



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA

Autorizada pelo Decreto Federal nº 77.496 de 27/04/76
Recredenciamento pelo Decreto nº 17.228 de 25/11/2016



PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENAÇÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

XXIII SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UEFS SEMANA NACIONAL DE CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA - 2019

EFEITOS DA DESCOERÊNCIA NA DINÂMICA DE ÍONS APRISIONADOS INTERAGINDO COM UM CAMPO, ALÉM DO LIMITE DE LAMB-DICK, E SUAS APLICAÇÕES EM COMPUTAÇÃO QUÂNTICA.

Lauro de Jesus Mascarenhas¹; Dagoberto Da Silva Freitas²

1. Bolsista FAPESB, Graduando em Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail:
lauromascarenhaslm@gmail.com

2. Orientador, Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: dfreitas@uefs.br

PALAVRAS-CHAVE: Caminhadas Quânticas; Íons Armadilhadas; Descoerência.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos tem sido dado uma grande atenção à computação quântica e o seu interesse tem sido intensificado em função do desenvolvimento de algoritmos que possibilitam a fatoração de números primos com velocidade superior à computação convencional. Algoritmos baseadas no controle de estados quânticos, ou simplesmente algoritmos quânticos, oferecem um ganho exponencial de eficiência em relação à algoritmos clássicos equivalentes. No entanto, a implementação experimental destes algoritmos esbarra em um grande obstáculo: a descoerência. Resultante da interação do sistema de interesse com o ambiente externo, a descoerência dificulta o controle de estados quânticos e a realização das operações que compõem os algoritmos. A descoerência leva os estados a perderem gradualmente seu caráter quântico e, conseqüentemente, sua utilidade em computação quântica fica comprometida. Para compreender a descoerência diversos modelos têm sido propostos. O mais geral requer a análise da interação entre o sistema e o ambiente, mas existem outros modelos baseados em métodos estocásticos.

O campo eletromagnético gerado pela armadilha é na faixa de ondas de rádio (RF - Radiofrequência) e é ressonante com dois níveis de energia do íon, os dois níveis de energia são dessintonizados com o campo. Um laser externo, coerente, é lançado sobre o íon e é o responsável por realizar a excitação e dexcitação iônica. Em outras palavras, quando o íon absorver um fóton do laser ocorre uma dexcitação do campo e uma excitação do íon, quanto o íon emite o fóton absorvido, ocorre o processo inverso de forma que, os estados de energia do íon se comporta como um oscilador harmônico em um constante processo de emissão-absorção. Como consequência temos que o sistema íon armadilhado + laser pode ser descrito como um sistema de dois níveis, $|H\rangle$ referente ao estado fundamental e $|T\rangle$ referente ao estado excitado, acoplado com um potencial harmônico, como mostrado na Figura 1.

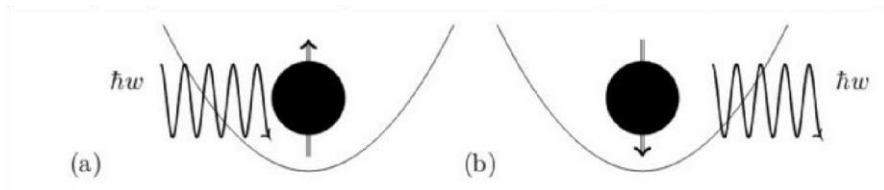


Figura 1: Representação do íon em um potencial harmônico interagindo com um campo externo. Em (a) é representado a absorção do fóton e em (b) a emissão do fóton. Produzido pelo autor.

Podemos pensar em caminhadas quânticas de forma análoga as caminhadas aleatórias clássicas. No caso clássico, o caminhante, lança uma moeda não viciada, com duas faces CARA e COROA, e, a depender do resultado, desloca-se para a esquerda ou para a direita. Entretanto, no caso quântico, a moeda do caminhante pode ocupar simultaneamente os dois estados, conseqüentemente, o caminhante pode se deslocar para ambos os lados simultaneamente. A distribuição de probabilidades está representada na figura 2.

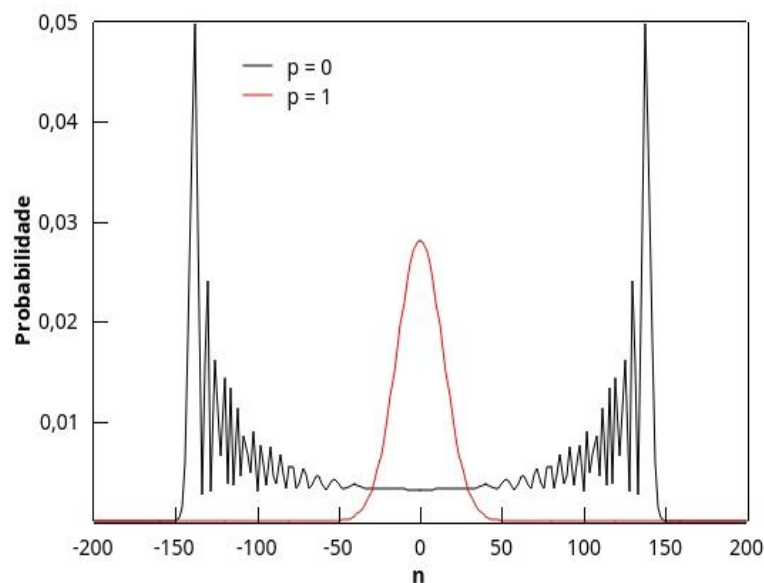


Figura 2: : Em preto temos a distribuição de probabilidades para uma caminhada quântica simétrica, $|\Psi(t_0)\rangle = \frac{|0\rangle}{\sqrt{2}} \otimes (|L\rangle + i|R\rangle)$ para um caminhante que realiza 200 passos. Em vermelho a distribuição de uma caminhada clássica. FONTE: Produzido pelo autor.

Em geral, as caminhadas quânticas são descritas no regime de lançamento da moeda, isto é, as caminhadas quânticas, por mais que o estado inicial esteja em um estado de moeda bem definido, após um determinado número de passos, a moeda está em uma superposição de estados. Classicamente, quando um observador lança uma moeda, ele não é capaz de determinar o seu estado, até que a moeda caia em sua mão e ele observe. Uma analogia semelhante pode ser aplicada na moeda quântica e o fato de o observador realizar a medição no estado da moeda a superposição é colapsada em um estado bem definido fazendo com que o observador veja um estado clássico. Esse efeito é chamado de *descoerência*, os efeitos na distribuição de probabilidade podem ser observados na figura 3.

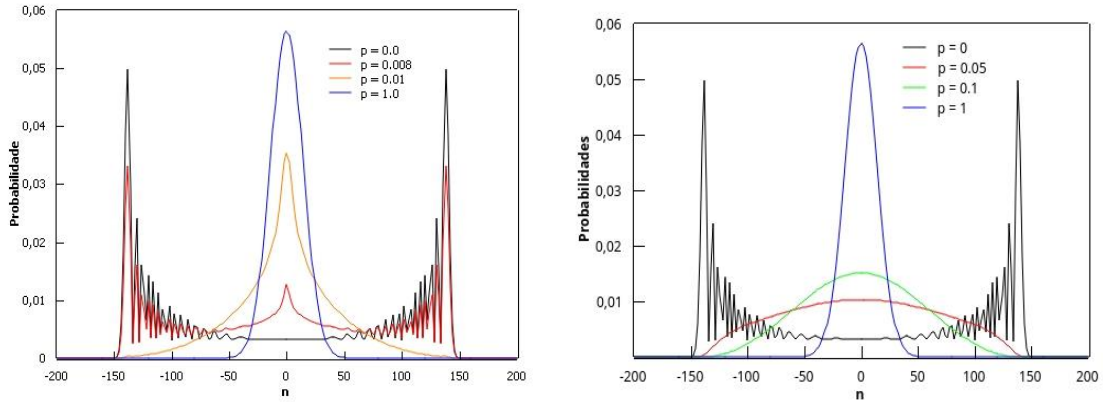


Figura 3: Descoerência na caminhada quântica gerada pela interação com o ambiente. Na esquerda mostramos a interferência no grau de liberdade interno do caminhante para um caminhante que realiza 200 passos. Na direita, a interferência causada no grau de liberdade externo. FONTE: Produzido pelo autor.

MATERIAL E MÉTODOS OU METODOLOGIA (ou equivalente)

Trabalho foi desenvolvido a partir da problemática do íon armadilhado e a descrição por meio da caminhada quântica. Em seguida foi realizada a modelagem matemática do problema e desenvolvido cálculos numéricos dos resultados obtidos em linguagem FORTRAN.

RESULTADOS E/OU DISCUSSÃO (ou Análise e discussão dos resultados)

Na descrição da interação íon-campo por meio caminhada quântica, foi observado que, quanto mais larga a passada do caminhante, maior será o deslocamento do íon, ou seja, $\Delta\alpha$ está diretamente relacionado com z_0 . Desta forma, quanto maior for a passada do caminhante, maior será deslocamento do íon na armadilha. Assim com a diminuição da distância entre dois pontos sucessivos aumenta a descoerência no sistema, ou seja, $\Delta\alpha$ está inversamente relacionada com p , de forma que, quando p é máximo $\Delta\alpha$ é mínimo e o estado do caminhante é distribuído no intervalo de relevância $\left[-\frac{N}{\sqrt{2}}, \frac{N}{\sqrt{2}}\right]$ como mostrado na Figura 4 (AMBAINIS, NAYAK e AL, 2001) (MASCARENHAS e BRAZ, 2016).

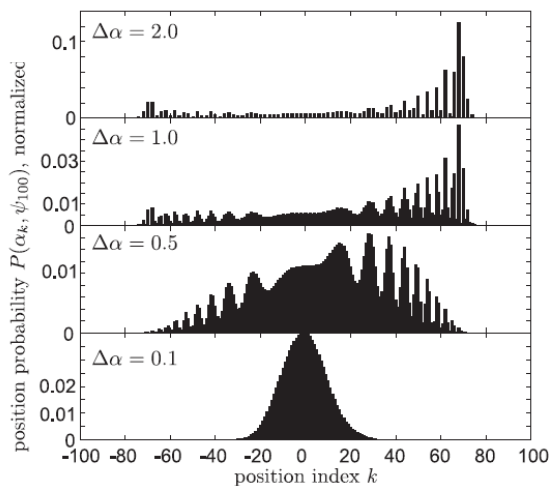


Figura 4: Distribuição de probabilidades para a posição do íon na armadilha. FONTE: (MATJESCHK, SCHNEIDER e AL, 2012)

CONSIDERAÇÕES FINAIS (ou Conclusão)

Desta forma, podemos concluir que, quanto mais larga a passa do caminhante maior é o deslocamento do íon na armadilha. Assim, fica evidente uma relação entre $\Delta\alpha$ e a posição do íon z_0 e conseqüentemente, com o PLD. Para que se tenha o íon localizado na armadilha é necessário que a dispersão na posição seja mínima, isto é, $z_0 \ll 1$, o que satisfaz o regime de Lamb-Dicke, $\eta \ll 1$. Esse resultado nos mostra que a modelagem por caminhadas quânticas descreve muito bem a dinâmica de íons armadilhados interagindo com um laser coerente externo.

REFERÊNCIAS

- AMBAINIS, A.; NAYAK, A.; et al. One-dimensional quantum walks. **Proceedings of the thirty-third annual ACM symposium on Theory of computing**, p. 37-52, 2001.
- ARAUJO, H. S. D. **Localização de estados quânticos vibracionais em armadilhas iônicas**. São Carlos: Instituto de Física de São Carlos, 2016.
- MASCARENHAS, L.; BRAZ, F. S. Efeitos de descoerência em estados quânticos. Aplicação em caminhadas quânticas. **Períodico Uefs (IC-Fapesb)**. Feira de Santana. 2016.
- MATJESCHK, R.; SCHNEIDER, C.; et al. Experimental Simulation and limitations of quantum walks with trapped ions. **New Journal of Physics**, v. 14, n. 035012, 2012.
- .