



[white paper]

Diamond Open Access

[aguardando revisão pelos pares]

O gato, a borboleta e o autômato

Colaboração Física Aberta¹

18 de Abril de 2021

Resumo

Propomos estudar o gato e a borboleta por meio de um autômato.

palavras-chave: superposição quântica, efeito borboleta, caos, teoria quântica, não linearidade

A versão mais atualizada deste artigo está disponível em

<https://osf.io/8dnh5/download>

Introdução

1. Neste white paper, apresento algumas discussões a partir de [1].
2. A teoria quântica, tal como a conhecemos, é composta, entre outros, dos seguintes componentes:
 - (a) mecânica quântica ordinária (mq) := descrita pela *equação de Schroedinger*,
 - (b) mecânica quântica relativística (mqr) := mq + teoria da relatividade especial (re),
 - (c) teoria quântica de campos (tqc) := mq + re + teoria de campos (tc).
3. Em resumo, $tqc = mqr + tc = mq + re + tc$.

¹Todos os autores com suas afiliações aparecem no final deste artigo.

O gato

4. `gato := teoria quântica`
5. Embora a equação de Schroedinger seja linear, ela representa apenas uma parte (um subconjunto) da teoria quântica.
6. Por exemplo, a teoria quântica de campos apresenta, em sua estrutura mais fundamental, a não linearidade própria de um sistema caótico.
7. O `gato` segue o **princípio da incerteza**, conferindo-lhe uma imprecisão nos dois observáveis canônicos, **momento** (p) e **posição** (x).

A borboleta

8. `borboleta := sistema caótico (sensibilidade às condições iniciais)`
9. A borboleta é *sensível às condições iniciais* em p (**momento**) e x (**posição**).
10. Note que ambos, o gato e a borboleta, têm imprecisão ou sensibilidade nos mesmos observáveis, p e x .

O autômato

11. Uma introdução sobre linguagem formal e autômatos está disponível neste excelente livro [2].
12. O indeterminismo de um autômato está relacionado com a existência de múltiplas possibilidades em suas respectivas “trajetórias” a partir da função de transição.
13. A existência de muitos caminhos pode ser a principal causa do indeterminismo gerado pela superposição quântica e que se manifesta, por exemplo, pelo efeito borboleta nos sistemas clássicos.

Definição

14. Um **autômato finito não determinístico** (em inglês denominado *nondeterministic finite accepter*, **nfa**) é definido matematicamente como a quintupla [2]

$$M = (Q, \Sigma, \delta, q_0, F),$$
$$\delta : Q \times (\Sigma \cup \{\lambda\}) \rightarrow 2^Q.$$

15. Q := conjunto finito de **estados internos**
16. Σ := conjunto finito de símbolos (**alfabeto de entrada**)
17. δ := função total (**função de transição**)
18. q_0 := **estado inicial**
19. $F \subseteq Q$:= conjunto dos **estados finais**

Pré-requisitos

20. 2^S := *power set* (conjunto das partes) = conjunto de todos os subconjuntos de um conjunto S
21. $\lambda = \emptyset$
22. **gráfico de transição** := diagrama (grafo) para representar um autômato, dispendo de vértices e arestas
23. **função total** := é quando o domínio de $f : S_1 \rightarrow S_2$ é todo o conjunto S_1

Qubit como um autômato

24. Considere o qubit

$$q_0 := |\alpha\rangle = a|1\rangle + b|2\rangle.$$

25. Após a medição, $|\alpha\rangle$ vai colapsar em uma de duas possibilidades.

26. Assim, temos

$$q_1 := a|1\rangle,$$

$$q_2 := b|2\rangle.$$

27. A medição do qubit (24) está representada no gráfico de transição da Fig. 1.

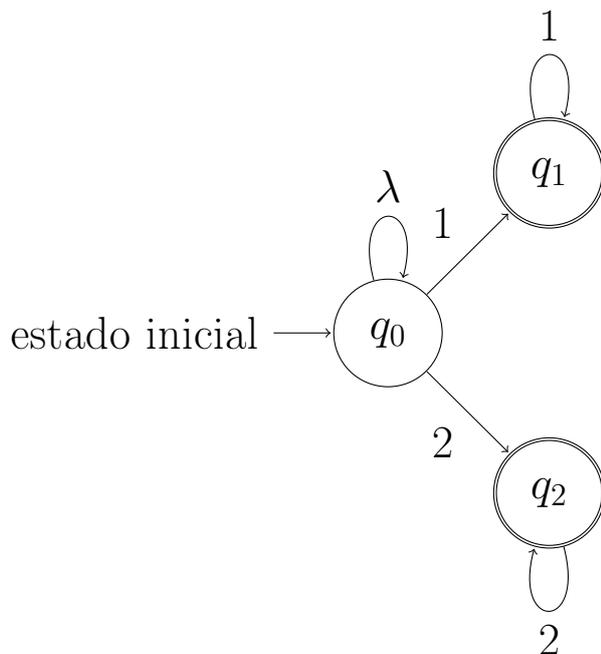


Figura 1: Gráfico de transição para a medição de um qubit.

28. A seguir, escrevemos o qubit (24) na notação (14).

$$29. Q = \{q_0, q_1, q_2\} = F$$

30. O estado final q_0 significa que nenhuma medição foi feita, isto é, o qubit permanece na superposição quântica (24).

31. O alfabeto $\Sigma = \{1, 2\}$ corresponde à leitura (no equipamento) do estado colapsado.

Considerações Finais

32. Seria o autômato a estrutura matemático-computacional que unifica os domínios quântico e clássico do caos?

Ciência Aberta

O **arquivo latex** para este artigo, juntamente com outros *arquivos suplementares*, estão disponíveis em [3]. Seja coautor(a) deste artigo, envie sua contribuição para `mplobo@uft.edu.br`.

Consentimento

33. O autor **concorda** com [4].

Como citar este artigo?

34. [5]

Referências

- [1] Novaes, Marcel. “O Gato e a Borboleta: propriedades quânticas de sistemas caóticos.” *Revista Brasileira de Ensino de Física* 43 (2021). <https://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2020-0385>
- [2] Linz, Peter. *An introduction to formal languages and automata*. Jones & Bartlett Learning, 2006. <https://books.google.com/books?vid=pDaUCwAAQBAJ>
- [3] Lobo, Matheus P. “Open Journal of Mathematics and Physics (OJMP).” *OSF*, 21 Apr. 2020. <https://doi.org/10.17605/osf.io/6hzyp>

- [4] Lobo, Matheus P. “Simple Guidelines for Authors: Open Journal of Mathematics and Physics.” *OSF Preprints*, 15 Nov. 2019. <https://doi.org/10.31219/osf.io/fk836>
- [5] Lobo, Matheus P. “O Gato, a Borboleta E O Autômato.” *OSF Preprints*, 18 Apr. 2021. <https://doi.org/10.31219/osf.io/8dnh5>

Colaboração Física Aberta

Matheus Pereira Lobo (autor principal, mplobo@uft.edu.br)^{1,2}
<https://orcid.org/0000-0003-4554-1372>

¹Universidade Federal do Tocantins (Brasil)

²Universidade Aberta (UAb, Portugal)