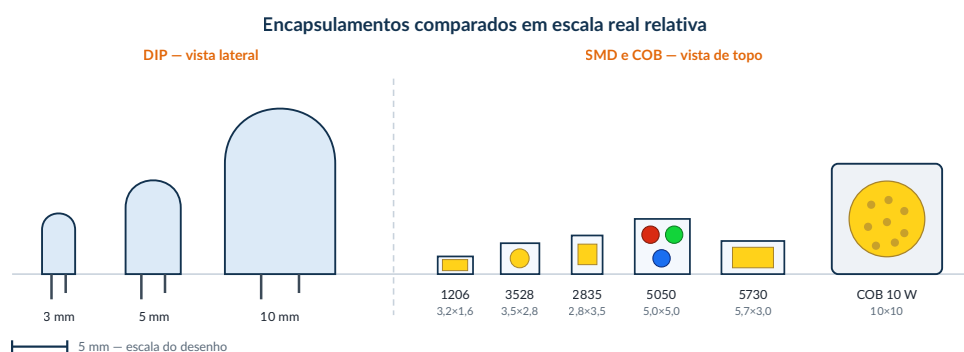


Figura 4 – Comparação dimensional. O código numérico dos SMD é sempre **largura × comprimento** em décimos de milímetro: 3528 = 3,5 × 2,8 mm; 5050 = 5,0 × 5,0 mm.

Encapsulamentos SMD mais usados

Código	Dimensões	Chips	Potência	V _F	I _F	Aplicação típica
0603 / 0805 / 1206	1,6×0,8 a 3,2×1,6	1	0,06 W	conf. cor	5–20 mA	Indicação em placa
3014	3,0×1,4 mm	1	0,1 W	3,0–3,2 V	30 mA	Fita LED, backlight

Código	Dimensões	Chips	Potência	V _F	I _F	Aplicação típica
3528 (PLCC-2)	3,5×2,8 mm	1	0,08 W	3,0–3,4 V	20 mA	Fita 12 V, 60 LED/m
2835	2,8×3,5 mm	1	0,2–1 W	3,0–3,4 V (ou 9 V / 18 V)	60–300 mA	Lâmpadas, painéis
5050 (PLCC-6)	5,0×5,0 mm	3	0,24 W	3,0–3,4 V/chip	20 mA/chip	Fita RGB
5730	5,7×3,0 mm	1	0,5–1 W	3,0–3,4 V	150–300 mA	Lâmpadas de alto fluxo
WS2812B	5,0×5,0 mm	3 + CI	0,3 W	5,0 V (alim.)	~60 mA (branco)	Fita endereçável
Cabochoão / difuso	3–10 mm	1	0,06 W	conf. cor	20 mA	Painel frontal

LEDs de potência

A partir de aproximadamente 0,5 W o resistor deixa de ser uma solução aceitável: ele dissiparia mais energia que o próprio LED e, pior, não protegeria a peça contra a fuga térmica. Nesses casos usa-se um **driver de corrente constante**, e o dissipador passa a ser item de projeto, não acessório. A regra prática é simples: LED de potência sem dissipador tem vida útil medida em segundos.

Tipo	Potência	V _F	I _F	Fluxo típico	Observação
Power LED 1 W	1 W	3,0–3,4 V (branco) 2,2–2,6 V (verm.)	300–350 mA	90–130 lm	Dissipador de 10 cm² mínimo
Power LED 3 W	3 W	3,2–3,6 V	700 mA	200–260 lm	Dissipador obrigatório
Power LED 5 W	5 W	3,2–3,8 V	1,0–1,5 A	350–450 lm	Driver de corrente constante
Cree XP-G / XM-L	3–10 W	2,9–3,5 V	0,7–3 A	280–1000 lm	Lanternas, alta eficiência
COB 10–50 W	10–50 W	9–12 V ou 30–34 V	0,3–1,5 A	800–4500 lm	Matriz série/paralelo interna
Módulo 220 V (<i>driverless</i>)	5–50 W	rede retificada	interno	variável	Comum em lâmpadas e refletores; circuito sem isolamento

Atenção com módulos *driverless*

Placas de lâmpadas e refletores modernos ligam os LEDs em série direto na rede retificada. O circuito inteiro fica no potencial da rede, sem isolamento galvânica. Nunca meça, toque ou manipule uma dessas placas com ela energizada — inclusive o dissipador de alumínio pode estar vivo.

5. Cálculo do resistor limitador

O resistor em série resolve o problema da corrente de um jeito elegante: a diferença entre a tensão da fonte e a tensão direta do LED cai sobre ele, e essa diferença dividida pela corrente desejada dá o valor de resistência. Como a queda no resistor é linear e a do LED é praticamente fixa, o conjunto se estabiliza sozinho. Quanto maior a sobra de tensão sobre o resistor, mais estável fica o circuito — é por isso que alimentar um LED de 3,2 V em 12 V dá resultado mais previsível que alimentá-lo em 3,3 V.

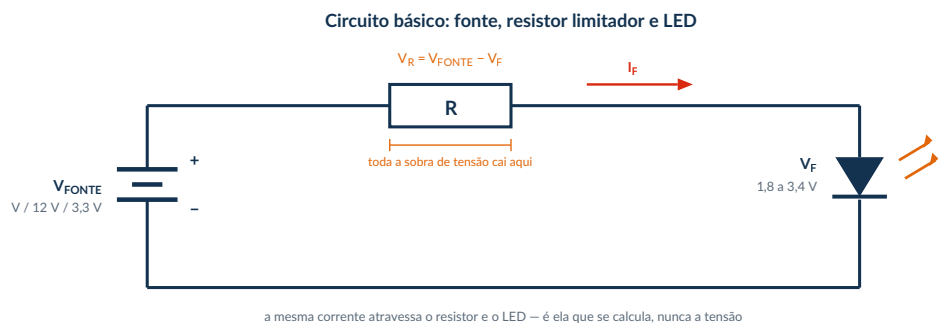


Figura 5 — O resistor não "alimenta" o LED: ele absorve a diferença de tensão e, com isso, fixa a corrente do laço.

$$R = (V_{\text{FONTE}} - V_F) \div I_F \quad | \quad P_R = (V_{\text{FONTE}} - V_F) \times I_F$$

Corrente sempre em ampères: 20 mA = 0,020 A. Escolha o resistor comercial imediatamente acima do calculado.

Valores prontos para as fontes mais comuns

Fonte	LED	I desejada	Cálculo	R comercial	P dissipada	Resistor
3,3 V	Vermelho (2,0 V)	10 mA	$1,3 \div 0,010 = 130 \, \Omega$	130 Ω	13 mW	1/8 W
3,3 V	Branco/Azul (3,2 V)	—	sobra 0,1 V	inviável	—	usar <i>boost</i>
5 V	Infravermelho (1,4 V)	20 mA	$3,6 \div 0,020 = 180 \, \Omega$	180 Ω	72 mW	1/8 W
5 V	Vermelho (2,0 V)	20 mA	$3,0 \div 0,020 = 150 \, \Omega$	150 Ω	60 mW	1/8 W
5 V	Amarelo/Verde (2,2 V)	20 mA	$2,8 \div 0,020 = 140 \, \Omega$	150 Ω	56 mW	1/8 W
5 V	Branco/Azul (3,2 V)	20 mA	$1,8 \div 0,020 = 90 \, \Omega$	100 Ω	36 mW	1/8 W
9 V	Vermelho (2,0 V)	20 mA	$7,0 \div 0,020 = 350 \, \Omega$	390 Ω	140 mW	1/4 W
9 V	Branco/Azul (3,2 V)	20 mA	$5,8 \div 0,020 = 290 \, \Omega$	330 Ω	116 mW	1/4 W
12 V	Vermelho (2,0 V)	20 mA	$10,0 \div 0,020 = 500 \, \Omega$	560 Ω	200 mW	1/4 W
12 V	Amarelo/Verde (2,2 V)	20 mA	$9,8 \div 0,020 = 490 \, \Omega$	560 Ω	196 mW	1/4 W
12 V	Branco/Azul (3,2 V)	20 mA	$8,8 \div 0,020 = 440 \, \Omega$	470 Ω	176 mW	1/4 W
12 V	3 × Branco em série (9,6 V)	20 mA	$2,4 \div 0,020 = 120 \, \Omega$	120 Ω	48 mW	1/8 W
24 V	Vermelho (2,0 V)	20 mA	$22,0 \div 0,020 = 1100 \, \Omega$	1,2 k Ω	440 mW	1 W
24 V	6 × Branco em série (19,2 V)	20 mA	$4,8 \div 0,020 = 240 \, \Omega$	270 Ω	96 mW	1/4 W

Sempre arredonde o resistor para cima

Resistor maior que o calculado significa corrente ligeiramente menor — o LED acende um pouco menos e dura muito mais. Resistor menor significa corrente acima do especificado, aquecimento da junção e degradação acelerada do fósforo, que é o que faz LEDs brancos amarelarem com o tempo. Na dúvida, para indicação em painel, 10 mA já é mais que suficiente e praticamente dobra a vida útil.

6. Ligações em série e em paralelo

Ligar LEDs em série é quase sempre a melhor escolha: a mesma corrente atravessa todos, o brilho fica uniforme e um único resistor serve para o conjunto. O limite é a tensão disponível — a soma das tensões diretas precisa deixar pelo menos 15% a 20% da tensão da fonte sobrando para o resistor, ou o circuito fica sensível demais à variação de temperatura e de lote.

Ligar LEDs em paralelo compartilhando um único resistor é o erro clássico. Como a tensão direta varia entre unidades, aquele com a menor V_F conduz mais, aquece, tem sua V_F reduzida ainda mais pelo coeficiente térmico negativo, conduz mais ainda — e queima. Depois disso os outros recebem toda a corrente e seguem o mesmo caminho. A solução é dar um resistor a cada ramo.

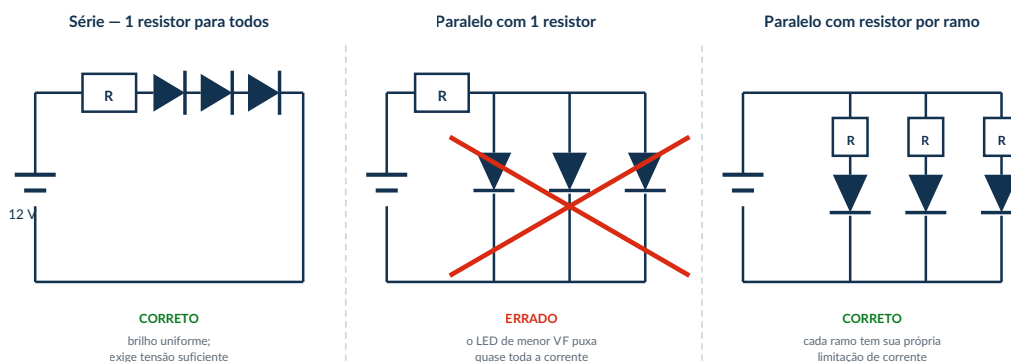


Figura 6 — As três topologias básicas. O painel central é o erro mais comum em montagens improvisadas e a causa mais frequente de LEDs queimados em fitas e painéis reparados às pressas.

7. Notas práticas de bancada

Controle de brilho

Reduzir a tensão para escurecer um LED não funciona: abaixo do joelho ele simplesmente apaga, e a faixa útil entre "apagado" e "brilho total" é de poucos décimos de volt. O método correto é **PWM** — manter a corrente nominal e variar o tempo ligado. Frequências acima de 200 Hz já são imperceptíveis ao olho; para iluminação em ambientes com câmera, use acima de 2 kHz para evitar cintilação no vídeo. O olho responde de forma logarítmica, então um *duty cycle* de 50% não parece metade do brilho, e sim algo perto de 70% — vale aplicar uma curva de correção gama no firmware.

Efeito da temperatura

A tensão direta cai aproximadamente 2 a 4 mV por grau Celsius de aumento na junção. Em um LED indicador com resistor isso é irrelevante. Em um LED de potência alimentado por fonte de tensão fixa, é fatal: o aquecimento reduz a V_F , o que aumenta a corrente, que aumenta o aquecimento — a chamada fuga térmica. Daí a regra de que LED de potência exige driver de corrente constante, e não de tensão constante.

Diagnóstico rápido

Sintoma	Causa mais provável	Verificação
Não acende	Polaridade invertida ou resistor aberto	Escala de diodo: LED bom mostra 1,6–3,2 V e brilha fraco
Acende muito fraco	Resistor com valor alto demais ou fonte com queda	Medir a tensão sobre o resistor e dividir pelo valor
Queimou em segundos	Sem limitação de corrente	Conferir se existe resistor no ramo

Sintoma	Causa mais provável	Verificação
Amarelou / perdeu brilho	Sobrecorrente crônica; fósforo degradado	Medir a corrente real e comparar com o nominal
Um da fita apagado, os outros acesos	SMD em curto ou solda fria	Ponte provisória no LED suspeito refaz o segmento
Fita inteira apagada a partir de um ponto	SMD aberto na série	Medir continuidade segmento a segmento
Cintilação	Capacitor de filtro do driver seco	Inspeção visual e ESR do eletrolítico

Checklist antes de energizar

1. Existe resistor ou driver limitando a corrente em cada ramo? · 2. A polaridade confere — perna longa, chanfro e refletor apontam para o mesmo lado? · 3. A soma das V_F em série deixa margem para o resistor? · 4. A potência do resistor tem pelo menos o dobro da calculada? · 5. Acima de 0,5 W, há dissipador com pasta térmica?

Bits e Bytes Eletrônica e Informática — Belém, Pará · Documento técnico de consulta rápida · Agosto de 2026

Os valores apresentados são típicos de mercado. Para projetos de produção, confirme sempre no *datasheet* do fabricante do componente específico.