

SITUAÇÕES DIDÁTICAS: ARTICULAÇÕES ENTRE ATIVIDADES POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS E SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS

Laerte Silva da Fonseca, Divanizia do Nascimento Souza, Marlene Alves Dias

IFS, UFS, UNIBAN

Brasil

laerte.fonseca@uol.com.br, divanizi@ufs.br, alvesdias@ig.com.br

Resumen. El objetivo de este trabajo es analizar de qué forma el uso de la computadora, como herramienta pedagógica, puede ayudar a superar a estudiantes brasileños de 1º año de una Escuela Técnica de Nivel Medio Integrado en el estado de Sergipe las dificultades de aprendizaje del 1º modelo de funciones trigonométricas a partir de la presentación de actividades potencialmente significativas. Los análisis se apoyan en la Teoría de las Situaciones didácticas de Brousseau (2008), en los principios de la Ingeniería Didáctica de Artigue (1988) y en los conocimientos previos conforme a Moreira (2005). Se analiza la trayectoria histórica de las funciones trigonométricas, tres libros didácticos y, por último, la secuencia didáctica propuesta.

Palabras clave: situaciones didácticas, actividad significativa, secuencia didáctica, dificultad de aprendizaje, ordenador

Abstract. The purpose of this study is to examine how the use of computers as a pedagogical tool can take Brazilian students from the first grade of the Technical Courses of the Integrated Middle Level in Sergipe to overcome their learning difficulties about the 1st model of the trigonometric functions by means of the presentation of activities potentially significant. The analyzes rely on the Theory of Didactical Situations by Brousseau (2008), the principles of Didactical Engineering by Artigue (1988) and the Previous Knowledges by Moreira (2005). We analyzed the historical trajectory of the trigonometric functions, three textbooks and, finally, the mentioned didactical sequence.

Key words: didactic situations, significative activity, didactic sequence, learning difficulty, computer

Introdução

É comum ouvirmos reclamações de estudantes do Ensino Médio sobre a dificuldade de aprender os conteúdos matemáticos que, praticamente, não tem sentido e nem significado para a vida deles. Essa dificuldade pode estar associada a duas correntes de pensamento, a saber: à ausência de elementos didáticos na formação do professor ou aos estudantes que não dispõem dos conhecimentos prévios para desenvolver os conteúdos matemáticos desta etapa de ensino.

Nesta pesquisa, selecionamos a noção de função trigonométrica e suas representações, para analisar de que forma o uso do computador, enquanto ferramenta pedagógica, é capaz de levar os estudantes da 1ª série do Ensino Técnico de Nível Médio Integrado em Sergipe a superarem suas dificuldades de aprendizagem percebendo o sentido e significado presente em tal abordagem.

Desta forma, baseamo-nos nos *princípios* (pelo menos quatro das suas etapas) da Engenharia Didática de Artigue (1988), nos pressupostos de Brousseau (2008) para abordar a Teoria das

Situações Didáticas, visto que segundo o pesquisador boa parte dos professores não alicerçam seus planos de ensino em teorias capazes de auxiliar no desenvolvimento da Aprendizagem Matemática do aluno e na proposta sobre a Aprendizagem Significativa Crítica de Moreira (2005) que defende a importância de considerar os conhecimentos prévios supostamente disponíveis na integralização de atividades potencialmente significativas.

Sobretudo, decorrente dessa investigação, acreditamos que é possível construir atividades didáticas potencialmente significativas e culturalmente inseridas no contexto dos estudantes, uma vez que esses seguiam o curso Técnico de Nível Médio Integrado de Informática, desde que se faça a opção por um método de ensino no qual a participação do estudante como propõe a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica é essencial no processo de construção do conhecimento.

Referencial teórico da pesquisa

Concentrando o foco da fundamentação teórica em nossa primeira hipótese, cujo intuito é inserir elementos didáticos constituintes – possivelmente ausentes na formação do professor de Matemática – selecionamos a Teoria das Situações Didáticas por está associada à possibilidade de construção de uma sequência de ensino onde se consideram as fases de ação, formulação, validação e institucionalização. Para Brousseau (2008), o conceito que fundamenta o sentido das situações matemáticas corresponde a “todas aquelas que levam o aluno a uma atividade matemática sem a intervenção do professor”. (Brousseau, 2008, p. 21). Todavia, o sentido da Atividade Matemática é compreendido por Falcão (2003) – um dos autores pioneiros no Brasil, a partir das pesquisas em Psicologia da Educação Matemática, área cujo objeto de pesquisa foca-se na Atividade Matemática, como sendo:

Algo que se passa em contexto específico (a atividade escolar), envolvendo basicamente um conteúdo, professores e alunos, mas sem que se perca de vista que este contexto específico se insere em contexto mais amplo, aquele referente às práticas culturais cotidianas extraescolares e à matemática enquanto domínio epistêmico socialmente compartilhado. (Falcão, 2003, p. 20)

Além disso, outro conceito importante que se dever esclarecer repousa sobre o de situação que segundo Brousseau (2008), refere-se ao

modelo de interação de um sujeito com um meio específico que determina certo conhecimento, como o recurso de que o sujeito dispõe para alcançar ou conservar, nesse meio, um estado favorável. (Brousseau, 2008, p. 19)

Mais especificamente, Brousseau (2008), postula que “reservamos o termo *situações didáticas* para os modelos que descrevem as atividades do professor e do aluno [...] é todo o contexto que cerca o aluno, nele incluídos o professor e o sistema educacional”. (Brousseau, 2008, p. 21)

O intuito de termos recorrido ao sentido atribuído por Brousseau (2008) quando se refere às *situações didáticas* (SD) é, portanto, mostrar que o professor necessita criar um dispositivo que abranja um meio material e as regras de interação com esse dispositivo. Assim, para Brousseau (2008) o ensino produzido a partir do funcionamento e desenvolvimento real desse dispositivo só poderia ser verificado se a aprendizagem for alcançada primeiro pela adaptação do aluno e, depois pela mudança de comportamento que incorpora (assimilação e acomodação) o meio criado por uma situação sem qualquer interferência do professor ao longo do processo.

Nessa preocupação de Brousseau (2008), já estava implícita a existência de indícios em que as primeiras engenharias foram trabalhadas por meio da Teoria das Situações Didáticas, o que nos conduziu a construir uma sequência didática observando os princípios da Engenharia Didática.

Essa, como uma metodologia de pesquisa, isto é, ficou mais conhecida pelos trabalhos desenvolvidos por Artigue (1988). Desenvolve-se a sequência a partir de quatro dos princípios elencados pela autora: uma análise preliminar epistemológica, uma análise *a priori* do ponto de vista cognitivo, a experimentação, uma análise *a posteriori* e a validação da sequência.

A primeira fase, análises preliminares ou prévias, equivale na concepção da engenharia civil, por exemplo, a sondagem do terreno: tipo de solo, composição dos materiais, tipo e utilidade da estrutura a ser construída etc. É, sem dúvida, uma investigação prévia que antecede a elaboração do projeto propriamente dito. No caso da Engenharia Didática, essa sondagem deve satisfazer as seguintes orientações:

[...] considerações sobre o quadro teórico didático geral e sobre os conhecimentos didáticos já adquiridos sobre o assunto em questão, bem como: a análise epistemológica dos conteúdos contemplados pelo ensino, a análise do ensino atual e de seus efeitos, a análise da concepção dos alunos, das dificuldades e obstáculos que determinam sua evolução [e] a análise do campo dos entraves no qual vai se situar a efetiva realização didática. (Machado, 1999, p. 201)

Na presente investigação, os elementos garimpados, formaram o sistema didático encontrado no campo da pesquisa, que se estruturaram nos arredores da concepção de fenômenos naturais – mais especificamente, os ondulatórios –, do conceito matemático da função

trigonométrica seno, na perspectiva de utilizar esse conceito matemático para as representações geométricas e algébricas dos fenômenos ondulatórios (o som), bem como na compreensão do “som” como motivação para o ensino da função trigonométrica seno.

Conforme Fonseca (2011), não obstante haver um estado de estabilização na simbiose do sistema didático analisado, encontrou-se vários elementos que tornavam insatisfatória tal simbiose. Assim, analisou-se as possíveis barreiras responsáveis pelo equilíbrio desejado e buscou-se sugerir propriedades para constituir um novo centro de gravidade ainda mais satisfatório.

A segunda fase, concepção e análise *a priori* das situações didáticas, equivale, na concepção da engenharia civil, por exemplo, à iniciação do planejamento estratégico, determinando variáveis imprescindíveis para o controle da execução do projeto: mão de obra, máquinas e equipamentos, recursos físicos e financeiros, orçamento, materiais etc. São as condições necessárias para gerir a execução da obra.

A exemplo da Engenharia Didática, Artigue (1988), entende essas variáveis como sendo variáveis de comando divididas em variáveis macrodidáticas (ou globais, dizem respeito a organização global da pesquisa) e variáveis microdidáticas (ou locais, tratam à organização local da pesquisa quando focaliza uma fase ou uma sessão).

No caso dessa pesquisa, as variáveis macrodidáticas foram determinadas após diagnóstico dos entraves, tais como: mudança do ambiente de aprendizagem, modificação da metodologia de ensino, incentivo ao trabalho em grupo, valorização do método indutivo, estímulo à redescoberta, valorização à participação oral, valorização à criatividade, incentivo à percepção da interligação entre as representações algébricas e geométricas, incentivo à aplicação do conteúdo estudado em cotidianos diversificados, apoio às hipóteses levantadas pelos alunos, incentivo ao desenvolvimento de projetos de pesquisa.

Quanto às variáveis microdidáticas, consideramos a função seno em sua forma canônica $f(x) = a + b \cdot \text{sen}(cx + d)$, consentindo mais flexibilidade para sensibilizar e atrair a atenção dos alunos a partir de três momentos distintos: a) observação e percepção (sem manipulação): ocorreu por meio da representação gráfica da senoide, numa situação real exibida nas cenas do vídeo assistido na primeira atividade; b) observação, percepção e articulação (com manipulação): aconteceu durante a representação gráfica da senoide por meio de simuladores de ondas na segunda atividade; c) observação, percepção, articulação e criatividade (com manipulação): incidiu na representação algébrica-gráfica da senoide por meio software

Graphmatica, a partir da variação dos coeficientes reais a , b , c e d da função $f(x)$ da terceira à nona atividade.

A primeira atividade foi inserida com o propósito de mostrar aos alunos como a utilização dos conhecimentos matemáticos ajuda ao homem em tarefas sofisticadas. Assim, o aparecimento dinâmico das ondas sonoras representadas por desenhos num computador de bordo demonstrava como é possível visualizar o som sem necessariamente relacionar a um modelo matemático algébrico decorrente, possivelmente, da série de Fourier. Analisando matematicamente na vida prática, os coeficientes a , b , c e d da função $f(x) = a + b \cdot \text{sen}(cx + d)$ são reais de fato e, por isso, contribuem para uma aproximação otimizada da realidade.

Em contrapartida, observando os livros didáticos para o ensino das Funções Trigonométricas de Dante (2008), Facchini (2006) e Iezzi (2002) e, por transitividade, a exposição deste conteúdo nas salas de aula de Matemática, verifica-se o quanto limitada é a forma como é apresentado aos estudantes este tema sempre que autores e professores utilizam-se de coeficientes inteiros para esboçar os respectivos gráficos. Com efeito, ressalta-se este ponto como sendo uma das lacunas que implicam para a não ocorrência da aprendizagem significativa.

Na segunda atividade objetivou-se criar um elo entre a primeira atividade e as oito últimas, pois naquele momento, o aluno, além de observar e perceber imagens e variações, poderia também interferir por meio da manipulação nos ícones de comando que cada um dos simuladores disponibilizava. Neste sentido, iniciava-se a articulação entre as representações gráficas e as variações dos coeficientes no modelo algébrico.

Da terceira atividade em diante, a finalidade foi de mostrar a importância da compreensão dos coeficientes a , b , c e d inseridos na forma algébrica da função $f(x) = a + b \cdot \text{sen}(cx + d)$ para ampliar o domínio sobre a representação gráfica. No decurso dessas atividades, discutiu-se sobre algumas propriedades (translação e reflexão), domínio e imagem.

Para mostrar aos alunos o sentido de aprender as Funções Trigonométricas, introduziu-se uma soma de funções seno representando um desenho bem aproximado das vibrações sonoras assistidas no vídeo, com o objetivo de se fazer a articulação entre a Matemática não escolar e a da sala de aula. Em seguida, a fim de valorizar o potencial criativo dos alunos e verificar a capacidade deles para a elaboração de estratégias e validação dos conceitos aprendidos, solicitou-se para eles que apresentassem um desenho de uma situação por meio algébrico e gráfico seguidos de seus respectivos domínios.

Estabelecida a disposição da sequência didática, realizou-se a análise *a priori*, cujo objetivo, segundo Machado (1999), é constituir relações entre as escolhas feitas, os comportamentos

dos alunos e o significado de cada um desses comportamentos. Importa ressaltar que aluno é o único protagonista desse cenário.

Conforme Machado (1999), esta análise está dividida em descrição e previsão, tendo que obedecer às seguintes condições:

- ❖ descrever cada escolha local feita (eventualmente relacionando-as às escolhas globais) e as características da situação a-didática decorrentes de cada escolha;
- ❖ analisar qual o desafio da situação para o aluno decorrente das possibilidades de ação, de escolha, de decisão, de controle e de validação de que ele disporá durante a experimentação;
- ❖ prever os comportamentos possíveis e mostrar no que a análise efetuada permite controlar o sentido desses comportamentos; além disso, deve-se assegurar que, se tais comportamentos ocorrerem, resultarão do desenvolvimento do conhecimento visado pela aprendizagem. (Machado, 1999, p. 205-206)

A terceira fase, experimentação, equivale na concepção da engenharia civil, por exemplo, a realização ou execução do projeto. Neste caso, versa sobre aplicação da sequência didática. Para Machado (1999), esta fase deve considerar:

- ❖ a explicação dos objetivos e condições de realização da pesquisa à população de alunos que participará da experimentação;
- ❖ o estabelecimento do contrato didático;
- ❖ a aplicação dos instrumentos de pesquisa;
- ❖ o registro das observações feitas durante a experimentação (observação cuidadosa descrita em relatório, transcrição dos registros audiovisuais, etc.). (Machado, 1999, p. 206)

Por fim, a fase da análise *a posteriori* e validação, equivale na concepção da engenharia civil, por exemplo, a checagem do projeto ou vistoria da obra. Para a Engenharia Didática, representa o momento de confrontação entre a análise *a priori* e a análise *a posteriori*, cujo objetivo é validar ou refutar as hipóteses iniciais da pesquisa. Para tanto, tem-se de considerar todos os dados recolhidos durante a investigação, por exemplo: os registros de observações, os registros nos protocolos dos alunos, questionários, filmagem etc.

Sendo assim e considerando ainda que a Aprendizagem Significativa Crítica e Atividades Potencialmente Significativas, segundo Moreira (2005) consistem em inserir o sujeito na sua cultura e ao mesmo tempo estar fora dela, o que nos parece estar em conformidade com a forma de tratamento dos conhecimentos matemáticos por meio da Teoria das Situações

Didáticas e da possibilidade de considerar o computador como uma ferramenta essencial para estudantes do Ensino Técnico de Nível Médio Integrado em Informática cuja cultura vigente está associada à utilização constante das novas tecnologias, no caso, o computador.

Metodologia da pesquisa

Para alcançar os objetivos previstos neste trabalho, iniciamos a nossa pesquisa com a análise prévia sobre as funções trigonométricas conforme Artigue (1988) e que acreditamos auxiliar na criação de atividades potencialmente significativas. Assim, decorreu a proposta de estudar o som considerando sua natureza de fenômeno ondulatório, cujas representações estão associadas ao conceito de senóide.

Ainda segundo orientação do trabalho de Artigue (1988), verificamos a partir da análise em livros didáticos de Matemática do Ensino Médio a noção de função trigonométrica, especificamente a função seno.

Desta forma, e considerando o perfil dos sujeitos envolvidos na investigação, desenvolvemos uma sequência didática com as diferentes fases consideradas por Brousseau (2008), da qual decorreu a análise preliminar, *a priori*, a experimentação, a análise *a posteriori* e a validação, conforme Artigue (1988).

Análises e Resultados encontrados

O estudo epistemológico do som, permitiu identificarmos que foi a transformação do sinal da voz em impulsos elétricos que possibilitou a otimização das relações econômicas e o desenvolvimento de outros setores do mundo moderno, como por exemplo, os serviços de inteligência secreta. Aqui, enfatiza-se a origem da inspiração para caracterizar, conforme Brousseau (2008), a Situação de Ação (elo com o cotidiano), encontrada na exibição de um vídeo sobre o som como fenômeno possível de ser reconhecido pelo movimento harmônico e representado pela Função Trigonométrica $f(x) = a + b \cdot \text{sen}(cx + d)$. Ainda assim, importa ressaltar que, nestes termos, acreditamos que a compreensão e domínio sobre as propriedades do “som” possibilitaram subsidiar o Ensino das Funções Trigonométricas.

Por meio das análises de livros didáticos, verificamos que em nenhum dos livros analisados foram encontradas propostas de atividades que fizessem uso de softwares livres como o Graphmatica, Geogebra, entre outros. Constatamos ainda, a partir das análises sobre o Estado da arte, que no Brasil são poucas as pesquisas no campo da Educação Matemática que permitem uma discussão interdisciplinar entre Física e Matemática, bem como vincular com exclusividade a Teoria das Situações Didáticas e a Noção de Conhecimentos Prévios Supostamente Disponíveis.

Meticulosamente planejadas, as atividades foram desenvolvidas em cinco sessões de três horas cada uma, onde foi possível conferir resumidamente que, por simples observação: a mudança da “atenção” dos alunos quando se concentravam nas atividades, pois, além de conseguirem os objetivos previstos, demonstraram interesse, responsabilidade e desejo.

Por meio das análises dos protocolos, outro ponto que merece destaque refere-se à liberdade de manipular uma função a partir de um software dinâmico, pois verificamos que se propicia a construção do conceito inerente ao conteúdo selecionado, incentiva-se a independência intelectual e o autodidatismo, estimula-se a pesquisa por meio da curiosidade e da criatividade.

Percebemos também que, alguns alunos foram incisivos, objetivos e claros, demonstrando a partir de seus registros que os coeficientes a , b , c e $d \in \mathbb{R}$ da função $f(x) = a + b \cdot \text{sen}(cx + d)$ são responsáveis pela apresentação geométrica do gráfico e, mais especificamente, pela *translação vertical*, *amplitude*, *frequência (período)* e *translação horizontal*, respectivamente.

Considerando-se oito dos protocolos dos alunos das últimas atividades, verificamos que os inventários das funções criadas por eles fazem variações em todos os coeficientes da função $f(x) = a + b \cdot \text{sen}(cx + d)$, em que a sua maioria explicita o domínio de $f(x)$ possível de compreender a própria criação (FONSECA, 2011). Os alunos manipulavam as funções a partir do significado que criaram dos coeficientes, buscando dessa forma representar graficamente o sentido resultado das suas imaginações que geralmente se referiam a artefatos, elementos da natureza (sons e ondas), etc. Ao nosso ver, essa atitude representa a união entre sentido e significado cuidadosamente apresentados a essa turma, conforme postulam Falcão (2003) e Moreira (2005).

Particularmente, um aluno criou um modelo matemático para representar as “estalactites”, destacando-se de todos os outros por apresentar a função $f(x)$ como sendo uma soma de funções. Os esboços, bem como as impressões de gráficos apresentadas nesta atividade, demonstraram que os alunos convenceram-se de que todo fenômeno pode ser matematizado por meio de equações, cujas incógnitas associadas responsabilizam-se por particularidades desse fenômeno.

Neste sentido, o protocolo de outro aluno associa “caus” (sic) e “tranquilidade” a um inventário de funções matemáticas, mesmo que seja incipiente suas ideias por ausência de um arsenal matemático mais sofisticado. Vale à pena ainda destacar o cuidado e a “perfeição” com que um aluno “X” esboça seu desenho – “*uma corda ou o interior de um cabo de alumínio*” – agrupando algebricamente e sobrepondo geometricamente, representações matemáticas decorrentes da forma canônica da função seno.

Considerações Finais

Baseando-nos no itinerário metodológico descrito acima, e também nos resultados obtidos a partir dos estudos de Artigue (1998), Brousseau (2008), Falcão (2003), Machado (1999), Moreira (2005) e Fonseca (2011), pudemos concluir que é possível construir atividades didáticas potencialmente significativas e culturalmente inseridas no contexto dos estudantes, uma vez que esses seguiam o curso Técnico de Nível Médio Integrado de Informática, desde que se faça a opção por um método de ensino no qual a participação do estudante como propõe a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica é essencial no processo de construção do conhecimento.

Referências bibliográficas

- Artigue, M. (1988). Engenharia Didática. In : Brun, J. (org.). *Didática das Matemáticas*, 193-217. Instituto Piaget, Lisboa.
- Brousseau, G. (2008). *Introdução ao estudo das situações didáticas: conceitos e métodos de ensino*. Ática, São Paulo, Brasil.
- Dante, L. R. (2008). *Matemática, volume único*. Ática, São Paulo, Brasil.
- Facchini, W. (2006). *Matemática para a escola de hoje: livro único*. FTD, São Paulo, Brasil.
- Falcão, J. T. da R. (2003). *Psicologia da Educação Matemática: uma introdução*. Autêntica, Belo Horizonte, Brasil.
- Fonseca, L. S. (2011). *A aprendizagem das Funções Trigonométricas na perspectiva da Teoria das Situações Didáticas*. UFS (Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática), São Cristóvão, Brasil.
- Iezzi, G. et al. (2002). *Matemática, volume único*. Atual, São Paulo, Brasil.
- Machado, S. D. A. (1999). Engenharia Didática. In. MACHADO, S. D. A. et al. *Educação Matemática: uma introdução*. EDUC, São Paulo, Brasil.
- Moreira, M. A. (2005). *Aprendizagem significativa crítica*. Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil.