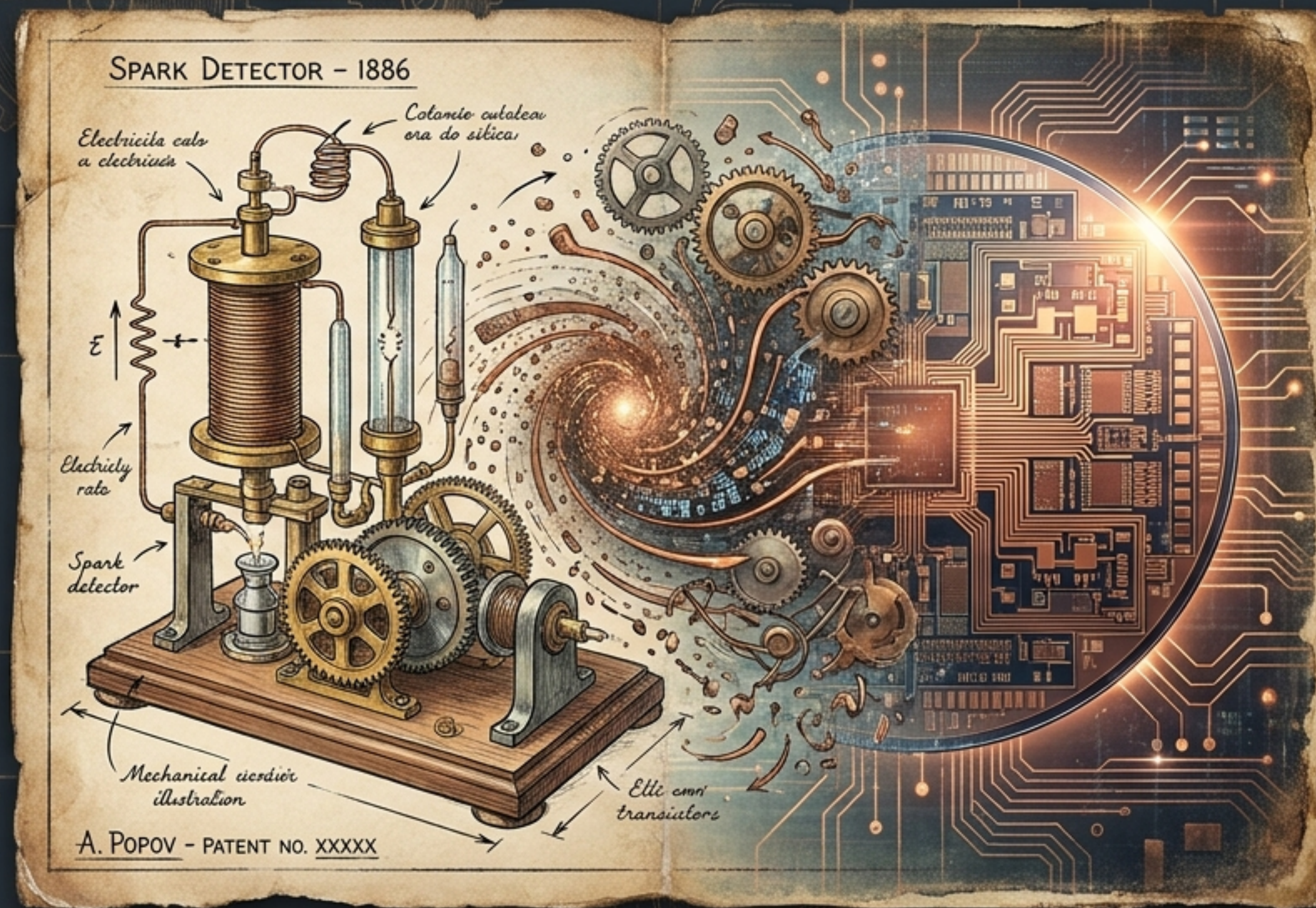


# A Linhagem Oculta da Computação

Como os maus contactos, as impurezas e a urgência da guerra forjaram a era do silício.

Uma exploração visual do detetor de faíscas de 1886 ao transistor planar de 1958.

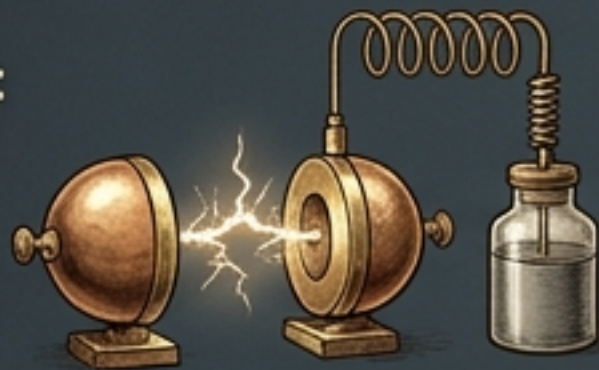


# Três Eras de Detecção de Sinal

## A Era das Faíscas (1886)



- **Mecanismo:**  
Fenda de ar  
(Indução falhada)



- **Material:**  
Anéis de  
cobre/latão



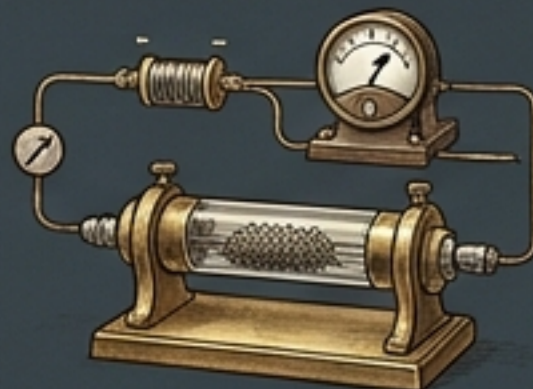
- **Intervenção Humana:**  
Zero (Apenas  
observação visual)



## A Era Mecânica (1890–1900s)



- **Mecanismo:**  
Coesor  
(Resistência  
variável)



- **Material:**  
Limalha de ferro  
em tubo de vidro



- **Intervenção Humana:**  
Alta (Necessidade de  
percussão  
mecânica para  
reinício)



## A Era do Estado Sólido (1939+)



- **Mecanismo:**  
Junção PN  
(Física de  
semicondutores)



- **Material:**  
Silício purificado  
(com impurezas  
controladas)



- **Intervenção Humana:** Zero  
(Fluxo de elétrons  
autônomo)



## O Desafio de Ver o Invisível

### O Problema Hertziano:

Em 1886, Heinrich Hertz criou o primeiro detetor de ondas de rádio usando anéis metálicos abertos.

### O Estrangulamento:

A sensibilidade era incrivelmente baixa. A faísca gerada era tão minúscula que mal podia ser vista vista a olho nu.

### A Pista Falsa:

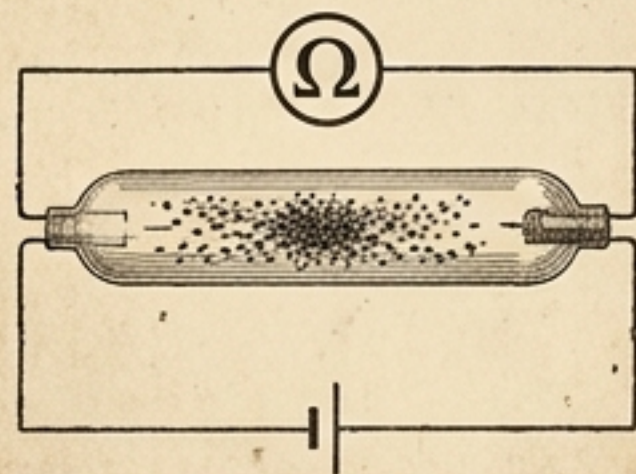
Acreditava-se ser indução eletromagnética, mas o decréscimo da força não seguia a lei da indução. Faltava um mecanismo de amplificação.



# O Mecanismo do Coesor: Domar a Limalha

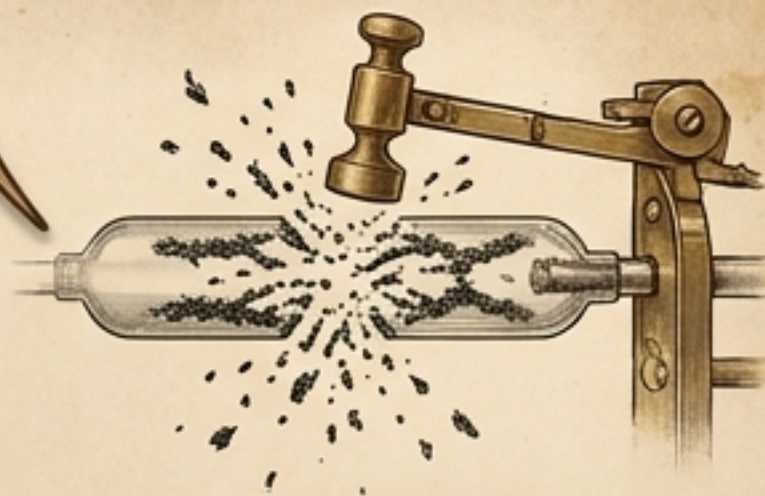
## Passo 1: Isolamento (Estado de repouso)

Limalha de ferro solta num tubo de vidro.  
Alta resistência elétrica.



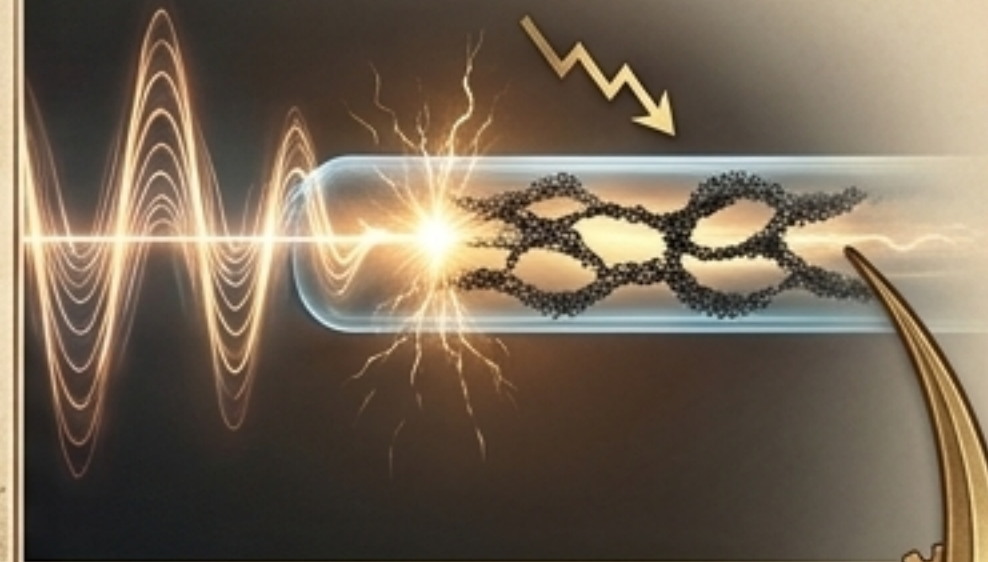
## Passo 4: Reset Mecânico

Um relé atua e dá uma pequena pancada (tapper) no tubo, espalhando a limalha para receber o próximo sinal.



## Passo 2: Radiocondução

A onda atinge o tubo e alinha as partículas.  
A resistência cai abruptamente.  
Torna-se um condutor.



## Passo 3: Registro

A corrente flui, ativando um galvanômetro ou campainha.

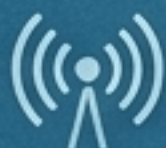


# A Crise do Radar (1939)

Na Segunda Guerra Mundial, o radar tornou-se a derradeira arma estratégica. Mas as tecnologias modernas da época falharam.



## Válvulas Eletrônicas



### Vantagem:

Altamente eficientes na rádio comercial (Anos 1920+).



### Falha Crítica:

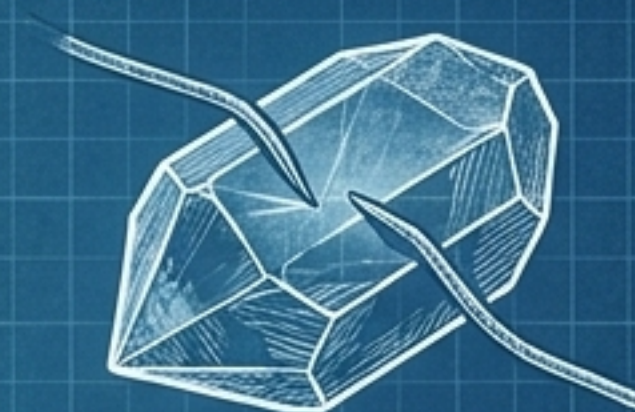
Incapacidade total de detectar sinais nas frequências ultra-elevadas exigidas pelo radar militar.



### Veredicto:

Abandonadas para fins de radar.

## Detetores de Cristal (Galena/Silício)



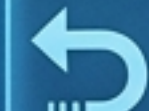
### Vantagem:

Funcionavam perfeitamente em altas frequências (micro-ondas).



### Falha Crítica:

Requeriam afinação manual ("sweet spots"). Altamente instáveis em ambiente de combate.



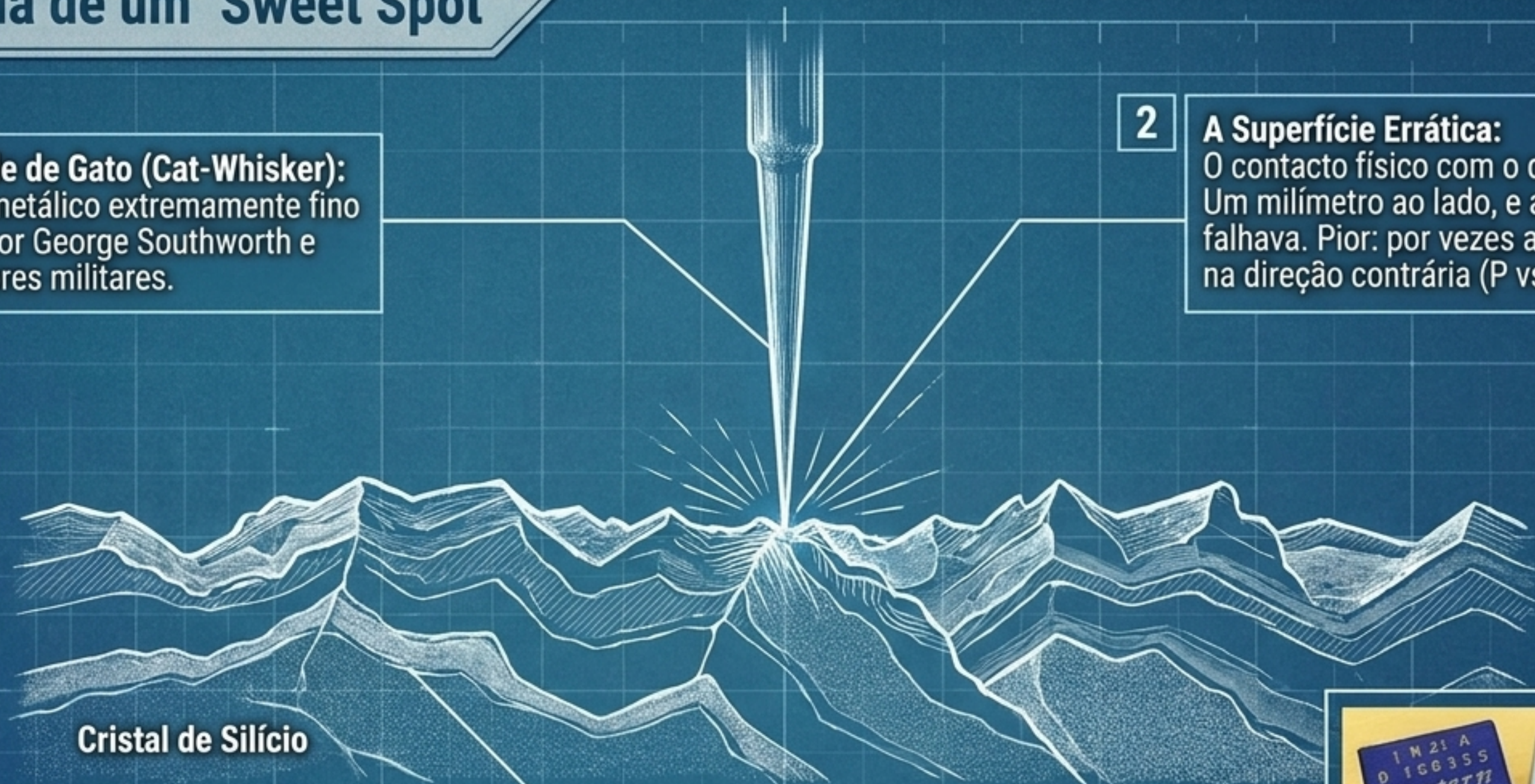
### Veredicto:

A única esperança, forçando um regresso tecnológico ao passado.

# A Anatomia de um "Sweet Spot"

**1 O Bigode de Gato (Cat-Whisker):**  
Um fio metálico extremamente fino usado por George Southworth e operadores militares.

**2 A Superfície Errática:**  
O contacto físico com o cristal de silício. Um milímetro ao lado, e a deteção falhava. Pior: por vezes a corrente fluía na direção contrária (P vs. N).



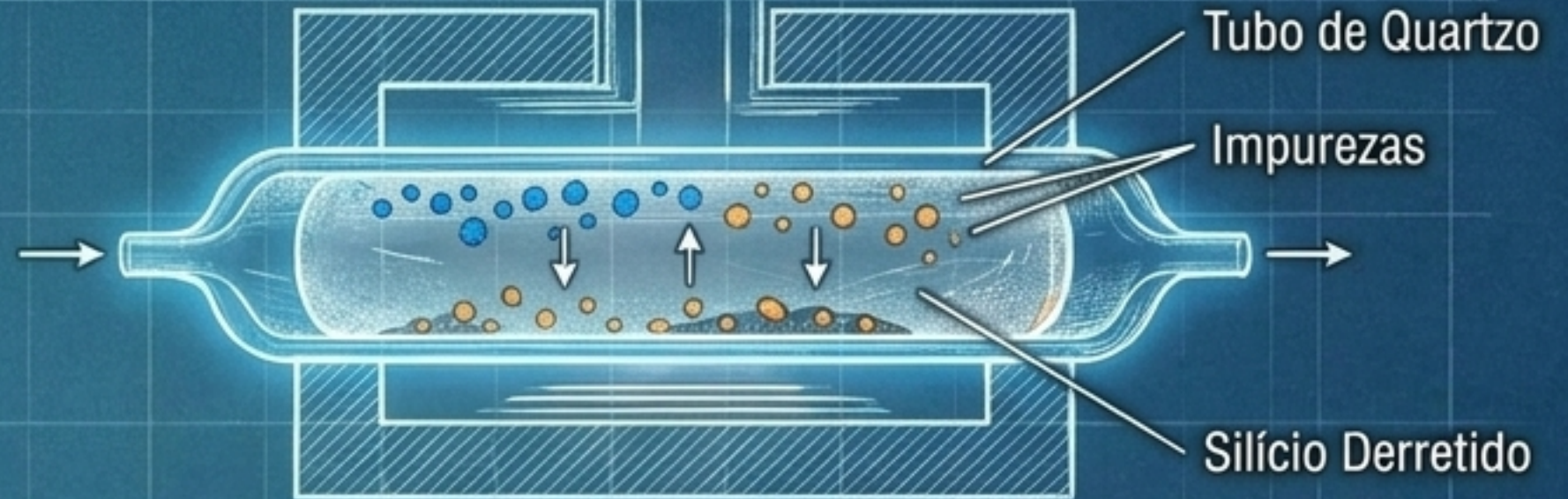
Cristal de Silício

**3 O Fator Humano:**  
Em plena guerra, os operadores não podiam perder tempo a procurar pontos sensíveis num cristal instável. Era imperativo purificar o silício.



# O Acidente de Fundição (Agosto de 1939)

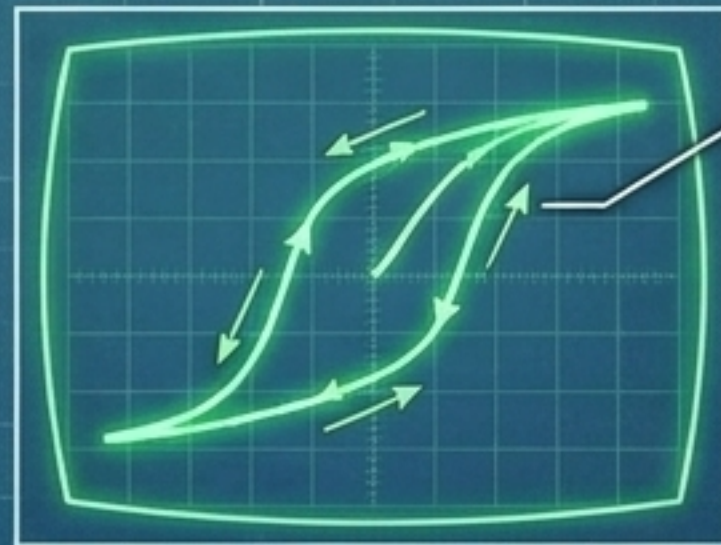
**1 A Fusão:** Russel Ohl, Jack Scaff e Henry Theuerer fundem silício num tubo de quartzo para forçar as impurezas a flutuar ou assentar (annealing).



**2 O Corte:** Scaff corta uma fatia longitudinal do varão cilíndrico e ataca-o com ácido nítrico, revelando duas metades distintas.



**3 A Anomalia:** Joseph Becker tenta medir a resistência elétrica. Falha. Ohl liga-o a um osciloscópio e descobre algo impossível: uma curva com histerese e a existência de uma barreira de potencial invisível no meio do varão.



Curva com Histerese



Barreira de Potencial Invisível

## A Revelação da Junção PN (Fevereiro de 1940)

**Região P (Positiva):** Impurezas da 3ª coluna da tabela periódica. Faltam elétrons (lacunas). A corrente só flui da ponta para o cristal.

**Região N (Negativa):** Impurezas da 5ª coluna. Excesso de elétrons. A corrente flui do cristal para a ponta.

**A Fronteira:** A primeira "Junção PN" criada pelo homem. A barreira de potencial isolando os dois lados.

**Quando Ohl disparou um flash de luz sobre o varão, o amperímetro disparou. Numa única experiência acidental, criaram silício P, silício N, a junção PN, e a primeira célula fotovoltaica de alta eficiência do mundo.**

# A Força da Imperfeição

## 1879 - Maus Contactos

David Hughes foi ridicularizado em 1879 quando o seu microfone de carbono detetou ondas de rádio. Era um “mau contacto” elétrico, considerado ruído.

## 1939 - Impurezas

Russel Ohl não encontrou as propriedades de estado sólido no silício perfeito, mas sim nas “impurezas” que os metalurgistas falharam em remover.

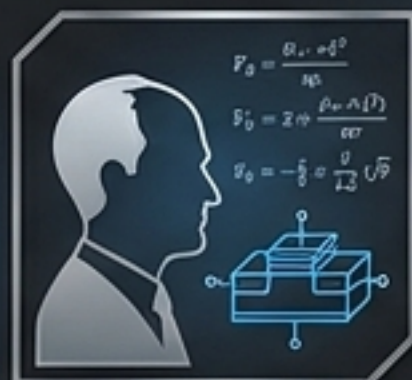
Durante décadas, os cientistas tentaram limpar os circuitos e aperfeiçoar os materiais. No entanto, o segredo da deteção de rádio e da computação moderna não estava na perfeição—estava na manipulação precisa de falhas mecânicas e impurezas atómicas.

# A Formação do **Esquadrão de Estado Sólido** (1945)

## A Visão:

Mervin Kelly, diretor dos Bell Labs, percebe o potencial do estado sólido e cria um grupo de investigação dedicado.

## O Trio Vencedor:



- **William Shockley:** O físico teórico visionário (mas focado no efeito de campo).



- **Walter Brattain:** O experimentalista de materiais imbatível.



- **John Bardeen:** O físico quântico brilhante.

## O Desvio:

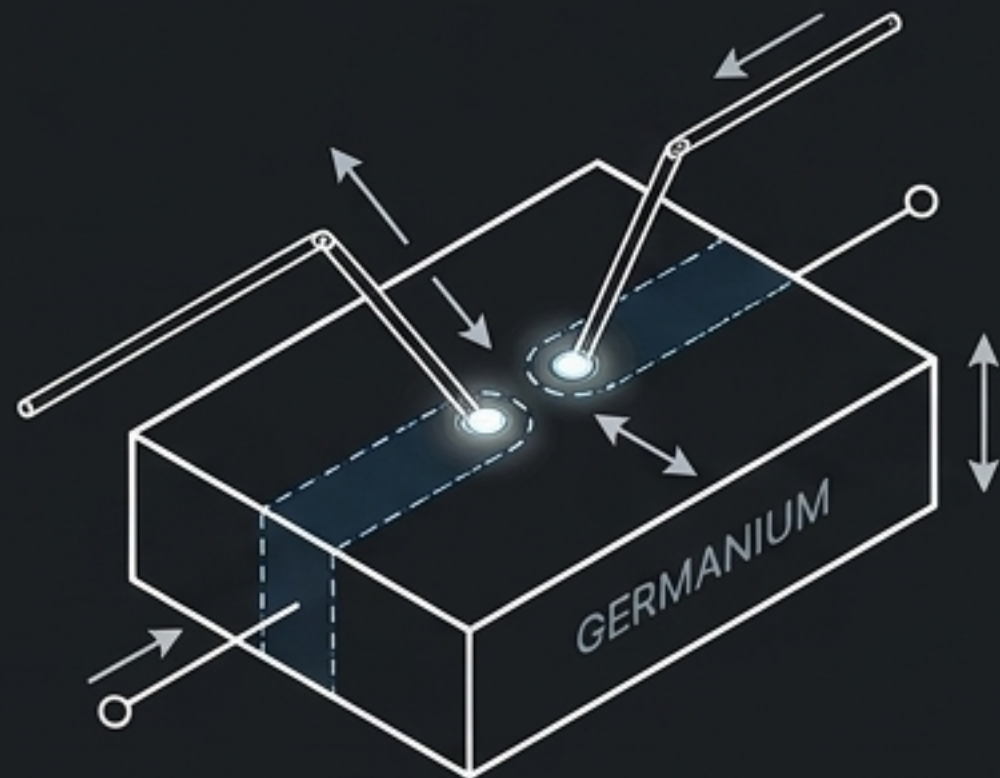
Ignorando as diretrizes de Shockley, Bardeen e Brattain baseiam-se na velha ideia do detetor de rádio de ponta metálica. Em 1947, criam o primeiro transistor de contacto pontual em germânio.

# A Ambição Monolítica de Shockley

## A Frustração

Shockley, irritado pelo sucesso da sua equipa, trancou-se em investigação secreta.

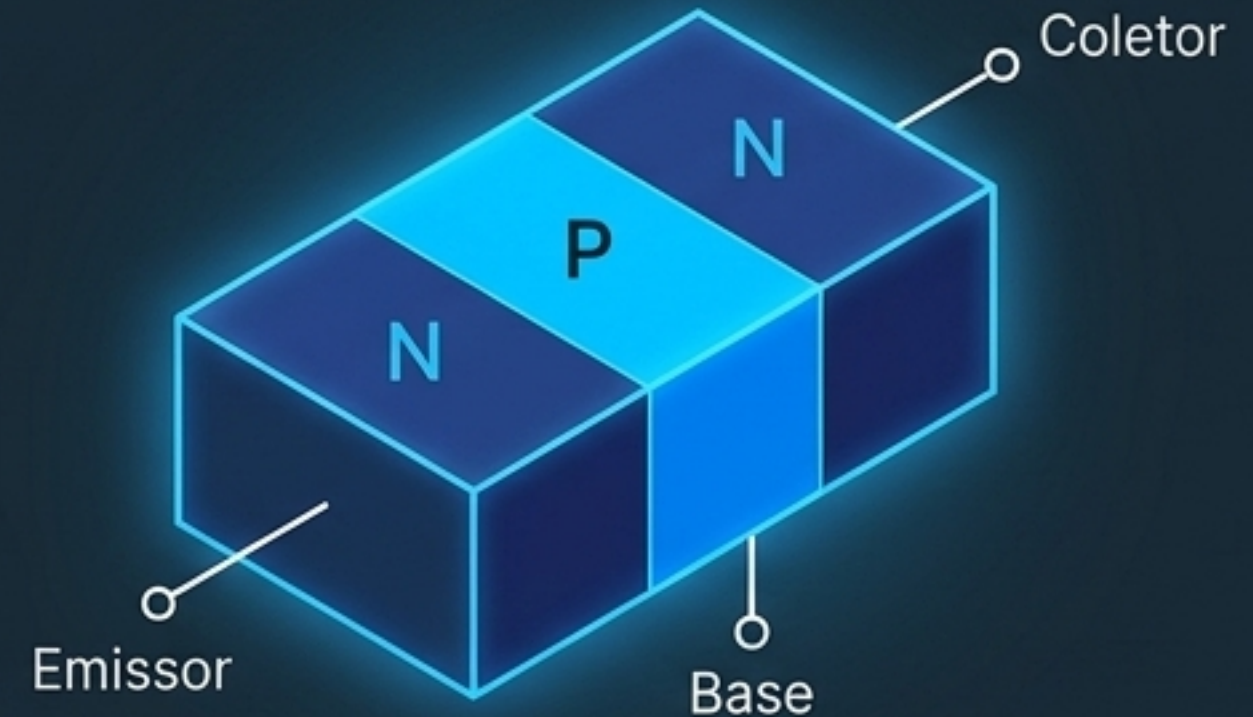
O transístor de Brattain/Bardeen ainda dependia de pontas metálicas físicas, lembrando a fragilidade dos radares de guerra.



## O Salto Teórico

Em 1950, apoiando-se nos trabalhos sobre barreiras de potencial e nos ensaios de John Shive, Shockley publica a teoria do **Transístor de Junção**.

Uma estrutura monolítica, sem fios mecânicos internos, fundindo as regiões P e N num único bloco sólido.



# O Nascimento do Vale do Silício (1955)



## O Êxodo (1953):

A eugenia e a micro-gestão fragmentam a equipa dos Bell Labs. Shockley parte para o Caltech.

## A Aliança (1955):

Associa-se a Arnold Beckman para fundar o "Shockley Semiconductor Laboratory" em Mountain View, Califórnia. A primeira start-up da região.

## A Obsessão:

Shockley contrata os investigadores mais brilhantes do país, mas força-os a trabalhar no díodo de quatro camadas (NPNP), prevendo o domínio na comutação telefónica, negligenciando os transístores convencionais.

# Os Oito Traidores e a Tecnologia Planar

Em 1957, oito cientistas (incluindo **Gordon Moore** e **Robert Noyce**) abandonam **Shockley**, cansados da sua liderança.

Financiados por **Sherman Fairchild**, fundam a **Fairchild Semiconductor**.

## A Revolução **Mesa Planar** (1958)

- Sob a liderança de Moore e Jean Hoerni, aplicam um processo químico de corrosão ao silício.
- O resultado: Uma estrutura vertical (tipo planalto).
- A criação do **2N696** (Silício NPN). Os primeiros 100 foram vendidos à IBM por \$150 cada para o bombardeiro B-70. O chip moderno tinha nascido.



# A Linhagem Completa

Na Rua San Antonio, 391, em Mountain View, uma escultura de circuito elétrico homenageia o díodo NPN de Shockley e o transistor 2N696 da Fairchild.

O microchip moderno, base de toda a civilização digital, não nasceu de um plano perfeito. Foi destilado pacientemente a partir do caos: das faíscas invisíveis de Hertz, dos "maus contactos" de Hughes, e das impurezas acidentais no varão de silício de Russel Ohl.

