

O que acontece como diferentes tipos de solo quando chove muito? Caracterização, discussões e reflexões sobre uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI)

Eloisa Cristina Gerolin¹

Maíra Batistoni e Silva²

Sílvia Luzia Frateschi Trivelato³

Resumo: Neste trabalho procuramos apresentar e discutir os pressupostos teóricos utilizados na concepção e desenvolvimento de uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI) cuja temática tem enfoque no estudo e análise das características de diferentes tipos de solo. A SEI em questão foi elaborada com base nos pressupostos teóricos do Ensino por Investigação e foi desenvolvida durante os meses de agosto e setembro de 2019 com alunos do 6º ano do Ensino Fundamental II de uma escola pública municipal da zona sul da cidade de São Paulo. Além de apresentar a estrutura da SEI e caracterizar suas atividades, neste texto buscamos fazer discussões teóricas sobre a concepção de comandas e questões baseadas no Ensino por Investigação que enfoquem e visem engajar os estudantes em práticas científico-escolares e no desenvolvimento de sua aprendizagem epistêmica.

Palavras chave: ensino por investigação, sequência de ensino investigativa, práticas científico-escolares, aprendizagem epistêmica, ensino fundamental.

1 Doutoranda em Educação da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo - SP, eloisa.gerolin@usp.br

2 Departamento de Fisiologia do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo - SP; mbatistoni@usp.br

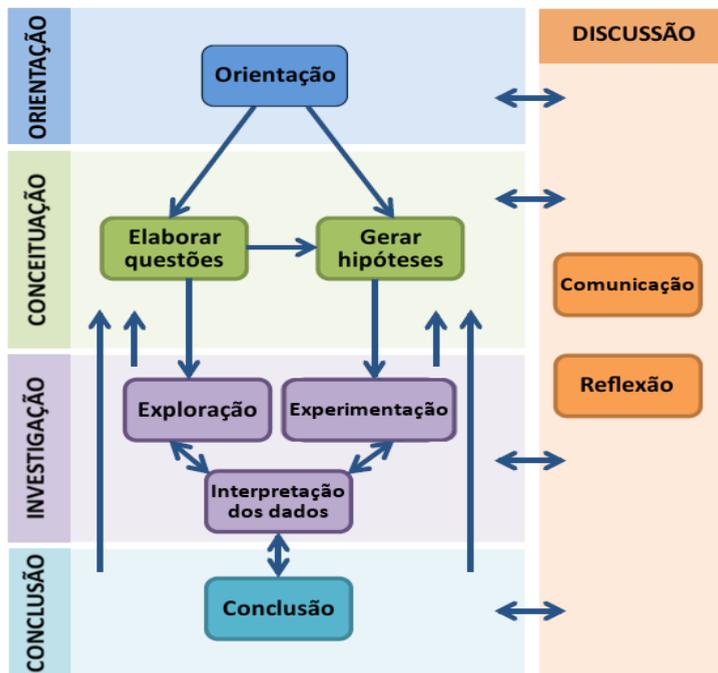
3 Departamento de Metodologia do Ensino e Educação Comparada da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo - SP, slfrive@usp.br

1. O Ensino por Investigação e a elaboração de Sequências de Ensino Investigativas (SEIs): pressupostos teóricos.

O ensino por investigação se baseia em aspectos da investigação científica possibilitando que os estudantes tenham a oportunidade de participar em atividades similares às desenvolvidas nos processos de trabalho da Ciência (CARVALHO, 2013). Sasseron e Carvalho (2008, p. 338), defendem a ideia “[...] de que o ensino de Ciências deve ocorrer por meio de atividades abertas e investigativas nas quais os alunos desempenhem o papel de pesquisadores”. Osborne (2014, 2016) aponta para a importância de distinguir os objetivos da Ciência dos objetivos de aprender sobre Ciência durante atividades investigativas. De acordo com o autor supracitado, o objetivo da Ciência é construir novos conhecimentos enquanto o do ensino de ciências é ajudar os estudantes a entender os conhecimentos existentes e já estabelecidos produzidos pela Ciência. O autor (OSBORNE, 2014, 2016) também ressalta que o ensino por investigação não pode ser confundido com uma simples abordagem que proporciona a aquisição de habilidades manipulativas e procedimentais, mas sim deve ser encarado como uma ferramenta que proporcione aos estudantes a oportunidade de desenvolvimento de um entendimento profundo sobre a natureza do trabalho científico. Duschl (2008), argumenta que o engajamento com processos investigativos e com práticas científicas é algo de grande importância para possibilitar que os estudantes desenvolvam uma compreensão das bases epistemológicas da Ciência e, assim, desenvolvimento da aprendizagem epistêmica. Para Solino, Ferraz e Sasseron (2015), o Ensino por Investigação consiste em uma ferramenta que promove uma hibridação entre a cultura científica e a cultura escolar, fomentando, assim uma aproximação entre as práticas, regras, valores e outros aspectos característicos desses campos culturais, criando, assim, condições para que os estudantes desenvolvam práticas científicas escolares.

Por meio de uma revisão da literatura, Pedaste e colaboradores (2015), identificaram e resumiram as principais características do ensino por investigação, o que resultou em uma síntese que engloba seus principais aspectos. Pedagogicamente, para a implementação do ensino por investigação, esses autores propuseram uma divisão do processo científico em partes conectadas logicamente, que orientem os alunos e que apontem para características importantes do pensamento científico. Os autores identificaram cinco fases investigativas que se organizam em subfases que constituem um ciclo investigativo (Figura 1).

Figura 1 – Fases e subfases do ciclo investigativo propostas (Pedaste et. al., 2015, p. 56, tradução nossa).



Para Pedaste e colaboradores (2015), a fase de “Discussão” materializa-se através da apresentação dos resultados parciais ou totais por meio da comunicação e, subsequentemente, ao envolvimento com atividades reflexivas que conduzam a um processo avaliativo realizado junto aos pares e ao professor. Já a fase da “Orientação” consiste no estímulo inicial para a investigação, podendo ser estruturada por meio de um desafio de aprendizagem ou uma questão problema. A “Conceituação” diz respeito ao processo de elaborar questões/hipóteses baseadas em teorias. A fase de “Investigação” se representa no processo de planejar e desenvolver experimentos com base em uma pergunta de investigação ou explorar situações visando a coleta e análise de dados. Por fim, a “Conclusão” refere-se ao processo de fazer inferências com base nos dados e compará-las com as hipóteses prévias.

Antes de apresentar um detalhamento de cada atividade que compõem a Sequência de Ensino Investigativa (SEI) (CARVALHO, 2013) é importante ressaltarmos que o termo “Atividade” consiste em uma unidade que designa um conjunto de intenções e objetivos didáticos que norteiam a prática docente ao longo da abordagem de um objeto de estudo (MORTIMER et al.,

2007). Portanto, uma atividade não corresponde à duração de uma aula e pode vir a se desenvolver ao longo de uma sequência de aulas e englobar mais que uma tarefa a ser realizada pelo aluno.

A SEI apresentada neste trabalho tem como temática o estudo das características de diferentes tipos de solo. A aprendizagem desse conteúdo está prevista no currículo de Ciências da Natureza da rede de educação municipal da cidade de São Paulo (SÃO PAULO, 2019a), a qual pertence a escola em que a SEI foi desenvolvida. Ressaltamos que parte das atividades didáticas dessa SEI foram adaptadas do Caderno de Saberes e Aprendizagens do 6º ano do Ensino Fundamental (SÃO PAULO, 2019b), que consiste em um material didático disponibilizado aos estudantes das escolas públicas municipais da cidade de São Paulo.

Na SEI são apresentadas duas questões de investigação aos alunos e, com isso, esses podem percorrer o ciclo investigativo mais de uma vez. Portanto, no processo de caracterização das subfases, dividimos a SEI em dois ciclos investigativos. No primeiro ciclo investigativo o objetivo dos estudantes é responder à questão de investigação "O que acontece com diferentes tipos de solo quando chove muito?". Já no segundo ciclo investigativo o foco recai sobre a questão de investigação "O 'Solo Misterioso' é mais ou menos permeável que a terra, a areia e a argila?". Ambos os ciclos investigativos estão intimamente relacionados e fazem parte de um contínuo de estudo, por isso consideramos que os dois ciclos investigativos constituem uma única SEI. No Quadro 1, apresentamos, de maneira resumida, as atividades que constituem a SEI seus objetivos didáticos-pedagógicos e a caracterização das fases e subfases do ciclo investigativo de Pedaste e colaboradores.

Quadro 1 – Caracterização da Sequência de Ensino Investigativa (SEI) de acordo com as subfases do ciclo investigativo de Pedaste e colaboradores (2015).

	ATIVIDADES	OBJETIVOS	FASES E SUBFASES DO CICLO INVESTIGATIVO
Primeiro ciclo investigativo	Atividade 1 Solo: bem mais do que chão	<ul style="list-style-type: none"> • Introdução à temática da SEI; • Sondagem dos conhecimentos prévios dos alunos; • Fomentar práticas de coleta de dados com base em experiências empíricas; • Fomentar práticas de organização de dados e informações; • Construção de repertório teórico/interpretativo. 	<p>FASES: Orientação, Discussão e Investigação</p> <p>SUBFASES: Orientação, Comunicação, Reflexão, Exploração e Experimentação</p>
	Atividade 2 Lá vem a água	<ul style="list-style-type: none"> • Construção de repertório teórico/interpretativo; • Contextualização da questão de investigação; • Elaboração/proposição de protocolo experimental. 	<p>FASES: Discussão e Investigação</p> <p>SUBFASES: Comunicação, Reflexão e Exploração</p>
	Atividade 3 O que acontece com diferentes tipos de solo quando chove muito?	<ul style="list-style-type: none"> • Introdução da questão de investigação; • Elaboração de previsões e hipóteses; • Execução de protocolo experimental; • Coleta de dados; Análise de dados; • Construção de explicações. 	<p>FASES: Discussão, Conceituação, Investigação e Conclusão</p> <p>SUBFASES: Comunicação, Reflexão, Elaborar questões, Gerar hipóteses, Exploração, Experimentação, Interpretação dos dados e Conclusão</p>
	Atividade 4 Modelizando a infiltração da água	<ul style="list-style-type: none"> • Construção de repertório teórico/interpretativo; • Elaboração de previsões e hipóteses; • Construção de explicações. 	<p>FASES: Discussão, Conceituação e Investigação</p> <p>SUBFASES: Comunicação, Reflexão, Gerar hipóteses, Exploração, Experimentação, Interpretação dos dados</p>
Segundo ciclo investigativo	Atividade 5 Estudo do "Solo Misterioso"	<ul style="list-style-type: none"> • Introdução da questão de investigação; • Elaboração de previsões e hipóteses; • Execução de protocolo experimental; • Coleta de dados; • Análise de dados; • Construção de explicações para os resultados do experimento. 	<p>FASES: Discussão, Conceituação e Investigação</p> <p>SUBFASES: Comunicação, Reflexão, Elaborar questões, Gerar hipóteses, Exploração, Experimentação e Interpretação dos dados</p>
	Atividade 6 Construção do Relatório Científico	<ul style="list-style-type: none"> • Conclusão por meio da construção de um relatório experimental. 	<p>FASES: Conclusão</p> <p>SUBFASES: Conclusão</p>

Descrição do desenvolvimento das atividades da SEI

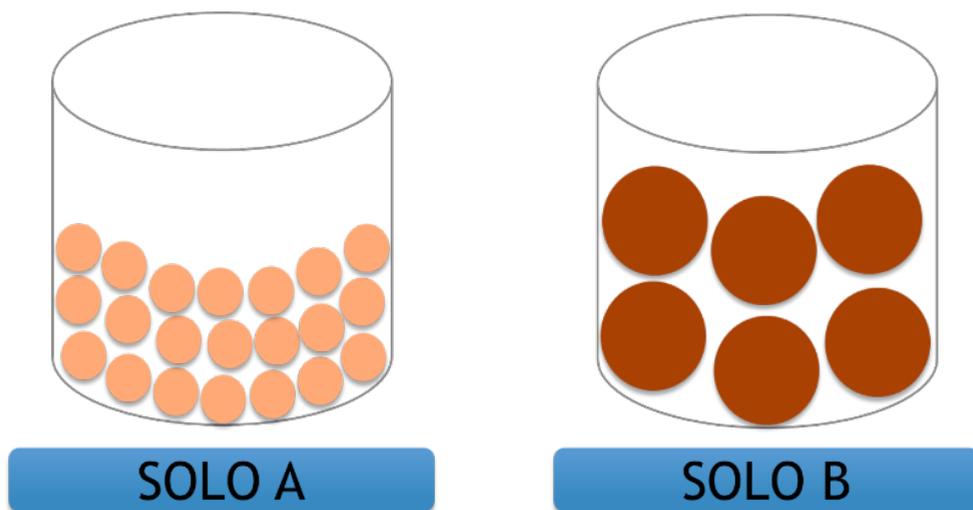
A Atividade 1 da SEI se inicia com um trabalho de contextualização da temática com o cotidiano dos estudantes; isso se desenvolve por meio de uma discussão sobre o entendimento que os alunos têm do significado da palavra solo e por meio da leitura de um texto que discorre sobre a presença e importância do solo para a vida no planeta Terra. Em seguida são apresentadas aos estudantes três amostras de solo: terra húmifera, areia e argila. O objetivo é que os estudantes tenham uma experiência sensorial com essas amostras e que realizem uma experimentação empírica com a finalidade de analisar características como cor, textura e tamanho dos grãos dessas amostras.

Na Atividade 2 há uma aula expositiva dialogada cujo objetivo é formalizar os conceitos de permeabilidade e porosidade do solo. Nessa atividade também há um momento de contextualização da temática da SEI por meio da leitura, interpretação e discussão de imagens de solos de diferentes regiões (p.e. a restinga). Por fim, os estudantes devem propor e registrar um protocolo experimental que possibilitaria a análise da permeabilidade de diferentes tipos de solo.

A Atividade 3 se inicia com a formalização da questão de investigação: "O que acontece com diferentes tipos de solo quando chove muito?". Após a introdução da questão de investigação é explicitado aos estudantes que para responder à essa questão eles deviam adotar como objeto de estudo os três solos que estudaram na Atividade 1: a terra húmifera, a areia e a argila. Determinada a questão de investigação e os objetos de estudo, foi solicitado aos estudantes que elaborassem uma previsão e uma hipótese sobre o grau de permeabilidade de suas amostras, classificando-as em um gradiente de permeabilidade. Posteriormente, os alunos realizaram uma tarefa que consistiu no processo de planejamento da execução de um experimento para determinar a permeabilidade dos diferentes tipos de solo (usando o protocolo experimental que propuseram na Atividade 2 e um protocolo experimental proposto pelo professor(a), de forma a tomar decisões sobre o processo de coleta de dados, o controle de variáveis e quais dados seriam relevantes para responder à questão de investigação. Após esse momento, os estudantes realizaram a atividade experimental e se engajaram em uma tarefa na qual deveriam fazer a organização e a interpretação dos dados coletados com o experimento, bem como utilizar os conhecimentos construídos para responder à questão de investigação.

Na Atividade 4, o objetivo central consistiu em fazer com que os estudantes terminassem de construir as ideias conceituais de porosidade e permeabilidade e as relações entre esses conceitos. Para isso, houve uma aula expositiva dialogada na qual foi apresentada uma ilustração com dois solos hipotéticos denominados "Solo A" e "Solo B" (Figura 2) que possuem grãos de tamanho diferente.

Figura 2 - Ilustração dos solos hipotéticos apresentada aos estudantes na Atividade 4 da SEI.



Fonte: produção dos próprios autores.

Os estudantes então registraram uma previsão e uma hipótese sobre qual dos dois solos seria o mais permeável. Em seguida foi realizada uma demonstração para explicitar a relação entre tamanho dos grãos, porosidade e a permeabilidade; essa demonstração consistiu em uma modelização na qual bolas de gude representaram os grãos dos solos hipotéticos da ilustração. As bolas de gude foram colocadas em béqueres de volumes iguais que foram enchidos com água até uma mesma graduação (Figura 3).

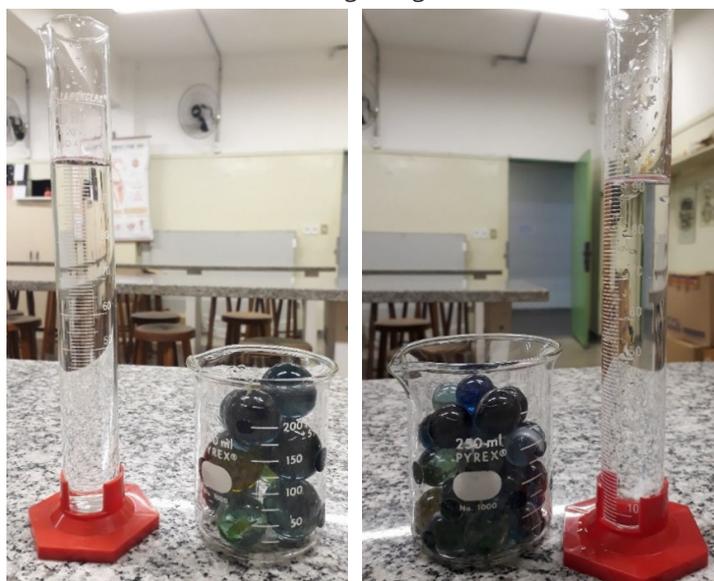
Figura 3 – Registros fotográficos dos procedimentos realizados no experimento demonstrativo realizado para modelizar a permeabilidade de solos com grãos pequenos e com grãos grandes. Os grãos dos solos são representados pelas bolas de gude.



Fonte: produção dos próprios autores.

Depois, a água de cada béquer foi transferida para uma proveta para demonstrar aos estudantes que cada béquer comportou um volume diferente de água devido à diferença de tamanho das bolas de gude (Figura 4).

Figura 4 – Registros fotográficos dos procedimentos realizados no experimento demonstrativo realizado para modelizar a permeabilidade de solos com grãos pequenos e com grãos grandes.



Fonte: produção dos próprios autores.

A Atividade 5 consistiu no início de uma nova investigação sobre a permeabilidade de um solo desconhecido, que na tarefa é denominado “Solo Misterioso”; esse solo consiste em uma mistura de areia com argila. O “Solo Misterioso” foi então apresentado aos estudantes, que tiveram que realizar uma experimentação empírica, como a realizada na Atividade 1, para determinar características como cor, textura e tamanho dos grãos. Além disso, foi apresentada aos estudantes uma nova questão de investigação: “O ‘Solo Misterioso’ é mais ou menos permeável que a terra, a areia e a argila?”; foi solicitado aos estudantes que formalizassem uma previsão e uma hipótese sobre o grau de permeabilidade do “Solo Misterioso” de modo a compará-lo e classificá-lo no gradiente de permeabilidade previamente estabelecido com o experimento realizado com as amostras de terra húmifera, a areia e a argila. Portanto, parte da Atividade 5 consistiu na repetição do protocolo experimental de teste da permeabilidade realizado na Atividade 3, porém usando como amostra o “Solo Misterioso”. Após a realização do experimento, os estudantes novamente se engajaram na organização e na interpretação dos dados coletados, bem como na construção de explicações que justificassem a diferença de permeabilidade das diferentes amostras de solo estudadas.

Por fim, na Atividade 6, os alunos construíram um relatório científico para a investigação realizada com o “Solo Misterioso”, de forma a utilizar os conhecimentos construídos ao longo de toda a SEI para responder à questão de investigação apresentada na Atividade 4. O relatório científico construído pelos estudantes era constituído pelos itens “introdução”, “materiais”, “procedimentos”, “resultados e discussão” e “conclusão” e em cada item havia uma breve explicação de como elaborá-los, considerando sua natureza epistêmica na cultura científica.

A concepção de comandas e tarefas com base no Ensino por Investigação: visando a aprendizagem epistêmica e o engajamento com as práticas científico-escolares.

Nesta seção apresentaremos algumas comandas das tarefas que planejamos e concebemos para concretizar os objetivos didáticos das atividades que compõem a SEI apresentada anteriormente. Planejamos a redação e os enunciados das tarefas que seriam dadas aos estudantes visando promover oportunidades para que esses se envolvessem e participassem em processos autênticos de condução de uma investigação científica de forma a promover engajamento com práticas científico-escolares e com o desenvolvimento de sua aprendizagem epistêmica. No Quadro 2 apresentamos dois exemplos de comandas presentes em uma tarefa dada aos estudantes.

Quadro 2 – Comandas de uma tarefa entregue aos alunos durante o desenvolvimento da SEI.

- a) *"Para garantir que os resultados do experimento fossem confiáveis, uma aluna sugeriu medir e usar a mesma quantidade de cada tipo de solo. Vocês acham isso importante para que os resultados sejam confiáveis? Por quê?"*
- b) *"Outro aluno sugeriu que se usasse a mesma quantidade de água em cada tipo de solo para que os resultados fossem confiáveis. Vocês acham essa outra proposta importante? Por quê?"*

Essas comandas fizeram parte do desenvolvimento da Atividade 3 e foram apresentadas aos estudantes antes que esses realizassem o experimento para determinar a permeabilidade dos solos objeto de estudo da SEI (terra húmifera, areia e argila). Em ambas as questões o objetivo foi suscitar nos estudantes reflexões e discussões sobre a importância do controle de variáveis para a execução do experimento. Dessa forma, esse tipo de comanda fomenta o engajamento dos estudantes com práticas científico-escolares como a argumentação e a construção de explicações (DUSCHL, 2008). O objetivo desse tipo de comanda é, também, fomentar que os estudantes explicitem seus conhecimentos epistêmicos por meio da ação de avaliar e de produzir justificativas para as proposições apresentadas nos enunciados. Chinn, Buckland & Samarapungavan (2011), argumentam que a cognição epistêmica pode se expressar de maneira explícita (por exemplo, por meio da linguagem verbal oral ou escrita) ou ser tácita, ou seja, não ser formalmente expressa. Dessa forma, para ter maior clareza sobre a natureza dos critérios utilizados pelos estudantes para avaliar e para justificar suas ideias, torna-se necessário fomentar que esses expressem sua cognição epistêmica. No Quadro 3 apresentamos respostas construídas pelos estudantes para as comandas apresentadas no Quadro 2.

Quadro 3 – Respostas apresentadas pelos estudantes para as comandas apresentadas no Quadro 2

- Exemplo de resposta dada à questão a): "Sim porque se uma tivesse pouco e outra tivesse muito, o que tivesse pouco ia descer mais rápido".*
- Exemplo de resposta dada à questão b): "Sim é importante porque se colocar a quantidade de solo e de água diferente, um solo vai descer a água mais rápido e o outro não".*

Podemos observar pelos exemplos de respostas apresentadas pelos estudantes (Quadro 3) que há raciocínio lógico e articulação de ideias

para construir uma explicação de natureza causal (“Se... Então... Portanto”) e noções da importância do controle de variáveis para que os resultados do experimento fossem confiáveis e que fornecessem os dados necessários para determinar a permeabilidade de cada tipo de solo, o que caracteriza ações relacionadas à fase de “Investigação” do ciclo proposto por Pedaste e colaboradores (2015). Com essas respostas podemos ilustrar como o Ensino por Investigação e, conseqüentemente, uma SEI pode promover e contribuir com o processo de aprendizagem científica dos estudantes por meio do engajamento com comandas que incentivem a reflexão, o raciocínio lógico e matemático, e outras tantas atividades comumente utilizadas na construção do conhecimento científico.

Referências

CARVALHO, A. M. P. O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, A. M. P. (Ed.). Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013. cap. 1, p. 1-20.

CHINN, C. A.; BUCKLAND, L. A.; SAMARAPUNGAN, A. Expanding the dimensions of epistemic cognition: Arguments from philosophy and psychology. *Educational Psychologist*, v. 46, n. 3, p. 141-167, 2011.

DUSCHL, R. Science Education in Three-Part Harmony: Balancing Conceptual, Epistemic, and Social Learning Goals. *Review of Research in Education*, v. 32, n. 1, p. 268-291, 2008.

MORTIMER, E. F. et al. Uma metodologia para caracterizar os gêneros de discurso como tipos de estratégias enunciativas nas aulas de Ciências. In: NARDI, R. (Ed.). A pesquisa em Ensino de Ciências no Brasil: alguns recortes. São Paulo, 2007. p.53-94. ISBN 8575312774.

OSBORNE, J. Teaching Scientific Practices: Meeting the Challenge of Change. *Journal of Science Teacher Education*, v. 25, n. 2, p. 177-196, March 01 2014.

_____. Defining a knowledge base for reasoning in Science: the role of procedural and epistemic knowledge. In: DUSCHL, R. A. e BISMARCK, A. S. (Ed.). Reconceptualizing STEM Education: the central role of practice. New York, NY: Routledge, 2016. cap. 16.

PEDASTE, M. et al. Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational research review*, v. 14, p. 47-61, 2015.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 13, n. 3, p. 333-352, 2008.

SOLINO, A. P.; FERRAZ, A. T.; SASSERON, L. H. Ensino por investigação como abordagem didática: desenvolvimento de práticas científicas escolares. In: XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física – enfrentamentos do ensino de física na sociedade contemporânea. Uberlândia: UFU, 2015.

SÃO PAULO. Secretaria Municipal de Educação. Coordenadoria Pedagógica. Currículo da cidade: Ensino Fundamental: Ciências Naturais. São Paulo: SME/COPED, 2019a.

SÃO PAULO. Secretaria Municipal de Educação. Coordenadoria Pedagógica. Caderno da cidade: saberes e aprendizagens: Ciências Naturais – livro do(a) professor(a) – 6º ano. – São Paulo: SME/COPED, 2019b.