MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC

Mecânica Quântica

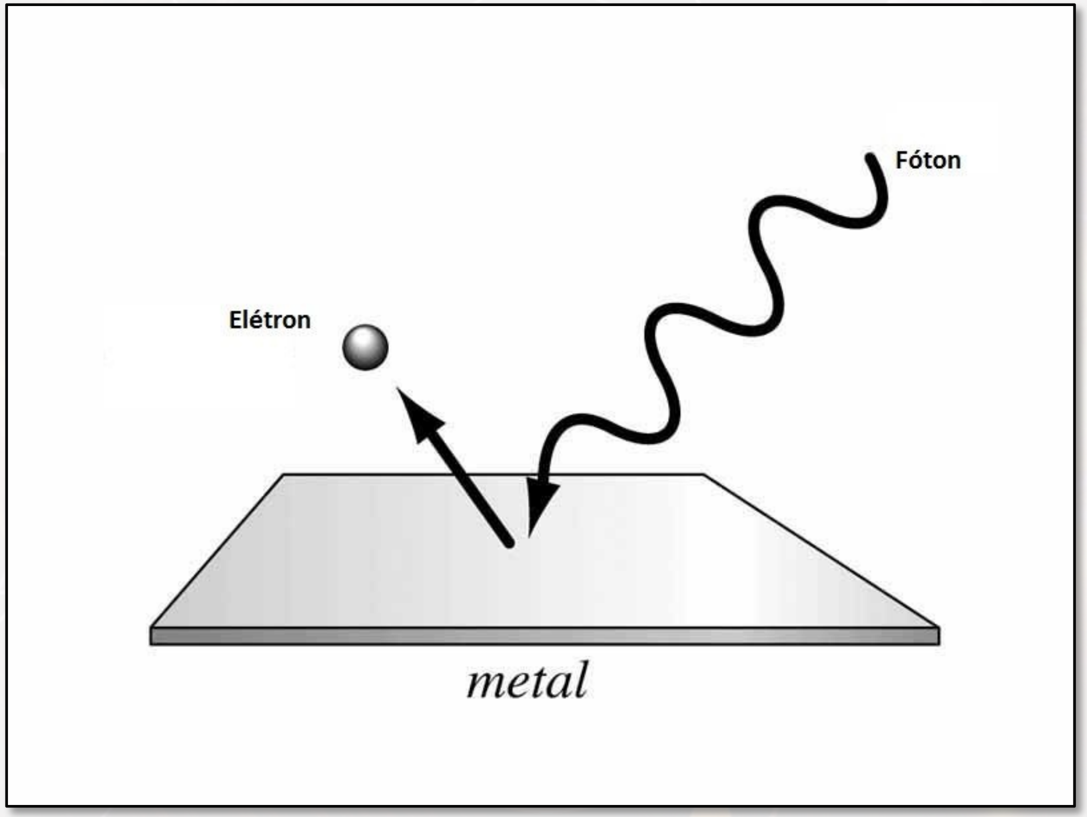
(PEF-103)

# A BARREIRA DE POTENCIAL

Welington Barbosa de Souza

UFABC

# Uma breve analogia para ajudar: efeito fotoelétrico

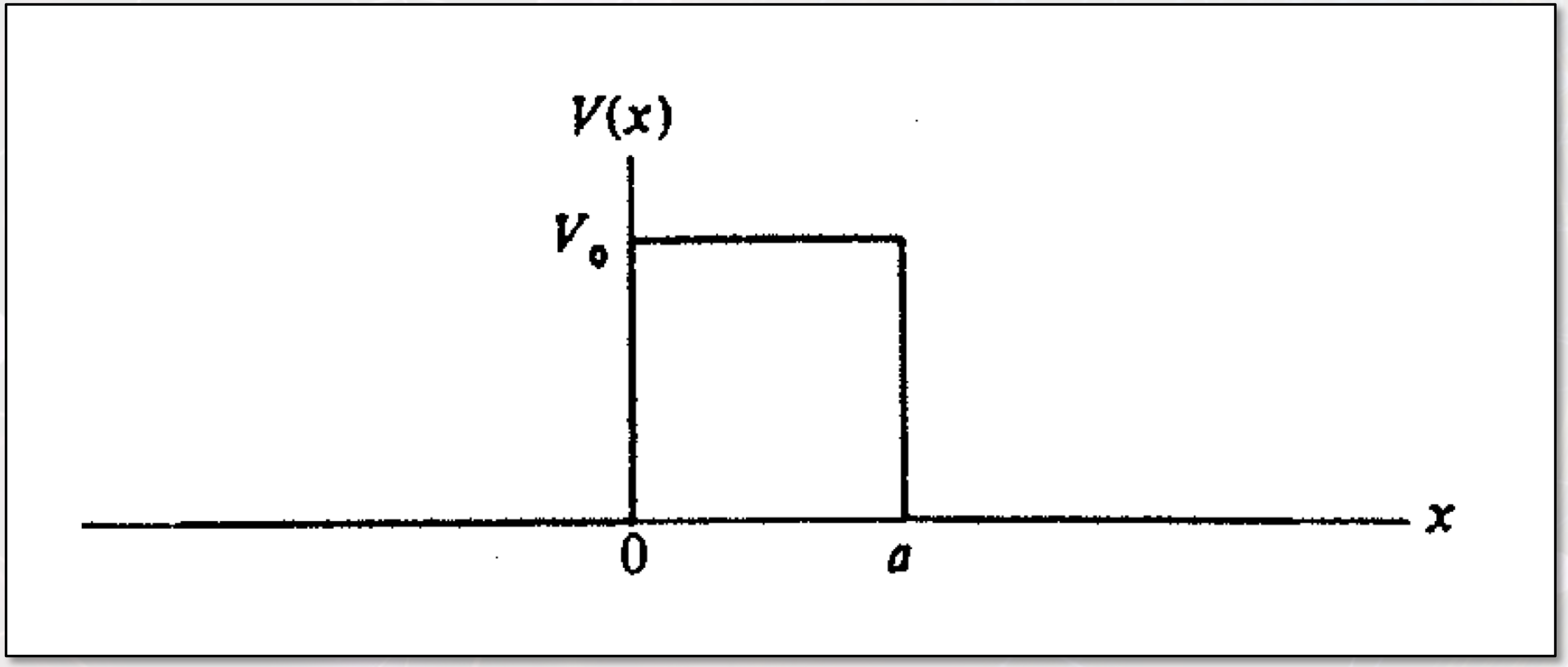



Retirado de fisicamoderna2018.wordpress.com/2018/02/07/efeito-fotoeletrico-e-suas-aplicacoes/. Acesso 26 de março de 2024.

$$E = h\nu - \phi$$

Caso: $h\nu > \phi$

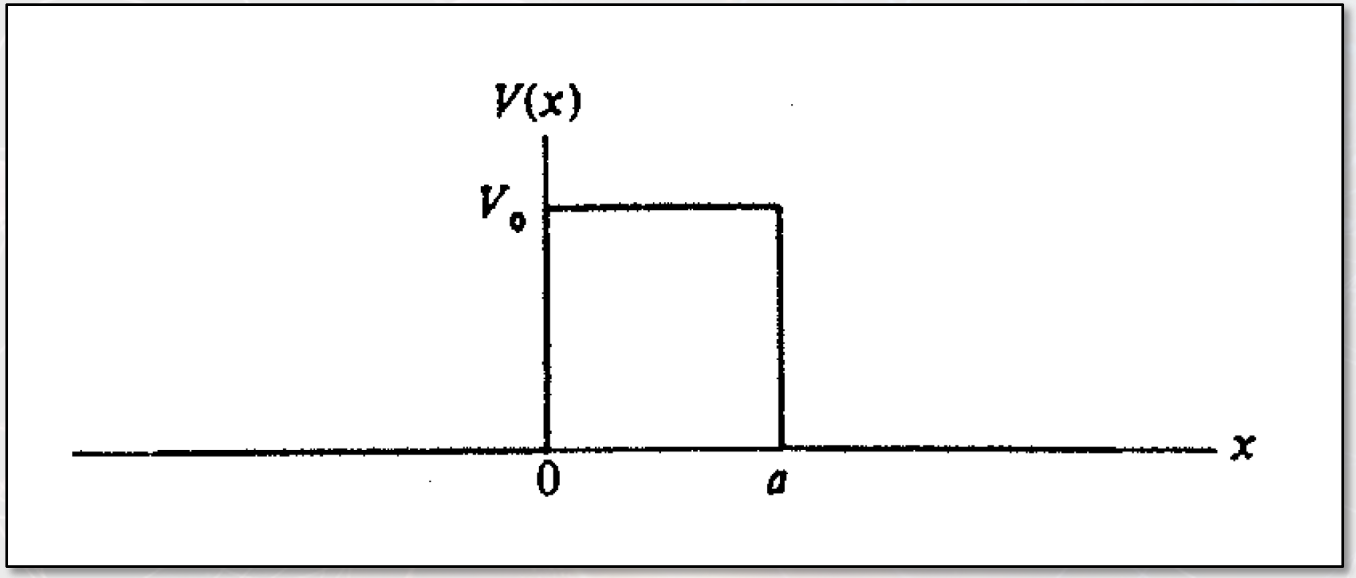
# A barreira de potencial




Eisberg, Robert, e Resnick, Robert. Física Quântica. LTC Editora, 2011.

$$V(x) = \begin{matrix} V_0 & & 0 < x < a \\ 0 & & x < 0 \; ou \; x > a \end{matrix}$$

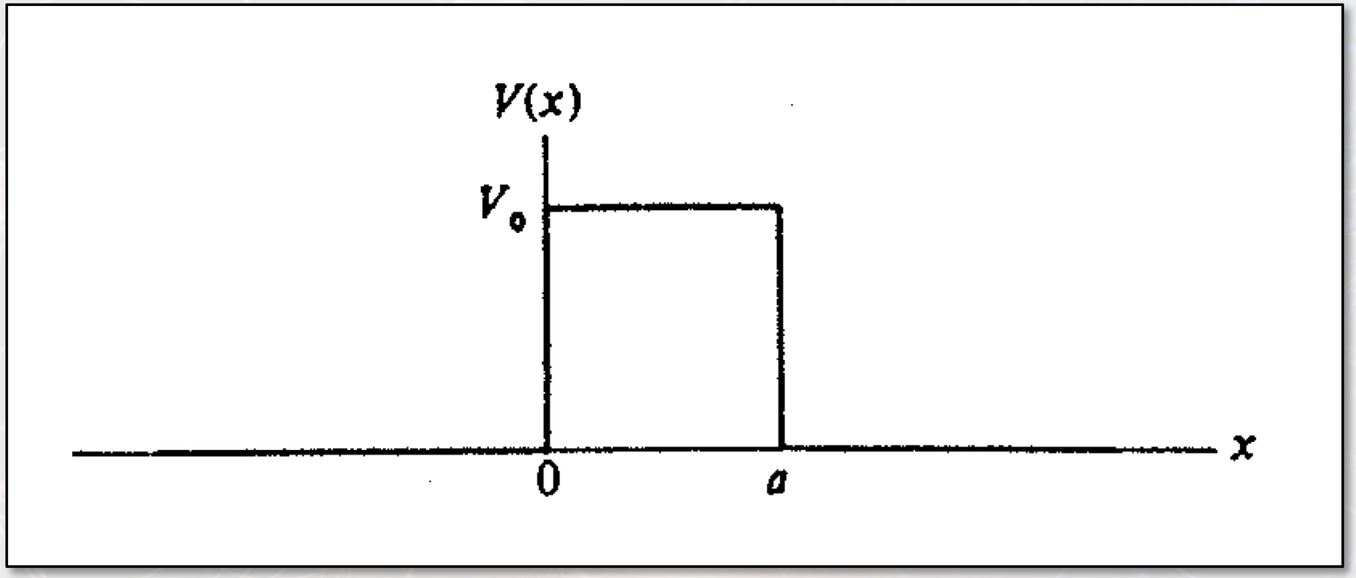
# A barreira de potencial




Eisberg, Robert, e Resnick, Robert. Física Quântica. LTC Editora, 2011.

Segundo a **mecânica clássica**, uma partícula de energia total **E** na região **x < 0**, que incide sobre a barreira se movendo no sentido de **x** crescente, tem probabilidade um de ser refletida, se **E < Vo**, e probabilidade um de ser transmitida pera a região **x > a** se **E > Vo**.

# A barreira de potencial

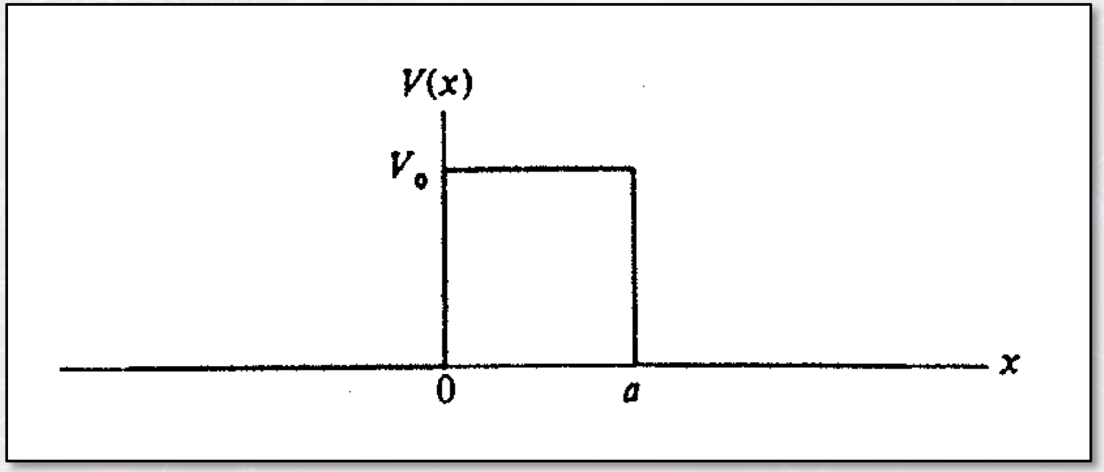



Eisberg, Robert, e Resnick, Robert. Física Quântica. LTC Editora, 2011.

Se **E** não for muito maior do que **Vo**, a teoria prevê que vai haver alguma reflexão exceto para certos valores de **E**. Se **E** não for muito menor do que **Vo**, a **mecânica quântica** prevê que há uma certa probabilidade de que a partícula seja transmitida através da barreira para a região **x > a**.

# Comportamento ondulatório

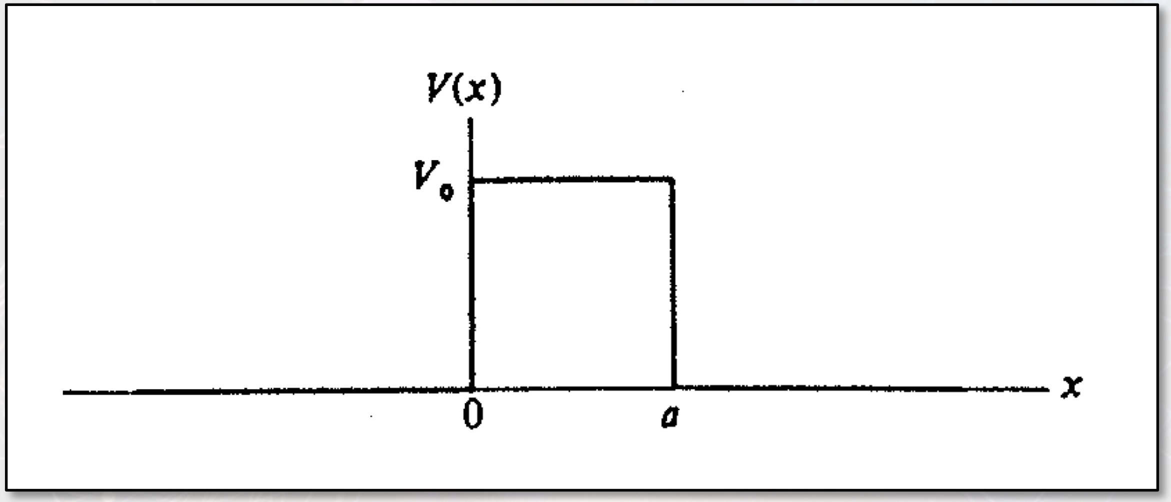
No momento em que atravessa uma barreira cuja altura excede sua energia total, uma partícula material está se **comportando exclusivamente como uma onda**.




Eisberg, Robert, e Resnick, Robert. Física Quântica. LTC Editora, 2011.

Mas na região após a barreira, ela **pode ser detectada como uma partícula** localizada, sem que seja introduzida uma incerteza significativa no conhecimento de sua energia.

# A barreira de potencial



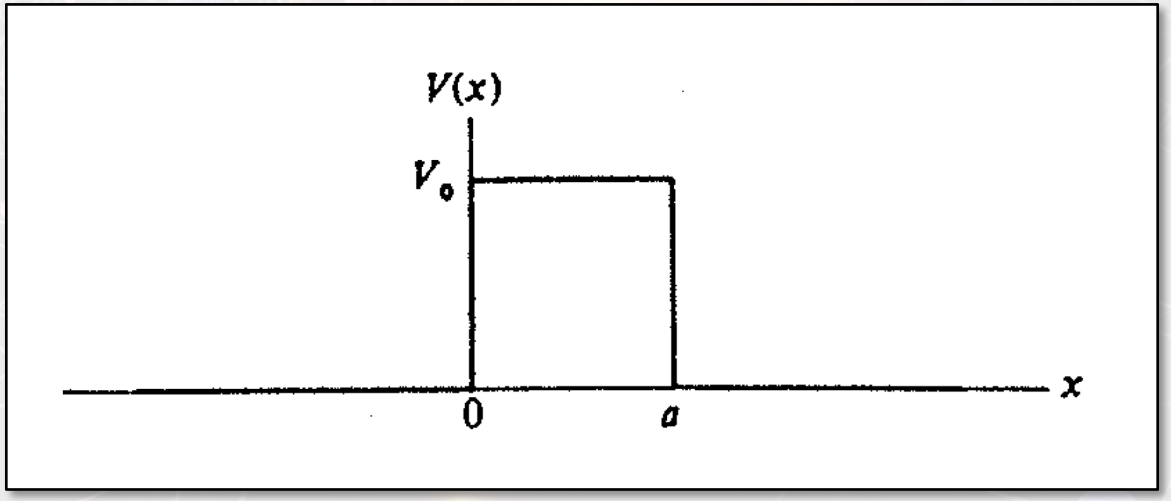

Eisberg, Robert, e Resnick, Robert. Física Quântica. LTC Editora, 2011.

Devem existir soluções aceitáveis da equação de Schroedinger independente do tempo para todos os valores da energia total $E \geq 0$.

$$-\frac{\hbar^2}{2m}\left(\frac{d^2\psi(x)}{dx^2}\right) + V_0\psi(x) = E\psi(x)$$

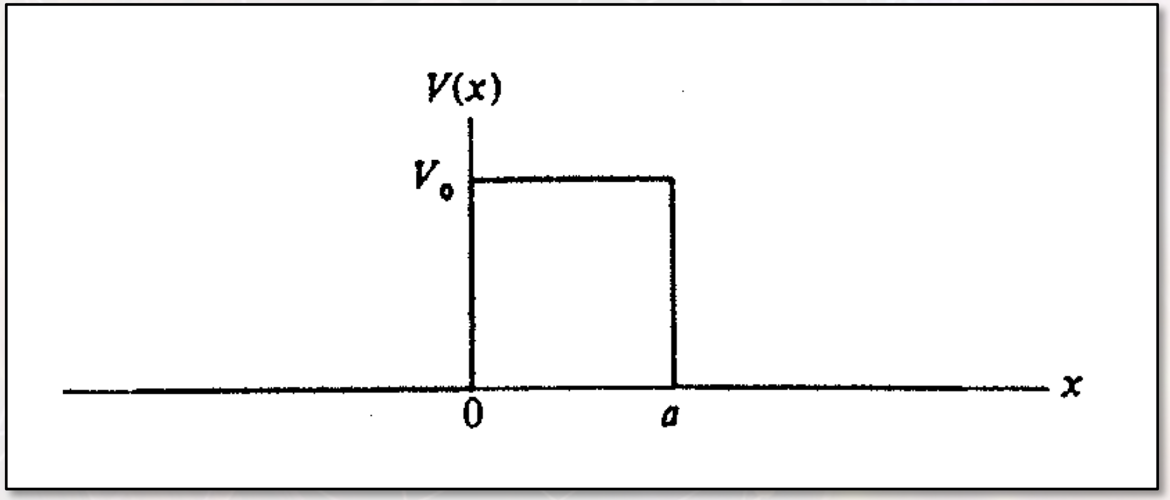
# A barreira de potencial

A equação se divide em três equações separadas para as três regiões: **$x < 0$** (à esquerda da barreira), **$0 < x < a$** (dentro da barreira), e **$x > a$** (à direita da barreira).




Eisberg, Robert, e Resnick, Robert. Física Quântica. LTC Editora, 2011.

# A barreira de potencial: x < 0 e x > a




Eisberg, Robert, e Resnick, Robert. Física Quântica. LTC Editora, 2011.

$$\psi(x) = Ae^{ik_I x} + \mathrm{B}e^{-ik_I x} \qquad x < 0$$

$$\psi(x) = Ce^{ik_I x} + \mathrm{D}e^{-ik_I x} \qquad x > a$$

$$k_I = \frac{\sqrt{2mE}}{\hbar}$$

# A barreira de potencial: 0 < x < a

Na região dentro da barreira, a forma da equação, e de sua solução geral, depende de se E < Vo ou E > Vo.

Para $E < V_0$:

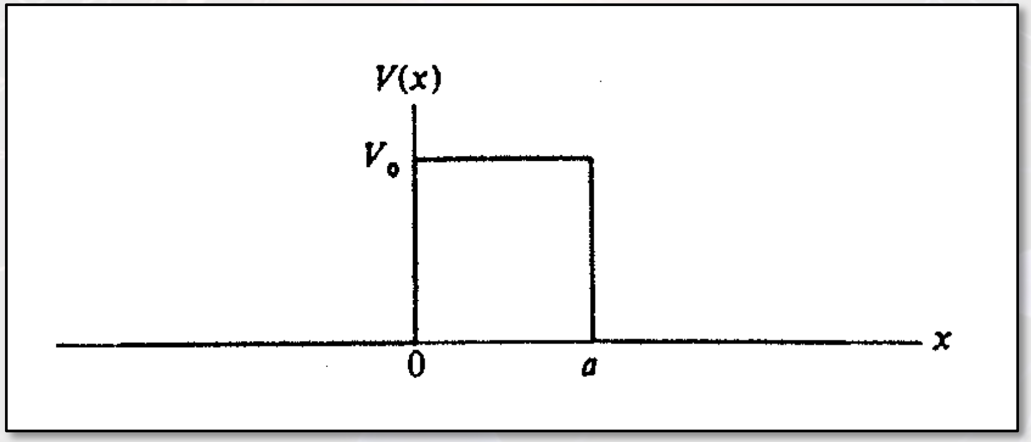
$$\psi(x) = Fe^{-ik_{II}x} + \mathrm{G}e^{ik_{II}x} \qquad 0 < x < a \qquad k_{II} = \frac{\sqrt{2m(V_0 - E)}}{\hbar}$$

Para $E > V_0$:

$$\psi(x) = Fe^{ik_{III}x} + \mathrm{G}e^{-ik_{III}x} \qquad 0 < x < a \qquad k_{III} = \frac{\sqrt{2m(E - V_0)}}{\hbar}$$

# A barreira de potencial

Como estamos considerando o caso de uma partícula incidindo sobre a barreira vinda da esquerda, na região à direita da barreira pode existir apenas uma onda transmitida, já que não há nada nessa região que produza reflexo. Assim, podemos fazer: **D = 0**.
Nesta situação, entretanto, não podemos fazer **G = 0**, já que o valor de x está limitado na região da barreira **0 < x < a** de forma que $\psi(x)$ para **E < Vo** não pode se tornar infinitamente grande.
Também não podemos fazer **G = 0** já que que $\psi(x)$ para **E > Vo** , será uma componente refletida na região da barreira que se origina na descontinuidade do potencial em **x = a**.




Eisberg, Robert, e Resnick, Robert. Física Quântica. LTC Editora, 2011.

# Densidade de Probabilidade

Consideremos o caso em que a energia da partícula é menor do que a altura da barreira, isto é, o caso: $E \; < \; V_0$.

Ao igualarmos as equações $\boldsymbol{\psi(x)}$ e $\boldsymbol{d\psi(x)/dx}$ para nos pontos x = 0 e a = 0, obtemos quatro equações para as constantes arbitrarias A, B, C, F e G. Estas equações podem ser utilizadas para calcular B, C, F e G em termos de A. O valor de A determina a amplitude da autofunção, e pode ser mantida arbitrária.

# Densidade de Probabilidade

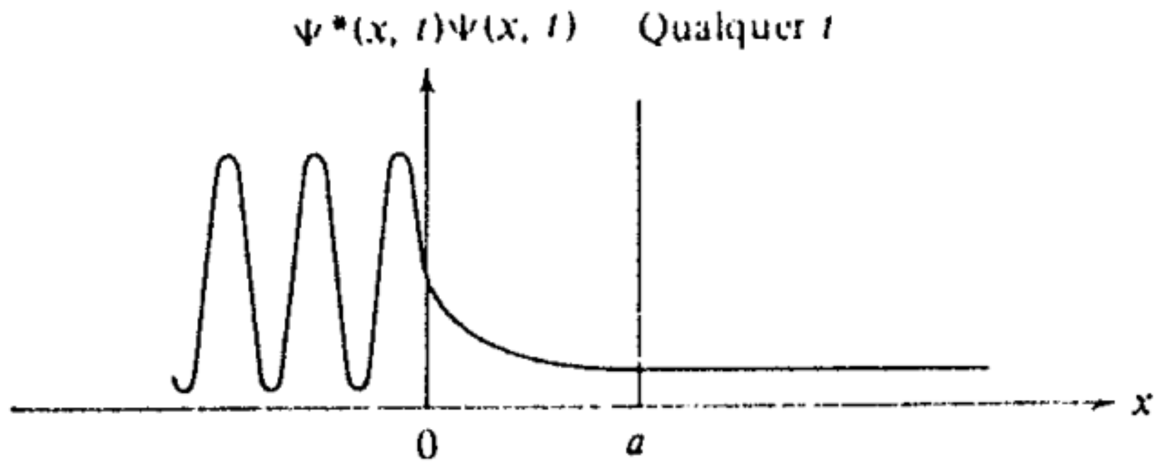



**FIGURA 6-14.** A função densidade de probabilidade Ψ*Ψ para uma situação típica de penetração de barreira.

Eisberg, Robert, e Resnick, Robert. Física Quântica. LTC Editora, 2011.

# OBRIGADO!

Welington Barbosa de Souza

welington.barbosa@ufabc.edu.br

**Universidade Federal do ABC**