

UM ESTUDO DA ESFERA DE BLOCH

PARA REPRESENTAÇÃO E VISUALIZAÇÃO DE EMOÇÕES

JÚLIO MACHADO¹, PEDRO HENRIQUE MARCHI¹, LUCAS AGOSTINI¹,
 RENATA REISER¹ E MAURÍCIO PILLA¹

¹Universidade Federal de Pelotas – {mdsneto, reiser, phgmarchi, lbagostini}@inf.ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

O computador clássico, genericamente, pode ser descrito como uma máquina que lê um certo conjunto de dados, codificado em zeros e uns. Zeros e uns são estados que podem ser representados fisicamente; o primeiro representando baixo potencial elétrico e o segundo, representando alto potencial elétrico. Em computação quântica, utilizam-se estados quânticos em vez de estados clássicos.

Assim, o bit é substituído pelo qubit, indicado na notação de Dirac por $|\Psi\rangle$ e em superposição dos vetores bidimensionais $|0\rangle$ e $|1\rangle$, denominados estados básicos. Assim, tem-se $|\Psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle$, onde $|\alpha\rangle$ e $|\beta\rangle$ são números complexos, as amplitudes dos estados básicos. Para representação de estados quânticos unidimensionais podemos utilizar a esfera de Bloch, representando por pontos da superfície todos possíveis estados de um qubit.

Este trabalho tem por objetivo apresentar exemplos de como a esfera de Bloch e o espaço de estados podem representar emoções e como podemos visualiza-las geometricamente. Para realizar este estudo, segue-se o trabalho introduzido em RAGHUVANSHI; PERKOWSKI (2010).

Esta é a primeira etapa de um projeto para simulação de emoções a partir de algoritmos quânticos, considerando o emaranhamento para esta primeira etapa. Na sequência, busca-se modelar a incerteza na modelagem de emoções e comportamentos pela interpretação de conceitos fuzzy, implementados a partir de registradores quânticos MARON et al. (2013). Esta abordagem permite a aplicação de simuladores para aplicações quânticas multidimensionais, veja MARON et al. (2013b).

2. METODOLOGIA

Na figura 1(a), apresenta-se um círculo de pontos XY sob um plano e i/j é uma combinação de comportamento ativo/passivo com emoções positivas/negativas, que assim, fornecem uma série de emoções caracterizadas pela pesquisa psicológica reportada no trabalho introdutório em LUKA; PERKOWISK (2007). No eixo X tem-se a passividade e/ou atividade do comportamento, enquanto no eixo Y, representam-se as emoções positivas e/ou negativas. Se percorrermos qualquer ponto da circunferência, sempre haverá alguma combinação gerando uma emoção e atividade associada. Entretanto, se restringirmos a representação apenas à circunferência (roda de emoções) e não ao plano natural, limitam-se as interpretações aos casos “totalmente ativos” ou “totalmente inativos”.

Nas figuras de 1(b) a 1(d), foi adicionada uma terceira dimensão interpretando a intensidade da emoção, sendo o correspondente espaço tridimensional associado à esfera de Bloch planejado na figura 2.

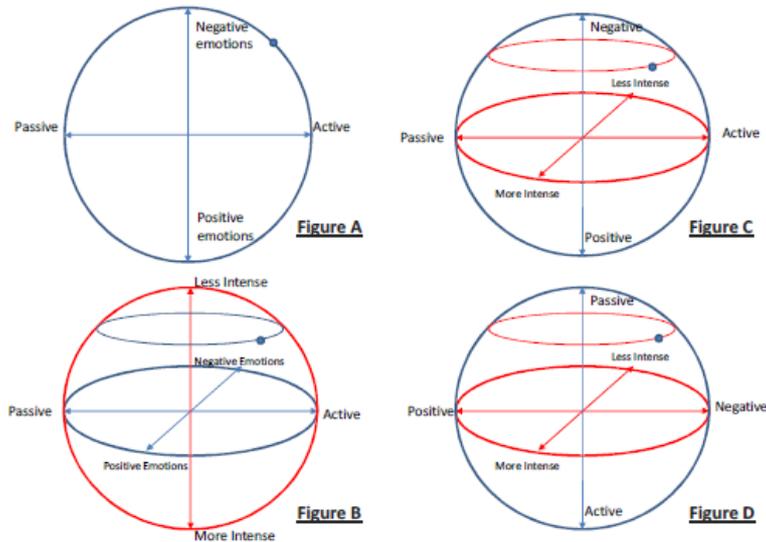


Figura1: Representação da roda de emoções, plano complexo e esfera de Bloch

De acordo com RAGHUVANSHI, PERKOWSKI (2010), nestes casos, no eixo Z tem-se a intensidade, e as emoções em volta de cada círculo agora são obtidas pela ângulo de fase dos estados quânticos. Esta visão mais compreensiva chamada esfera quântica de emoções é complementar à roda de emoções. Facilmente se estende a interpretação de apenas uma emoção e sua intensidade às interpretações simultâneas de múltiplas emoções.

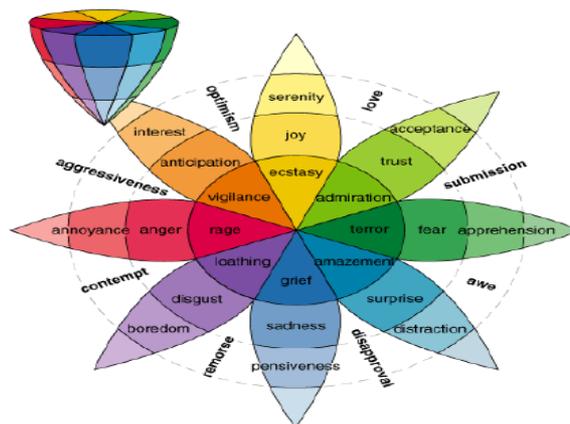


Figura 2 [RAGHUVANSHI, PERKOWSKI (2010)]: Roda de emoções

Em analogia ao comportamento humano, após uma operação de medida, apenas uma emoção será observada. O raciocínio interno e/ou dinâmico de um estado emocional pode ser descrito por um registrador quântico, construído a partir de operadores básicos da Lógica Fuzzy como negações, t-normas e t-conormas. Inclui-se ainda extensões para outros operadores fuzzy, explicitamente representado por tais operadores básicos, como a porta fuzzy EXOR e as implicações fuzzy.

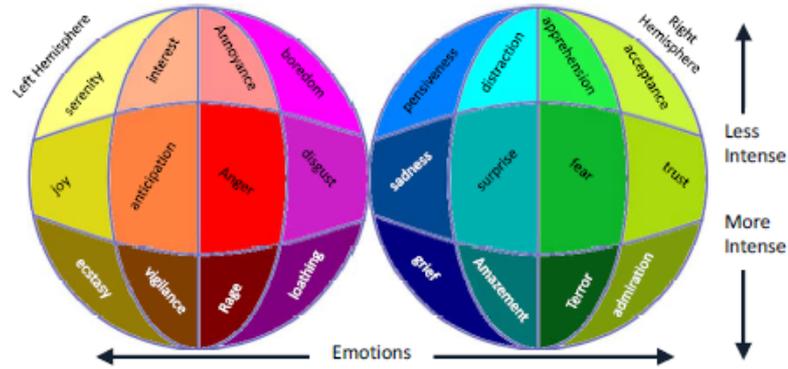
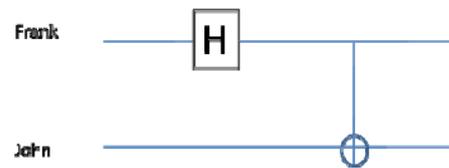


Figura 3 [RAGHUVANSHI, PERKOWSKI (2010)]: Esfera quântica de emoções

O comportamento desse circuito pode ser analisado usando os métodos de RAGHUVANSHI, PERKOWSKI (2010). Note as correlações de emoções especificadas pelos estados quânticos e operações baseadas em superposições e entrelaçamentos. Usando métodos conhecidos CARVALHO et al. (2007) para analisar circuitos quânticos fuzzy, podemos determinar o efeito das comunicações sobre as emoções de agentes (representando partes do cérebro de um robô ou de uma pessoa).

4. DISCUSSÃO - CASO DE ESTUDO

Assim, uma comunicação entre os dois agentes modelada pelo emaranhamento dos circuitos quânticos CARVALHO et al. (2007), é mostrada na Figura 4, envolvendo uma transformação Hadamard (H) e porta controlada (CNot). Estas duas matrizes associadas a estas transformações são:



$$H = \frac{\sqrt{2}}{2} \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix} \quad CNot = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \quad \text{e} \quad V = \frac{1}{2} \begin{pmatrix} 1+j & -1+j \\ -1+j & 1+j \end{pmatrix}$$

Na sequência, tem-se a matriz V indicando a transformação raiz quadrada do Not, frequentemente aplicada na construção simplificada de uma tomografia quântica. Na análise do comportamento associado ao circuito de um par ERP (Figura 4), a evolução do estado s_0 para $|s_f\rangle = CNot(H \otimes Id)|s_0\rangle$ considera os seguintes casos:

$$|s_0\rangle = |00\rangle \rightarrow |s_f\rangle = \frac{\sqrt{2}}{2}|00\rangle + \frac{\sqrt{2}}{2}|11\rangle; \quad |s_0\rangle = |01\rangle \rightarrow |s_f\rangle = \frac{\sqrt{2}}{2}|01\rangle + \frac{\sqrt{2}}{2}|10\rangle;$$

$$|s_0\rangle = |10\rangle \rightarrow |s_f\rangle = \frac{\sqrt{2}}{2}|00\rangle - \frac{\sqrt{2}}{2}|11\rangle; \quad \text{e} \quad |s_0\rangle = |11\rangle \rightarrow |s_f\rangle = \frac{\sqrt{2}}{2}|01\rangle - \frac{\sqrt{2}}{2}|10\rangle.$$

Após medida, se 1 representa feliz e 0 infeliz, pelo seu comportamento probabilístico, tem-se que no primeiro caso, se Frank e John estão infelizes, situação modelada pelo estado inicial $|s_0\rangle = |00\rangle$, resulta na seguinte análise:

$$(1) \text{med}_0 \left(|s_f\rangle = \frac{\sqrt{2}}{2} |00\rangle + \frac{\sqrt{2}}{2} |11\rangle \right) = \left(|00\rangle, p = \frac{1}{2} \right), \text{ conversam, continuam infelizes;}$$

$$(2) \text{med}_0 \left(|s_f\rangle = \frac{\sqrt{2}}{2} |00\rangle + \frac{\sqrt{2}}{2} |11\rangle \right) = \left(|00\rangle, p = \frac{1}{2} \right), \text{ conversam, percebem que não são os únicos infelizes, assim mudam de humor e os dois ficarão felizes.}$$

Situações similares são descritas para os demais casos. Esta análise se complica para mais de 4 qubits e um simulador quântico é usado.

No exemplo, podemos representar o tipo de emoção como uma fase e a intensidade da emoção como um ponto de $|0\rangle$ até $|1\rangle$. Assim, a roda de emoções é representada como o círculo central da esfera de Bloch, veja isso na Figura 5(b). Para medir a fase de estados da esfera de Bloch, faz-se uso da tomografia quântica.

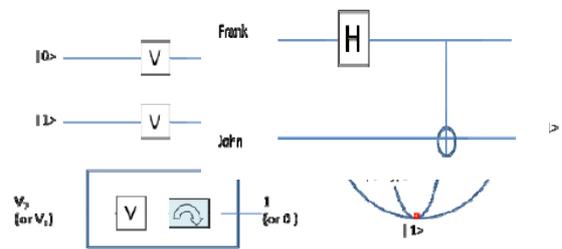


Figura 5: Aplicação da Porta V

4. CONCLUSÕES

A esfera de Bloch provê uma representação dos estados quânticos para modelagem de emoções. Pela integração destes estudos e os resultados já obtidos em MARON et al. (2013), nosso próximo objetivo busca modelar interpretações fuzzy para emoções e comportamentos a partir de conectivos fuzzy, usando registradores e operadores quânticos, com possibilidade de simulação de aplicações de múltiplos qubits.

5. REFERÊNCIAS

- CARVALHO, L.; LAVOR, C; MOTTA, V. Caracterização matemática e visualização da esfera de Bloch para computação quântica, IN: Anais do CNMAC, SBMAC, 2007. v.8, p.351- 360.
- LUKAC, M; PERKOWISK, M. Inductive Learning and Quantum Behaviors, *Facta Universitatis*, Ser. Elec. Eng. V. 20 (3) p. 561-586, 2007.
- MARON, A., VISINTIN, L., REISER, R. KERINOVICH, V. Aggregation operations from quantum computing, In: FUZZ IEEE 2013, v.1, p. 1-8, 2013.
- MARON, A.; REISER, R.; PILLA, M. High-performance quantum computing simulation for the quantum geometric machine model. In: Cluster, Cloud and Grid Computing - CCGrid 2013 - 13th IEEE/ACM International Symposium, p. 474-481, 2013.
- NIELSEN, M.; CHUANG, I. **Quantum computation and quantum information**. Porto Alegre: Bookman , 2003.
- RAGHUVANSHI, A.; PERKOWSKI, M. Fuzzy quantum circuits to model emotional behaviors of humanoid robots. IN: **EVOLUTIONARY COMPUTATION (CEC)**, Barcelona, 2010. **Anais...** Barcelona: IEEE, 2010. p.1-8.