



18,19 e 20 de outubro de 2018

MODELAGEM E A SALA DE AULA



O VÊ EPISTEMOLÓGICO DE GOWIN COMO UM INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA EM ATIVIDADES DE MODELAGEM MATEMÁTICA

Cíntia da Silva
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais
cintia.dasilva@ifsuldeminas.edu.br

RESUMO

Neste trabalho investigamos o uso do vê epistemológico de Gowin como instrumento de avaliação da aprendizagem significativa em atividades de modelagem matemática. Apresentamos uma análise qualitativa realizada em um vê construído por um aluno após o desenvolvimento de uma atividade de modelagem sobre o tema “impulso sobre um barco movido a sabão”, na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral I. O vê demonstrou potencialidades para auxiliar na verificação de indícios de aprendizagem significativa, principalmente quando o aluno evidencia interação entre os domínios conceitual e metodológico deste instrumento heurístico.

Palavras-chave: Aprendizagem Significativa; Cálculo Diferencial e Integral; Educação Matemática.

SOBRE MODELAGEM MATEMÁTICA E APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Há uma diversidade de entendimentos para a modelagem no âmbito da Educação Matemática (BURAK, 2010; BISOGNIN et al, 2012; ROSA, REIS, OREY, 2012; BARBOSA, 2001; MALHEIROS, 2004; SOARES, BORBA, 2014; BIEMBENGUT, HEIN, 2007; BASSANEZI, 2009). Neste trabalho assumimos a modelagem na perspectiva de Almeida, Silva e Vertuan (2012). Segundo eles,

uma atividade de Modelagem Matemática pode ser descrita em termos de uma situação inicial (problemática), de uma situação final desejada (que representa uma solução para a situação inicial) e de um conjunto de procedimentos e conceitos necessários para passar da situação inicial para a situação final (p. 12)

Assim, a modelagem matemática é uma alternativa pedagógica que visa abordar matematicamente “uma situação problemática não essencialmente matemática” (p. 17).

No Brasil, desde 2004 pesquisadores têm apresentado resultados de investigações que articulam a modelagem matemática (ALMEIDA; SILVA; VERTUAN, 2012) e a aprendizagem significativa, uma teoria de aprendizagem proposta por David Ausubel na década de 1960 (BORSSOI, 2004; ALMEIDA; FONTANINI, 2010; SILVA, 2012; BORSSOI, 2013). Conforme estes resultados, utilizar a modelagem matemática juntamente com material potencialmente significativo – uma situação-problema ou o próprio material de ensino, por exemplo – e com auxílio de recursos tecnológicos – computadores em geral, softwares (Graphmatica, Microsoft Excel, Maple), aplicativos online, internet e vídeos – pode facilitar a ocorrência de aprendizagem significativa.

Estas pesquisas apontam a importância de considerar aspectos da teoria da aprendizagem significativa na elaboração de atividades de modelagem, ou mesmo durante o seu desenvolvimento. Neste caso, deve-se recordar conceitos que os alunos já possuem, possibilitar a construção de novas relações entre conhecimentos e abordar os conteúdos conforme os princípios da reconciliação integradora¹ e diferenciação progressiva². A preocupação está em oferecer as *condições necessárias*, durante a atividade de modelagem, para que o aluno possa aprender significativamente.

Sobre estas condições necessárias, Ausubel, Novak e Hanesian (1980) apontam que a aprendizagem significativa pressupõe que o aluno manifeste uma disposição para aprender significativamente, ou seja, que esteja disposto a relacionar, de maneira substantiva e não arbitrária, o novo material à sua estrutura cognitiva. Além disso, o novo material deve ser potencialmente significativo, isto é, incorporável à estrutura cognitiva por meio de uma relação não arbitrária e não literal.

Gerolamo, Milani e Almeida (2014) mencionam características particulares da aprendizagem significativa que emergem em atividades de modelagem: os alunos demonstram-se motivados em participar da atividade, o que revela predisposição para aprender; a atribuição, a negociação de significados e a aprendizagem de outros conceitos além dos matemáticos (mesmo que ideias gerais e conceitos superficiais sobre outros

¹ “Parte do processo de aprendizagem significativa que resulta na delimitação explícita de semelhanças e diferenças entre ideias relacionadas” (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 526).

² “Parte do processo de aprendizagem significativa, da retenção e da organização que resulta numa elaboração hierárquica ulterior de conceitos ou proposições na estrutura cognitiva do ‘topo para baixo’” (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 523).

conteúdos além da matemática); e a exploração de múltiplas representações, o que inclui a capacidade de tradução, é percebida quando os alunos conseguem explorar e representar o mesmo objeto em diferentes sistemas.

Conforme estas autoras, ainda, a reorganização e a modificação de subsunçores³ também é uma característica de atividades de modelagem que visam a aprendizagem significativa. A modelagem prevê a sistematização dos conteúdos envolvidos. Assim o professor pode abordar conteúdos novos necessários para a resolução do problema, bem como recordar os conteúdos já vistos pelo aluno. A recontextualização e correção dos conceitos permitem essa modificação. Do mesmo modo, a reconciliação integradora e a diferenciação progressiva são possibilitadas em atividades de modelagem quando o aluno estabelece diferenças e semelhanças entre algum conteúdo. Estes processos também se dão entre a matemática, as outras áreas do conhecimento e a vida dos alunos.

Sobre o significado lógico do conteúdo, Moreira (2006) argumenta que ele está presente quase que por definição nas disciplinas ensinadas na escola. Nesse sentido, algumas pesquisas consideram que a modelagem faz emergir conteúdos com significado lógico.

As pesquisas de Borssoi (2004) e Almeida e Fontanini (2010) apontam diferentes características observadas nas atividades de modelagem que podem ser indicadoras de que a aprendizagem significativa ocorreu: os alunos constroem e manipulam múltiplas representações, apresentam-se motivados e envolvidos nas atividades, elaboram estratégias próprias de resolução, aprendem conteúdos que não só matemáticos, verifica-se compreensão conceitual e aplicam os conteúdos em situações novas, o conhecimento é retido por longo tempo, estabelecem interrelações entre os conceitos, apresentam sinais de reconciliação integradora e diferenciação progressiva, relações com poder de transferência e modificação de subsunçores.

Alguns autores (ALMEIDA; FONTANINI, 2010; VENÂNCIO, 2010) utilizam também mapas conceituais para a avaliação da aprendizagem significativa em atividades de modelagem. Segundo eles, a elaboração dos mapas conceituais pelos alunos, além de serem um instrumento de avaliação da aprendizagem significativa, também oportunizaram aprendizagem ao aluno. No entanto, discorreremos neste trabalho sobre a utilização do vê

³ Conhecimentos especificamente relevantes disponíveis na estrutura cognitiva do indivíduo.

epistemológico de Gowin, que consideramos, de acordo com suas características indicadas na seção seguinte, um instrumento com potencialidades para avaliar também a aprendizagem significativa.

O vê epistemológico de Gowin

Para Gowin (1981), a investigação científica é uma forma de gerar estruturas de significados, ou seja, de conectar conceitos, eventos e fatos. Ele define conceitos como signos/símbolos que apontam regularidades em eventos e que utilizamos para pensar, pesquisar, aprender. Assim, o processo de pesquisa para Gowin tem a ver com a conexão entre eventos, fatos e conceitos. Esta conexão pode ser vista na forma de um vê ligando eventos a conceitos e fatos: o lado esquerdo se refere a conceitos e sistemas conceituais, onde se encontram os conceitos usados na pesquisa, que geram princípios e leis, que geram teorias. Neste lado tem-se também sistemas de valores, visões de mundo ou filosofias, que correspondem, em conjunto, ao “pensar” da pesquisa.

Na base do vê estão os eventos que acontecem naturalmente, ou que o pesquisador faz a fim de obter registros pelos quais os fenômenos de interesse possam ser estudados.

O lado direito do vê tem a ver com fatos nos três sentidos propostos por Gowin: eventos, registros e asserções. Este lado pode ser chamado de “domínio factual”, mas Gowin o chama de “domínio metodológico”, pois nele se encontra a metodologia da produção de conhecimento. A partir dos registros dos eventos, chega-se a dados, os quais sofrem transformações metodológicas que servem de base para a formulação de asserções de conhecimento e asserções de valor. Esse lado do vê corresponde ao “fazer” da pesquisa. Tudo que é feito no lado metodológico do vê é guiado por conceitos, princípios, teorias e filosofias, ou seja, pelo domínio conceitual.

Existe uma constante interação entre os dois lados do vê. Essa interação é necessária para que se chegue a respostas às questões formuladas sobre os eventos.

A questão-chave está no centro do vê porque pertence tanto ao domínio metodológico como ao conceitual. É a questão que identifica o fenômeno de interesse de tal forma que é provável que alguma coisa seja descoberta, medida ou determinada ao responder

essa questão. É a pergunta que informa sobre o ponto central de um trabalho de pesquisa; diz o que foi investigado.

Gowin, originalmente, propôs esse vê como instrumento heurístico para a análise da estrutura do processo de produção do conhecimento. As asserções de conhecimento têm a ver com respostas a questões investigadas, enquanto as asserções de valor são declarações sobre o valor prático, estético, moral, social, desse conhecimento.



Figura 1: Vê de Gowin mostrando elementos epistemológicos que estão envolvidos na construção do novo conhecimento (GOWIN; ALVAREZ, 2005, p. 36)

Gowin propôs, antes do vê, cinco questões, que foram uma espécie de “embrião” do vê: 1) quais as questões-foco? 2) quais os conceitos-chave? 3) quais os métodos usados para responder as questões-foco? 4) quais as asserções de conhecimento? 5) quais as asserções de

valor?

Os conceitos-chave são os conceitos fundamentais do corpo de conhecimentos ou do campo de estudos no qual se insere o trabalho que está sob análise. São os conceitos envolvidos na questão-foco, na metodologia, nas asserções de conhecimento e valor, permeando todo o trabalho. Os métodos são a sequência de passos, os procedimentos, as técnicas de pesquisa, os argumentos lógicos, usados para responder às questões-foco; isto é, para chegar às asserções de conhecimento. As asserções de valor se referem à significância, utilidade, importância do conhecimento produzido: é feita alguma alegação sobre o valor de estudo? Alguma asserção sobre sua significância social? Estética? Significante para quem? Para quê? Qual o valor instrumental do conhecimento obtido?

As cinco questões de Gowin oferecem uma alternativa em relação aos instrumentos tradicionais de avaliação, e o *vê* é igualmente uma alternativa para avaliação.

Uma atividade de modelagem desenvolvida

Durante um semestre do ano de 2016, acompanhamos alunos do primeiro período do curso de Licenciatura em Química de um *campus* da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) para o desenvolvimento de atividades de modelagem matemática, caracterizadas conforme o terceiro momento de familiarização de Almeida e Dias (2004). Assim, os 44 alunos matriculados na disciplina de Cálculo I organizaram-se em grupos e foram responsáveis por escolher um tema do seu interesse, inteirar-se sobre ele, elaborar um problema e desenvolver todas as fases necessárias para construir um modelo suficiente para resolver o problema criado. Estas atividades foram acompanhadas por uma das autoras deste artigo e os registros obtidos são arquivos de áudio, um relatório da atividade entregue por cada grupo, bem como mapas conceituais e *vês* epistemológicos produzidos por cada um dos alunos, individualmente.

Neste trabalho, apresentamos uma atividade desenvolvida por um dos grupos, que tratou sobre o impulso dado a um barco de papel movido a sabão. Inicialmente, o grupo realizou um experimento utilizando um barquinho de papel, uma bacia com água e detergente.

O barco foi posto sobre a água, na bacia, e próximo dele jogaram pingos de detergente para que o barco saísse do lugar.

As moléculas de água têm uma atração muito forte entre si (tensão superficial). Ao acrescentar o sabão na água, essa tensão diminui, fazendo com que o barco deslize sobre a água. A atração entre as moléculas de água fica mais fraca e gera uma força de dentro para fora. Como o barco está no meio do processo, ele também se movimenta.

No entanto, o objetivo do grupo não estava sobre a tensão superficial, mas sobre o impulso dado no barco que desliza facilmente sobre a superfície de água com detergente.

Impulso é a grandeza física que determina a atuação de forças sobre um corpo, ou seja, mede o esforço necessário para colocar um corpo em movimento. Matematicamente:

$$I = F.t$$

Em que F é a força aplicada sobre o corpo e t é o tempo de atuação da força.

É possível estabelecer uma relação entre o impulso e a quantidade de movimento adquirida por corpo, conforme o enunciado: A quantidade de movimento, também chamada de momento linear, Q , de um corpo de massa m , que se move com velocidade v é definida pela seguinte expressão:

$$Q = m.v$$

Em que m é a massa do corpo e v a velocidade que ele adquire após aplicação da força sobre ele.

Existe uma relação entre impulso e quantidade de movimento que é denominada de, conforme o Teorema Impulso Quantidade de Movimento: O impulso I , produzido pela resultante das forças atuantes sobre um corpo, durante um intervalo de tempo t , é igual à quantidade de movimento do corpo nesse mesmo intervalo de tempo:

$$I = Q_f - Q_i$$

Em que Q_f é a quantidade de movimento final e Q_i é a quantidade de movimento inicial.

Depois da inteiração dos alunos com estas informações sobre o tema, foi realizado o experimento com o barco de papel sobre a água com detergente, aplicando sobre o barquinho um impulso com os dedos de um dos alunos. Este experimento foi gravado em um arquivo de vídeo, o qual teve suas imagens transportadas para o software *Tracker*, no qual os alunos realizaram a coleta e análise de dados.

Analisando o vê produzido por um aluno

Finalizadas as atividades de modelagem, os alunos foram instruídos sobre a elaboração de um vê epistemológico. Nesta fase da pesquisa, cada integrante de cada grupo elaborou o seu próprio vê, ou seja, os vês não foram produzidos em grupo. Neste trabalho, apresentamos um dos vês produzidos por um dos alunos que desenvolveu a atividade relatada na seção anterior, sobre o impulso dado em um barco de papel movido a sabão (Figura 2).

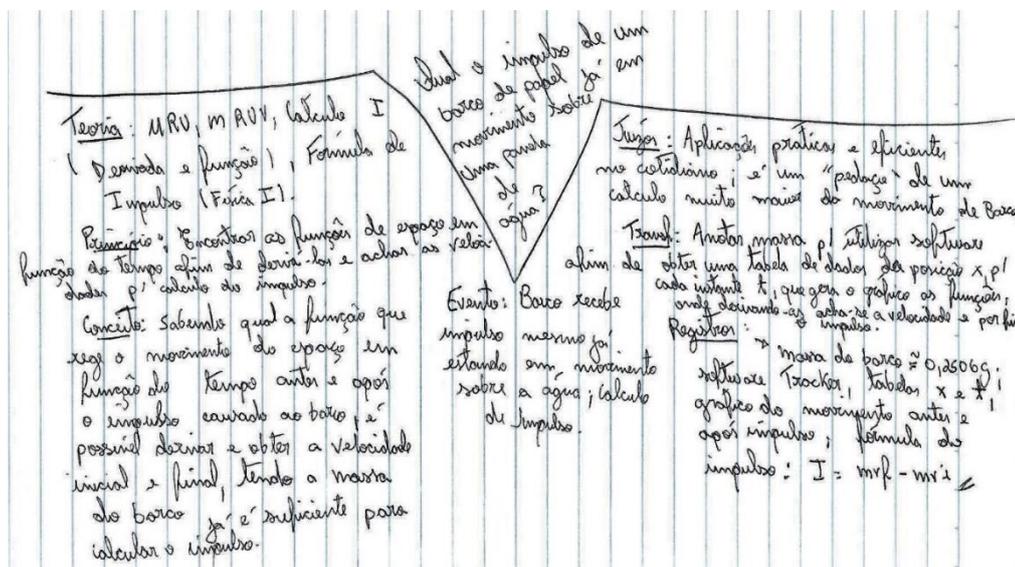


Figura 2: Registro de um dos alunos

A questão a ser respondida: “qual o impulso de um barco de papel já em movimento sobre uma panela de água?” encontra-se na parte central do vê. Na base do vê está indicado o experimento realizado com o fim de responder a questão central: o barco recebeu o impulso, em movimento sobre a água, e este impulso foi calculado.

No lado esquerdo do vê (Figura 2), que trata do domínio conceitual, verificamos a “teoria” que fundamentou o experimento: movimento retilíneo uniforme e movimento retilíneo uniformemente variado, os conceitos de função e derivada, estudados em Cálculo I, e as equações de Impulso, estudadas em Física. Aqui, o aluno demonstrou saber de que tipo de movimento estava tratando no experimento, bem como as equações e técnicas matemáticas e físicas para chegar e analisar seus resultados.

O aluno indicou a necessidade de encontrar as funções de espaço em relação ao tempo e de calcular as suas derivadas a fim de determinar a velocidade para o cálculo do impulso. As

velocidades a serem determinadas são as chamadas velocidade inicial e velocidade final. Outra informação presente também é que conhecer a massa do barco é suficiente para determinar o impulso aplicado sobre ele.

No domínio metodológico do *vê*, do lado direito, o aluno julga sua experiência/experimento como uma aplicação prática no seu cotidiano dos conceitos abordados em Cálculo I e Física, e que os resultados que obteve são apenas uma pequena parte do que poderia obter sobre o cálculo do impulso dado sobre o barco. Ou seja, o aluno entende que há ainda mais matemática e física envolvidas no estudo do impulso.

No item “transformações” o aluno descreve as ações realizadas para alcançar seu objetivo: medir a massa do barco e tomar nota; inserir os dados obtidos em um software para gerar uma tabela que relaciona a posição x do barco e sua posição no instante t . A partir desta tabela, gerar o gráfico de uma função (que descreve o movimento do barco) que deve ser derivada a fim de obter a velocidade do barco e o impulso aplicado sobre ele.

Embora não estejam impressos no *vê*, o aluno descreveu os registros feitos/obtidos/utilizados: obteve a massa do barco, utilizou o software *Tracker* para analisar as imagens do experimento, construiu tabelas que relacionavam a posição do barco com o instante, obteve gráficos do movimento do barco antes e após o impulso. Esta diferença entre os lados direito e esquerdo do *vê* demonstram a clareza do aluno entre o que compreendeu conceitualmente e o que realizou com esta base teórica para responder a sua questão central.

Considerações finais

Gowin propôs o *vê* epistemológico como um instrumento para “desempacotar” conhecimentos, o que poderia ser utilizado para experimentos ou mesmo para explorar a leitura ou estudo de textos, livros e artigos.

A estrutura do *vê* permite descrever o desenvolvimento de uma atividade de modelagem – situação-problema, coleta de dados, matematização e solução encontrada – principalmente no lado direito (domínio metodológico), bem como registrar os conhecimentos adquiridos/necessários para o desenvolvimento da atividade.

Ao realizar uma atividade de modelagem matemática, caracterizada como do terceiro momento de familiarização (ALMEIDA; DIAS, 2004), com o objetivo de responder ao problema “qual o impulso de um barco de papel já em movimento em uma panela de água?” o aluno demonstrou evidências de aprendizagem significativa, conforme o *vê* epistemológico que construiu (Figura 2).

O interesse e a motivação em realizar a atividade são indicadores de predisposição para aprender, uma das condições básicas para a aprendizagem significativa. As relações que estabeleceu entre os domínios conceitual e metodológico do *vê* – os conhecimentos necessários, as teorias que fundamentam o experimento realizado, e a prática, o fazer do aluno – demonstram as relações que o aluno estabeleceu entre conhecimentos especificamente relevantes em sua estrutura cognitiva (principalmente conceitos da Física) com os novos conhecimentos (funções e derivadas, relativos ao Cálculo I).

A terceira condição para aprendizagem significativa, o material potencialmente significativo se verifica no lado esquerdo do *vê*: são os materiais aos quais o aluno tem acesso aos conceitos necessários para responder sua questão central e nortear o seu fazer. Estes materiais já possuem por si significado lógico, ou seja, têm potencial para se relacionar com a estrutura cognitiva do aluno de maneira substantiva e não arbitrária.

Algumas evidências verificadas no *vê* (Figura 2) referem-se ao indicado na literatura (BORSSOI, 2013; FONTANINI, 2007) quando se utiliza modelagem matemática com vistas à aprendizagem significativa: as múltiplas representações, quando o aluno transita e associa representações diversas do mesmo objeto ou fenômeno – tabelas, gráficos, a lei de uma função; a aprendizagem de conceitos que não são só matemáticos, pois em vários momentos o aluno se refere a conhecimentos específicos da Física e relaciona/interpreta-os com base em conhecimentos matemáticos; a interrelação entre conceitos, pela interação das informações nos dois lados *vê*.

As pesquisas já citadas que articulam modelagem matemática e aprendizagem significativa citam ainda outras características que não verificamos indícios no *vê*, como a motivação dos alunos, a elaboração de estratégias próprias de resolução e a aplicação dos conteúdos a situações novas. Ressaltamos, no entanto, que a combinação do *vê* com os

demais materiais produzidos pelos alunos pode levar a confirmação destes resultados já enunciados, porém não são objeto deste trabalho.

Nesse sentido, considerando a modelagem matemática uma alternativa pedagógica para o ensino de matemática, que pode ser abordada com vistas à aprendizagem significativa, consideramos o vê epistemológico de Gowin um instrumento heurístico com potencialidades para auxiliar o professor na avaliação da aprendizagem. Neste trabalho, consideramos que o vê possibilitou verificar a aprendizagem de vários conceitos do Cálculo I, relacionados aos conceitos específicos da Física.

Referências

ALMEIDA, Lourdes Maria Werle de. DIAS, Michele Regiane. Um Estudo sobre o Uso da modelagem matemática como Estratégia de Ensino e Aprendizagem. **Bolema**, n. 22, pp 19-35. Rio Claro: 2004.

ALMEIDA, L. M. W. de; SILVA, K. A. P. da; VERTUAN, R. E. **Modelagem Matemática na Educação Básica**. São Paulo: Contexto, 2012.

ALMEIDA, L. M. W. de; BORSSOI, A. H. Uma aproximação entre modelagem matemática e unidades de ensino potencialmente significativas para a aprendizagem significativa: o caso das equações de diferenças. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 18, n. 2, p. 481-503, 2013.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia Educacional**. Trad. Eva Nick. 2.ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BORSSOI, A. H. **A aprendizagem significativa em atividades de Modelagem Matemática como estratégia de ensino**. 2004. Dissertação (Mestrado) – Ensino de Ciências e Educação Matemática, Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

GOWIN, D. B. **Educating**. Ithaca: CornellUniversity Press, 1981.

GOWIN, D. B.; ALVAREZ, M. A. **The art of educating with V diagrams**. Cambridge University Press, 2005.

MOREIRA, M. A. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula**. Brasília: Editora UNB, 2006.

SILVA, C. da. A perspectiva sociocrítica da modelagem matemática e a aprendizagem significativa crítica: possíveis aproximações. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 17, n.