

A PERSPECTIVA SOCIOCÍTICA DA MODELAGEM MATEMÁTICA E A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA: POSSÍVEIS APROXIMAÇÕES
(The sociocritical perspective of mathematical modeling and the critical meaningful learning: possible approaches)

Cíntia da Silva [scintias@hotmail.com]

UNICENTRO – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Lilian Akemi Kato [lilianakato@hotmail.com]

UEM – Universidade Estadual de Maringá

Iramaia Jorge Cabral de Paulo [iramaiaj@gmail.com]

UFMT – Universidade Federal do Mato Grosso

Resumo

A discussão sobre as potencialidades da Educação Básica no processo de formação de um cidadão consciente de seus direitos têm suscitado amplos debates no âmbito da Educação. Particularmente no que se refere ao ensino da Matemática, essa temática é abordada no contexto das tendências em Educação Matemática. A Modelagem Matemática é uma destas, na qual esse tema é discutido destacando-se a importância da Matemática na compreensão de situações advindas de outras áreas do conhecimento. Estas especificidades estão em consonância com os pressupostos da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica, o que nos levou à hipótese de que a atividade de Modelagem Matemática pode favorecer tal aprendizagem. Este artigo apresenta os resultados de uma pesquisa que aponta algumas das possíveis aproximações das características da atividade de Modelagem Matemática na perspectiva sociocrítica e os princípios facilitadores da Aprendizagem Significativa Crítica.

Palavras-chave: ensino de matemática; formação da cidadania; atividades de modelagem matemática.

Abstract

The discussion about the potentialities of basic education in the process of formation of citizens aware of their rights has arisen extensive debates in education. Particularly with regard to Mathematics teaching, this subject is addressed in the context of trends in Mathematics education. The mathematical modeling is one of these trends, in which this topic is discussed. This occurs by highlighting the importance of mathematics in the understanding of situations coming from other areas of knowledge. These characteristics are consistent with the assumptions of the Critical Theory of Meaningful Learning, which led us to hypothesize that the activity of mathematical modeling may promote such learning. This article presents the results of a research that suggests some possible approaches between the socio-critical perspective of mathematical modeling and Critical Meaningful Learning.

Keywords: mathematics teaching; formation of citizenship; mathematical modeling activities.

Introdução

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (Brasil, 2008) para a área da Matemática salientam a importância de um ensino voltado ao desenvolvimento das capacidades de comunicação, de resolução de problemas, de tomada de decisões, de realização de inferências, de criação e aperfeiçoamento de conhecimentos, necessários para a construção da cidadania numa sociedade cada vez mais voltada para a tecnologia e o trabalho cooperativo.

Também estabelecem alguns objetivos para que o ensino de Matemática possibilite uma aprendizagem mais significativa aos alunos, capacitando-os a aplicar os conhecimentos

matemáticos em várias situações, incluindo as atividades cotidianas; a analisar e valorizar informações oriundas de diversas fontes, usando a Matemática para formar opinião própria que lhe permita uma expressão crítica sobre os problemas da Matemática, de outras áreas do conhecimento e da atualidade; a desenvolver habilidades de raciocínio e resolução de problemas, e de comunicação; e a aprimorar suas atitudes de autonomia e cooperação.

Nesse sentido, identificamos a Modelagem Matemática como uma das estratégias de ensino que pode favorecer a abrangência dos alvos estabelecidos pelos PCN (Brasil, 2008), por utilizar os conceitos e procedimentos matemáticos para resolver problemas e compreender fenômenos, abarcando outras áreas do conhecimento, possibilitando a atribuição de significados às variáveis envolvidas e favorecendo a aprendizagem da Matemática. “Além da motivação que o assunto abordado pode gerar, o aluno pode ver as diferentes facetas da Matemática de forma contextualizada, percebendo sua importância” (Franchi, 2007, p. 181).

Outra recomendação dos PCN (Brasil, 2008), em relação ao ensino da Matemática, refere-se à aprendizagem significativa como meta para o ensino, sugerindo a adoção de metodologias que permitam ao aluno o estabelecimento de relações entre um novo conceito e suas experiências anteriormente vivenciadas, bem como a sua compreensão e atribuição de significados a esses conteúdos, de forma que atenda às exigências do contexto em que está inserido, por construir seus conhecimentos solucionando problemas significativos.

Mesmo sem explicitar de que aprendizagem significativa o documento se refere, aspectos do texto nos remetem à Teoria da Aprendizagem Significativa, proposta por David Ausubel na década de 1960, como “estabelecimento de relações”, “conceitos prévios”, “atribuição de significado”, dentre outros.

Assim, pode-se entender que os PCN (Brasil, 2008) orientam o trabalho do professor de Matemática para que utilize, dentre outros recursos, a Modelagem Matemática, com vistas à Aprendizagem Significativa.

Nesse sentido, objetivando realizar um estudo sobre Modelagem Matemática e Aprendizagem Significativa que buscasse compreender as suas possíveis relações, observamos algumas proximidades em seus referenciais teóricos, mais especificamente nos que tratam da perspectiva sociocrítica da Modelagem Matemática e da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica, um dos desdobramentos da Teoria da Aprendizagem Significativa. Isto nos levou à hipótese de que podem existir aproximações entre elas como, por exemplo, no que se refere à formação de cidadãos ativos na sociedade, questionadores e que utilizem seus conhecimentos na argumentação de problemas reais e na discussão de problemas sociais.

Estudos sobre a Modelagem Matemática (D’Ambrosio, 1993; Bassanezi, 2002; Barbosa, 2001; Bean, 2001) têm mostrado sua eficiência ao associar conhecimentos matemáticos escolares a problemas reais, permitindo que os alunos conheçam parte da realidade (Borges & Nehring, 2008). D’Ambrosio (1993) salienta o potencial da Modelagem Matemática em tornar a ação do cidadão sobre a sociedade distinguida de outras ações.

Barbosa (2003) argumenta, quanto à perspectiva sociocrítica da Modelagem Matemática, que as aplicações da Matemática estão contidas na sociedade e têm efeitos sobre a vida das pessoas. “Se estamos interessados em construir uma sociedade democrática devemos reconhecer a necessidade de as pessoas se sentirem capazes de intervir em debates baseados em matemática” (Barbosa, 2003, p. 4).

Orey & Rosa (2007) acreditam que a Modelagem oportuniza aos alunos a discussão sobre o papel da matemática e a natureza dos modelos matemáticos no meio social. Segundo os mesmos autores, utilizar a perspectiva sociocrítica da Modelagem permite que a Matemática seja vista como

uma disciplina humana e dinâmica. Uma forma de introduzir a Modelagem aos alunos e “conduzi-los ao entendimento da dimensão crítica desse processo é expô-los a uma ampla variedade de situações-problema ou temas” (p. 207). Para eles, a dimensão sociocrítica da Modelagem envolve a compreensão e o entendimento da realidade em que os alunos estão inseridos por meio de reflexão, análise e ação crítica sobre essa realidade.

Isto corrobora com Jacobini e Wodewotzki (2007), que propõem a formação de estudantes críticos, investigadores e cientes dos problemas da sociedade, sensíveis para refletir sobre situações sociais, econômicas e ambientais, ou sobre políticas públicas de interesse da sociedade; conscientes da importância da participação dos cidadãos, que se envolvam na ação democrática para a conquista da igualdade de direitos e oportunidades entre os homens e pelo término dos preconceitos e discriminações (na sala de aula e na sociedade); conscientes da importância de sua participação na comunidade como indivíduo formador, questionador e provocador de mudanças; interessado na partilha do conhecimento resultante do processo de aprendizagem em algum contexto e, de alguma forma, contribua para a formação da sua cidadania.

No que se refere à Teoria da Aprendizagem Significativa, conforme proposta por David Ausubel, é por meio dela que o novo conhecimento adquire significado por interagir com conceitos relevantes já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz e, estes, por sua vez, se modificam durante o processo (Moreira, 2006).

Moreira (2010) argumenta que, depois de já sabermos o que é aprendizagem significativa, é preciso pensar nas condições em que ela ocorre, como é possível facilitar esta ocorrência em sala de aula e como os professores podem torná-la crítica. Ele esclarece que a aprendizagem significativa crítica “é aquela perspectiva que permite ao sujeito fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, estar fora dela” (p. 5). É por meio dela que o aluno se depara com a incerteza, com a probabilidade, com o pensamento de que o conhecimento é uma invenção humana. Baseia-se nas ideias de Postman & Weingartner (1969) de aprendizagem significativa *subversiva*. Nesse sentido, Moreira (2010) propõe onze princípios facilitadores da Aprendizagem Significativa Crítica, os quais considera viáveis de serem implementados em sala de aula.

Assim, com base nos estudos desses referenciais teóricos, levantamos a hipótese de que o ensino da Matemática, por meio da Modelagem Matemática, segundo a perspectiva sociocrítica, pode favorecer a Aprendizagem Significativa Crítica.

Nesse sentido, esta pesquisa pretende identificar quais relações podem ser estabelecidas entre a Aprendizagem Significativa Crítica e a perspectiva sociocrítica da Modelagem Matemática. Para tanto construímos uma categorização das principais características da Modelagem nessa perspectiva, a qual foi utilizada para apontar possíveis aproximações que indiquem que tais características conduzem, também, ao favorecimento da Aprendizagem Significativa Crítica.

A perspectiva sociocrítica da Modelagem Matemática

O termo “sociocrítica” foi sugerido inicialmente por Barbosa (2003) para denominar a perspectiva da Modelagem Matemática que tem por objetivo oportunizar aos alunos discutir o papel e a natureza dos modelos matemáticos na sociedade, apoiando-se na Educação Matemática Crítica¹ (Skovsmose, 1994).

Utilizando o sistema de classificação para atividades de Modelagem Matemática proposto

¹ Pode-se dizer que o movimento da Educação Matemática Crítica se deu por volta das décadas de 1970 e 1980, a partir de discussões sobre as ideias de Paulo Freire e a Pedagogia Crítica, tendo por objetivo promover a discussão política, democrática e tecnológica na sala de aula (Soares, 2008).

por Kaiser e Sriraman (2006), segundo as perspectivas educacional, epistemológica, realística, sociocrítica e conceitual, Blomhøj (2009) analisou e organizou os trabalhos apresentados no *Topic Study Group 21 – Mathematical applications and modelling in the teaching and learning of mathematics* – do *11th International Congress on Mathematical Education – ICME 11*. O resultado deste estudo foi que, de um total de quatorze trabalhos, apenas quatro foram classificados como pertencentes à perspectiva sociocrítica: Araújo (2008), Aravena e Caamaño (2008), Barbosa (2008) e Caldeira (2008). Segundo Blomhøj (2009), esta perspectiva parece estar se desenvolvendo rápido, especialmente em países da América Latina.

No Brasil podemos destacar diversos trabalhos de Modelagem Matemática que têm se preocupado com a discussão sobre a natureza e o papel dos modelos matemáticos na sociedade, fundamentando-se na Educação Matemática Crítica, dentre estes destacamos alguns autores que descrevem teoricamente esta perspectiva da Modelagem.

Barbosa (2003) argumenta sobre a importância de as pessoas utilizarem a Matemática como forma de intervenção em discussões, possibilitando refletir sobre a presença da Matemática na sociedade. Tendo isso em mente ao se organizar uma atividade de Modelagem, o autor propõe que se leve os alunos a analisar o papel da Matemática nas práticas sociais, ressaltando a importância da negociação entre professor e alunos na condução da atividade. Nesse sentido, a organização ou a forma de conduzir uma atividade de Modelagem está relacionada com os objetivos que se quer atingir.

Jacobini e Wodewotzki (2007) argumentam que é possível fazer os alunos olhar para a Matemática e para a realidade social ao mesmo tempo por meio de um trabalho investigativo, oportunizando a convivência com conteúdos práticos, que sejam úteis e tenham significado. O interesse está em contribuir na formação da cidadania dos alunos.

[...] interessamo-nos igualmente por reflexões que decorrem do compartilhamento do conhecimento resultante do processo de aprendizagem baseado na Modelagem, em algum contexto (social, político, econômico, educacional, da escola, da própria sala de aula etc.) que tenha alguma relação com os atores envolvidos e que possa, de alguma forma, contribuir para a formação da sua cidadania (Jacobini & E Wodewotzki, 2007, p. 3-4).

Ainda, para Jacobini e Wodewotzki (2007), uma atividade de Modelagem na perspectiva sociocrítica se caracteriza pela democracia na sala de aula, por considerar os interesses dos alunos e por entender que professor e aluno assumem o papel de participantes na aprendizagem.

Araújo (2009) concebe a Modelagem Matemática com fundamentação na Educação Matemática Crítica. Para a autora, a perspectiva sociocrítica deve promover a atuação crítica dos alunos na sociedade, por meio do conhecimento matemático, de forma que possam reconhecer e valorizar sua cultura e sua realidade. Visando estes objetivos, enfatiza-se a importância de os alunos trabalharem em grupos, que sejam abordados problemas não-matemáticos da realidade e que estes sejam, preferencialmente, escolhidos por eles.

Propõe, ainda, que se utilize a matemática, nas atividades de Modelagem, como suporte para discussões sobre a realidade e que as discussões em sala de aula sejam problematizadas para o contexto social. Isto para promover a atuação crítica dos alunos na sociedade, sem visar apenas a instrumentalização matemática, mas a emancipação dos alunos como cidadãos. Dá importância também à discussão do uso da Matemática na sociedade, à ideologia da certeza² e ao poder formatador da Matemática.

² Skovsmose (2007) define a ideologia da certeza como uma forma de acreditar que as soluções matemáticas serão sempre as melhores abordagens, devido às certezas que representam. Preza pela visão de uma Matemática certa, única, que produz o argumento definitivo. Relaciona-se a forma como a Matemática é vista na sociedade.

Se trabalharmos com Modelagem Matemática na educação matemática e não discutirmos questões como o uso da matemática na sociedade, a ideologia da certeza e o poder formatador na matemática, podemos estar contribuindo para a manutenção de uma sociedade injusta ou até mesmo reforçando tal situação (Araújo, 2009, p. 64).

Orey e Rosa (2007) também discorrem sobre a perspectiva sociocrítica da Modelagem, enfatizando um ensino para a “eficiência sociocrítica”. Para eles, ensinar para a “eficiência sociocrítica” tem por objetivo preparar os alunos para uma participação ativa na sociedade e para o exercício da cidadania, ajudá-los a buscar soluções práticas para situações-problema da sociedade, considerando seus valores e crenças, e capacitá-los para resolver problemas do dia-a-dia. A formação do aluno deve ser direcionada com o objetivo de transformá-los em indivíduos “flexíveis, adaptáveis, reflexivos, críticos e criativos” (Orey & Rosa, 2007, p. 201).

Para atingir a “eficiência sociocrítica”, Orey e Rosa (2007) recomendam a adoção de práticas pedagógicas não-tradicionais, colocando os alunos no centro do processo de ensino-aprendizagem. Destacam, também, que devem ser oferecidas condições para que os alunos possam dialogar e analisar criticamente os conteúdos do currículo, engajando-os num ensino relevante e contextualizado. Os autores enfatizam a importância de se trabalhar em grupo(s) e da interação social, considerando os interesses e as motivações dos alunos. Incluem ainda o diálogo e a democracia na sala de aula.

Para Orey e Rosa (2007), na organização de uma atividade de Modelagem, deve-se buscar relacionar as atividades do currículo com problemas da comunidade que sejam relevantes para os alunos. Isto pode se dar permitindo que os alunos selecionem os problemas que serão estudados, levando-os a refletir não apenas sobre os aspectos matemáticos envolvidos, mas dando-lhes condições de entender um fenômeno, atuar sobre ele e transformá-lo.

O estudo desses referenciais teóricos aponta algumas características próprias, segundo esses autores, da perspectiva sociocrítica da Modelagem, a saber, o trabalho em grupo, o diálogo e a democracia na sala de aula, a escolha de problemas não-matemáticos da realidade feita pelos alunos, a importância de se considerar sua cultura e seus interesses, objetivando a formação de cidadãos que atuam ativa e criticamente na sociedade, capazes de utilizar a Matemática em discussões e na tomada de decisões. Inferimos, a partir dessa observação, que algumas equivalências podem ser estabelecidas entre a perspectiva sociocrítica da Modelagem Matemática e a Aprendizagem Significativa Crítica.

A teoria da Aprendizagem Significativa Crítica

Baseado nas ideias de Postman e Weingartner (1969) e Postman (1993, 1996), Moreira (2010) argumenta sobre a necessidade de uma aprendizagem, além de significativa, subversiva, para a sobrevivência na sociedade contemporânea. No entanto, utiliza o termo *Aprendizagem Significativa Crítica*, pois a subversão a que se refere trata-se de uma “postura crítica” (p. 2).

Nesse sentido, a Aprendizagem Significativa Crítica é definida como a “perspectiva que permite ao sujeito fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, estar fora dela” (MOREIRA, 2010, p. 7). Em outras palavras, é uma perspectiva que permite ao indivíduo participar das atividades de seu grupo social e, também, reconhecer quando a realidade se afasta a ponto de não ser mais captada pelo grupo. É por meio da Aprendizagem Significativa Crítica que o aluno poderá fazer parte de sua cultura e lidar de forma construtiva com as mudanças sem se deixar dominar por elas.

Por meio dela, poderá trabalhar com a incerteza, a relatividade, a não-causalidade, a probabilidade, a não-dicotomização das diferenças, com a ideia de que o conhecimento é construção (ou invenção) nossa, que apenas representamos o mundo

e nunca o captamos diretamente (Moreira, 2010, p. 7).

De forma análoga aos princípios propostos por Ausubel *et al* (1980) para a facilitação da aprendizagem significativa, Moreira (2010) propõe onze princípios facilitadores da Aprendizagem Significativa Crítica. Alguns implicam diretamente na organização de um ensino que busca este tipo de aprendizagem e, outros, de natureza epistemológica, podem auxiliar o professor a mediar um ensino com o mesmo objetivo. Segundo o autor, estes princípios, listados a seguir, parecem viáveis de serem implementados em sala de aula e críticos em relação ao que geralmente nela ocorre.

P1. *Princípio do conhecimento prévio. Aprendemos a partir do que já sabemos.*

P2. *Princípio da interação social e do questionamento. Ensinar/aprender perguntas ao invés de respostas.*

P3. *Princípio da não-centralidade do livro de texto. Do uso de documentos, artigos e outros materiais educativos. Da diversidade de materiais instrucionais.*

P4. *Princípio do aprendiz como perceptor/representador.*

P5. *Princípio do conhecimento como linguagem.*

P6. *Princípio da consciência semântica.*

P7. *Princípio da aprendizagem pelo erro.*

P8. *Princípio da desaprendizagem.*

P9. *Princípio da incerteza do conhecimento.*

P10. *Princípio da não-utilização do quadro de giz. Da participação ativa do aluno. Da diversidade de estratégias de ensino.*

P11. *Princípio do abandono da narrativa. De deixar o aluno falar.*

O foco, nesse sentido, é permitir que o aluno conviva com incertezas e relatividades, que rejeite as verdades absolutas e as certezas, que participe ativamente na sala de aula, tendo espaço para expor suas dúvidas, críticas e opiniões, bem como ouvir as dos outros também. Cabe ao professor, tendo estes objetivos, adotar diversificadas estratégias de ensino, uma postura dialógica e estimular os estudantes a questionar.

Percurso teórico metodológico da pesquisa

Esta pesquisa tem caráter interpretativo, portanto não se preocupa em quantificar seus resultados, mas valorizar todo o processo de análise. Nesse sentido, adotamos para este trabalho a metodologia qualitativa, que, segundo Moraes (2003), “pretende aprofundar a compreensão dos fenômenos que investiga a partir de uma análise criteriosa e rigorosa [...], não pretende testar hipóteses para comprová-las ou refutá-las ao final da pesquisa; a intenção é a compreensão” (p. 191).

Este estudo realizou-se seguindo os pressupostos teóricos e metodológicos da análise textual discursiva (Moraes, 2003), uma metodologia alternativa à análise de conteúdo e à análise de discurso, que se organiza em torno de quatro focos: 1) desmontagem dos textos ou unitarização; 2) estabelecimento de relações ou categorização; 3) captando o novo emergente e 4) um processo auto-organizado. Sua matéria-prima é o *corpus* que, em geral, é constituído de produções textuais, um conjunto de documentos que representa as informações da pesquisa e permite a obtenção de

resultados confiáveis. Deve ser selecionado de forma a produzir resultados válidos em relação ao que se investiga.

A desmontagem dos textos deve produzir as unidades de análise que são utilizadas para a construção de categorias obtidas a partir das relações entre tais unidades. Em seguida, “costuram-se” as categorias entre si para que expressem a compreensão do todo. A intensa impregnação proporcionada pelas duas fases, unitarização e categorização, possibilita a emergência de uma nova compreensão do material analisado, denominada de metatexto. Esta fase é a que Moraes (2003) chama de “captando o novo emergente”.

Construção das características para a perspectiva sociocrítica da Modelagem Matemática

Na construção das principais características de uma atividade de Modelagem Matemática segundo a perspectiva sociocrítica, analisamos trabalhos publicados que tratam da Modelagem Matemática nesta perspectiva, com destaque para aqueles cujos autores apresentavam um histórico de pesquisa dentro desta temática, sejam em dissertações, teses ou outras publicações. Ainda durante esta leitura e análise, selecionamos, para este estudo, aqueles que apresentavam, explicitamente, uma descrição dos objetivos e das características pertinentes a esta perspectiva. Conforme Barbosa (2003), Kaiser & Sriraman (2006) e Araújo (2009) grande parte dos autores que abordam a perspectiva sociocrítica da Modelagem são brasileiros e, destes, poucos a ensaiam teoricamente.

Considerando a análise dos trabalhos publicados que tratam da Modelagem Matemática nesta perspectiva, o *corpus* de análise, nessa etapa, constituiu-se dos seguintes artigos: “Modelagem Matemática e a perspectiva sociocrítica” (Barbosa, 2003), “A dimensão crítica da Modelagem Matemática: ensinando para a eficiência sociocrítica”, (Orey & Rosa, 2007), “Uma reflexão sobre a Modelagem Matemática no contexto da Educação Matemática Crítica” (Jacobini & Wodewotzki, 2007) e “Uma abordagem sócio-crítica da Modelagem Matemática: a perspectiva da Educação Matemática Crítica” (Araújo, 2009).

A construção das características, aqui denotadas por categorias, da perspectiva sociocrítica da Modelagem Matemática, foram obtidas seguindo os encaminhamentos da metodologia da análise textual discursiva (Moraes, 2003). Para tanto, o *corpus* de análise foi fragmentado para dar origem às unidades de análise, que foram reescritas de forma que assumissem um significado o mais completo possível em si mesmas. A seguir, as unidades semelhantes foram agrupadas determinando-se finalmente as categorias. O quadro a seguir apresenta as categorias construídas nesse processo, com base no *corpus* adotado, juntamente com as respectivas unidades que as constituem.

As categorias, apresentadas no Quadro 1, construídas a partir do *corpus* selecionado, descrevem algumas das principais características inerentes a atividade de Modelagem na perspectiva sociocrítica. Portanto, denominamos estas categorias de *Características da perspectiva sociocrítica da Modelagem Matemática*.

Em tempo, destacamos que estas características são o resultado de um dos possíveis agrupamentos das unidades de significado obtidas dos fragmentos extraídos do *corpus*. Por exemplo, em Silva & Kato (no prelo) apresentamos outra configuração para estas características, obtida a partir de outro agrupamento, contudo, sem perder a essência destas características.

Para concluir o processo de análise textual discursiva e considerando o propósito de identificar possíveis aproximações entre as principais características de uma atividade de Modelagem Matemática segundo a perspectiva sociocrítica e a Aprendizagem Significativa Crítica, produzimos um metatexto, descrito a seguir, que expressa as novas compreensões e entendimentos

emergentes da aplicação desta metodologia.

Quadro 1: Unidades de significado semelhantes agrupadas para constituir uma única unidade

Categorias	Unidades de significado correspondentes
<p>Categoria 1 (C1): Abordar a Modelagem Matemática segundo a Educação Matemática Crítica.</p>	<p>C1.1) Discutir a ideologia da certeza e o poder formatador da matemática;</p> <p>C1.2) Extensão das discussões da sala de aula para questões sociais relacionadas com o papel da matemática na sociedade;</p> <p>C1.3) Utilizar a matemática para análise das características críticas de relevância social.</p>
<p>Categoria 2 (C2): Trabalho em grupo(s).</p>	<p>C2.1) Convidar os alunos a trabalhar em grupo(s);</p> <p>C2.2) Negociar, debater, ouvir e respeitar as ideias do(s) grupo(s);</p> <p>C2.3) Compreender e criticar argumentos matemáticos para intervir na tomada de decisões coletivas;</p> <p>C2.4) Estimular à investigação e à comunicação;</p> <p>C2.5) A sala de aula como um espaço democrático;</p> <p>C2.6) Professor e aluno assumem o papel de participantes na aprendizagem;</p> <p>C2.7) Objetivar a formação de estudantes conscientes da participação democrática dos cidadãos em assuntos de interesse da comunidade ou de toda a população.</p>
<p>Categoria 3 (C3): Abordagem de problemas não-matemáticos da realidade.</p>	<p>C3.1) Problemas ou temas escolhidos preferencialmente pelos alunos;</p> <p>C3.2) Discussão de questões da realidade utilizando a matemática como suporte;</p> <p>C3.3) Negociação entre alunos e professor na condução da atividade;</p> <p>C3.4) Oferecer ao aluno a oportunidade de conviver com conteúdos vivos, práticos, úteis e com significado;</p> <p>C3.5) Objetivar formar estudantes que reflitam sobre situações de interesse da sociedade;</p> <p>C3.6) Problematização das discussões para o contexto social;</p> <p>C3.7) Considerar os interesses dos alunos e os conflitos culturais relacionados com a escola;</p> <p>C3.8) Considerar a cultura dos alunos.</p>
<p>Categoria 4 (C4): Participação crítica dos estudantes na</p>	<p>C4.1) Extensão das discussões da sala de aula para questões</p>

sociedade mediada pelo professor.	sociais relacionadas com o papel da matemática na sociedade; C4.2) Utilizar a matemática para análise das características críticas de relevância social; C4.3) Objetivar a formação de estudantes conscientes da participação democrática dos cidadãos em assuntos de interesse da comunidade ou de toda a população.
-----------------------------------	---

O metatexto expressa as compreensões que são geradas pelo entrelaçamento das categorias obtidas a partir dos fragmentos extraídos do *corpus*. Dessa forma as afirmações nele contidas remetem a esses trabalhos.

O que compreendemos como a perspectiva sociocrítica da Modelagem Matemática (Metatexto)

Durante a elaboração do modelo matemático, é importante que os alunos socializem suas ideias, suas conjecturas e suas opiniões. O trabalho em grupo, que pode significar trabalhar em pequenos grupos ou constituir o grupo todo da sala de aula, pode permitir que os alunos argumentem em defesa do que pensam e ouçam os argumentos dos seus pares, e que decidam em conjunto como construir o modelo matemático em conformidade com as decisões do grupo. Da mesma forma, ao se conceber a sala de aula como um espaço democrático, em que todos podem expor suas ideias, os alunos podem participar expondo, criticando e reformulando o modelo criado em determinada situação. Destaca-se também a importância de escolher um problema do interesse de todo o grupo, o que os torna mais envolvidos nas problematizações e discussões, fazendo com que encontrar uma possível solução para o problema seja realmente importante para eles. Assim, as atividades de Modelagem Matemática, na perspectiva sociocrítica, fazem da sala de aula um espaço em que todos podem participar igualmente, expondo seus pensamentos e incentivando o respeito pelas ideias dos outros, permitindo que observem como a matemática e o modelo matemático construído podem servir para analisar e tomar decisões sobre determinado problema.

Considerando-se um problema que é escolhido pelos alunos, torna-se evidente o seu interesse em analisá-lo, seja por curiosidade ou por este fazer parte da sua realidade. Dessa forma é natural que as soluções encontradas sejam levadas de volta para o contexto social do qual foram extraídos. Para a realização desta proposta, são necessárias algumas ações, por parte do aluno, que evidenciam mudança de atitudes em relação a uma determinada situação ou, ainda, uma nova maneira de se posicionar na sociedade. Alguns exemplos são as ações comunitárias, visando mudanças no ambiente em que estão inseridos, e as discussões e tomada de decisões decorrentes das possíveis interpretações do modelo matemático obtido, que transformam a comunidade em uma extensão do espaço democrático da sala de aula.

Numa atividade de Modelagem Matemática, segundo a perspectiva sociocrítica, os alunos escolhem problemas que têm interesse em resolver ou estudar, isto significa que esses problemas tornam-se reais para eles. Além disso, a forma como este problema é apresentado aos alunos indica, em um primeiro momento, que eles não são problemas matemáticos ou que aparentemente envolvem alguma matemática. Esta escolha considera a cultura do grupo e também da sua comunidade, o que envolve, igualmente, os conhecimentos que já possuem (matemáticos ou não). Considerar a cultura dos alunos também influenciará na interpretação dos modelos matemáticos obtidos. É preciso verificar a solução encontrada dentro do contexto em que estão inseridos. Isto propicia a discussão da matemática na sociedade, a pensar de que forma a matemática foi utilizada para interpretar e/ou resolver o problema, e que a matemática também auxilia na tomada de

decisões, que é preciso compreendê-la para optar por uma ou outra resposta. Isto tudo contribui para combater a ideologia da certeza e o poder formatador da matemática, pois nem sempre será possível encontrar uma solução matemática para a questão, ou que um resultado obtido pode ser melhor do que outro.

Como observamos a Aprendizagem Significativa Crítica na perspectiva sociocrítica da Modelagem Matemática

Nesta seção apresentamos as relações entre as características da perspectiva sociocrítica da Modelagem Matemática e a teoria da Aprendizagem Significativa Crítica, identificando as aproximações encontradas no metatexto descrito anteriormente.

Quadro 2: Fragmentos extraídos do metatexto, as categorias e os princípios facilitadores a Aprendizagem Significativa Crítica correspondentes

Fragmentos do metatexto	Características da perspectiva sociocrítica da Modelagem Matemática correspondentes	Princípios facilitadores da Aprendizagem Significativa Crítica correspondentes
“O trabalho em grupo, que pode significar trabalhar em pequenos grupos ou constituir o grupo todo da sala de aula, pode permitir que os alunos argumentem em defesa do que pensam e ouçam os argumentos dos seus pares, e que decidam em conjunto como construir o modelo matemático em conformidade com as decisões do grupo.”	C1, C2	P2, P3, P4, P6, P10, P11.
“[...] as atividades de Modelagem Matemática, na perspectiva sociocrítica, fazem da sala de aula um espaço em que todos podem participar igualmente, expondo seus pensamentos e incentivando o respeito pelas ideias dos outros, permitindo que observem como a matemática e o modelo matemático construído podem servir para analisar e tomar decisões sobre determinado problema”.	C1, C2, C3	P2, P3, P4, P5, P6.
“Considerando-se um problema que é escolhido pelos alunos, torna-se evidente o seu interesse em analisá-lo seja por curiosidade ou por este fazer parte da sua realidade”.	C1, C3	P1, P4
“[...] a forma como este problema é apresentado aos alunos indica, em um primeiro momento, que eles não são	C3	P1, P5

problemas matemáticos ou que aparentemente envolvem alguma matemática”.		
“A atuação do professor nas atividades de Modelagem Matemática é fundamental. É ele quem vai oportunizar aos alunos o trabalho em conjunto, estimulando a exposição de ideias e argumentos, fazendo da sala de aula um espaço democrático, em que a todos são dadas condições iguais de trabalho”.	C4	P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10, P11

O metatexto, produzido a partir das quatro categorias que descrevem as características da atividade de Modelagem na perspectiva sociocrítica, apresenta nossa compreensão do material analisado, atingida a partir da impregnação do *corpus* de análise, incorporando e interpretando os novos entendimentos a cerca desta perspectiva.

Esse texto, assim constituído aponta a existência de aproximações que podem ser estabelecidas entre a Aprendizagem Significativa Crítica e a perspectiva sociocrítica da Modelagem Matemática. Para realizar esta análise, extraímos os fragmentos do metatexto correspondentes às categorias construídas e os identificamos com os princípios facilitadores da Aprendizagem Significativa Crítica, apresentados por Moreira (2010). Os resultados desta análise são apresentados no Quadro 2.

Conclusões

Utilizando a análise textual discursiva (Moraes, 2003) como metodologia para esta pesquisa, usamos os principais referenciais teóricos no Brasil que discorrem sobre a perspectiva sociocrítica da Modelagem Matemática, objetivando identificar os principais elementos que a caracterizam, o que nos permitiu elaborar quatro categorias, as quais denominamos *características da perspectiva sociocrítica da Modelagem Matemática*.

Segundo este conjunto de características, podemos dizer que uma atividade de Modelagem Matemática enquadra-se na perspectiva sociocrítica se for abordada segundo a Educação Matemática Crítica, se houver trabalho em grupo, se os problemas ou temas abordados não forem matemáticos e forem extraídos da realidade e, ainda, se a atividade propiciar ou levar os alunos a uma participação crítica na sociedade. Estas características têm muitas particularidades e cada uma delas traz consigo outras implicações e/ou encaminhamentos para a implementação da atividade em sala de aula.

Os princípios facilitadores da Aprendizagem Significativa Crítica, propostos por Moreira (2010), mostram-se presentes em atividades de Modelagem Matemática na perspectiva sociocrítica, em vários aspectos: os trabalhos em grupo podem oportunizar a interação social e a procura por um modelo que descreva melhor determinada situação ou que resolva algum problema pode suscitar questionamentos. A validação do modelo ou análise da solução encontrada também pode levar à reflexão sobre o erro ou à necessidade de reformulações.

Esta leitura conduziu-nos à investigação em busca de algumas das possíveis aproximações entre a perspectiva sociocrítica da Modelagem Matemática e a Aprendizagem Significativa Crítica, evidenciando que as atividades de Modelagem, nesta perspectiva, podem favorecer a ocorrência de

Aprendizagem Significativa Crítica.

O Quadro 2 apresenta uma das possibilidades em que os princípios facilitadores da Aprendizagem Significativa Crítica podem relacionar-se com as características da perspectiva sociocrítica da Modelagem Matemática. Considerando que tanto as características quanto os princípios não são estritamente fechados, quanto às ações envolvidas, é possível obtermos outras configurações em que os princípios e as características estejam relacionados. Mas o que queremos destacar, a partir do Quadro 2 é que, de maneira geral, a atividade de Modelagem Matemática na perspectiva sociocrítica pode facilitar a implementação dos princípios facilitadores da Aprendizagem Significativa Crítica.

Esses fatos conduziram-nos a afirmar que a perspectiva sociocrítica da Modelagem Matemática pode facilitar a implementação dos princípios facilitadores da aprendizagem significativa crítica em sala de aula.

Desse modo, podemos listar algumas ações específicas, que caracterizam a perspectiva sociocrítica da Modelagem, que podem favorecer a Aprendizagem Significativa Crítica, pela semelhança e/ou presença com um dos princípios facilitadores, no que se refere ao desenvolvimento de atividades:

- *Conhecimento prévio; aprendemos a partir do que já sabemos.* Quando se solicita aos alunos que escolham algum tema ou situação-problema da realidade que seja do seu interesse, eles terão de recorrer às suas experiências, ao que já sabem sobre determinado assunto ou mesmo o que já ouviram falar sobre ele. Assim, a escolha do problema em uma atividade de Modelagem na perspectiva sociocrítica pressupõe a existência de conhecimentos prévios na estrutura cognitiva do aluno, pois a ênfase está na escolha do tema feita por eles. Isto não quer dizer que outras perspectivas de Modelagem não levam em conta os conhecimentos prévios dos alunos, mas aquelas em que o professor sugere, propõe ou simplesmente leva o tema aos alunos pode envolver um assunto sobre o qual os estudantes não tenham conhecimento ou interesse.

- *Interação social e questionamento.* Com respeito ao trabalho em grupo, sejam formados por alunos ou por todos os alunos e o professor, juntamente com o ambiente democrático da sala de aula, pode favorecer a interação social. A discussão entre os grupos sobre a melhor solução para uma situação-problema, sobre a própria escolha do tema e a análise do modelo ou da solução encontrada para o problema propiciam que os alunos dialoguem e argumentem entre si, defendendo seus pontos de vista. A interação social também se faz presente, em atividades de Modelagem na perspectiva sociocrítica, quando se propicia ao aluno a participação na sua comunidade.

- *Não centralidade do livro de texto.* Em geral, atividades de Modelagem descentralizam a aprendizagem do livro didático, considerando-o um “complemento” para as aulas. Quando se oportuniza ao aluno que realize pesquisas fora da escola ou em outras fontes, seja em visitas a locais relacionados ao tema escolhido, seja por palestras/entrevistas com profissionais da área, entre outras possibilidades de pesquisa, está-se deixando de lado o livro de texto. Não só as pesquisas em atividades de Modelagem contribuem para a implementação deste princípio, mas o uso de outros materiais, como revistas, cartazes, artigos, filmes, entre outros.

- *Aprendiz como preceptor/representador.* O aluno pode utilizar diversas maneiras para representar aquilo que aprende. Pode ser por meio de desenhos, textos, gráficos, tabelas ou modelos. A perspectiva sociocrítica da Modelagem oferece oportunidade para que o estudante represente tudo o que lhe é ensinado, mas também aquilo que percebe, já que a ênfase não está apenas em explorar a Matemática presente em determinado contexto ou tema. A ênfase é dada na importância da Matemática para a sociedade ou, mais estritamente, para a comunidade em que o aluno está inserido. Assim, o aluno não só representará o que aprendeu ou uma aplicação do conteúdo matemático, mas o que significa aquilo que aprendeu e as implicações para a sua vida e a

de seus pares.

Conhecimento como linguagem. Por meio da Modelagem Matemática os alunos podem perceber que a Matemática é uma linguagem, ou ainda, uma forma de ver o mundo. Pela perspectiva sociocrítica a Matemática pode ser entendida como uma linguagem que representa o que o cerca, que pode ajudá-lo a tomar decisões e compreender o que acontece ao seu redor.

Aprendizagem pelo erro. O simples fato de testar um modelo matemático ou uma solução para um problema pode facilitar a ocorrência deste princípio. No entanto, mais do que testar soluções é importante que o aluno compreenda porque determinadas soluções não são adequadas para alguns problemas, pois ele não deve apenas refletir sobre o erro cometido na elaboração matemática da solução, mas no contexto em que esta solução está sendo proposta. Ou seja, ele deve perceber que uma resposta pode estar correta do ponto de vista matemático, mas pode não estar adequada a determinada realidade.

Desaprendizagem. Muitas vezes é necessário que o aluno perceba que está usando um conceito errado para resolver um problema, ou que está aprendendo um novo conceito utilizando um conhecimento prévio inadequado. Um modo de perceber isso é por notar que determinado conceito matemático não se está adequando à situação-problema à qual deseja encontrar uma solução. Isto envolve, novamente, não pensar somente sobre o aspecto matemático da questão, mas toda a situação envolvida.

Incerteza do conhecimento. Quando se discute o poder formatador da Matemática e a ideologia da certeza pode-se estar facilitando a ocorrência deste princípio. Isto porque se discute não só a validade de alguns modelos matemáticos para determinadas situações, mas a própria construção do conhecimento matemático como um todo.

Não utilização do quadro de giz. Assim como a não centralidade no livro de texto, atividades de Modelagem em geral permitem que o professor adote outras estratégias de ensino, que envolvem artigos, programas de TV e filmes etc. No entanto, a perspectiva sociocrítica pressupõe que estes outros recursos estejam intimamente relacionados à realidade/interesse dos alunos.

Abandono da narrativa. Semelhante aos princípios da não utilização do quadro de giz e do livro de texto, o abandono da narrativa desfaz a aula do tipo transmissão, em que professor, livro didático e quadro negro “emanam” todo o conhecimento e todas as verdades. A perspectiva sociocrítica da Modelagem prevê o diálogo na sala de aula, um ambiente democrático, em que todos podem expressar seus interesses e suas opiniões. Ao professor cabe uma postura observacional, acerca da captação de significados de seus alunos, estimulando a externalização do conhecimento em processo de construção e estimulando a troca de significados na direção da consolidação de uma aprendizagem mais significativa e menos memorística.

A perspectiva sociocrítica da Modelagem e a Aprendizagem Significativa Crítica, no caso específico das aulas de matemática, têm em comum a aprendizagem dos conceitos matemáticos de forma vinculada a cultura do aluno, de modo que este conhecimento pode contribuir para a formação dele como cidadão, em função das diferentes maneiras pelas quais o professor pode ensinar matemática.

Com isso destacamos a importância do conhecimento da teoria da Aprendizagem Significativa Crítica com vistas a uma formação mais geral que extrapola a simples assimilação dos conteúdos escolares.

É importante ressaltar que algumas das características, indicadas neste trabalho, não são exclusivas de uma perspectiva sociocrítica, e que a opção por esta perspectiva não implica na exclusão dos propósitos característicos de outras perspectivas da Modelagem Matemática, ou seja, pode-se abordar a Modelagem segundo a perspectiva sociocrítica e ainda segundo outras

perspectivas, ao mesmo tempo. Contudo a pesquisa apresentada indicou que uma atividade de Modelagem, segundo as características construídas, pode favorecer a Aprendizagem Significativa Crítica.

Referências

Araújo, J. L. (2008). Formatting Real Data in Mathematical Modelling Projects. In: *International Congress on Mathematical Education 11*, Monterrey. 2008. Disponível em Último acesso em: 15 out. 2010, <<http://tsg.icme11.org/tsg/show/22>>.

Araújo, J. L. (2009) Uma abordagem sócio-crítica da modelagem matemática: a perspectiva da educação matemática crítica. *Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, Florianópolis, v. 2, n. 2, p. 55-68, jul.

Aravena, M; Caamaño, C. (2009). Mathematical Models in the secondary Chilean education. In Blomhøj, M. & S. Carreira, (eds.) (2009). Mathematical applications and modeling in the teaching and learning of mathematics. Proceeding from topic study group 21 at the 11 th International congress on Mathematical education in Monterrey, México, July 6-13, 2008. Imfufa, Roskilde University, Denmark: Authors.

Ausubel, D. P.; Novak, J. D.; Hanesian, H. (1980). *Psicologia educacional*. Trad. Eva Nick e outros. Rio de Janeiro: Interamericana. 625 p.

Barbosa, J. C. (2001) *Modelagem Matemática: concepções e experiências de futuros professores*. 2001. 253 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

Barbosa, J. C. (2003). *Modelagem Matemática e a perspectiva socio-crítica*. In: Seminário Internacional de Pesquisas em Educação Matemática.

Barbosa, J. C. (2008) Mathematical Modelling, the Socio-Critical Perspective and the Reflexive Discussions. In: International Congress on Mathematical Education, 11., 2008, Monterrey. Disponível em <<http://tsg.icme11.org/tsg/show/22>>. Último acesso em: 20 out. 2008.

Bassanezi, R. C. (2002) *Ensino-Aprendizagem com modelagem matemática: uma nova estratégia*. São Paulo: Contexto.

Bean, D. (2001) O que é modelagem matemática? *Educação Matemática em Revista*, São Paulo, v. 8, n. 9/10, p. 49-57.

Blomhøj, M.(2009). Different Perspectives in Research on Teaching and Learning Mathematical Modelling. Categorizing the TSG21 Papers. In Blomhøj, M. & S. Carreira, (eds.) (2009). Mathematical applications and modeling in the teaching and learning of mathematics. Proceeding from topic study group 21 at the 11 th International congress on Mathematical education in Monterrey, México, July 6-13, 2008. Imfufa, Roskilde University, Denmark: Authors.

Borges, P. A. P, Nehring, C. M. (2008) Modelagem Matemática e sequências didáticas: uma relação de complementaridade. *Bolema*, Rio Claro, ano 21, n. 30, p. 131-47.

Brasil. (2008). Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Parâmetros Curriculares Nacionais: *Ensino Médio*. Brasília. MEC.

Caldeira, A. D. (2008) Mathematical Modelling and Environmental Education. In: International Congress on Mathematical Education, 11, Monterrey. 2008. Disponível em <<http://tsg.icme11.org/tsg/show/22>>. Último acesso em: 20 out. 2010.

D'Ambrosio, U. (1993). *Etnomatemática: um programa*. Educação Matemática em Revista. São Paulo, v. 1, n. 1, p. 5-18.

Franchi, R. H. O. L. (2007). Ambientes de aprendizagem fundamentados na modelagem matemática e na informática como possibilidades para a Educação Matemática. In: Barbosa, J. C., Caldeira, A. D., Araujo, J. L. *Modelagem Matemática na Educação Matemática Brasileira: pesquisas e práticas educacionais*. Recife: SBEM. v. 3, p. 177-93.

Jacobini, O. R.; Wodewotzki, M. L. L. (2007). Uma reflexão sobre a modelagem matemática no contexto da Educação Matemática Crítica. *Bolema*, n. 25: 71-88.

Kaiser, G.; Sriraman, B. (2006). A global survey of international perspectives on modelling in mathematics education. *The International Journal on Mathematics Education*, v. 38, n. 3: 302-310.

Moraes, R. (2003). Uma tempestade de luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. *Ciência e Educação*, v. 9, n. 2: 191-211.

Moreira, M. A. (2006). *A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula*. Brasília. UnB.

Moreira, M. A. (2010). Aprendizaje Significativo Critico. *Boletín de Estudios e Investigación*. 2 ed. no 6:83-101.

Orey, D. C., Rosa, M. (2007) A dimensão crítica da modelagem matemática: ensinando para a eficiência sociocrítica. *Horizontes*, v. 25, n. 2, p. 197-206, jul/dez.

Postman, N., Weingartner, C. (1969). *Teaching as a subversive activity*. New York: Dell Publishing Co. 219p.

Postman, N. (1993) *Technopoly: the surrender of culture to technology*. New York: Vintage Books/Random House, 222 p.

Postman, N. (1996) *The end of education: redefining the value of school*. New York: Vintage Books/Random House, 208p.

Silva, C., Kato, L. A. (no prelo) Quais Elementos Caracterizam uma Atividade de Modelagem Matemática na Perspectiva Sociocrítica? *Bolema*.

Skovsmose, O. (1994). *Towards a Philosophy of Critical Mathematics Education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Skovsmose, O. (2007). Travelling through education: Uncertainty, mathematics, responsibility. *ZDM Mathematics Education* 39: 349-352.

Recebido em: 13.09.11

Aceito em: 08.03.12