

Reflexão sobre duas décadas do grupo de pesquisa colaborativa na formação de professores de Geociências: Interdisciplinaridade e Ciência do Sistema Terra

A STUDY ABOUT TWO DECADES OF A COLLABORATIVE RESEARCH GROUP FOR TEACHER EDUCATION ON GEOSCIENCE: INTERDISCIPLINARY AND EARTH SYSTEM SCIENCE

PEDRO WAGNER GONÇALVES¹, NATALINA APARECIDA LAGUNA SICCA², ALESSANDRA RODRIGUES³, ANA ROSA JORGE DE SOUZA⁴, BRUNA ISABELLA DE FIGUEIREDO⁵, HERMOM REIS SILVA⁶, MARCELO LUIS DE BRINO⁷, MARIA BERNADETE DE SIQUEIRA CANESIN⁸, MARIA CRISTINA DA SILVEIRA GALAN FERNANDES⁹, MARIA JOSÉ DOS SANTOS¹⁰, MAURÍLIO ANTONIO RIBEIRO ALVES¹¹, MIRIAN MONEDA ALBERTO DE LA CORTE¹², REINO LUIZ DE FIGUEIREDO¹³

1 - UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS, INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS, PPG ENSINO E HISTÓRIA DE CIÊNCIAS DA TERRA, DOUTOR EM FILOSOFIA, PROFESSOR ASSOCIADO, CAMPINAS, SP, BRASIL.

2 - UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, FACULDADE DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS DE RIBEIRÃO PRETO (APOSENTADA), DOUTORA EM EDUCAÇÃO, RIBEIRÃO PRETO, SP, BRASIL.

3 - REDE MUNICIPAL DE ENSINO DE LUIS ANTONIO, DOUTORA EM CIÊNCIAS, PROFESSORA, LUIS ANTONIO, SP, BRASIL.

4 - REDE ESTADUAL DE EDUCAÇÃO DO ESTADO DE SÃO PAULO, REDE SESI, DOUTORA EM CIÊNCIAS, PROFESSORA, RIBEIRÃO PRETO, SP, BRASIL.

5 - REDE ESTADUAL DE EDUCAÇÃO DO ESTADO DE SÃO PAULO, PROFESSORA, LICENCIADA EM QUÍMICA, RIBEIRÃO PRETO, SP, BRASIL.

6 - REDE ESTADUAL DE EDUCAÇÃO DO ESTADO DE SÃO PAULO, PROFESSOR, LICENCIADO EM CIÊNCIAS DA NATUREZA, SÃO PAULO, SP, BRASIL.

7 - FACULDADE SESI, MESTRE EM ENSINO E HISTÓRIA DE CIÊNCIAS DA TERRA, PROFESSOR, SÃO PAULO, SP, BRASIL.

8 - REDE ESTADUAL DE EDUCAÇÃO DO ESTADO DE SÃO PAULO (APOSENTADA), LICENCIADA EM MATEMÁTICA, RIBEIRÃO PRETO, SP, BRASIL.

9 - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO, PPG DE EDUCAÇÃO, DOUTORA EM EDUCAÇÃO ESCOLAR, PROF. ASSISTENTE DOUTORA, SÃO CARLOS, SP, BRASIL.

10 - INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SÃO PAULO, CAMPUS SERTÃOZINHO, DOUTORA EM CIÊNCIAS, PROFESSORA, SERTÃOZINHO, SP, BRASIL.

11 - UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, FACULDADE DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS DE RIBEIRÃO PRETO (APOSENTADO), DOUTOR EM CIÊNCIAS, RIBEIRÃO PRETO, SP, BRASIL.

12 - REDE ESTADUAL DE EDUCAÇÃO DO ESTADO DE SÃO PAULO (APOSENTADA) LICENCIADA EM BIOLOGIA, RIBEIRÃO PRETO, SP, BRASIL.

13 - REDE ESTADUAL DE EDUCAÇÃO DO ESTADO DE SÃO PAULO (APOSENTADO) LICENCIADO EM GEOGRAFIA, RIBEIRÃO PRETO, SP, BRASIL.

Abstract: Introduction. This paper shows up the process of development of the collaborative research group Interdisciplinary by means of Earth System Science to geoscience teacher education. **Objective.** The paper explains how teachers acquire pedagogical and content knowledge by means an interactive interrelationship among them and with researchers of university. **Methodology.** The investigation is based on the pedagogy of place to search for curricular themes to improve biogeochemical cycles of nature during Geologic Time. **Results.** The experience reveals the necessity of professionalize teachers to realize the importance of their autonomy for best decisions about curriculum to their students. **Conclusion.** The main findings are concerned the improvement of teaching and learning by means processes about the transformations of water, sand and iron during the history of Earth. Finally, a curricular proposal to the politics of teacher education for Earth Sciences based on the place and systemic transformations and geologic processes is suggested.

Resumo: Introdução. Este artigo mostra o desenvolvimento do grupo de pesquisa colaborativa *Interdisciplinaridade e Ciência do Sistema Terra como Eixos para o Ensino Básico* para formar professores de Geociências. **Objetivo.** O artigo explica como os professores adquirem conhecimento pedagógico e de conteúdo por meio da inter-relação entre eles mesmos e com pesquisadores da universidade. **Metodologia.** A investigação baseia-se na pedagogia do lugar na busca de temas curriculares do ensino básico para melhorar o entendimento dos ciclos biogeoquímicos da natureza durante a história da Terra. **Resultados.** A experiência revela a necessidade de profissionalizar os professores para valorizar sua autonomia de decidir sobre o melhor currículo para seus alunos. **Conclusão.** As principais conclusões dizem respeito à melhoria dos processos de ensino e aprendizagem usando as transformações da água, areia e ferro durante o Tempo Geológico. Por fim, sugere-se um programa (um currículo) para a política de formação de professores de Ciências da Terra baseado no lugar, nas transformações sistêmicas e nos processos geológicos.

Citation/Citação: Gonçalves, P. W., Sicca, N. A. L., Rodrigues, A., Souza, A. R. J. de, Figueiredo, B. I. de, Silva, H. R. Brino, M. L. de, Canesin, M. B. S., Fernandes, M. C. S. G., Santos, M. J. dos, Alves, M. A. R., La Corte, M. M. A. de, & Figueiredo, R. L. (2023). Reflexão sobre duas décadas do grupo de pesquisa colaborativa na formação de professores de Geociências: Interdisciplinaridade e Ciência do Sistema Terra. *Terraê Didática*, 20(Publ. Contínua), 1-11, e024002. doi: 10.20396/td.v20i00.8675100.



Artigo submetido ao sistema de similaridade

Keywords: Earth Sciences Teaching, Teacher education, Curriculum, Qualitative research, Teacher knowledge.

Palavras-chave: Ensino de Geociências, Formação de professores, Currículo, Pesquisa qualitativa, Conhecimento do professor

Manuscript/Manuscrito:

Received/Recebido: 24/11/2023

Revised/Corrigido: 30/11/2023

Accepted/Aceito: 06/12/2023

Editor responsável: Celso Dal Ré Carneiro 

Revisão de idioma (Inglês): Hernani Aquini Fernandes Chaves 



Introdução

A solenidade promovida em 2013 pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino e História de Ciências da Terra que marcou os 40 Anos do Ensino de Geociências no Brasil foi uma oportunidade para o Grupo de Pesquisa *Interdisciplinaridade e Ciência do Sistema Terra como Eixos para o Ensino Básico* fazer uma reflexão sobre os primeiros dez anos de atividades. Agora, dez anos depois, em 2023, é o momento para um novo balanço sobre o que foi realizado, o que o conhecimento do Grupo de Pesquisa avançou e quais são os desafios da formação continuada de professores sobretudo sob as condições indicadas por Reid & O'Donoghue (2004).

Reid & O'Donoghue (2004) trazem elementos cruciais para enfrentar a tarefa de formar professores para Ciências da Terra no século XXI. Ao fomentar a autonomia do professor para desenvolver o currículo e dessa forma elaborar materiais didáticos, planejar unidades e atividades de ensino, reunindo teoria e práticas de campo e laboratório, congregando-se professores de diferentes disciplinas e unidades de ensino, encontramos coincidências com as análises realizadas por Reid & O'Donoghue (2004). Estes assinalam um aparente paradoxo: mudanças econômicas e culturais do século XXI requerem pessoas preparadas para a instabilidade e a incerteza do futuro. A reação de governos de diferentes países é reformar o currículo e mudar a formação dos professores. O que surpreende são as políticas oficiais e os movimentos privados voltados para um mundo cujas competências se vinculam à estabilidade.

O Grupo de Pesquisa valorizou o papel intelectual do professor como agente capaz de tomar decisões no processo curricular. Dessa forma, houve incentivo à pesquisa e reflexão, à busca de alternativas diferentes para ensinar. Ao lado de valorizar o professor como intelectual¹ ajuda a desenvolver a criatividade e enfrentar situações novas e imprevisas. Ao mesmo tempo, desde o final do século XX, inúmeras reformas curriculares ocorreram. Afetaram de modo diferente grupos de professores e de escolas de acordo com as condições institucionais (cultura escolar, aspectos

1 Apoiados em Apple et al. (2020), concebemos os professores como intelectuais públicos, cuja tarefa é apresentar espaços possíveis de práticas e políticas criticamente democráticas e compreender que atualmente há disputas sobre como deve ser a democracia nas escolas.

locais, condições históricas e de participação da comunidade etc.) mas a tendência predominante foi pelo aumento do controle sobre o currículo. Por diferentes instrumentos, os professores passaram a ter menos liberdade para decidir sobre o quê e o porquê ensinar, como fazê-lo e como avaliar a aprendizagem de seus alunos.

Considerando tais elementos, o objetivo desta reflexão é indicar quais foram os passos principais dados pelo Grupo de Pesquisa em termos de temáticas abordadas, de metodologias de ensino e de processos de avaliação da aplicação de unidades de ensino inovadoras em sala de aula, ao mesmo tempo em que se estabelece um currículo para formar professores (uma proposição curricular de programa para formar professores a partir do conhecimento das Ciências da Terra).

Uma pergunta preside a presente exposição:

Como organizar programas de formação de professores voltados para a autoria do currículo, tendo Ciência do Sistema Terra como eixo?

Justificativa

Alfabetização científica

Hurd (1998) argumenta que é preciso refletir sobre a natureza do Ensino de Ciências. Para ele é preciso dar mais relevância aos aspectos funcionais da ciência e da tecnologia do que se restringir a apresentação dos conceitos. Esta abordagem que mostra o alcance do conhecimento científico para crianças e jovens, os habilita a avaliar sobre a ciência de modo a promover uma alfabetização científica.

Esta ideia de dirigir a atenção àquilo que contribui para a alfabetização científica ao ser tratada em termos das Ciências da Terra abre um enorme campo de alternativas. Praticamente qualquer aspecto que se inter-relacione com a crosta terrestre possui um alcance sem paralelos em termos econômicos, sociais, políticos, culturais. Todas as atividades de mineração, ocupação rural e urbana da superfície, todas as interações em que a crosta funciona como zona de repercussão de processos (como ocorre nos ciclos biogeoquímicos) possuem vínculos com os estudos do planeta. Daí muitos autores vão se referir à alfabetização em Ciências da Terra (Nir Orion, Hector Lacreu, Celso Carneiro, Denise Bacci). É necessário assinalar que a delimitação, o significado e os objetivos educacionais (muitas vezes tratados como competências) variam de um autor para outro

– do mesmo modo que ocorre com a ideia de alfabetização científica. Apesar dessa polissemia, um ponto é comum: alfabetização científica abrange uma incorporação conceitual ligada à vida.

Nir Orion aprofunda a ideia de alfabetização em Ciências da Terra para mostrar o alcance no entendimento de como funciona a Terra. Para o autor, a base da alfabetização ambiental é justamente a alfabetização em Ciências da Terra. Isso significa que o ambiente terrestre é a ideia chave para se colocar diante da crise socioambiental da atualidade (informação oral ao primeiro autor deste artigo).

Desde o começo do Projeto de formação continuada de professores para as Ciências da Terra, alfabetização científica foi o conceito chave. Inicialmente apoiado em Hurd (1998) e nas observações de Matthews (1994) conduziu a combinar explicações de processos, atitude de pesquisa e certas atividades práticas típicas do Ensino de Geociências (trabalho de campo, linguagens e representações narrativas e visuais) para ajudar os professores a entender como o planeta funciona e como as ciências geológicas explicam as transformações terrestres.

Esse significado de alfabetização em Ciências da Terra foi especialmente útil para tratar o primeiro tema selecionado pelos professores para mudar o ensino praticado nas escolas. O ciclo biogeoquímico da água pode ser examinado em diferentes escalas temporais e dentro da escala espacial da microbacia regional (cujas dimensões perfazem aproximadamente 220 km²), bem como o dimensionamento dos principais aquíferos. Isso se desmembrou em estudos nos quais professores organizaram seus alunos, promoveram atividades de campo, levantamentos históricos e trataram de temas como: mata urbana, abastecimento de água, enchente, fazenda de café. Todos os estudos mantiveram o foco na visão local.

É preciso assinalar que os professores tomaram ciência das dificuldades comuns de aprendizagem do ciclo da água para buscar estratégias que ajudassem seus alunos a compreender mais claramente quais são os caminhos das águas superficiais e subterrâneas. Dois artigos foram cruciais para essa construção conceitual e prática do ensino: Assaraf & Orion (2005a e b). Estes artigos, de um lado, alertam para as dificuldades dos alunos de compreender parcelas importantes do ciclo água, quanto chamam atenção para as dificuldades de tratar balanços sistêmicos.

A inexistência de um componente curricular de Ciências da Terra na educação básica e a formação de professores

No início do século XXI, havia um ambiente favorável a iniciativas voltadas para melhorar o ensino. Órgãos centrais de estados e municípios fomentavam iniciativas de atividades muito diversificadas, partindo de agentes sociais diversos. Dentro desse clima, houve facilidade para aproximações de pesquisadores da universidade e escolas.

Em diferentes partes do País, esforços para promover a melhoria do ensino eram geralmente bem-vistos e geraram elos e aproximações para formação continuada de professores e pesquisas junto a escolas. Muitas dessas ações receberam algum tipo de apoio de órgãos administrativos da educação, tais como secretarias, diretorias e delegacias de ensino. No Estado de São Paulo, por exemplo, nos anos iniciais do projeto de formação, havia um incentivo na política educacional do Estado ao desenvolvimento nas escolas de projetos temáticos.

Este ambiente favorável a novas iniciativas nas escolas facilitou a elaboração de um Projeto de Pesquisa para criar espaços dentro das escolas. Estes visavam implementar abordagens de Ciências da Terra – que não é um componente curricular do ensino médio. Desde o princípio da iniciativa, há a clareza que o desenvolvimento curricular depende da colaboração dos professores da rede de ensino. Na época, apoiados em Lawrence Stenhouse e John Elliott, foi construído um Projeto para mudar o ensino, desenvolver o currículo e se aproximar das Ciências da Terra com o envolvimento e a participação dos próprios professores em todas as fases educativas (planejamento, implementação e avaliação do ensino). A organização do projeto de ação e de pesquisa colaborativa (Ibiapina, 2008) foi sustentada por arranjos que permitiam o intercâmbio de experiências de professores e pesquisadores, participantes de diferentes áreas de conhecimento com diversas formações, tempo de serviço e unidades escolares diferentes. Todos com voz para interferir no enredo do grupo, na delimitação sobre o que ensinar, como ensinar e como pesquisar o ensino.

Os esquemas de intercâmbio, troca de experiências, definição de levantamentos feitos pelos professores da escola básica (junto com seus próprios estudantes) produziram uma capacitação para ministrar novos e desafiantes tópicos não antes ensinados. Dessa forma, cada professor aprendeu

a criar um espaço para desenvolver seu trabalho dentro da escola, aprendeu a planejar em grupo (colaborar com um colega da mesma escola ou de outra unidade), implementar individualmente o que foi planejado, observar a aula do colega e ser observado por este para avaliar o próprio ensino e de seus colegas.

Os professores assumiram uma matriz crítica (Roldão, 2010) de mediação didática, ou seja, voltada para a construção autônoma do saber pelo aluno por meio de uma lógica de problematização que estimule o pensamento.

Houve oportunidade de implementar temas novos, elaborar atividades e estratégias, planejar e elaborar materiais didáticos. O processo de pesquisa colaborativa gerou diferentes produtos. Como foi uma dinâmica persistente de aperfeiçoamento, o que começou com um Projeto funcionou como um Programa de Formação de professores voltado para seu desenvolvimento profissional, compreendendo que a profissão do professor tem um caráter relacional e ético, voltado para um compromisso com o aluno, escola e comunidade².

Podemos afirmar, que foi formulada uma tecnologia na qual os professores se engajam em etapas sucessivas de levantamento de dados, delimitação de problema, estratégias educativas combinadas com os temas e tópicos a serem ensinados. Ao longo dos anos, vários autores emprestaram parcelas de seus estudos, pesquisas e reflexões para configurar alternativas que propiciam condições para os professores serem os autores do currículo: Elliott (2010), Hashweh (2003), Gatti & Barretto (2009), Pimenta (2005), Seidl & Friend (2002), Marcelo (2005), Beane (2003), Ibiapina (2008), Apple & Beane (1997).

O *Programa de Formação de Professores para as Ciências da Terra* seguiu eixos curriculares ligados a ciclos biogeoquímicos, processos e transformações cujos registros foram deixados na crosta terrestre. Durante o longo Programa de formação os ciclos e transformações da água, areia e ferro na história da Terra foram nucleares para possibilitar um tratamento dos dilemas, problemas ambientais e esclarecimento sobre exploração de recursos naturais e seus impactos. Artigos mais recentes trazem elementos que ajudam a aclarar as relações da alfabetização científica e das questões sociocientíficas (Busch et al., 2019, Herman, 2018, 2021).

Os estudos da Terra têm um potencial para se tornar questões sociocientíficas, ou seja, tratar das

enchentes, das fontes de materiais de construção (areia), condições ambientais e climáticas (transformações do ferro) e permitirem que os alunos compreendam que existem diversos pontos de vista quando examinam com detalhe um problema do lugar – como foi praticado à medida que os professores participaram do Programa de formação continuada.

As questões sociocientíficas, segundo os autores mencionados, correspondem a problemas controversos na interface ciência e sociedade, ou seja, a visão pública da ciência torna-se alvo de disputa entre diferentes agentes sociais, os exemplos mais tradicionais se acham permeados de interpretações religiosas e a dificuldade dos alunos de compreender fenômenos dinâmicos e sistêmicos como a seleção natural.

Herman et al. (2021) argumentam que a alfabetização científica deve ser associada ao engajamento por meio do estudo de temas e processos científicos relevantes, bem como, pelos fatores sociais, culturais, ambientais e éticos. Ao decidirem promover o engajamento de estudantes optando pela pedagogia baseada no lugar e dando o exemplo da reintrodução dos lobos em parque nacional. Os participantes da pesquisa tomaram contato com diferentes agentes envolvidos no problema, de autoridades locais, técnicos e biólogos, sitiantes que criam animais. O problema ecológico tratado no artigo de Herman et al. (2021) ajuda a selecionar os tópicos biológicos mais relevantes e força os alunos a ter empatia diante dos desafios de cada um dos agentes sociais.

Os temas das Ciências da Terra associados aos estudos do lugar promovem a contextualização, como Semken et al. (2017) revelam em seu apanhado de trabalhos que tratam da pedagogia baseada no lugar. As atividades promovidas em Ribeirão Preto que trataram a cidade como objeto de estudo e de ensino contextualizaram os tópicos de distintos componentes curriculares e, ao mesmo tempo, despertaram a afetividade dos estudantes por lugares específicos e suas dimensões culturais ao tornar algo ordinário (cotidiano) em algo extraordinário (p.ex., matas e incêndios florestais, rios e córregos e enchentes, abastecimento de água e problemas ambientais do aquífero).

Histórico da construção de um programa para formar professores a partir das Ciências da Terra

Junto à Coordenação Pedagógica de Física e de Geografia da Diretoria de Ensino de Ribeirão Preto, em 2003, foi iniciado um Projeto para

² Apoiados em Estrela (2014).

difundir as Ciências da Terra no ensino médio da rede estadual. Na época, professores de diferentes componentes curriculares passaram a dedicar parte do seu tempo para aprofundar temas, assuntos, problemas ambientais sobre os quais não conheciam ou tinham uma visão muito parcial.

Como Ciências da Terra não é componente curricular do ensino médio, não houve restrição à participação de qualquer área. Assim, professores de Biologia, Física, Geografia, História, Matemática, Química participaram da iniciativa de aprofundar-se nas Ciências da Terra. Um ponto comum os reunia: o ímpeto por melhorar a aprendizagem, suas práticas e encontrar um apoio para potencializar e atingir um ensino de melhor qualidade. Isso foi o impulso para fazer procedimentos de laboratório que desconheciam. Ou, ainda, atividades de campo para reconhecimento básico da geologia da cidade e do entorno da escola, visitas a pedreiras, observações em cortes de estrada e em matas urbanas, uso de mapas geológicos e ambientais em suas aulas etc.

Os professores no início do programa propuseram um tema geral para explorar no ensino médio: o ciclo da água. Mesmo professores que não estavam habituados a tratar o assunto em suas aulas (Matemática ou História, p.ex.), concordaram em fazê-lo – usualmente em grupos com colegas de outras disciplinas. Como seria o ensino do ciclo da água indo além dos esquemas apresentados nos livros didáticos? Uma professora de Matemática traz as perguntas dos alunos sobre as enchentes na cidade. Outra argui que a mídia tem divulgado o fato que atingiu moradores (inclusive alunos desses professores). Como o tema enchente é veiculado pelos meios de comunicação? Quais os reservatórios de água na cidade? De onde vem a água que provoca a enchente?

Há uma mudança de atitude para planejar e implementar o ensino; agora duas, três, quatro disciplinas se reúnem para articular diferentes conteúdos, procedimentos didáticos, atividades práticas (de laboratório e campo). A fonte de informação para as aulas, discussões e entendimento ambiental do ciclo da água ultrapassa os muros da escola. Os próprios professores mudam o foco e o centro de atenção; por meio de suas discussões percebem que o local e a cidade se tornam objetos de estudo.

Em uma segunda fase do programa, o tema investigado pelo grupo foi o ciclo da areia. Partindo de questões trazidas pelos alunos foram elaboradas novas atividades didáticas, aplicadas em sala de aula, observadas pelos pares e avaliadas no grupo

de pesquisa. Os eixos curriculares do ciclo da água continuaram a ser perseguidos e houve novos aprofundamentos. As atividades foram desenvolvidas por meio de trabalho de campo, atividades práticas e análises de material fotográfico elaborado no contexto das atividades de campo. Nesta fase, um aprofundamento metodológico de pesquisa deve ser destacado, ou seja, a elaboração e validação de protocolos de levantamentos de dados da pesquisa. Os dados passaram a ser analisados pelo grupo de pesquisa como um todo.

A areia foi inicialmente tratada como material, ou seja, perseguiu uma abordagem química (composição química dominante, características do quartzo e seus usos). Mas a pergunta: “*de onde vem a areia para a construção civil?*” remeteu aos caminhos da areia: ciclos de transformações que começam no intemperismo, erosão, transporte pelos rios, extração em portos de areia, uso na construção civil e descarte em bota-fora. Energia, transporte e deposição nos canais fluviais foram tratados experimentalmente; variáveis foram testadas com o objetivo de compreender a conservação de massa e de energia. Um porto de areia foi visitado e estudado (mineração em canal de rio) em relação aos seguintes aspectos: degradação da mata ciliar, medidas mitigadoras, concessão e licenças para exploração. Os caminhos dos sedimentos (areia quartzosa) puderam ser acompanhados para compreender a cadeia produtiva da construção civil. As atividades ajudam a formar uma ideia mais integrada da cidade e do lugar.

Um terceiro tema foi desenvolvido: as transformações do ferro, da estrela ao aço de cada dia. Denominado *Ciclo do Ferro na Cidade*, partiu da história de uma antiga siderúrgica e suas ruínas. A história dos galpões industriais da década de 1920 remeteu às matérias primas empregadas: minérios de ferro e de calcário, carvão vegetal. A malha ferroviária que precisou ser construída para transportar o minério e para escoar a produção de aço; o arranjo governamental (que envolveu o apoio dos governos federal, estadual e municipal) e a tecnologia empregada (eletrossiderurgia) foram os pontos de partida para compreender a formação de ferro bandado no Arqueano e Paleoproterozoico.

Um arranjo de disciplinas (Biologia, Geografia, História, Matemática e Química) adotou o ciclo do ferro na cidade como intersecção fornecida pela história da Terra, pelo Sistema Solar e pela nucleossíntese no interior das estrelas. O caminho das transformações do ferro e do aço alcançou as

características dos materiais, bem como dos íons e sua presença nos seres vivos e nos objetos da vida cotidiana.

Foram desenvolvidas atividades de campo às ruínas da antiga siderúrgica, à antiga mineração de ferro, aos locais por onde passaram os ramais ferroviários que, naquela época, foram áreas de plantio para fornecer madeira às carvoarias.

Podemos considerar como um aprofundamento do Projeto o reconhecimento do trabalho temático organizado por núcleos problematizadores para organizar o currículo. Ou seja, se as atividades inicialmente estiveram voltadas para a elaboração e aplicação de unidades formativas inovadoras em sala de aula, seguidas de processos de pesquisa sobre tais atividades, num aprofundamento das reflexões foram desenvolvidas atividades voltadas para a autoria do currículo para alunos do ensino médio. A seleção e organização dos temas se apoia nas transformações de ciclos biogeoquímicos para, a partir da cidade e do lugar, alcançar como o ambiente terrestre se transforma ao longo do tempo geológico. A cidade e o lugar são alvo de atividades de campo. Essas práticas permitem diversos arranjos para cumprir os papéis pedagógicos definidos pelos professores do ensino básico. Atividades de laboratório se tornam mais comuns, bem como a diversidade de linguagens e fontes de informação.

Nesse processo de interlocução de professores e pesquisadores foram sendo eleitos núcleos problematizadores na cidade que se tornaram eixos do currículo e mediação didática construído pelo grupo dentro das escolas. A cidade entra assim na escola e no processo um novo olhar para a natureza é construído na mesma a partir do olhar sobre a cidade. Isto se constitui no que pode ser chamada de pedagogia baseada na cidade, mas a literatura adotou um termo mais geral: *pedagogia baseada no lugar* (Steven Semken fez revisões que tratam do Ensino de Ciências da Terra baseado no lugar, p.ex. Semken et al. 2009 e 2017).

Segundo Martinez Bonafé (2013) ao assumir a cidade como currículo fundamentalmente devemos a compreender como processo, experiência, projeto e possibilidade de subjetivação e produção de saberes. O referido autor considera que a cidade é um campo aberto à investigação e propõe *núcleos problematizadores* do currículo na cidade, dando como exemplo estudos sobre *shoppings* como um currículo espetáculo; a urbanização e a correlação com diferentes épocas; as pontes que são criadas

para conectar pessoas e os muros que servem para separar, o currículo da pobreza.

No grupo de pesquisa, a trajetória partiu de pontos da cidade para entender os lugares utilizando conceitos da Geomorfologia, Ecologia, Matemática etc. Esmiuçados a partir dos estudos da natureza, ou seja, tratando de diferentes escalas de tempo (do psicológico, ao histórico e ao geológico). Esses pontos permitem a intersecção e integração de disciplinas escolares diferentes e podem ser interpretados como *núcleos problematizadores* que esmiuçaram o local e a cidade. Trata-se do eixo curricular do Programa de Formação de Professores em Ciência do Sistema Terra (como foi relatado em Gonçalves et al., 2019).

Um núcleo problematizador, por exemplo, teve como origem o presente e o passado das Reservas de Mata Atlântica na cidade. A problematização visa compreender a diversidade das plantas, a circulação da água em diferentes níveis do relevo, intemperismo, erosão e o ecossistema. Partiu-se do presente para se buscar compreender o passado da mata na cidade; diferentes plantas eram testemunhas do passado, sempre relacionando-as ao tipo de solo e sua história. A água foi tratada em cada um de seus reservatórios, nos seres vivos, nas rochas, na passagem para águas superficiais. Modelos esquemáticos de ciclo da água veiculados pelos livros didáticos pouco ajudaram a descrever os caminhos da água. A intersecção de Biologia e Geografia foi feita pela abordagem das Ciências da Terra.

Uma literatura relativamente grande de Ensino de Ciências da Terra tratou da pedagogia baseada no lugar (p.ex., Littrell, 2020). O acervo contribuiu para aclarar os possíveis objetivos educacionais, competências associadas e papéis didáticos do lugar para promover o ensino e a aprendizagem dos alunos. Muitos autores defendem que o lugar ajuda a dar contexto para explicações gerais e abstratas. Alguns arguem que o lugar traz nexos culturais e afetivos que aproximam os alunos do processo educativo. Ault e Dodick (2010) mostram que o lugar pode mover a crítica ao conhecimento à medida que o específico, o particular, o singular (típicos dos argumentos geológicos) não admitem a generalização e atividades didáticas gerais ou tiradas de seu contexto específico fornecem uma noção imprecisa da metodologia científica.

Os conhecimentos da Ciência do Sistema Terra que foram introduzidos nas sessões de estudo foram subsidiando os olhares dos professores de diferentes disciplinas, todos moradores e a maioria

nascidos na mesma cidade. A natureza na cidade era algo invisível, o ordinário se tornou extraordinário e científico-educativo passou a ser objeto de estudo.

Procedimentos de coleta e organização dos dados

Desde 2003, houve a preocupação de registrar as discussões do processo de formação. Isso foi feito mediante gravação de reuniões, discussões em pequenos grupos, acompanhados de anotações de caderno de campo. Houve, ainda, observação de aulas em esquemas de pares (um professor observa e registra a aula do outro). Isso produziu um conjunto de documentos gravados, ou seja, um banco de dados de gravações. As gravações podem ser consultadas e servem para etapas de interpretação que geram os dados para pesquisas de diferentes escalas. Usualmente são fontes de trechos transcritos.

De 2020 ao final de 2021, a quarentena gerada pela epidemia de Covid 19, transformou reuniões, encontros, simpósios internos em virtuais (apoiados no suporte de informática oferecido pela Universidade). Deixou de existir interação direta de todos os participantes. Além disso, em alguns períodos, alunos (principalmente de pós-graduação) participaram das discussões. Estes encontros foram gravados.

A análise dos dados, requer mais de um pesquisador para interpretar. Essas interpretações são cotejadas e discutidas atingindo uma interpretação intersubjetiva apoiada pela análise de conteúdo. Alguns autores são cruciais nesse processo de atribuição de significado aos dados, mas especial atenção é atribuída a Gibbs (2011). A seleção a partir dessas fontes e o exame separado por diferentes membros geram as interpretações feitas ao longo dos anos, mas isso conta pouco sobre como os procedimentos se acham vinculados aos tópicos específicos que foram tratados e as limitações do período.

Uma marca do Programa é a ligação com a prática. Entendida como todas as etapas de seleção do que, do como e do porquê ensinar alguma coisa aos alunos. O lado “mãos na massa” acompanha mecanismos coletivos de avaliação dos resultados. Cabe assinalar que as práticas são fontes de informação para organizar dados e descrever o processo de formação dos professores. Para conviver com o distanciamento social, nas primeiras reuniões de 2020, os participantes resolveram fazer um período de aprofundamento teórico. No início de 2020, o tema mudanças climáticas foi definido como alvo para dirigir o aprofundamento.

Produtos principais

O compromisso com a formação docente a partir das Ciências da Terra

As perspectivas recentes do programa de formação de professores podem ser analisadas por três eixos, que se entrelaçam temporalmente: aprofundamento teórico, formação de professores pelos professores do grupo de estudos, contribuição na formação de professores por meio da construção de oficinas em Congressos científicos.

O primeiro eixo, concentrado nos tempos da pandemia, foi caracterizado por um aprofundamento teórico sobre questões fundamentais como o conhecimento do professor, destacando-se o conhecimento pedagógico e o conhecimento de conteúdo. Foram analisados autores como Shulmann (1987), Shulmann (2002), Roldão (2010), Fernandez (2015) e Montenegro & Fernandez (2015). A temática voltada para o conhecimento do conteúdo envolveu principalmente questões de ensino e mudanças climáticas, como as leituras de Littrell (2020) e Busch (2019). Mas deve se destacar, que a vivência da pandemia nos levou para discussão de temáticas trazidas pelos participantes, como História da Medicina, da vacina, surtos e epidemias dos séculos XIX e XX. Isso foi muito ligado ao contexto do negacionismo, rejeição à ciência e a racionalidade, desastre sanitário, social e econômico. Emergiu assim a preocupação sobre como ensinar ciência em tempos de negacionismo acentuado.

O segundo eixo, iniciado desde os anos de 2015, está voltado para mudar o papel dos professores para que se tornem formadores de professores. Para efeito de análise subdividimos tal eixo em dois componentes: a contribuição de professores da educação básica no curso de Pedagogia; a colaboração dos professores do grupo de pesquisa para formar outros professores da educação básica.

A contribuição de professores da educação básica no curso de Pedagogia

O primeiro componente foi caracterizado pela contribuição dos professores do Grupo de Pesquisa colaborativa no curso de Pedagogia. As ações foram desenvolvidas por meio da promoção de atividades de campo para estudantes desta licenciatura nas disciplinas voltadas para as didáticas específicas de Ciências da Natureza. Foi eleito um parque da cidade de Ribeirão Preto como núcleo problema-

tizador, sendo tomado como objeto de pesquisa e ensino, para os alunos de graduação. O esforço de convergência do grupo de pesquisa colaborativa universidade e escola conduziu os alunos a adquirir uma percepção sobre a abordagem investigativa e integrada de explorar assuntos com as crianças.

Em trabalho anterior, que analisou tais atividades (Sicca & Gonçalves, 2016), concluímos que alunos da Pedagogia perceberam noções-chaves de entendimento da natureza e do ensino apoiado na compreensão de fluxos, intercâmbios e balanços como aspectos importantes da abordagem integrada de estudo do ambiente. Compreenderam, ainda, que há espaços curriculares pouco aproveitados nas escolas (trabalho de campo) mas de potencial para a integração curricular. O alargamento do tempo e a ideia de que a natureza se transforma não elimina certa visão teleológica amplamente difundida na sociedade e que pode ser considerada uma concepção de natureza em conflito com o conhecimento científico aceito. Isso não diminui os avanços obtidos pela distinção de atividades naturais e antrópicas observadas diretamente como foi argumentado em Sicca & Gonçalves (2016).

Quais são os nexos da pesquisa colaborativa, formação inicial de professores e os espaços acadêmicos? Barretto (2018) defende a criação de espaços híbridos de formação, de modo a se propiciar a integração de componentes acadêmicos, teóricos, pedagógicos e de saberes construídos no exercício da profissão. Nossa análise nos permitiu reconhecer que ao serem introduzidos, no curso de Pedagogia, os saberes de professores da educação básica, construídos no exercício da profissão, mas reelaborados e validados no grupo de pesquisa colaborativa contribuiu para se criar um espaço híbrido de formação de professores, visto que anteriormente o referido curso apresentava os conhecimentos acadêmicos, teóricos e pedagógicos.

A colaboração dos professores do grupo de pesquisa para formar outros professores da educação básica

O segundo componente deste eixo foi caracterizado por mudar o papel dos professores da educação básica do grupo de pesquisa para que se tornem formadores de professores em programas de formação continuada. Cria condições de autonomia diante do currículo. Assim, foi construído um programa de formação de professores da rede municipal da educação básica de Luís Antônio (Município da Região Metropolitana de Ribeirão

Preto). Tendo como eixo temático o ciclo da água na cidade, o programa foi estruturado por meio de encontros presenciais, atividades de campo, atividades executadas por professores com seus alunos (crianças) e seminário para divulgação de resultados.

A história do abastecimento de água na Vila do Jataí (origem de Luís Antônio) nos últimos 70 anos conduziu ao reconhecimento dos motivos de abandono dos mananciais superficiais e a adoção da exploração de água subterrânea (Aquífero Guarani) na cidade. Os professores da rede municipal puderam examinar os livros que usam nas escolas e tiveram o trabalho de campo para dar uma ideia das características dos basaltos, dos arenitos e solos formados nessas rochas. Estes professores elaboraram uma comparação para promover outras fontes de informação para suas aulas. Deve-se destacar que houve um grande envolvimento nos trabalhos de campo desenvolvidos. Muitos professores, moradores da cidade, não tinham conhecimento sobre a obtenção, parâmetros de qualidade da água e monitoramento da água.

A vivência dos professores do grupo de estudos (formadores) realizadas anteriormente em Ribeirão Preto (planejamento coletivo de ensino, aplicação em sala de aula com os alunos, seguida pela avaliação em grupo) geraram saberes profissionais que subsidiaram as atividades no outro município.

Destaca-se a aprendizagem gerada aos professores do grupo de pesquisa colaborativa ao comparar as características da natureza dos dois municípios que apresentavam semelhanças e diferenças. Como o estudo era baseado no local, houve anteriormente ao programa de formação, um estudo comparativo dos dois municípios, sempre tendo em vista o ciclo da água.

É importante destacar a desconfiança de professores do referido município em relação aos seus pares, ao divulgarem o conhecimento por eles construídos coletivamente no grupo de pesquisa, o que confirma os estudos sobre cultura escolar, caracterizada pelo trabalho individual, sem muitas interações que possibilitem parcerias. Também revelam a pouca valorização nos programas de formação, inicial ou contínua, dos saberes elaborados no exercício da profissão. Acrescente-se, ainda, que na maioria das vezes a produção da pesquisa é restrita aos pesquisadores da universidade.

Os espaços colaborativos promovem a discussão e acompanhamento dos avanços da formação dos professores, ou seja, são ambientes de difusão

do conhecimento sobre a própria formação dos professores. Mas, ao mesmo tempo, compromissos profissionais e exigências do trabalho limitam as possibilidades de os próprios professores planejarem e desenvolverem suas próprias pesquisas, seja sobre si mesmos, seja sobre seus alunos. Há que assinalar que, apesar disso, existe uma coparticipação e interferência dos professores nas dinâmicas de coleta e organização de dados.

A análise dos dois primeiros componentes do eixo nos permite concluir a importância da criação de espaços híbridos de formação de professores, nos quais há um destaque para a divulgação pelos próprios professores da educação básica de seus saberes produzidos em espaços formativos caracterizados por pesquisa colaborativa universidade-escola. E apresentam elementos que destacam a contribuição do conhecimento das Ciências da Terra na formação de professores principalmente voltados para a integração curricular, na educação básica.

O terceiro eixo, a contribuição na formação de professores por meio da construção de oficinas em congressos científicos, teve origem no grupo à medida que os professores da educação básica começaram a participar de eventos científicos para divulgação das atividades de pesquisa em Ribeirão Preto. Foi intensificado na medida em que alguns participantes passaram a cursar Programas de Pós-Graduação. Das interações dos participantes do grupo de pesquisa colaborativa no espaço da Pós-Graduação, temos a produção de oficinas por professores de diferentes cidades, que têm mantido como estratégias de ensino, o trabalho de campo e a experimentação, assumindo como pressuposto o ensino a partir do local, o tempo geológico como eixo, o estudo de fluxo, ciclos e transformações da natureza.

Por exemplo, no *Simpósio Interfaces Geociências e Ensino: 50 anos de experiências no Brasil (1973-2023)* três professores (Ciências, Matemática e Química) coordenaram o *workshop Práticas Interdisciplinares da Educação Básica*. Conduzem seus alunos a compreender o ambiente, a natureza e os problemas socioambientais, ou seja, questões sociocientíficas tais como, abastecimento de água a partir do aquífero, transformações do ferro e contaminação de água subterrânea por metais pesados, necessidade de restaurar a qualidade do solo e sensibilizar os alunos diante da degradação ambiental e da poluição. Atuam em municípios muito distantes um do outro, mas seus temas se acham vinculados à história ambiental e a sua experiência permite emergir um eixo para promover a formação de outros professores.

Na preparação do *workshop*, os três professores se organizam para definir o que cada um vai trazer (amostras, materiais, perguntas para a conversa com seus pares) para mostrar como a compostagem possibilita um entendimento interdisciplinar, seja no ensino fundamental ou no médio, e, ao mesmo tempo, como cada disciplina pode explorar o assunto. Ou seja, cada professor traz a parcela de conhecimento de sua área para revelar a interação de dinâmicas biológicas, químicas e quantitativas da compostagem. Além de envolver os participantes do *workshop* em um caminho de manipulação de amostras e materiais, pretendem despertar a sensibilidade dos mesmos para os problemas éticos vinculados à ideia de “lixo”.

Conclusões

Há uma correlação entre a duração da formação dos professores e suas iniciativas, bem como segurança, para promover o desenvolvimento do currículo almejando melhorar o ensino e a aprendizagem dos alunos. Os docentes adquirem mais autonomia diante do currículo prescrito e, dessa forma, adaptam as indicações à necessidade de melhorar as capacidades dos estudantes. Isso é vinculado à capacidade de os professores do nível básico colaborarem entre si para construir espaços híbridos de formação e divulgar o saber produzido a partir de sua prática pedagógica e das interações dentro do grupo de pesquisa colaborativa universidade e escola. Acrescenta-se, ainda, a contribuição do conhecimento de como funciona o sistema Terra para estabelecer pontos de intersecção de distintas disciplinas, ou seja, Ciência do Sistema Terra desempenha um papel relevante para facilitar a interdisciplinaridade e a integração curricular.

Um programa para formar professores que conecte tanto a formação inicial como a continuada dará conta de profissionalizar os docentes. Isso inclui o compromisso técnico e moral com o aperfeiçoamento e a autonomia dos participantes, que abrangem tanto o domínio pedagógico e de conteúdo quanto a consciência que é necessário reunir alunos, seus pais e a sociedade para formar a nova geração. São traços de uma construção conjunta de todos os participantes do grupo colaborativo.

Os professores capacitados por este programa de formação adquiriram a clareza que as mudanças sociais, econômicas e culturais de hoje requerem cidadãos capazes de conviver com a incerteza.

Há uma especificidade do currículo do ensino básico. O caso das Ciências da Terra dentro de

uma estrutura curricular marcada pela precariedade (insuficiência), ou simples ausência de um componente curricular específico engendra um círculo vicioso: crianças, adolescentes e jovens não aprendem como funciona o planeta, nem o ambiente; quando fazem os cursos de formação inicial para a docência, o conhecimento da Terra é ausente na maior parte dos cursos; quando se tornam professores não ensinam como se formou o planeta. Esta singularidade põe em foco a profissionalização, que precisa ser associada ao conhecimento do professor. Isso inclui conhecimento pedagógico e de conteúdo; professores de todas as áreas precisam aprender temas centrais de como funciona o planeta Terra.

Implicações educacionais

O processo de formação continuada promovido no âmbito do grupo de pesquisa colaborativa se apoiou na pedagogia baseada no lugar. Isso conduziu ao desenvolvimento do currículo por meio de distintos temas (transformações da água, da areia e do ferro na história da Terra). O processo revela que a formação de professores para Ciências da Terra pode acompanhar eixos curriculares de dinâmicas biogeoquímicas sistêmicas ao longo do tempo geológico. Há duas implicações importantes: os domínios pedagógico e de conteúdo. Esses dois precisam ser trazidos juntos para capacitar e profissionalizar os docentes.

A leitura e a interpretação das transformações que nos cercam, o entendimento das dinâmicas da própria natureza e de suas implicações sociais, econômicas, culturais e ambientais decorrentes da ação antrópica se tornam indispensáveis ao entendimento dos aspectos do passado, do presente e do futuro do homem e do planeta. São eixos curriculares indicativos para definição de políticas destinadas a formar novos professores, ou sanar deficiências dos docentes em exercício. De fato, tais políticas ajudam a implementar enfoques e abordagens de Ciências da Terra nas escolas do nível básico.

Taxonomia CRediT: • Contribuição dos autores: Conceitualização; Curadoria de dados; Análise formal; Investigação; Metodologia; Validação; Visualização; Escrita – rascunho original; Escrita – revisão & edição – Pedro Wagner Gonçalves. Conceitualização; Administração do projeto; Recursos; Supervisão; Escrita – revisão & edição: Natalina Aparecida Laguna Sicca. Investigação; Metodologia; Validação; Visualização; Coleta e tabulação de dados; Escrita – rascunho original - Alessandra Rodrigues, Ana Rosa Jorge de Souza, Bruna Isabella de Figueiredo, Hermom Reis Silva, Marcelo Luis de Brino, Maria Bernadete de Siqueira Canesin, Maria Cristina da Silveira Galan Fernandes, Maria José dos Santos, Maurílio Antonio Ribeiro Alves, Miriam Moneda Alberto de La Corte, Reino Luiz de Figueiredo. • Conflitos de interesse: Os autores certificam que não têm interesse comercial ou associativo que represente um conflito de interesses em relação ao manuscrito. • Aprovação ética: Não aplicável. • Disponibilidade de dados e material: Disponível no próprio texto. • Reconhecimentos: Consignam-se agradecimentos a professores, pesquisadores e alunos de diversas instituições que participaram de atividades promovidas pelo Grupo de Pesquisa Interdisciplinaridade por meio da Ciência do Sistema Terra e aos revisores pelas contribuições críticas durante a elaboração do manuscrito. • Financiamento: Não aplicável.

Limitações da pesquisa

À primeira vista, uma limitação é o pequeno número de professores envolvidos no processo de formação continuada, mas, de fato, tal problema é aparente. Ao envolver professores de distintos componentes curriculares, oriundos de diferentes instituições de ensino superior, com amplo espectro de experiência docente (desde quase recém formados a professores com mais de 20 anos de trabalho), o grupo colaborativo foi composto por professores engajados na sua própria formação e na disposição de promover a aprendizagem dos alunos. Dessa maneira, estabeleceu-se um limite no processo de seleção, que circunscreveu voluntários previamente dispostos ao envolvimento coletivo. Assim, o grupo seletivo de profissionais esteve disposto a manter uma atitude investigativa diante do ensino, da escola e de seu trabalho. Não há como considerar que tais características sejam generalizáveis para milhares de professores.

Há uma limitação vinculada à pesquisa, pois esta busca captar e descrever o processo de desenvolvimento profissional. Adota uma abordagem indutiva e de todos os problemas metodológicos decorrentes de tal caminho. Ao não valorizar os esquemas investigativos apoiados no “antes e depois”, em produtos mensuráveis e randômicos, pode conduzir ao sentimento de que pouca coisa foi feita. Considerando o cuidado necessário para refletir sobre os resultados, ainda assim é importante enfatizar que os participantes se acham mais prontos para desenvolver o currículo diante de desafios novos postos pelas mudanças tecnológicas, econômicas, sociais e culturais presentes no século XXI.

Agradecimentos

Neste período de investigação, estudo e reflexão muitos professores, pesquisadores e alunos das mais diversas instituições participaram de atividades promovidas pelo Grupo de Pesquisa Interdisciplinaridade por meio da Ciência do Sistema Terra. A todos nosso muito obrigado.

Referências

- Apple, M. W., Gandin, L.A., Meshulam, A., Schirmer, E., & Liu S. (2020). *A luta pela democracia na educação: lições de realidades sociais*. Petrópolis: Vozes.
- Apple, M. W., & Beane, J. (Org.) (1997). *Escolas democráticas*. São Paulo: Cortez.
- Ault, Jr., C. R., & Dodick, J. (2010). Tracking the Footprints Puzzle: The Problematic persistence of science-as-process in Teaching the Nature and Culture of Science. *Science Education*, 94(6), 1092-1122. doi: 10.1002/sce.20398.
- Barretto, E. S. (2015). Políticas de formação docente para a educação básica no Brasil: embates contemporâneos. *Revista Brasileira de Educação*. 20(62), 679-701. doi: 10.1590/S1413-24782015206207.
- Beane, J. (2003). Integração curricular: a essência de uma escola democrática. *Currículo sem fronteiras*, 3(2), 91-110.
- Ben-Zvi-Assaraf, O. & Orion, N. (2005a). A Study of Junior High Students' Perceptions of the Water Cycle. *Journal of Geoscience Education*, 53(4), 366-373. doi: 10.5408/1089-9995-53.4.366.
- Ben-zvi-Assaraf, O. & Orion, N. (2005b). Development of system thinking skills in the context of Earth System Education. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(5), 518-560. doi: 10.1002/tea.20061.
- Busch, K. C., Ardoin, N., Gruelhn, D., & Stevenson, K. (2019). Exploring a theoretical model of climate change action for youth. *International Journal of Science Education*, 41(17), 2389-2409. doi: 10.1080/09500693.2019.1680903.
- Cochran-Smith, M., & Lytle, S. L. (1999). The teacher research movement: a decade later. *Educational Researcher*, 28(7), 15-25. doi: 10.2307/1176137.
- Elliott, J. (2010). El 'estudio de la enseñanza y del aprendizaje': una forma globalizadora de investigación del profesorado. *Revista Interuniversitaria de Formación de Profesorado*, 24(2), 223-242.
- Estrela, M. T. (2014). Velhas e novas profissionalidades, velhos e novos profissionalismos: tensões, paradoxos, progressos e retrocessos. *Investigar em Educação*, 2(2), 5-30.
- Fernandez, C. (2015). Revisitando a base de conhecimentos e o conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK) de professores de Ciências. *Revista Ensaio*, 17(2), 500-528.
- Gatti, B. A., & Barretto, E. S. S. (2009). *Professores do Brasil: impasses e desafios*. Brasília: UNESCO.
- Gibbs, G. (2011). *Análise de dados qualitativos*. Porto Alegre: Artmed.
- Gonçalves, P. W., Sicca, N. A. L., Fernandes, S. A. S., & Fernandes, M.C.G. (2013) Inovações didáticas e a concepção de natureza: a pesquisa colaborativa e o desenvolvimento profissional do professor. *Educação*, 17(3), 250-260.
- Gonçalves, P. W., Sicca, N. A. L., Alves, M. A. R., Carneiro, C. D. R., Cunha, C. A. L. S., & Negrão, O. B. M. (2019). Ensino de Ciências da Terra a partir da cidade. *Terrae Didática*, 15(Publ. Contínua), e019049. (Anais IX Simp. Nac. Ens. Hist. Ciências da Terra / LugarGEO-2019 – Geoética: respeito à Terra e ao lugar onde vivemos. Campinas, SBGeo, 2019). doi: 10.20396/td.v15i0.8657609.
- Hashweh, M. Z. (2003). Teacher accommodative change. *Teaching and Teacher Education*, 19(4), 421-434.
- Herman, B. C., Zeidler, D. L., & Newton, M. (2018). Students' emotive reasoning through place-based environmental socioscientific issues. *Research in Science Education*, 50, 2081-2109. doi: 10.1007/s11165-018-9764-1.
- Herman, B. C., Newton, M., & Zeidler, D.L. (2021). Impact of place-based socioscientific issues instruction on students' contextualization of socioscientific orientations. *Science Education*, 105(4), 585-627. doi: 10.1002/sce.21618.
- Hurd, P.D.H. (1998). Scientific literacy: new minds for a changing world. *Science Education*, 82(3), 407-416. doi: 10.1002/(SICI)1098-237X(199806)82:3<407::AID-SCE6>3.0.CO;2-G.
- Ibiapina, I. M. L. de M. (2008). *Pesquisa colaborativa: investigação, formação e produção de conhecimentos*. Brasília: Líber Livro Ed.
- Littrell, M.K. Okochi, C., Gold, A.U., Leckey, E., Tayne, K., Lynds, S., & Williams, V. ... (2020). Exploring students' engagement with place-based environmental challenges through filmmaking: A case study from the Lens on Climate Change program. *Journal of Geoscience Education*, 68(1), 80-93. doi: 10.1080/10899995.2019.1633510.
- Marcelo Garcia, C. (2005). *Formação de professores: para uma mudança educativa*. Porto: Porto Ed.
- Martínez Bonafé, J. M. (2013). A cidade no currículo e o currículo na cidade. In: Gimeno Sacristán, J. (Org.) (2013). *Saberes e incertezas sobre o currículo*. Porto Alegre: Penso.
- Matthews, M. R. (1994). *Science teaching: the role of history and philosophy of science*. New York: Routledge.
- Montenegro, V. L. dos S. & Fernandez, C. (2015). Processo reflexivo e desenvolvimento do conhecimento pedagógico do conteúdo numa intervenção formativa com professores de Química. *Revista Ensaio*, 17(1), 251-275.
- Pimenta, S. G. (2005) Pesquisa-ação crítico-colaborativa: construindo seu significado a partir de experiências na formação e na atuação docente. *Educação e Pesquisa*, 31(3), 521-539.
- Reid, A., & O'Donoghue, M. (2004). Revisiting enquiry-based teacher education in neo-liberal times. *Teaching and Teacher Education*, 20(6), 559-570. doi: 10.1016/j.tate.2004.06.002.
- Roldão, M. do C. (2010). *Estratégias de ensino: o saber e o agir do professor*. Vila Nova de Gaia/Portugal: Fundação Manuel Leão.
- Seidl, B.; & Friend, G. (2002). Leaving authority at the door: equal-status community-based experiences and the preparation of teacher for diverse classrooms. *Teacher and Teacher Education*, 18(4), 421-433. doi: 10.1016/S0742-051X(02)00007-0.
- Semken, S., Freeman, C.B., Watts, N. B., Neakrase, J. J., Dial, R. E., & Baker, D. R. (2009). Factors That Influence Sense of Place as a Learning Outcome and Assessment Measure of Place-Based Geoscience. Teaching. *Electronic Journal of Science Education*, 13(2), 136-159.
- Semken, S., Ward, E. G., Moosavi, S., & Chinn, P. W. U. (2017). Place-Based Education in Geoscience: Theory, Research, Practice, and Assessment. *Journal of Geoscience Education*, 65(4), 542-562. doi: 10.5408/17-276.1.
- Sicca, N. A. L. & Gonçalves, P.W. (2016). *Integração Curricular e desafios para construção programa da didática do ensino de ciências da natureza*. ENDIPE, 18, Anais..., 3892-3904.
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-22. doi: 10.17763/haer.57.1.j463w79r56455411.
- Shulman, L. S. (2002) Truth and consequences? Inquiry and policy in research on teacher education. *Journal of Teacher Education*, 53(3), 248-253. doi: 10.1177/00224871231161457.