

Estados Quânticos e a Esfera de Bloch

FULANO C. SILVA¹, AUTOR², AUTOR³, AUTOR⁴
(Times New Roman, 11, Centralizado, Máximo quatro autores)

¹ Graduando em Tecnologia de Análise e Desenvolvimento de Sistemas, Bolsista PIBIFSP, IFSP, Câmpus Cubatão, fulanocsilva@ifsp.edu.br. (Times New Roman, 9, Justificado)

²

³

⁴

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 1.01.04.01-1 Física-Matemática

Apresentado no

10º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP ou no 4º Congresso de Pós-Graduação do IFSP

27 e 28 de novembro de 2019- Sorocaba-SP, Brasil

RESUMO: O propósito desta iniciação científica é estudar os fundamentos da Mecânica Quântica, especificamente em interpretar sistemas quânticos de dois níveis, e compreender a representação geométrica em três dimensões do bit quântico, denominada Esfera de Bloch. Primeiramente, a aluna pesquisadora licencianda em Física pelo IFSP - Câmpus Votuporanga, iniciou um estudo em Álgebra Linear, a ferramenta matemática necessária para descrever tais sistemas, em seguida, analisando como ocorreram os experimentos do spin do elétron e a polarização da luz, em que são aplicados termos como: bit clássico, bit quântico, Estados e Medições. Posteriormente, foi estudada a teoria acerca da Esfera de Bloch e suas propriedades. Motivou-se a pesquisa pela curiosidade em entender fenômenos quânticos e como podem ser descritos matematicamente. Uma das importâncias do desenvolvimento da Física Quântica está na contribuição para o ramo da computação e em seus sistemas de segurança; na medicina, cooperando no desenvolvimento de medicamentos, entre outras colaborações para nossa sociedade. Como se trata de uma pesquisa teórica, não há resultados obtidos a serem expostos.

PALAVRAS-CHAVE: Sistemas Quânticos de Dois Níveis; Mecânica Quântica; Bit Clássico; Bit Quântico, Estados e Medições; Esfera de Bloch.

Quantum States and the Bloch Sphere

ABSTRACT: The purpose of this scientific initiation is to study the foundations of Quantum Mechanics, specifically in interpreting two-level quantum systems, and to understand the three-dimensional geometric representation of the quantum bit, named as Bloch Sphere. First, the research student graduating in Physics from IFSP - Campus Votuporanga, started a study in Linear Algebra, the mathematical tool necessary to describe such systems, then analyzing how the experiments of electron spin and light bias occurred in terms of: Classic Bit, Quantum Bit, States and Measurements. Subsequently, the theory about Bloch Sphere and its properties was studied. The research was motivated by curiosity to understand quantum phenomena and how they can be mathematically described. One of the importance development of Quantum Physics is the contribution to the field of computing and security systems; at medicine cooperating in the development of medicines, among other collaborations for our society. As this is a theoretical research, there are no results to be exposed.

KEYWORDS: Quantum Systems of Two Levels; Quantum Mechanics; Classic Bit; Quantum Bit, States and Measurements; Bloch Sphere.

INTRODUÇÃO

No século XX, cientistas realizaram experimentos para observar como determinadas partículas se comportavam. No entanto, ocorreram fenômenos em que apenas o formalismo da Física Clássica não era suficiente para descrevê-los. Experimentos como a polarização da luz e o spin do elétron, apresentaram características que intrigavam os físicos da época, ocorrendo um fenômeno denominado como superposição de um sistema. A presente iniciação científica se concentra em investigar, interpretar e analisar sistemas quânticos através do seu exemplo mais simples, o sistema quântico de dois níveis, o bit quântico ou simplesmente q-bit. De acordo com Amaral e Cunha (2017), o termo bit é uma abreviação de dígito binário, uma unidade de informação utilizada no ramo da Computação e da Teoria da Informação. O bit clássico é caracterizado por uma variável que pode admitir uma entre duas repostas possíveis, genericamente 0 ou 1. Entretanto, há a possibilidade de uma superposição entre ambas as respostas, sendo possível apenas calcular a probabilidade de cada uma, ou seja, o bit quântico corresponde a um sistema quântico descrito por uma superposição (combinação linear) em que seus estados são bases ortonormais do espaço de estados do sistema. Por conta da difícil visualização do bit quântico, o físico suíço Felix Bloch desenvolveu seu trabalho em Teoria Quântica, representando o q-bit geometricamente por meio de uma esfera. A importância da Física Quântica e do estudo de sistemas quânticos se devem às grandes contribuições à nossa sociedade, por exemplo: no ramo da computação, fornecendo um melhor processamento e armazenamento de dados para os computadores e em seus sistemas de segurança, criando chaves privadas baseadas em criptografia quântica; no ramo da medicina, coopera no desenvolvimento de medicamentos, ajudando milhares de pessoas no mundo todo.

MATERIAL E MÉTODOS

Os materiais utilizados nesta pesquisa foram os livros de Álgebra Linear: Anton e Rorres (2012); Steinbruch e Winterle (1997) e Lipschutz e Lipson (2011), e materiais de estudos Amaral (2016); Amaral e Cunha (2017), disponibilizados pela orientadora e professora Dra. Bruna Gonçalves de Lima. Primeiramente, o estudo iniciou-se com a Álgebra Linear, uma área da matemática pura, necessária e fundamental para o entendimento matemático de sistemas quânticos. Posteriormente, foram estudados os principais fundamentos da Física Quântica, as características que compõem os sistemas quânticos de dois níveis, e sua interpretação geométrica, a Esfera de Bloch, visando à interdisciplinaridade entre os conteúdos. Os métodos utilizados no desenvolvimento da pesquisa foram: revisões bibliográficas e leitura dos materiais de estudo, tais como: livros, textos científicos, entre outros.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após o estudo do q-bit e de seus estados, é inserido nesta pesquisa as características e propriedades que compõem a Esfera de Bloch. De acordo com Costa e Carvalho (2005), o q-bit possui o estado $|\phi\rangle$ unitário em que suas constantes são números complexos. Ao expandir a equação substituindo as amplitudes por números com parte imaginária diferente de zero, resulta-se em um vetor unitário pertencente ao $\mathbb{R}^4$. A Esfera de Bloch é uma representação do q-bit em três dimensões, permitindo um melhor entendimento acerca de sistemas quânticos.

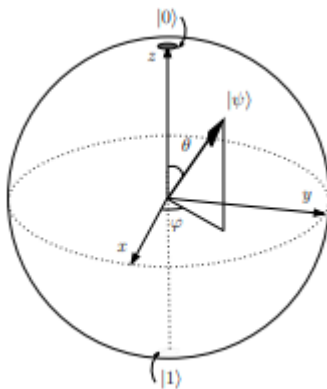


FIGURA 1. Representação de um q-bit na Esfera de Bloch. Fonte: Costa e Carvalho (2005).

Como esta pesquisa tem como enfoque o estudo teórico da Mecânica Quântica, não há resultados experimentais a serem expostos.

CONCLUSÕES

Concluimos que a importância do estudo de sistemas quânticos e suas representações fornecem uma melhor compreensão da Mecânica Quântica, permitindo um melhor desenvolvimento em pesquisas nesta área e, conseqüentemente, contribuindo em avanços tecnológicos.

AGRADECIMENTOS

Meus agradecimentos ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – Câmpus Votuporanga, e à professora Dra. Bruna Gonçalves de Lima pela oportunidade da realização da presente iniciação científica.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, B. L.; CUNHA, M. O. T. **O Bit Quântico**: a matemática necessária para descrever o sistema quântico mais simples. 2017.130 p. Disponível em: <https://www.ime.unicamp.br/~tcunha/Teach/bit_quantico_VIIIBienal.pdf>. Acesso em: 04 jul. 2019.
- AMARAL, B. L. **Uma breve introdução aos conceitos matemáticos da física quântica**. 2016. 15 p. Disponível em: <<https://www.dropbox.com/s/bcmxqh5wix02f5v/qbit.pdf?dl=0>>. Acesso em: 04 jul. 2019.
- ANTON, H.; RORRES, C. **Álgebra linear com aplicações**. 10. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012. 768 p.
- COSTA, V.; CARVALHO, L. **Representação de um Bit Quântico na Esfera de Bloch**: Visualização em Maple. Monografia submetida ao corpo docente do Instituto de Matemática e Estatística da Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ, Agosto de 2005, (apresentado como poster no XXVIII CNMAC, Setembro de 2005, SENAC, Santo Amaro - SP). Cadernos do IME - Série Matemática Vol.17 (2005)
- . Disponível em: <<https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/cadmat/article/view/11823/9256>>. Acesso em: 02 ago. 2019.
- LIPSCHUTZ, S.; LIPSON, M. L. **Álgebra linear**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011. 432 p.
- STEINBRUCH, A.; WINTERLE, P. **Introdução à álgebra linear**. São Paulo: Pearson , 1997. 245 p.