XXXII Encontro Anual de Iniciação Científica
IX Encontro Anual de Iniciação Científica Jr.
EAIC 2023

ROBUSTEZ E GERAÇÃO DE EMARANHAMENTO EM GRAFOS DE SPIN

Eduardo Kronbauer Soares (PIBIC/ARAUCÁRIA), Paulo Eduardo Lopes da Rosa (Coorientador), Fabiano Manoel de Andrade (Orientador), e-mail: fmandrade@uepg.br

Universidade Estadual de Ponta Grossa/Departamento de Matemática e Estatística

Física, Física Geral

Palavras-Chave: *Cadeias de spin, Emaranhamento de formação, Fidelidade, Geração de emaranhamento.*

Resumo

Neste trabalho, foi estudado um protocolo de geração de emaranhamento em uma cadeia de spins com 7 sítios. O protocolo consiste na evolução natural do sistema até o tempo de espelhamento para a obtenção de estados maximamente emaranhados nas extremidades da cadeia.

Introdução

O emaranhamento é um dos fenômenos quânticos mais importantes e versáteis para aplicações em informação quântica [1]. É possível gerar estados emaranhados utilizando uma cadeia de spins como a mostrada na Fig. 1. Desconsiderando a interação de um spin consigo mesmo, o Hamiltoniano dessa cadeia é dado por

$$H = \sum_{i=1}^{N-1} J_{i,i+1}[|1\rangle\langle 0|_i \otimes |0\rangle\langle 1|_{i+1} + c.h.,$$

onde $J_{i,i+1}$ é a interação entre dois spins adjacentes e $c.h.$ representa o conjugado hermitiano do primeiro termo do Hamiltoniano. O protocolo de geração de emaranhamento consiste na injeção de estados do tipo $|+\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle + |1\rangle)$ nas posições A e C da cadeia da Fig. 1 e, na evolução do sistema até o tempo de espelhamento, t_M, que é o tempo necessário para que uma excitação única se propague até a sua posição especular na cadeia. Neste tempo, o estado do sistema é dado por um estado maximamente emaranhado entre os sítios A e C.

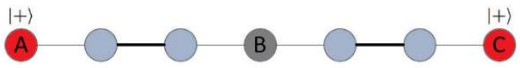


Figura 1. Cadeia de spins no instante que ocorre a injeção dos estados nos sítios A e C. Os traços claros representam interações fracas e os traços escuros representam interações fortes.

Materiais e Métodos

Este trabalho foi baseado no estudo de conceitos fundamentais da teoria de informação quântica e foi utilizado como materiais exclusivamente literatura estrangeira, dentre as quais estão incluídas as referências [1-3].

Resultados e Discussão

O estado inicial do sistema pode ser escrito como

$$|\Psi(0)\rangle = \frac{1}{2}(|0\rangle_A|0\rangle_C + |1\rangle_A|0\rangle_C + |0\rangle_A|1\rangle_C + |1\rangle_A|1\rangle_C) \otimes |0\rangle_{resto\ da\ cadeia}.$$

O emaranhamento em um tempo qualquer pode ser obtido mapeando a dinâmica da cadeia da Fig. 1 numa cadeia de spins com 3 sítios [1]. A quantidade de emaranhamento pode ser calculada utilizando o Emaranhamento de Formação (EoF) [2]. A fidelidade, $F(t) = |\langle\psi(0)|\psi(t)\rangle|^2$, pode ser utilizada para calcular a probabilidade de recuperar o estado inicial em um tempo t qualquer [3]. A Fig. 2, mostra os valores do EoF e da fidelidade $F(t)$ e é possível observar que o EoF é máximo para t_M, ou seja, o estado obtido é maximamente emaranhado.

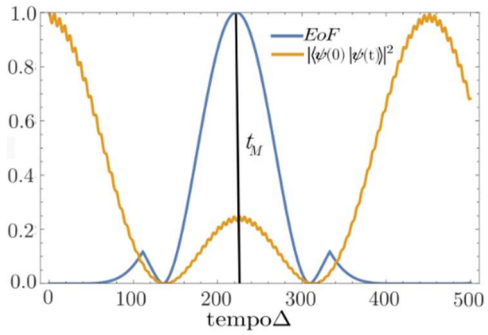


Figura 2. Fidelidade $F(t)$ (amarelo) para uma cadeia com 7 sítios e o EoF (azul) para uma cadeia com 3 sítios. O traço vertical preto marca o tempo de espelhamento.

Conclusão ou Conclusões

Usando o protocolo acima, é possível gerar estados maximamente emaranhados a partir da injeção de dois estados separáveis em uma cadeia de spins. Assim, esse sistema pode fornecer um dispositivo útil para tarefas de processamento de informação quântica envolvendo a criação e estoque de recursos de emaranhamento.

Agradecimentos

Agradecemos à Fundação Araucária, ao CNPq e ao INCT-IQ.

[1] ESTARELLAS, M. P.; D'AMICO, I.; SPILLER, T. P. Robust quantum entanglement generation and generation-plus-storage protocols with spin chains. **Phys. Rev. A**, v.95, p. 042335, 2017.
[2] WOOTTERS, W. K. Entanglement of formation of an arbitrary state of two qubits. **Phys. Rev. Lett.**, v.80, p.2245, 1998.
[3] JOZSA, R. Fidelity for mixed quantum states. **J. Mod. Opt.**, v.41, p. 2315-2323, 1994.