NOTA 1 – Díodo em regime estacionário. Modelos . Cálculo do ponto de funcionamento em repouso.

Na Fig. 1 mostram-se os sentidos de referência tomados como positivos: tensão considerada do lado p para o lado n; corrente de *p* para *n*.

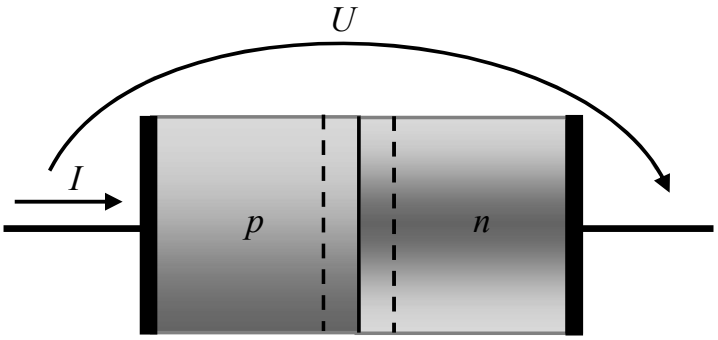

Fig. 1

Consideram-se as seguintes hipóteses simplificativas

a) *Modelo unidimensional*: as variações dão-se apenas numa direcção de espaço físico. Esta aproximação permitirá numa situação estacionária transformar as equações de transporte para electrões e para buracos em equações diferenciais ordinárias;

b) *Quase-equilíbrio de Boltzmann*: mantêm-se válidas relações formalmente idênticas às do equilíbrio termodinâmico para as concentrações;

c) *Injecção fraca*: a presença da corrente não está associada a alterações apreciáveis nas concentrações das maiorias, que se admitem com os mesmos valores que no equilíbrio termodinâmico, embora possa ter um efeito significativo nas concentrações das minorias.

$$I = AJ(x_p) = Aq\left(\frac{D_p p_{n_0}}{L_p} + \frac{D_n n_{p_0}}{L_n}\right)\left(e^{U/\eta u_T} - 1\right) = I_{is}\left(e^{U/\eta u_T} - 1\right)$$

A expressão mostra que a corrente é fortemente dependente da temperatura devido ao factor I_{is} (corrente inversa de saturação). Com efeito sendo este parâmetro proporcional às concentrações de minorias p_{n0} (buracos no lado *n*) e n_{p0} (electrões no lado *p*) torna-se proporcional ao quadrado da concentração intrínseca. A característica estacionária I(U) está representada na Fig. 2.

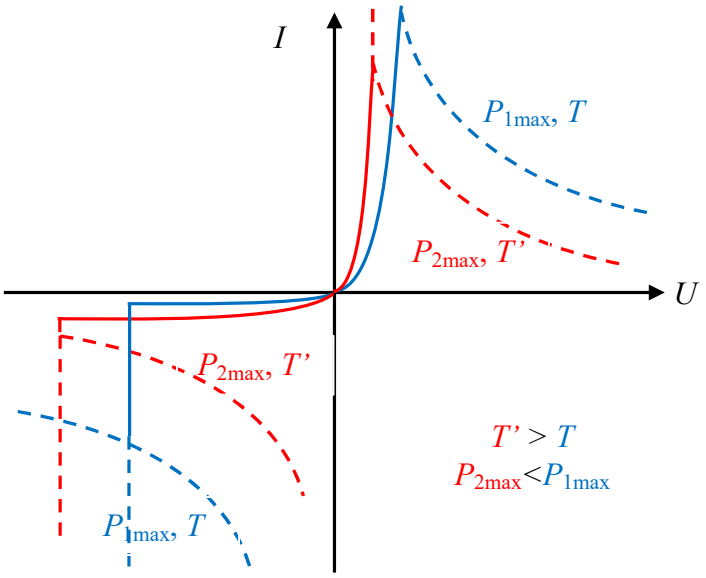

Fig.2

A característica mostra basicamente a existência de 3 zonas.

- Na polarização directa (U>0) as correntes podem ser elevadas e as tensões são sempre muito baixas (da ordem de 0,6 a 0,7 V no Si, nas aplicações usuais). Designemos por **zona 1**.
- na polarização inversa(U<0) existem duas zonas:
  - (i) uma zona onde as correntes são da ordem da corrente inversa de saturação (tipicamente de dezenas de nA no Si)$_s$ e, portanto muito baixas . Designemos por **zona 2**;
  - (ii) uma zona onde a tensão é praticamente constante, que se designa por *disrupção*. Designemos por **zona 3**.

Na análise de circuitos em regime DC existem vários modelos para os díodos (Fig.3), mais ou menos simplificados. Em todos eles a disrupção é modelada por uma bateria (uma vez que a tensão é aí considerada constante) e a zona 2 é modelada por um circuito aberto (uma vez que as correntes são desprezáveis nessa zona). Distinguem-se basicamente pela forma como modelam a zona 1.

1. **Modelo 1.** Considera o díodo como um curto-circuito para polarizações directas. É o modelo do *díodo ideal* e basicamente, se excluirmos a zona de disrupção, considera o díodo como um interruptor: curto-circuito para polarizações directas (U=0; I >0) e circuito aberto para polarizações inversas (I=0; U<0).
2. **Modelo 2**. Considera o díodo em condução apenas a partir de uma tensão de limiar V_γ. Este valor é da ordem de 0,6 V para 300 K no Si e diminui com a temperatura. O modelo para essa zona de funcionamento considera uma bateria de valor V_γ que polariza a junção inversamente (pólo positivo da bateria mais próximo da zona *n*).

3. **Modelo 3.** Considera a característica na zona de condução com declive finito. No modelo do díodo aparece uma resistência dada pelo inverso do declive dessa recta.

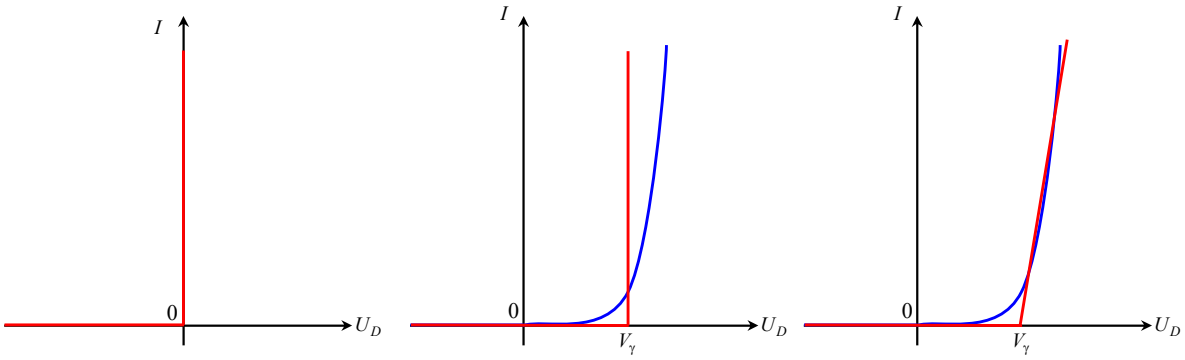

Fig. 3

Num circuito simples constituído por uma bateria, uma resistência e um díodo em série, o ponto de funcionamento em repouso (PFR) do díodo é obtido a partir da característica do díodo e da equação que resulta da análise de malhas do circuito. Esta corresponde no plano (*I*,*U*) a uma recta que se designa por *recta de carga*. Nos casos de modelos linearizados por trocos da Fig. 3, o problemas é muito fácil uma vez que a solução se obtém da intersecção de duas rectas (recta de carga e a recta da zona de funcionamento do díodo no modelo linear). Para um caso mais próximo do real, usa-se o modelo exponencial para o díodo (Fig.4). O problema resolve-se por processos numéricos.

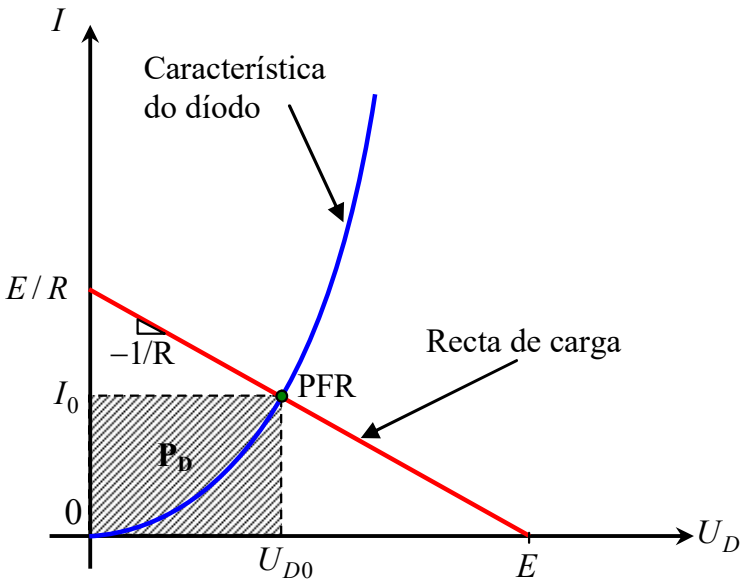

Fig. 4