

UM MODELO TEÓRICO DE COLABORAÇÃO CIENTÍFICA PARA ESTUDOS DA COMUNIDADE DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA

A THEORETICAL MODEL OF SCIENTIFIC COLLABORATION FOR STUDIES OF THE PHYSICS EDUCATION RESEARCH COMMUNITY

Daniel Trugillo Martins Fontes¹, André Machado Rodrigues²

¹Programa de Pós-graduação Interunidades em Ensino de Ciências da USP, daniel.fontes@usp.br

²Instituto de Física da Universidade de São Paulo, rodrigues.am@usp.br

Resumo

Neste trabalho, propomos a construção de um modelo teórico que visa contribuir para a interpretação da atividade de colaboração científica na pesquisa em Ensino de Física. Realizamos uma análise conceitual do modelo, fundamentando-o em teorias sociais de aprendizagem. Apresentamos e discutimos seus três principais níveis: reificação, manuscrito e trabalho publicado, destacando o papel crucial dos objetos de fronteira na intermediação da produção desses níveis. O modelo não busca ser conclusivo ou rígido, mas sim servir como um suporte conceitual para facilitar o diálogo entre dados empíricos e as dinâmicas sociais da atividade de pesquisa em Ensino de Física. Além disso, sugerimos que o modelo não apenas enriquece a discussão sobre a identidade e a produção bibliográfica na pesquisa em Ensino de Física, mas também contribui para a compreensão de outras estruturas e dinâmicas já reportadas em trabalhos por pesquisadores da área. Como conclusão, há a tarefa de estruturar e aprofundar o modelo em coordenação com análises empíricas de redes sociais.

Palavras-chave: análise de redes; coautoria; objeto de fronteira; sociologia do conhecimento.

Abstract

In this work, we propose the construction of a theoretical model aimed at contributing to the interpretation of scientific collaboration in Physics Education research. We conducted a conceptual analysis of the model, grounding it in social learning theories. We present and discuss its three main levels: reification, manuscript, and published work, emphasizing the crucial role of boundary objects in mediating the production of these levels. The model does not aim to be conclusive or rigid but rather to serve as a conceptual framework to facilitate the dialogue between empirical data and the social dynamics of research activities in Physics Education research. Furthermore, we suggest that the model not only enriches the discussion on identity and bibliographic production in Physics Education research but also contributes to understanding other structures and dynamics reported in works by researchers in the field. In conclusion, there is a task to structure and deepen the model in coordination with empirical analyses of social networks.

Keywords: social network analysis; coauthorship; boundary object; sociology of knowledge.

CONTEXTUALIZAÇÃO

A pesquisa em Ensino de Física (PEF) no Brasil completou cinco décadas, e, segundo Nascimento, Gedoz e Pigozzo (2023), experimenta certa ampliação teórica a partir de meados dos anos 2000, aproximando-se de áreas das Ciências Humanas e Sociais além da Psicologia e Filosofia da Ciência. Dentro desse cenário, a própria *pesquisa* em Ensino de Física se tornou objeto de investigação, resultando em um aumento de estudos epistemológicos, bibliográficos, métricos e relacionais. Diversos pesquisadores e grupos buscam compreender as tendências, influências e identidade(s) da PEF, refletindo sobre a área para fortalecer a autoconsciência da comunidade em relação ao seu repertório e identidade (Fontes e Rodrigues, 2022). Este esforço reflexivo é fundamental para o desenvolvimento contínuo da PEF em sintonia com as demandas contemporâneas.

O problema de pesquisa

Neste trabalho, propomos a colaboração científica como um prisma crucial para a análise da pesquisa em Ensino de Física. Considerando-a como "o trabalho conjunto de pesquisadores para atingir um objetivo comum de produzir novos conhecimentos científicos" (Katz e Martin, 1997, p. 7), destacamos que a pesquisa científica moderna tem se tornado cada vez mais colaborativa em diversas áreas, tanto nacional quanto internacionalmente (Thelwall e Maflahj, 2022).

Explicitamente, nossa pergunta de pesquisa pode ser formulada da seguinte forma: como se estrutura a produção de conhecimento científico na PEF? Para endereçar tal questão, nos fundamentamos na teoria social de aprendizagem de Wenger (1998), juntamente com os conceitos de reificação (Wenger, 1998), e objeto de fronteira (Star; Griesemer, 1989).

Nos últimos anos, nosso grupo de pesquisa tem adotado a *análise de redes sociais* como ferramenta teórico-conceitual para estudar a colaboração científica, seguindo tendência observada em outros trabalhos. Apesar do potencial dessa abordagem, percebemos uma lacuna na existência de um modelo que organize e dê sentido aos resultados dos estudos de colaboração científica na PEF (e na pesquisa em Ensino de Ciências). Muitos desses estudos focam principalmente na dimensão

empírica, reportando números, proporções e métricas das redes bibliográficas criadas.

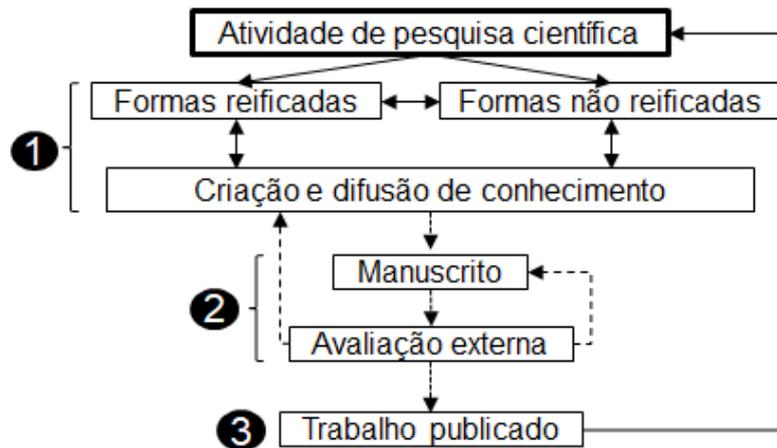
Dessa forma, identificamos a necessidade de um modelo teórico que vá além dos dados, possibilitando inferências sobre os processos subjacentes. Buscamos contribuir para a interpretação dos resultados, tanto no contexto organizacional da PEF como comunidade, quanto na geração e difusão do conhecimento por ela produzido.

SUGESTÃO DO MODELO

Primeiro, reconhecemos a atividade humana de pesquisa científica como social, ou seja, ela se molda e se origina a partir de relações sociais, considerando seus conceitos como resultado de uma atividade coordenada e coletiva (Star; Griesemer, 1989; Wenger, 1998). Essa atividade transcende a mera interação entre indivíduos, englobando instituições, ações e os modos pelos quais as relações sociais geram, reproduzem e organizam influências dentro da estrutura social. Nessa perspectiva, a pesquisa científica se revela através do conhecimento como seu produto simbólico, com o pesquisador atuando como agente produtor desse símbolo dentro de uma complexa rede de relações sociais, caracterizada pela tensão entre sua singularidade e a integração na coletividade (Engeström, 2001).

Destacamos, dentro da atividade de pesquisa, a relação de colaboração científica. Essa relação não se limita a um conceito homogêneo, mas é articulada por diversas semânticas, resultando em diferentes modalidades de colaboração ao longo do tempo. Em determinado momento, a colaboração científica pode assumir características específicas (por exemplo, na relação orientador-orientado), gerando efeitos particulares (por exemplo, a formação como pesquisador). No futuro, essas características e efeitos podem evoluir (por exemplo, através da junção de expertises). Em suma, a colaboração científica se manifesta em diversas formas, atendendo a múltiplos interesses e associando-se a diversos fenômenos epistêmicos na pesquisa científica moderna. A Figura 1 apresenta esquematicamente um modelo de pesquisa acadêmica sob a ótica da colaboração científica.

Figura 1 – Modelo da pesquisa científica pelo ponto de vista da colaboração. Setas tracejadas não necessariamente ocorrem.



Fonte: autoria própria.

O MODELO NO CONTEXTO DA PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA

Devido à restrição de espaço, exemplificaremos o modelo principalmente discutindo a colaboração científica na forma de coautoria de artigos em periódicos. A coautoria é considerada a evidência mais clara de colaboração científica. Vale pontuar que mais de 75% dos artigos na pesquisa em Ensino de Física (e Ensino de Ciências) são produzidos em coautoria (Fontes e Rodrigues, manuscrito). Outros meios de expressão de coautoria, como trabalhos em eventos ou capítulos de livros, alteram a dinâmica de formas particulares, mantendo, no entanto, o modelo apresentado na Figura 1 válido.

Primeiro nível

O primeiro nível do modelo compreende as *formas reificadas* e *não reificadas* (Wenger, 1998) que a colaboração científica assume, bem como suas relações de mediação. As formas reificadas incluem elementos explicitamente presentes no material que compõe o trabalho, predominantemente materiais escritos. Exemplos comuns são listas de autores, instituições e referências bibliográficas que sustentam os estudos de análise de coautoria e citação. Discursos de agentes da pesquisa, como professores ou alunos, também compõem a dimensão reificada. Mesmo trabalhos baseados em memórias e experiências pessoais, publicados por um único autor, podem ser entendidos como fruto de colaboração científica.

As formas não reificadas englobam todas as trocas, no sentido amplo de negociações de significado de Wenger (1998), que podem ou não resultar em um trabalho publicado. Elas ocorrem de modo mais ou menos formalizado. No âmbito informal, temos trocas entre pesquisadores que acontecem em ambientes diversos, formando os "colégios invisíveis" da PEF (Crane, 1977), ou seja, contatos informais entre pesquisadores. No âmbito formal, ocorrem trocas em espaços formalizados, como eventos e associações científicas, bancas de defesas de trabalhos de pós-graduação, entre outros. Ambas as formas de colaboração são cruciais para a existência e manutenção da pesquisa na área, coexistindo na atividade de pesquisa científica e alimentando-se mutuamente (seta horizontal na Figura 1). Um exemplo é reconhecer que em parte significativa a ideia de criação do EPEF foi fruto de atividade de colaboração científica informal, i.e., não reificada, entre pesquisadores em ensino de Física em 1985 (ver Nardi, 2005).

Em última instância, ambas as formas estão direcionadas à criação e difusão de conhecimento científico. Note que a expressão conhecimento científico deve ser tomada em sentido amplo, referente tanto ao produto (e.g. conteúdo do material científico, como o texto de um trabalho, com todos seus jargões, metáforas, e códigos de linguagem), quanto ao *modus operandi* (e.g. interpretações, intuições e ações próprias e particulares de cada pesquisador frente a um problema, ideia ou conceito, a escolha do periódico para submissão, negociação com editores e árbitros etc.). Basicamente refere-se ao 'saber-como' e 'saber-o quê' da pesquisa científica. Ao longo dessas trocas, pesquisadores trocam experiências, avaliam se compartilham dos mesmos objetivos, referenciais teóricos e expectativas, e eventualmente decidem produzir uma publicação em coautoria.

Segundo nível

O segundo nível do modelo caracteriza o processo de reificação da colaboração científica. Durante a elaboração do manuscrito, ocorre a manipulação, negociação e criação de *objetos de fronteira* (Star; Greisemer, 1989), concretizando assim a reificação da atividade (Wenger, 1998). Os objetos de fronteira são descritos como "suficientemente maleáveis para se adaptar às necessidades locais e às restrições das diversas partes que os empregam, mas também são robustos o bastante para manter uma identidade comum em vários contextos" (Star; Griesemer,

1989, p. 393, tradução nossa). Nesse quadro conceitual, o termo *objeto* representa aquilo no qual os indivíduos agem, sua materialidade decorrendo da ação, não no sentido de algo pré-fabricado (Star, 2010). Aqui, o conceito de objeto deve ser entendido como sinônimo de artefato cultural, uma forma reificada da atividade humana. O termo *fronteira* não está vinculado à divisão ou margem, mas sim a uma noção de “espaço compartilhado” no qual os indivíduos atuam (Star, 2010). Assim, os objetos de fronteira materializam e habilitam ações, sujeitos a flexibilidade interpretativa que permite que indivíduos de diferentes mundos sociais trabalhem em conjunto sem a necessidade de um consenso (Star; Griesemer, 1989; Star, 2010).

Nesse nível, há a relação dialógica de produção conjunta de um trabalho científico, buscando formas consensuais de interpretação e comunicação, que variam dependendo da história dos indivíduos envolvidos nessa atividade (por exemplo, estudantes, professores, monitores, funcionários de escolas, e os significados dessas identidades). Durante esse processo, os indivíduos colaboram e objetos de fronteira, como mapas, diagramas, figuras, listas, desenhos, modelos, são criados, negociados e manipulados na tentativa de conciliar representações abstratas dos dados e dos argumentos na forma de um trabalho. Essa fase caracteriza uma ação restrita a indivíduos específicos, na qual podemos dizer que o objeto (trabalho científico) está na fase de produção. Em determinado momento, o trabalho científico, tomado como síntese dessa atividade, é submetido à publicação. Por brevidade, consideremos que este trabalho é aceito e publicado sem alterações pelos avaliadores externos.

Terceiro nível

No terceiro nível, a forma reificada da colaboração científica torna-se pública. O trabalho publicado adentra a dimensão de circulação e consumo pela comunidade acadêmica, sustentando futuras atividades de pesquisa e reiniciando o ciclo no modelo proposto. Nessa etapa, a publicação científica incorpora um conjunto de conhecimento, contribuindo para uma generalização abstrata sobre a estrutura e dinâmica da pesquisa científica. Mais crucialmente, ela alimenta a própria atividade de pesquisa que a originou, assim como outras atividades de pesquisa e práticas sociais (e.g. ensino de física nos espaços formais e não formais). Nesse contexto, a publicação científica desempenha o papel de objeto de fronteira, agindo

como a “materialidade que atua como mediadora na condução da ciência” (Star, 2010, p. 606). Nesse nível, o objeto reificado (por exemplo, artigos) se transforma em ferramenta, pois os pesquisadores não agem mais sobre ele, mas com ele. É nesse nível que a grande maioria dos estudos que buscam entender a PEF enquanto área concentra seus esforços, realizando a sumarização, organização ou identificação de lacunas, tendências e influências, além de empregar indicadores bibliométricos.

Tanto no primeiro quanto no segundo nível, ocorre a mediação de significados e a construção coletiva de conhecimento científico. Esses processos são referenciados pelos teóricos de redes (por exemplo, Moody, 2004) em seus trabalhos após a análise do material constatado no terceiro nível. Em outras palavras, dada a existência de materiais publicados em coautoria nos quais é possível determinar certa estrutura de rede, então se realiza um trabalho de inferência sobre a dinâmica de criação e difusão do conhecimento por essa rede.

ENCAMINHAMENTO

Neste trabalho, propomos um modelo de colaboração científica que pode contribuir para o estudo da estrutura, dinâmica e identidade da PEF. O modelo não busca ser completo ou fixo, mas sim um suporte conceitual para facilitar a explicação e promover o diálogo sobre as diversas formas com as quais a PEF molda sua identidade. Sugerimos que o modelo apresentado não apenas enriquece a discussão sobre a identidade e a produção bibliográfica da PEF, mas também auxilia na compreensão de outras estruturas e dinâmicas já relatadas em trabalhos por pesquisadores da área. Isso inclui o *modus operandi* da PEF (Nascimento; Gedoz; Pigozzo, 2023), sua genealogia acadêmica, a ascensão e queda de linhas temáticas, a escolha e o abandono de referenciais pelos pesquisadores, o desenvolvimento de grupos de pesquisa diversificados em termos de objetos de investigação, referenciais teóricos e metodológicos (Nardi, 2005), entre tantas outras atividades, estruturas e dinâmicas que permeiam e caracterizam a identidade da PEF. Há, ainda, a tarefa de aprimorar e aprofundar o modelo em coordenação com as análises empíricas de redes sociais.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, processo 140901/2022-1.

Referências

CRANE, D. Social structure in a group of scientists: a test of the “invisible college” hypothesis. *In*: Leinhardt, S. (Ed.). **Social Networks: a developing paradigm**. Elsevier: Amsterdã. 1977, p. 161-178.

ENGESTRÖM, Y. Expansive learning at work: Toward an activity theoretical reconceptualization. **Journal of Education and Work**, v. 14, n. 1, p. 133–156, 2001.

FONTES, D. T. M.; RODRIGUES, A. M. Tendências de investigação em la enseñanza de la física em revistas académicas ibero-americanas. **Revista De Enseñanza De La Física**, v. 34, n. 2, p. 33-45, 2022.

FONTES, D. T. M.; RODRIGUES, A. M. Análise local, pensamento global: estrutura e dinâmica de relações colaborativas na pesquisa em ensino de ciências.

Manuscrito

KATZ, J. S.; MARTIN, B. R. What is research collaboration?. **Research policy**, v. 26, n. 1, p. 1-18, 1997.

MOODY, J. The structure of a social science collaboration network: Disciplinary cohesion from 1963 to 1999. **American sociological review**, v. 69, n. 2, p. 213-238, 2004.

NASCIMENTO, M. M.; GEDOZ, L.; PIGOZZO, D. Desigualdades estruturais, práticas sociais e epistêmicas: o *modus operandi* das ciências sociais no estudo de objetos da educação em ciências. *In*: OSTERMANN, Fernanda; ARAUJO, Ives Solano; NASCIMENTO, Matheus Monteiro (Orgs.). **Cadernos de Pesquisa do Programa de Pós-graduação em Ensino de Física da UFRGS**. São Paulo: Pimenta Cultural, 2023, p. 219-241.

NARDI, R. Memórias da educação em ciências no Brasil: a pesquisa em ensino de física. **Investigações em ensino de Ciências**, v. 10, n. 1, p. 63-101, 2005.

STAR, L. S. This is not a boundary object: Reflections on the origin of a concept. **Science, technology, & human values**, v. 35, n. 5, p. 601-617, 2010.

STAR, L. S.; GRIESEMER, J. R. Institutional ecology, translations' and boundary objects: Amateurs and professionals in Berkeley's Museum of Vertebrate Zoology, 1907-39. **Social studies of science**, v. 19, n. 3, p. 387-420, 1989.

THELWALL, M.; MAFLAHI, N. Research coauthorship 1900–2020: Continuous, universal, and ongoing expansion. **Quantitative Science Studies**, v. 3, n. 2, p. 331–344, 2022.

WENGER, E. **Communities of practice, learning, meaning and identity**. Cambridge, UK: Cambridge University Press. 1998.