

A engenharia didática da construção e validação de sequências de ensino: um panorama com foco no ensino de ciências

Reinaldo Silva Guimarães*

Vania Elisabeth Barlette**

Paulo Henrique Guadagnini**

Resumo

Destaca-se neste estudo um problema que se apresenta na formação continuada de professores em cursos de pós-graduação *stricto sensu*, particularmente em cursos de mestrado profissional, que é o de integrar a pesquisa e o desenvolvimento com a ação didática para a construção e validação de sequências de ensino. Nesse sentido, o objeto desta investigação é a produção de sequências didáticas para o ensino de ciências, por meio de metodologias que integrem pesquisa, desenvolvimento, teste e avaliação, especificamente com a metodologia da Engenharia Didática. O presente estudo diz respeito a uma pesquisa mais ampla envolvendo os pressupostos da Engenharia Didática, do qual é parte uma dissertação de mestrado profissional em ensino de ciências que está em progresso. Tendo-se como foco a Engenharia Didática, o objetivo deste estudo é avaliar as possibilidades que têm sido exploradas deste referencial como instrumento para a produção de sequências didáticas para o ensino de ciências. A metodologia de pesquisa bibliográfica é empregada para este estudo, tendo-se como fonte artigos, trabalhos completos em eventos, dissertações e teses com foco no ensino de ciências envolvendo o uso da Engenharia Didática. A partir da análise de atributos acerca da funcionalidade deste referencial para a obtenção de sequências de ensino, é encorajado o uso dos pressupostos teórico-metodológicos da Engenharia Didática para a concepção e validação empírica de sequências de ensino de ciências.

Palavras-chave: engenharia didática, sequências de ensino, formação de professores, ensino de ciências

* Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade Federal do Pampa, *E-mail:* reinaldoguimaraes@gmail.com

** Docente do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade Federal do Pampa, *E-mail:* vaniabarlette@unipampa.edu.br

*** Docente do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade Federal do Pampa, *E-mail:* paulogudagnini@unipampa.edu.br

Didactic Engineering of the Design and Validation of Teaching Sequences: An Overview Focusing in the Science Teaching

Abstract

This study focuses on a problem that arises itself in the continuing education of teachers in *stricto sensu* graduate courses, particularly in professional master's courses, that is to integrate research and development with didactic action for the design and validation of teaching sequences. In this sense, the object of this research is the production of teaching sequences to science teaching using frameworks that integrate research, development, testing and evaluation, specifically by using Didactic Engineering. The present study is relating to a broader research involving the assumptions of Didactic Engineering, being part of this research an ongoing study in professional master's degree in science teaching. Focusing on Didactic Engineering, the aim of this study is to evaluate possibilities that have being explored of this framework as a tool for the production of didactic sequences for science teaching. The literature search methodology is used for this study, taking as source articles, full papers in events, dissertations and theses focusing in science teaching involving the use of Didactic Engineering. From analysis on attributes about the functionality of this framework in obtaining teaching sequences, the use of theoretical and methodological assumptions of Didactic Engineering is encouraged for the design and empirical validation of sequences for the science teaching.

Keywords: didactic engineering, teaching sequences, teacher training, science teaching

Introdução

A formação e a prática profissional nos cursos de mestrado profissional em ensino envolvem, de alguma forma, o projeto e a validação de produções educacionais em situações reais. Isso requer algum grau de articulação entre ação didática, investigação e teoria, e se constitui em um dos desafios nesta modalidade de pós-graduação *stricto sensu*. Em se tratando da produção e validação de sequências de ensino, um dos referenciais utilizados, principalmente na área da Educação Matemática, é a Engenharia Didática na tradição da didática francesa (PAIS, 2011; MACHADO, 2012; ALMOULOU; SILVA, 2012).

Outros referenciais mais tradicionais na área de Ensino de Ciências, que conjugam a pesquisa e a ação didática para a produção de sequências de ensino são *Teaching-Learning Sequences - TLS* (MÉHEUT; PSILLOS, 2004), e o modelo da Reconstrução Educativa, desenvolvido por Kattmann et al. em 1995, na tradição pedagógica alemã que combina a hermenêutica relativa ao conteúdo científico com abordagens construtivistas de ensino e aprendizagem (DUIT et al., 2012).

Méheut e Psillos, fazendo referência à Engenharia Didática, enfatizam o que já foi sugerido por Artigue na Educação Matemática: “um referencial teórico frutífero para o desenvolvimento de sequências de ensino direcionando a atenção para a análise epistemológica à priori do tópico a ser ensinado, uma abordagem que é também frutífera para a educação em ciências” (op. cit., p. 516, tradução nossa).

No presente estudo, tendo-se como referencial a Engenharia Didática, o objeto é a produção de sequências de ensino para a área de Ensino de Ciências. O objetivo é avaliar como essa área tem explorado esse referencial, particularmente na obtenção de sequências de ensino. Esse estudo é parte de uma proposta de pesquisa mais ampla envolvendo os pressupostos da Engenharia Didática no ensino de ciências, da qual uma dissertação de mestrado profissional em ensino de ciências está em andamento.

A metodologia da Engenharia Didática, desde o seu surgimento na década de 80, no âmbito da Didática da Matemática Francesa, com Guy Brousseau e Yves Chevallard, e depois com Michèle Artigue, assumiu sentidos e usos diversos (ARTIGUE, 2009; ALMOULOU; SILVA, 2012). Na sua origem, a Engenharia Didática buscou dar conta das relações entre a pesquisa e a ação didática em sistemas educacionais e, como instrumento de desenvolvimento, a atribuir um papel às produções de pesquisa da engenharia obtidos na confluência entre o conhecimento teórico e o conhecimento da prática (ARTIGUE; PERRIN, 1991; ARTIGUE, 2002; 2009; CARNEIRO, 2005).

A dualidade da metodologia da Engenharia Didática, como instrumento de pesquisa e de desenvolvimento, é discutida por Artigue e Perrin-Glorian (1991) que apontam que os produtos de pesquisa da engenharia não são diretamente produtos para o ensino:

Atualmente, a maioria dos produtos de desenvolvimento didático resultam diretamente de produtos construídos por pesquisadores para necessidades de pesquisa. Esse tipo de trabalho, apesar de não projetados inicialmente para a ação, irresistivelmente incitam à transição para a ação: ele é baseado em sequências de ensino e podem portanto facilmente, desde que as correspondentes sequências não sejam muito exóticas, serem vistos como produtos “prontos para uso” no ensino. [...]

Produtos de pesquisa da engenharia frequentemente aparecem como produtos com fortes vínculos, projetados de acordo com condições experimentais precisas e levando em conta vínculos específicos desta experimentação. Isso não é ao acaso: na pesquisa da engenharia, a confrontação entre a análise à priori e à posteriori sendo a base para a validação, é desejável que o sistema desenvolvido possua somente alguns poucos graus de liberdade que escapam a análise à priori. Do contrário, o produto do desenvolvimento é

um produto o qual deverá ser adaptado pelo usuário para condições relativamente variáveis. (op. cit., 1991, p. 14, tradução nossa)

O aproveitamento ou a nova abordagem das sequências de ensino resultantes da pesquisa da engenharia para a ação didática requer adaptação destas produções, uma vez que a Engenharia Didática “não pode ser diretamente transposta em meios de ação em um sistema educacional, ainda quando ela lida com situações de ensino na sala de aula.” (op. cit., p. 17, tradução nossa).

As sequências de ensino, como produções no contexto da Engenharia Didática, são constituídas por situações didáticas planejadas e submetidas à experiência, e uma avaliação dos seus efeitos, envolvendo expectativas sobre a aprendizagem do aluno.

Zabala (1998) apresenta diferente perspectiva para sequências de ensino e proposta de produção, com o entendimento de que sequências de ensino ou sequências didáticas são “um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos” (op. cit., 1998, p.18), compartilhando planejamento didático, intervenção e avaliação como constituintes do trabalho didático.

A seguir, apresentam-se aspectos julgados importantes acerca do referencial da Engenharia Didática, a metodologia de busca, seleção e análise de trabalhos da literatura, os resultados desta busca e seleção, e considerações acerca do estudo realizado.

A Teoria das Situações Didáticas e a Engenharia Didática

A metodologia da Engenharia Didática surgiu na década de 80 no contexto da didática francesa, tendo por referência a Teoria das Situações Didáticas proposta por Guy Brousseau (2002) e a Teoria da Transposição Didática de Yves Chevallard. Artigue e Perrin (1991), destacam que

O termo foi introduzido para nomear uma forma de trabalho didático: um trabalho comparável aquele de um engenheiro que, a fim de realizar um projeto em particular, usa o conhecimento científico, concorda em submeter o seu trabalho a algum tipo de controle científico, mas que ao mesmo tempo encontra-se obrigado a trabalhar com objetos os quais são muito mais complexos do que os objetos refinados da ciência e os quais ele, portanto, deve abordar de um modo prático e com todos os meios de que dispõem, problemas os quais a ciência não deseja ou não pode tratar. (op. cit., p. 13, tradução nossa)

Artigue (2009) ressalta que a Engenharia Didática, quer seja vista como uma prática de pesquisa ou de desenvolvimento, é uma intervenção controlada tendo como base a Teoria das Situações Didáticas, o que afeta fundamentalmente a concepção da engenharia. Tendo isso em vista, e o papel central que a noção de situação tem na Teoria das Situações Didáticas e a sua relação com a aprendizagem como destacado por Artigue (op. cit., p.10), neste trabalho defende-se essa noção, assim como outras relacionadas a ela, tais como sistema didático, *milieu*, situação didática e adidática, contrato didático e transposição didática.

Com inspiração nos desenvolvimentos de Piaget sobre a concepção genético-cognitivista da aprendizagem, a construção da Teoria das Situações Didáticas teve influência do pressuposto que o desenvolvimento intelectual ocorre por assimilações e acomodações ao meio didático (*milieu*) que produz antagonismos, estimulando o sujeito a responder a esse meio construindo e reconstruindo suas estruturas mentais em um processo dialético. Nas palavras de Brousseau (2002),

O aluno aprende por adaptar-se ao *milieu* que gera contradições, dificuldades e desequilíbrios, em uma aproximação ao que a sociedade humana faz. Este conhecimento, que é resultado da adaptação do aluno, manifesta-se por novas respostas as quais fornecem evidências de aprendizagem. (op. cit., p. 30, tradução nossa)

Contrapondo-se à teoria piagetiana que, segundo Brousseau, “assume o risco de aliviar o professor de toda a responsabilidade didática” (op. cit., p.30, tradução nossa). Ele argumenta que “um *milieu* sem intenções didáticas é manifestamente insuficiente para induzir no estudante todo o conhecimento cultural que desejamos que ele adquira” (op. cit., p. 30, tradução nossa). Assim, na Teoria das Situações Didáticas, o *milieu* ao qual o aluno fica exposto para à aprendizagem relativa ao conceito/conteúdo de ensino, conta-se com o planejamento do professor para favorecer a construção de novos significados a serem assimilados pelo aluno sobre este saber, a partir das interações sociais que se estabelecem no ambiente educativo (PAIS, 2011; FREITAS, 2012). As relações que se estabelecem entre professor, aluno e saber a ser assimilado no contexto social do ambiente educativo constitui o sistema didático.

A relação entre professor e saber a serem assimiladas no sistema didático, não se restringe a uma relação de ensino, aquela cuja ênfase é dada para a seleção e organização de objetos de ensino, atividades e tarefas, escolha de recursos e estratégias para facilitar a compreensão do conteúdo programático pelo aluno, e expectativas de

aprendizagens associadas aos efeitos por meio de ações, mas pode estender-se para além dessa relação de transposição didática da qual participa, transformando esse saber ensinar em saber aprendido. Nessa relação com o saber, o professor desenvolve seus próprios objetivos de conhecimento que justificam uma relação de pesquisa (ROSA, 1998). Assim, o papel do professor no sistema didático fica esclarecido a partir da relação que ele estabelece com o conhecimento pela pesquisa, e com o aluno na ação pedagógica. A relação entre professor e aluno se dá por meio do contrato didático que estabelece o conjunto de obrigações de cada uma das partes, regulando as intenções do aluno e do professor em relação à situação didática.

São didáticas as realizações no ambiente de ensino as quais o professor deliberadamente as planejou para que o aluno construa e mobilize conhecimentos para a obtenção de objetivos educacionais e para os quais ele tem relativo controle. Diferentemente, na situação adidática a responsabilidade é deslocada para o aluno, pois ele é responsável pela sua gestão.

A situação adidática, é planejada pelo professor na fase didática de modo a fornecer o meio didático para que o aluno possa estabelecer relações de significados com o conhecimento. O meio didático (*milieu*) é constituído pelo que envolve o aluno no contexto da situação didática, tais como recursos, atividades, sala de aula, laboratório, o professor e o colega.

Ao aceitar o desafio proposto na atividade, o aluno toma a responsabilidade para si quando aceita o desafio de resolvê-la. Nesse sentido, uma situação adidática, em relação a um conceito/conteúdo, é um componente de uma situação didática preparada para que o aluno trabalhe sem o controle direto do professor e possa construir/mobilizar seu conhecimento de forma mais autônoma.

Com essas noções, para a concepção das situações didáticas, é importante levar em conta as formas adidáticas com que as situações podem ser planejadas para o aluno interagir com o conceito/conteúdo em questão e construir significados; as situações podem ser de ação, formulação, e validação (BROUSSEAU, 2002; TEIXEIRA; PASSOS, 2013). Com a devolução ao aluno de uma situação-problema pelo professor, e o aceite do aluno em resolver a situação, dá-se início ao processo de aprendizagem: na ação sobre a situação, o aluno produz conhecimentos intuitivos, operacionais, sem lançar mão de modelos explicativos ou esquemas teóricos (situação de ação); como estímulo ao processo de adaptação à situação apresentada, o aluno formula modelos explicativos ou esquemas teóricos para dar respostas à situação (situação de formulação); o aluno busca meios de validar ou rejeitar o modelo/esquema (situação de validação); Por fim, o novo conhecimento é institucionalizado pelos envolvidos, professor e alunos.

A análise da situação didática revelará sobre as relações no sistema didático por meio da escolha de variáveis didáticas e variáveis cognitivas, o que implica na organização das interações do aluno com o meio didático. As variáveis podem se referir a uma sessão (variáveis microdidáticas ou locais) ou se referir a engenharia de forma global (variáveis macrodidáticas ou globais).

As noções desenvolvidas pela Teoria das Situações Didáticas de Brousseau são utilizadas para a organização metodológica da Engenharia Didática. Essa metodologia contempla as fases de concepção, realização, observação e análise das situações didáticas, e sua operacionalização é feita com os seguintes passos sucessivos: estudos preliminares, concepção e análise *a priori*, experimentação, e análise *à posteriori* e validação (ARTIGUE; PERRIN, 1991; MACHADO, 2012; ALMOULOU, 2012; SILVA, 2012; CARNEIRO, 2005; 2008):

1. Estudos preliminares. Com os estudos preliminares se busca conhecer a tradição do ensino do conceito/conteúdo em questão, buscando identificar a problemática em que este conhecimento se insere no campo do ensino. Esta fase é fundamental para a fase seguinte da engenharia, que é a fase da concepção das situações didáticas. Nos estudos preliminares se busca construir um panorama desta tradição abarcando três domínios: o domínio epistemológico que envolve o conceito/conteúdo a ensinar; o domínio didático relativo ao funcionamento do ensino; e o domínio cognitivo relativo ao público para quem será dirigida a experiência. Investigam-se, por exemplo, as noções científicas do conhecimento em questão e sua evolução conceitual, como o ensino desse conceito/conteúdo se apresentada nos livros didáticos, e as dificuldades de aprendizagens dos alunos, identificando suas concepções, modelos explicativos e esquemas teóricos. Essa fase é propícia para a elaboração de variáveis globais da engenharia, hipóteses e questões norteadoras para a concepção e validação das situações didáticas;

2. Concepção e análise *à priori* das situações didáticas. É nesta fase que se inicia o processo de validação. Nessa fase se concebem e se analisam as situações didáticas previamente à sua realização no ambiente educacional, tendo-se por base os estudos preliminares e os comportamentos que o professor intenciona que sejam expressos pelos alunos na realização da experiência. É nessa fase, então, que se faz uma descrição das situações e uma predição do que pode ocorrer na implementação da experiência; Faz-se a escolha de variáveis microdidáticas, ou locais, ou seja, variáveis específicas que serão utilizadas para o controle das atividades e dizem respeito ao planejamento de uma sessão da sequência didática;

3. Experimentação. Esta é a fase da implementação da experiência ou reali-

zação da engenharia, que é desenvolvida no campo da prática educativa. Nessa fase se aplica(m) o(s) instrumentos de pesquisa (registro das observações por meio de diário da prática pedagógica, gravações em áudio/vídeo, produções escritas dos alunos, etc.). Os instrumentos de pesquisa são utilizados para se testar as hipóteses formuladas e se fazer mudança de percursos, se necessário. Segundo Artigue e Perrin (1991), o processo de validação interna não exclui o uso de instrumentos, tais como pré-testes e pós-testes, questionários e entrevistas.

4. Análise à posteriori e validação. É fundamental prever *a priori*, e analisar comparativamente *a posteriori* à realização da engenharia, quais as relações que se estabelecem entre os novos significados adquiridos pelo aluno sobre o conhecimento em questão e as situações didáticas nas quais os novos significados ocorrem. Por isso, a fase de concepção e análise *a priori* das situações didáticas, discutida anteriormente, é de fundamental importância para o processo de validação e é a base para esta fase da análise à posteriori. É nessa fase que se organizam os dados obtidos na fase da experimentação e se analisam os resultados, e se confirmam ou refutam as hipóteses formuladas.

Metodologia

O procedimento de busca e seleção para compor a amostra de trabalhos nacionais que relacionam a Engenharia Didática com o Ensino de Ciências consistiu no uso de palavras-chave, ou termos, que foram agrupados em *strings* por meio do uso dos conectores “E” e “OU”. Esse procedimento foi utilizado como uma aproximação de revisão de literatura por reconhecimento de padrões. Os strings utilizados na busca e seleção foram: “Engenharia Didática” E “Ensino de Ciências”; “Engenharia Didática” E “Ensino de Física” OU “Engenharia Didática” E “Ensino de Química” OU “Engenharia Didática” E “Ensino de Biologia”. As buscas não utilizaram restrições quanto às datas das publicações.

As bases de dados utilizadas na revisão foram: o banco de teses e dissertações da CAPES, todas as bases de dados disponíveis no portal de periódicos da CAPES, e o mecanismo de busca do Google.

Para avaliar as possibilidades que têm sido exploradas da metodologia de Engenharia Didática, especialmente como instrumento para a produção de sequências didáticas para o ensino de ciências, as publicações selecionadas foram organizadas em termos de sua relação com a Engenharia Didática.

Resultados e Discussão

O levantamento realizado abarcou a pesquisa nacional na área de Ensino de Ciências envolvendo a metodologia da Engenharia Didática. A pesquisa não incluiu publicações do ano de 2015. Assim, não foi selecionado, neste estudo, 01 (um) trabalho publicado no ano de 2015 que utilizou a metodologia da Engenharia Didática para orientar e avaliar os resultados de uma prática pedagógica extensionista com viés interdisciplinar no ensino superior.

Os itens encontrados se referem a 01(um) artigo em periódico, 02 (duas) dissertações e 02 (dois) trabalhos completos em evento, cujas publicações se deram entre 2008 a 2012, conforme Quadro 1. Nesse quadro, são apresentadas as informações acerca das publicações, organizadas da seguinte forma: título da publicação, autor(es), instituição(ões) envolvida(s), natureza e ano de publicação.

Quadro 1 – Dados das publicações resultantes da busca e seleção no período

Nº	Título	Autor(es)	IES	Natureza	Ano
1	Aprendizagem de ondas sonoras por meio de uma situação adidática	GOBARA, S. T.; MARQUES, S. M.	UFMS	Trabalho completo em evento (XI EPEF)	2008
2	Objetos de aprendizagem no ensino de matemática e física: uma proposta interdisciplinar	SOUSA, E. V. de	PUC/SP	Dissertação	2010
3	Interdisciplinaridade no ensino de ciências na série final do ensino fundamental com o tema ciclos biogeoquímicos	MATOS, M. A. E. de	UFMS	Dissertação	2010
4	Instrumento para construção e validação de sequências didáticas em um curso a distância de formação continuada de professores	GUIMARÃES; Y. A. F.; GIOR-DAN, M.	USP	Trabalho completo em evento (VIII ENPEC-I CIEC)	2012

A literatura amostrada relativa ao período indica um número pouco expressivo de pesquisas em Ensino de Ciências que, envolvendo a metodologia da Engenharia Di-

dática. Mesmo na área da Educação Matemática, passadas cerca de três décadas do seu aparecimento com Gui Brousseau, a apropriação e uso da metodologia da Engenharia Didática por pesquisadores para estudos, quer sejam relacionados a processos de ensino e aprendizagem ou a melhorias nas práticas profissionais, que visem a formação do professor, ou mesmo ao desenvolvimento de material educacional, têm tido um volume mais expressivo somente nos últimos 10 anos.

Um levantamento realizado por Almouloud e Coutinho (2008) de trabalhos publicados no GT-19 (Educação Matemática) do ANPED (Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Educação), no período entre 1999 e 2005, apontou 05 trabalhos que utilizaram a Engenharia Didática ou seus pressupostos na área da Educação Matemática cujas publicações ocorreram somente entre 2000 e 2004. Outro levantamento sobre a influência da Engenharia Didática Francesa no Brasil, realizado por Souza (2013) no periódico *Bolema, Boletim de Educação Matemática* do Programa de Pós-Graduação em Matemática, da UNESP/Rio Claro, mapeado no período entre 1985 a 2012, mostrou uma seleção de 07 artigos para a busca com a palavra-chave “Artigue” mas apenas 04 deles, cujas publicações aconteceram entre 2008 e 2009, se referem, ao uso desta metodologia no ensino da Matemática ou na formação de professores de Matemática.

Considerando a perspectiva teórica de Méheut (*Teaching Learning Sequence – TLS*), para a construção e validação de sequências didáticas para o Ensino de Biologia, Nascimento, Guimarães e El-Hani (2009) apontaram apenas 01 publicação nacional, que se deu no ano de 2008, a partir de um levantamento realizado nas bases de dados ERIC e SciELO por.

Barros e Ferreira (2013) também fizeram um levantamento da produção científica nacional em Ensino de Ciências sobre sequências de ensino na perspectiva de Méheut, no período de 2005 a 2012, nos periódicos *Ciência e Educação*, *Investigações em Ensino de Ciências e Ensaio*, e no ENPEC, evento tradicional da área, encontrando 08 publicações no período. Todos esses resultados, quando vistos de forma global, podem indicar que a pesquisa relacionada à construção e validação de sequências didáticas no estudo de processos de ensino e aprendizagem, na formação de professores e no desenvolvimento de material instrucional para o no ensino de ciências, constitui um campo a ser explorado no meio acadêmico.

Na sequência, o Quadro 2 apresenta as relações que as pesquisas amostradas no Ensino de Ciências fazem com as formas de uso da Engenharia Didática para compreender como os pesquisadores estão explorando esse referencial metodológico, com particular interesse para a produção das sequências de ensino. As categorias utilizadas

para fazer essa análise são o papel desempenhado pela sequência de ensino e a análise e avaliação realizada na experiência.

Quadro 2 – Relações entre as pesquisas amostradas no Ensino de Ciências com a Engenharia Didática

Nº	Papel desempenhado pela sequência de ensino	Análise (à priori / à posteriori) e Avaliação			
		Cr it é r i o s qualitativos / semi-qualitativos	Cr it é r i o s quantitativos	I n t e r - pretação do/a pesquisador/a	Avaliação por outros
1	Estratégia de investigação sobre o ensino de ondas sonoras no ensino médio	Sim	Não	Sim	Não
2	Instrumento de pesquisa para articular recurso tecnológico, interdisciplinaridade e conceitos no ensino médio	Sim	Sim	Sim	Não
3	Material instrucional para professores em formação continuada, e instrumento de discussão da relação entre teoria e prática docente na formação continuada de professores	Sim	Sim	Sim	Não
4	Elemento integrador entre a teoria e a prática docente na formação continuada de professores, e elemento de investigação	Sim	Não	-	Sim

O trabalho de Gobara e Marques (2008) se refere à averiguação de uma sequência didática para o ensino de ondas, situando-se na segunda fase da engenharia (concepção e análises *à priori* da situação didática). A sequência didática foi cons-

truída considerando-se uma situação adidática, cujos efeitos sobre o desempenho/aprendizagem por atividade e por grupos de alunos (duplas e trios) são analisados comparando-se as predições e expectativas à priori e à *posteriori* à experiência, utilizando-se de critérios qualitativos (observações e respostas aos guias de atividades), envolvendo a interpretação das pesquisadoras. Além das interpretações das investigadoras, a avaliação não contou com opiniões de outros implicados no processo (alunos). O estudo apresentado contempla uma das fases de uma pesquisa que propõe investigar o ensino de *ondas sonoras* por meio da situação adidática testada e aprimorada. Assim, a sequência didática desenvolvida no estudo será utilizada como estratégia de investigação da Engenharia Didática para o estudo sobre o ensino de ondas sonoras.

Guimaraes e Giordan (2012) apontam duplo papel para as sequências didáticas desenvolvidas e avaliadas no Curso de Especialização em Ensino de Ciências da Rede São Paulo de Formação Docente (REDEFOR), realizado à distância: de elemento integrador entre a teoria e a prática docente como possibilidade para discutir propostas educativas desenvolvidas pelos professores, visto como cursistas no contexto social das suas salas de aula; e, além dessa função, e com caráter de estratégia de investigação apontada nos estudos de Gobara e Marques (op. cit., 2008), as sequências didáticas nesse Curso também são um elemento de investigação:

Assim, ela toma para si uma dupla função: a de agir como exercício prático ao relacionar os conteúdos e teorias abordados no curso de Especialização e a prática profissional do professor em sala de aula; e a de servir como elemento de investigação, pois que também é tema central para elaboração dos TCC a serem desenvolvidos por cada um dos cursistas. (op. cit., 2012, p. 3)

De acordo com a metodologia da Engenharia Didática, as sequências são avaliadas em análises à priori pelos tutores on-line, pelos pares e pelos professores coordenadores; presume-se que os professores cursistas tenham realizado. O trabalho não faz referência a análise pelos próprios professores cursistas.

Matos (2010), no seu trabalho de dissertação, envolvendo professores de ciências da Série Final do Ensino Fundamental, também atribui à sequência didática duplo papel: como material instrucional para os professores em formação continuada, como também instrumento de discussão da relação entre teoria e prática docente na formação continuada de professores. A pesquisa faz as interpretações utilizando critérios qualitativos e quantitativos no processo de validação da sequência didática.

Sousa (2010), em um estudo com alunos do Ensino Médio, atribui à sequência

didática, integrada à metodologia da Engenharia Didática, papel de instrumento de pesquisa articulador entre recurso tecnológico, interdisciplinaridade e conceitos. As análises são feitas pelo pesquisador, e tem caráter qualitativo e quantitativo.

Considerações Finais

Este estudo permite enumerar algumas características importantes da metodologia da Engenharia Didática e a sua relevância, que justificam e encorajam o seu uso para a pesquisa e o desenvolvimento na área de Ensino de Ciências, bem como para a formação de professores nesta área:

- a. A sequência de ensino concebida com Engenharia Didática pode ser testada na fase da implementação da experiência da Engenharia, e refinada por meio de intervenções didáticas iterativas, o que proporciona uma otimização do material educacional para uso com um número de aulas adequado às necessidades do professor, como já enfatizado na área de Educação Matemática (ALMOULOU: SILVA, 2012);
- b. A possibilidade de readequação da sequência de ensino para uma nova realidade escolar, uma vez que o processo empírico de produção da sequência de ensino com o apoio da teoria implica que, para um novo cenário educacional, se faz necessário rodar novamente a engenharia para otimizar, ou readequar a sequência de ensino para esse novo cenário;
- c. A sequência de ensino resultante leva em conta processos sociais e culturais da sala de aula, avanços em áreas relacionadas à didática, tais como a psicologia social e a sociologia educacional, ressaltam a relevância de processos sociais e culturais para o sucesso na aprendizagem, o que coloca ênfase na metodologia da engenharia por levar em conta tais processos;
- d. A avaliação, como componente necessária da Engenharia Didática, é conduzida por meio da análise posterior às realizações didáticas na sala de aula comparativamente a análise feita à priori a estas realizações, previstas pelo professor na concepção das situações didáticas, o que contribui para o processo reflexivo do professor a respeito da sua própria prática, mediado pela teoria;
- e. A reflexão proporcionada pelo processo de pesquisa e ação didática da engenharia contribui para a formação do professor pesquisador. Esse referencial, segundo Carneiro (2008, p. 211), “contribui para a formação do professor pesquisador, na medida em que organiza a reflexão em diferentes

níveis: ensino usual; epistemologia dos conteúdos, esfera didática; âmbito cognitivo; pensamento do aluno.”

- f. A trajetória de aprendizagem do aluno durante a implementação da experiência é acessada no processo de análise da validade das situações planejadas, permitindo avaliar o processo de ensino-aprendizagem;
- g. O autonomia do aluno é estimulada, na medida em este aceita o desafio de resolver as atividades propostas na sequência de ensino.

Referências bibliográficas

ALMOULOUD, S. Ag; COUTINHO, C. de Q. e S. Engenharia Didática: características e seus usos em trabalhos apresentados no GT-19/ANPED. *REVEMAT- Revista Eletrônica de Educação Matemática*, v. 3.6, p. 62-77, 2008.

ALMOULOUD, S. Ag; SILVA, M. J. F. da. Engenharia didática: evolução e diversidade. *REVE-MAT: Revista Eletrônica de Educação Matemática*, v. 7, n. 2, p. 22-52, 2012.

ARTIGUE, M.; PERRIN GLORIAN, M. J. Didactic engineering, research and development tool: some theoretical problems linked to this duality. *For the Learning of Mathematics*, v. 11, n. 1, p. 13-18, 1991.

ARTIGUE, M. Didactical engineering as a framework for the conception of teaching products. In: BIEHLER, R.; SCHOLZ, R.; STRÄSSER, R.; WINKLEMANN, B. (Ed.). *Didactics of mathematics as a scientific discipline*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2002. p. 27-39.

_____. *Didactical design in mathematics education*. In: WISLØW, C. (Ed.), *Nordic Research in Mathematics Education*, Proceedings from NORMA08 in Copenhagen, April 21-25, 2008. Rotterdam, The Netherlands: Sense Publishers, 2009. p. 7-16.

BARROS, K. C. T. F. do R.; FERREIRA, H. S. Uma análise da produção científica nacional em ensino das ciências relacionadas às sequências de ensino aprendizagem (Teaching Learning Sequences – TLS) na perspectiva de Méheut. In: *IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias*, Girona, Espanha, 2013, p. 3520-3525.

BROUSSEAU, G. *Theory of didactical situations in mathematics*. Didactique des mathématiques, 1970-1990. Mathematics Education Library, v. 19. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 2002.

CARNEIRO, V. C. G. Engenharia Didática: um referencial para a ação investigativa e a formação de professores de matemática. *Zetetiké*, v. 13, n. 23, 2005, p. 87-119.

_____. Contribuições para a formação do professor de matemática pesquisador nos mestrados profissionalizantes na área de ensino. *Bolema*, Ano 21, n. 29, 2008, p. 199-222.

CHEVALLARD, Y. *La transposición didáctica: del saber sabio al saber enseñado*. Traducción: Claudia Gilman. Buenos Aires; Aique, 2000.

DUIT, R.; GROPENGIESSER, H.; KATTMANN, U.; KROMOREK, M.; PARCHMANN, I. The model of educational reconstruction – a framework for improving teaching and learning science. In: JORDE, D.; DILLON, J. (Eds.), *Science Education Research and Practice in Europe: Retrospective and Prospective*. Rotterdam: Sense Publishers, 2012. p. 13-37.

FREITAS, J. L. M. de. Teoria das situações didáticas. In: MACHADO, Silvia Dias Alcântara (Org.), *Educação Matemática: uma (nova) introdução*. 3.ed. São Paulo: Editora da PUC, 2012. p. 77-111.

GIORDAN, M.; GUIMARÃES, Y. A. F.; MASSI, L. Uma análise das abordagens investigativas sobre sequências didáticas: tendências no ensino de ciências. IN: *VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências e I Congresso Iberoamericano de Educação em Ciências*, 2012, Campinas, SP. Atas do VIII ENPEC – I CIEC. Rio de Janeiro, RJ: ABRAPEC, v. 1, 2012, p. 1-12.

GOBARA, S. T.; MARQUES, S. M. Aprendizagem de ondas sonoras por meio de uma situação adidática. In: *XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física*, 2008, Curitiba. Atas do XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. São Paulo: SBF, 2008. v. 1. p. 1-12. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epef/xi/atas/resumos/T0239-1.pdf>>. Último acesso em: 10 mai. 2015.

GUIMARÃES, Y. A. F.; GIORDAN, M. Instrumento para construção e validação de sequências didáticas em um curso a distância de formação continuada de professores. In: *VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências e I Congresso Iberoamericano de Educação em Ciências*, 2012, Campinas, SP. Atas do VIII ENPEC – I CIEC. Rio de Janeiro, RJ: ABRAPEC, v. 1, 2012. p. 1-12.

MACHADO, S. D. A. Engenharia Didática. In: MACHADO, Silvia Dias Alcântara (Org.), *Educação Matemática: uma (nova) introdução*. 3.ed. São Paulo: Editora da PUC, 2012. p. 233-247.

MATOS, M. A. E. de. *Interdisciplinaridade no ensino de ciências na série final do ensino fundamental com o tema ciclos biogeoquímicos*. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências) – Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2010.

MÉHEUT, M.; PSILLOS, D. Teaching-learning sequences: aims and tools for science educational research. *International Journal of Science Education*, v. 26, n. 5, p. 515-535.

NASCIMENTO, L. M. M.; GUIMARÃES, M. D. M.; EL-HANI, C. N. Construção e validação de sequências didáticas para o ensino de biologia: Uma revisão crítica da literatura. In: *VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, Florianópolis, 2009. p. 1-12.

PAIS, L. C. *Didática da matemática: uma análise da influência francesa*. 3.ed. Belo Horizonte: Autêntica., 2011.

ROSA, S. B. *A integração do instrumento ao campo da engenharia didática: o caso do perspectógrafo*, 1998, 263f. Tese (Programa de Pós-Graduação **em Engenharia de Produção**) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.

SOUSA, E. V. de. *Objetos de aprendizagem no ensino de matemática e física: uma proposta interdisciplinar*, 2010, 218f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Educação Matemática) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2010.

SOUZA, C. A. de. Influência da engenharia didática francesa na educação matemática no Brasil: a circulação e a apropriação de ideias. In: *II Congreso Iberoamericano de Educación Matemática*, 2013. Actas del II Congreso Iberoamericano de Educación Matemática, Montevideo, Uruguay, 2013. p. 7575-7582. Disponível em: < <http://cibem.semur.edu.uy/7/actas/pdfs/346.pdf> >. Último acesso em: 10 mai. 2015.

TEIXEIRA, P. J. M.; PASSOS, C. C. M. Um pouco da teoria das situações didáticas (tsd) de Guy Brousseau. *Zetetiké*, v. 21, n. 39, 2013.

ZABALA, A. *A Prática educativa: como ensinar*. Tradução Ernani F. da F. Rosa. Porto Alegre: Artmed, 1998.

Recebido em: 15 de maio de 2015

Aceito em: 24 de maio de 2015