

REDES SOCIAIS E COMPLEXAS DO ENSINO DE FÍSICA BRASILEIRO

Jefferson Oliveira do Nascimento¹; Hernane Borges de Barros Pereira²; Marcelo Albano Moret³

¹ Mestre e Doutorando em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial; Bolsista de Doutorado FAPESB;

² Doutor em Engenharia Multimídia (Universidad Politécnica de Cataluña) - Universidade do Estado da Bahia; Programa de Modelagem Computacional - CIMATEC - Salvador/BA;

³ Doutor em Biofísica (UFRJ) - Universidade do Estado da Bahia; Programa de Modelagem Computacional - CIMATEC - Salvador/BA.

RESUMO

Para o estudo de padrões emergente em redes semânticas, podem ser utilizadas as métricas pertencentes às redes sociais e complexas. Este resumo expandido tem como objetivo apresentar os resultados de redes semânticas baseadas em títulos e pelas palavras-chave de dissertações e teses em Ensino de Física no Brasil, no período de 1972 a 2006. Descrevemos o método utilizado na construção da rede. Analisamos as propriedades das redes nos âmbitos local e global bem como a implicação para a área de estudo, dos *hubs* encontrados. Os resultados indicaram que a rede é *Scale Free* (livre de escala) e *Small-World* (mundo pequeno). Ademais, com o método proposto, constatamos que a maioria das temáticas em destaque na rede está relacionada com História e Filosofia da Ciência, Recursos metodológicos no Ensino de Física, Formação de Professores e Psicologia Cognitiva.

PALAVRAS-CHAVE: Sistemas Complexos, Redes Sociais e Complexas, Redes Semânticas, Ensino de Física.

1. INTRODUÇÃO

Na literatura científica, não há uma definição para os Sistemas Complexos. Porém, algumas propriedades que caracterizam esses sistemas são apontadas: partes que se relacionam entre si; interação com o meio; adaptação ao meio; tratamento da informação em vários níveis; ordem emergente; propriedades coletivas emergentes, resultando em novos comportamentos causados pela interação entre as partes; quebra de ergodicidade; criticalidade auto organizada, caos, estrutura fractal, seguem uma lei de potência, dentre outras [1]. A investigação dos sistemas complexos ocorre por meio do formalismo matemático de sistemas dinâmicos, através de equações diferenciais, equações por meio de diferenças, mapas logísticos, autômatos celulares, redes dinâmicas (teoria e ciência das redes), etc. [1], cuja ferramenta fundamental é a utilização de recursos computacionais [2]. Então, por conta das dificuldades encontradas e relacionadas aos estudos desses sistemas que se apresentam “[...] fora do equilíbrio, a única ferramenta disponível, na prática, é o computador” (IBIDEM). Desta forma, conforme Nascimento et al. [3], uma das possibilidades de estudarmos sistemas complexos é partirmos do alicerce fornecido pelas Redes Sociais e Complexas, tendo como vértices das redes, as palavras e, as arestas, a conexão destas palavras em uma produção textual, ou seja: por meio de redes semânticas.

Para Rosa et al. [4] uma rede semântica é: “[...] um sistema utilizado para representar o conhecimento imbuído de intenção de funcionalidade e estabelecido pelo contexto. Uma rede semântica é composta de palavras, conceitos ou entidades com significado semântico e seus relacionamentos e, é representada pela Teoria dos Grafos (ibidem)”. Nesse contexto, este resumo expandido tem como objetivo propor uma investigação dos títulos e o uso de palavras-chave como elementos auxiliares para identificar um padrão no desenvolvimento do Ensino de Física nacional. Assim, propomos também, buscar um sistema complexo que contemple a interação entre os títulos e entre palavras-chave das dissertações e teses supracitadas na referida área durante o período de 1972-2006. Este resumo expandido está organizado da seguinte forma: a presente introdução. Na sequência, a proposta metodológica de criação e análise das redes. Os resultados e discussão com os resultados parciais obtidos pelas análises das redes semânticas e as considerações finais deste trabalho.

2. METODOLOGIA

Para a presente pesquisa, fizemos uso dos três volumes do Catálogo Analítico de Ensino de Física no Brasil: dissertações e teses que reúnem 891 “[...] referências de dissertações de mestrado, teses de doutorado e de livre-docência da área de Ensino de Física e correlatas, defendidas em instituições brasileiras [...]” [1], no período 1972-2006. Conforme Nascimento et al. [3] eles “[...] sintetizam a produção nacional na área de Ensino de Ciências, particularmente na área de Ensino de Física. Neste artigo consideramos o uso de palavras-chave e dos títulos das dissertações e teses como os elementos principais para formarem as redes semânticas propostas.

Para representarmos uma rede semântica, utilizamos um grafo $G = (V, E)$ que consiste em uma estrutura matemática composta por dois conjuntos: V (finito e não vazio) e E (relações binárias sobre V) [5]. Os elementos de V são denominados de vértices e os elementos de E são as arestas. Inspirados em Nascimento, Pereira e Moret [1] e Nascimento et al. [3] as métricas de redes complexas e sociais observadas e calculadas nas redes semânticas desta pesquisa são: número de vértices, número de arestas, grau médio, densidade, coeficiente de aglomeração, caminho mínimo médio e diâmetro, especificadas nas supracitadas obras, bem como o detalhamento maior nos métodos de construções das redes semânticas baseadas em títulos e palavras-chave. Para mapear os *hubs* nas redes, utilizamos os nortes presentes em Nascimento et al. [3]: para ser um *hub* o vértice deve apresentar o valor maior ou igual a soma do grau médio com dobro do desvio padrão:

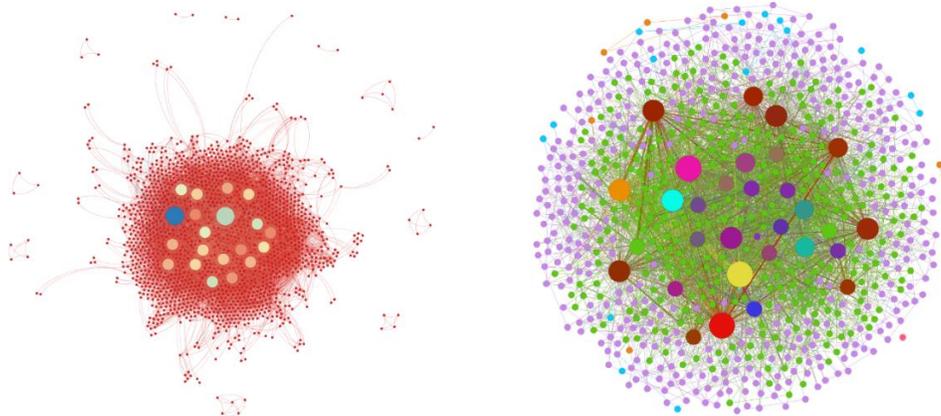
$$k_{lim} = \langle k \rangle + 2\sqrt{\frac{\sum (k - \langle k \rangle)^2}{n-1}}$$

, em que: k corresponde ao grau do vértice na rede; $\langle k \rangle$ é o grau médio dos vértices da rede e n é o número de vértices da rede.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio da metodologia proposta de construção de redes presentes em Nascimento, Pereira e Moret [1] e Nascimento et al. [3], apresentamos as rede semânticas baseada em títulos e palavras-chave (Figura 1) de dissertações e teses nacionais em Ensino de Física, para o período de 1972-2006:

Figura 1 – Rede semântica baseada em Títulos e Palavras-Chave do Ensino de Física Brasileiro, respectivamente. Fonte: Dos autores.



Na Tabela 1 e Tabela 2, apresentamos os índices de redes complexas calculados para as redes da Figura 1:

Tabela 1 – Índices de redes complexas verificados para a rede semântica baseada em títulos e palavras-chave. Fonte: Dos autores.

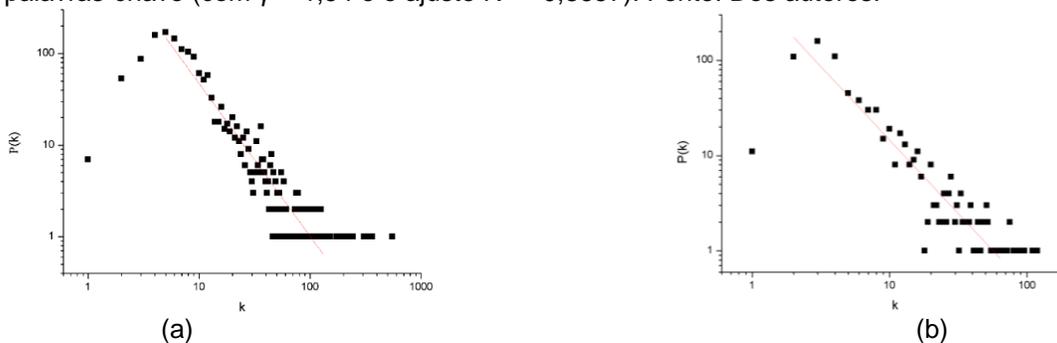
Rede Semântica	$n = V $	$m = E $	Qt. Comp.	Comp. Gigante (%)	$\langle k \rangle$	Δ	C_{ws}	L	D
Títulos	1593	13542	12	97,8	17,02	0,011	0,78 7	2,65 4	6
Maior Componente	1558	13498	1	100	17,327	0,011	0,78 4	2,65 4	6
Equivalente Aleatória	1558	13488	1	100	17,327	0,011	0,01 1189	2,85 589	4

Rede Semântica	$n = V $	$m = E $	Qt. Comp.	Comp. Gigante (%)	$\langle k \rangle$	Δ	C_{ws}	L	D
Palavras-chaves	734	3458	5	98,91%	9,422	0,013	0,716	3,004	6
Componente Gigante	726	3453	1	100%	9,512	0,013	0,714	3,004	6

Rede aleatória equivalente	726	3536	1	100%	9,512	0,013	0,013	3,013	5
----------------------------	-----	------	---	------	-------	-------	-------	-------	---

Conforme o método apresentado por Watts e Strogatz [6], realizamos uma comparação nas redes semânticas de títulos e palavras-chave entre os seus coeficientes de aglomeração e o caminho mínimo médio, entre as componentes gigantes delas e as suas respectivas redes aleatórias equivalentes. Desta forma, podemos argumentar que as redes semânticas apresentaram o fenômeno *Small-World*. Diante das informações dos *hubs* encontrados, foi possível categorizar o Ensino de Física Nacional por meio das seguintes temáticas: História e Filosofia da Ciência; pesquisas focadas na educação básica com destaque para o Ensino Fundamental; também foram verificados *hubs* na direção de recursos metodológicos para o Ensino de Física e a presença da temática de formação de professores; encontramos também, a presença marcante durante o período de 1972-2006, da temática de Psicologia Cognitiva. De acordo com os gráficos da Figura 2, a distribuição de grau de ambas as redes semânticas fornece indícios de que elas podem apresentar um comportamento, também, de redes *Scale Free*, com a presença de uma Lei de Potência na forma $P(k) \sim k^{-\gamma}$:

Figura 2 – Distribuição de graus da rede semântica baseada em títulos: (a) (com $\gamma = 1,66$ e o ajuste $R^2 = 0,8774$) títulos. (b) palavras-chave (com $\gamma = 1,54$ e o ajuste $R^2 = 0,8657$). Fonte: Dos autores.



4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio da análise da rede formada pelas palavras-chave pertencentes aos trabalhos em Ensino de Física no Brasil para o período de 1972 a 2006, foi possível caracterizar a topologia da rede semântica construída como *Small-World* e *Scale Free*. Ambas as topologias são possíveis a uma mesma rede, uma vez que não são excludentes. Por meio do mapeamento dos *hubs*, é possível sugerir que as redes semânticas objetivaram: a formação do professor de física, com pesquisas voltadas em sua grande maioria para a educação básica. Percebemos também a forte tendência na rede por pesquisas voltadas aos “recursos metodológicos” para o Ensino de Física. Psicologia cognitiva também aparece na rede correlacionadas em muitas pesquisas, com o foco em Teorias Construtivistas. Houve uma preferência na rede também em temas como História e Filosofia da ciência que se comparadas aos assuntos pertencentes à Física.

Agradecimentos

O primeiro autor agradece à FAPESB pelo suporte financeiro parcial devido à bolsa de doutorado (BOL170/2015) e o terceiro autor agradece ao CNPq pelo suporte financeiro parcial oriundo de sua bolsa de Produtividade em Pesquisa (No. 304454/2014-1).

5. REFERÊNCIAS

- NASCIMENTO, J. O. do; PEREIRA, H. B. B.; MORET, M. A. **Grfos e Teoria de Redes**: uma análise do Ensino de Física Brasileiro no período 1972-2006 por meio de cliques de palavras-chave. *REVISTA CEREUS*, v. 10, p. 315-339, 2018.
- NASCIMENTO, J. O. do; MONTEIRO, R. L. S.; MOREIRA, D. M.; MORET, M. A.; PEREIRA, H. B. B. **Semantic networks of keywords from Brazilian dissertations on physics teaching**. *Discontinuity, Nonlinearity and Complexity*, v. 7, p. 161-183, 2018.
- NASCIMENTO, J. O. do; PEREIRA, H. B. B.; CUNHA, M. V.; MORET, M. A. **Sistemas complexos e Ciências das redes**: redes semânticas baseadas em *abstracts* e *keywords* do Ensino de Física Nacional. *REVISTA CEREUS*, v. 11, p. 315-339, 2018
- ROSA, M. G.; FADIGAS, I. S.; MIRANDA, J. G. V.; CUNHA, M. V.; MONTEIRO, R.L.S.; PEREIRA, H. B. B. **Robustness in semantic networks based on cliques**. *Physica. A (Print)*, v. 472, p. 94-102, 2017.
- GROSS, J. L.; YELLEN, J. **Graph theory and its applications**. CRC press, Boca Raton FL USA 2005.
- WATTS, Duncan J.; STROGATZ, Steven H. Collective dynamics of small-world networks. *Nature*, v. 393, n. 6684, p. 440-442, 1998.