A CAMINHADA QUÂNTICA E SUAS APLICAÇÕES

Edson Vaz Lopes[1], Edgard Pacheco Moreira Amorim[2]

[1]Acadêmico do Curso de Licenciatura em Física CCT bolsista PROBIC/UDESC
[2]Orientador, Departamento de Física CCT – edgard.amorim@udesc.br

Palavras-chave: caminhada quântica, informação quântica, dispersão balística.

A caminhada quântica é a contrapartida quântica às caminhadas aleatórias clássica, na qual amplitudes de probabilidade se interferem mudando drasticamente o perfil de distribuição de probabilidades e levando a um ganho quadrático na dispersão [1, 2]. Realizamos um estudo sobre o formalismo das caminhadas quânticas, elaboramos um código para obter a distribuição de probabilidade e dispersão ao longo do tempo para diferentes estados iniciais comparando-as com a caminhada aleatória clássica.

O caminhante quântico é um qubit [3], uma partícula com um grau de liberdade interno (tipo spin-1/2) e um grau de liberdade externo (posição). O estado $|\Psi\rangle$ de uma caminhada quântica pertence a um espaço de Hilbert $H = H_C \otimes H_P$, onde H_C é o espaço da moeda descrito na base $\{|\uparrow\rangle, |\downarrow\rangle\}$ e H_P é o espaço de posição na base $\{|j\rangle\}$, onde j é um inteiro e corresponde a uma posição discreta. Um estado inicial geral é dado por:

$$|\Psi(0)\rangle = \sum_{j=-\infty}^{+\infty} a(j,0)|\uparrow\rangle + b(j,0)|\downarrow\rangle \otimes |j\rangle,$$

cuja condição de normalização é dado por $\sum_{j=-\infty}^{+\infty} |a(j,0)|^2 + |b(j,0)|^2 = 1$

A evolução temporal de uma caminhada quântica a partir de um estado inicial é dada por sucessivas aplicações de um operador de evolução temporal, tal que $|\Psi(\mathrm{t})\rangle = U^t|\Psi(0)\rangle$, sendo $U = S(C \otimes \mathbb{1}_P)$, onde S é o operador de translação condicional, C é a moeda quântica e $\mathbb{1}_P$ é a identidade no espaço de posições. Utilizamos a moeda Hadamard que coloca o qubit numa superposição de estados de spins sem diferença de fase entre eles. Nessa base, pode ser escrito como,

$$H = \frac{1}{\sqrt{2}}(|\uparrow\rangle\langle\uparrow| + |\uparrow\rangle\langle\downarrow| + |\downarrow\rangle\langle\uparrow| - |\downarrow\rangle\langle\downarrow|)$$

O operador de translação condicional é dado por,

$$S = \sum_j (|\uparrow\rangle\langle\uparrow| \otimes |j+1\rangle\langle j| + |\downarrow\rangle\langle\downarrow| \otimes |j-1\rangle\langle j|)$$

que desloca o qubit para a direita (esquerda) condicionado pelo estado de spin pra cima (baixo). Realizando o cálculo acima iterativamente por 100 passos, obtemos os seguintes resultados para diferentes estados iniciais [4]:

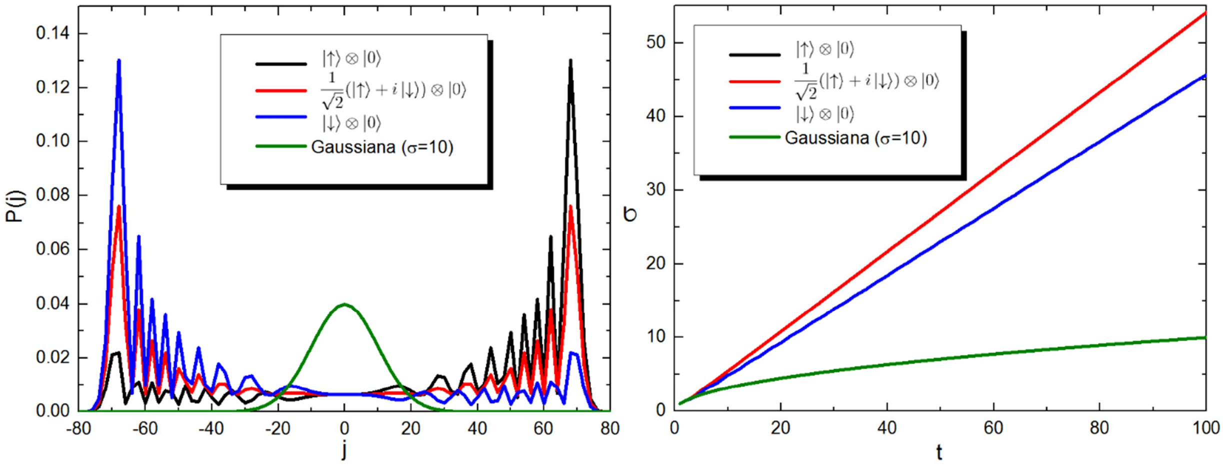

Fig.1 – Distribuição de probabilidades (a esquerda) e dispersão (a direita) para caminhadas quânticas partindo de diferentes estados iniciais (preto, vermelho e azul) comparando com a caminhada aleatória clássica (verde).

[1] Y. Aharonov, L. Davidovich, e N. Zagury, "Quantum random walks", Phys. Rev. A **48**, 1687 (1993).

[2] J. Kempe, "Quantum random walks-an introductory overview", Contemp. Phys. **44**, 307 (2003).

[3] M. Nielsen, I. Chuang, "Quantum Computation and Quantum Information", Cambridge University Press, 2000.

[4] Rafael Vieira, "Emaranhamento em Caminhadas Quânticas Desordenadas", Dissertação de mestrado em Física, Universidade do Estado de Santa Catarina, 2014.