

UMA PROPOSTA PARA O ESTUDO DA INTEGRAÇÃO DA TECNOLOGIA NA PRÁTICA PEDAGÓGICA DE PROFESSORES DE MATEMÁTICA¹

*A proposal to study the integration between technology and mathematics
teacher's pedagogic practice*

Marilena Bittar
Doutora em Educação Matemática
Programa de Pós-graduação em Educação Matemática/INMA
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – MS - Brasil
marilenabittar@gmail.com

Resumo

A integração da tecnologia na prática pedagógica de professores de Matemática é um processo que envolve diversas dimensões. Nesse texto apresento algumas reflexões acerca de referenciais teóricos que, trabalhados de forma conjunta e articulada, podem permitir compreender tais dimensões. Os principais aportes teóricos são a teoria da instrumentação, na perspectiva desenvolvida por Rabardel (1995), e os estudos sobre a base de conhecimentos necessários para o uso de tecnologia por professores, desenvolvidos por Mishra e Koehler (2006). Para dar apoio às argumentações, serão utilizados resultados de pesquisas desenvolvidas ou orientadas por mim.

Palavras-chave: Teoria da instrumentação. Conhecimento tecnológico pedagógico do conteúdo. Construcionismo e instrucionismo. Espiral da aprendizagem.

Abstract

Integrating technology on mathematics teacher's pedagogic practice is a multi-dimensional process. In this paper, I present some reflections on the theoretic references, understood as an articulated set, can allow us to understand these dimensions. The main theoretic bases are the instrumental theory, considering Rabardel (1995) perspective, and studies regarding the base of knowledge necessary to a teacher use technology, developed by Mishra & Koehler (2006). In order to support argumentations, results of researches under my supervision will be considered.

Key-Word: Instrumentation Theory. Technologic, pedagogic knowledge of the content. Construcionism and instrucionism. Learning Spiral.

¹ Essa pesquisa recebe apoio do Conselho Nacional de Pesquisa\CNPq, por meio de Bolsa Produtividade Pesquisa.

Resumé

L'intégration des technologies dans la pratique pédagogique des enseignants des mathématiques est un processus qui fait appel à plusieurs dimensions qui doivent être étudiées. Dans cet article je présente des réflexions sur des apports théoriques que, une fois pris conjointement, peuvent permettre de comprendre ces dimensions. Les principaux apports sont la théorie de l'activité avec instruments dans la perspective développée par Rabardel (1995) et les études sur la base de connaissances nécessaires pour l'utilisation de technologie par les enseignants, développée par Mishra et Koehler (2006). Pour aider les argumentations, seront utilisés des résultats de recherches que j'ai développées ou dirigées.

Mots clés: théorie de l'activité avec instruments, connaissance technologique pédagogique du contenu, construction de la connaissance, intégration de technologies

INTRODUÇÃO

Há mais de três décadas a tecnologia digital tem feito parte de estudos de educadores matemáticos no Brasil e no exterior. Busca-se discutir se, e como, esta ferramenta pode contribuir com a aprendizagem matemática de alunos dos diversos níveis de escolaridade. A Matemática é uma área privilegiada no que se refere a investigações sobre seu ensino e sua aprendizagem mediados por tecnologias digitais. Estudos relacionados ao uso de *softwares* para o ensino de Matemática têm evidenciado que é possível, a partir de situações convenientemente elaboradas, levar o sujeito a uma melhor apreensão do objeto matemático estudado. Por exemplo, o uso de um *software* de geometria dinâmica pode permitir a elaboração de conjecturas por parte dos alunos, a partir da exploração de propriedades invariantes da construção elaborada. Além disso, a avaliação do trabalho realizado pelo aluno fica quase sempre a cargo do professor: cabe a ele dizer se o que foi feito está correto e, em caso negativo, dizer o que está errado. *Feedbacks* oferecidos pela tecnologia digital podem favorecer validações das ações realizadas pelos alunos, o que contribui com o desenvolvimento de sua autonomia como evidenciado em Bittar (2008).

Durante meu doutorado (BITTAR, 1998) tive os primeiros contatos com tecnologia digital para o ensino e a aprendizagem de Matemática. Desde aquele momento essa ferramenta passou a fazer parte de meus estudos, seja em projetos de pesquisa, de extensão ou de ensino, visando sempre a construção do conhecimento matemático por alunos dos diversos níveis de escolaridade.

Os resultados de todos esses trabalhos mostram que a utilização de um software pode permitir melhor compreensão do funcionamento cognitivo do aluno, favorecer a individualização da aprendizagem e desenvolver a autonomia do estudante, fundamental na

perspectiva construtivista piagetiana de aprendizagem. Porém, talvez paradoxalmente, na maioria das vezes estes resultados, e de pesquisas em geral, passam longe das escolas de educação básica e, até mesmo, dos cursos de formação inicial de professores. Refletindo sobre esse cenário pode-se concluir que fazer uso da tecnologia em aulas de matemática é, também, um processo de aprendizagem e, como tal, demanda tempo, além de envolvimento direto e constante dos professores. E como todo processo de aprendizagem este também necessita de estudo. É preciso compreender como se dá tal processo. Com esta preocupação desenvolvi um projeto, financiado pelo CNPq, de 2006 a 2009, sobre a *Inserção da Tecnologia na Formação do Professor que Ensina Matemática na Educação Básica*. Para o estudo, foi constituído um grupo formado por professores dos diferentes níveis de escolaridade, desde os anos iniciais até o ensino médio, mestrandos e doutorandos em Educação e em Educação Matemática, e dois professores da UFMS, doutores em Educação Matemática. Dentre os resultados alcançados, foi possível confirmar a hipótese de que a integração da tecnologia à prática pedagógica é um processo de aprendizagem que, como tal, não ocorre em um curto ou limitado espaço de tempo. Com efeito, o professor deve estar convencido da legitimidade didática das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC). Quando se trata de trabalhar com tecnologias, de modo geral, os professores veem muitas dificuldades ligadas à gestão da classe, ao tempo disponível para cumprir um programa etc. Podemos dizer que, para que um professor aceite superar essas dificuldades, ele deve ter justificativas internas – e não externas tais como demandas de secretarias de educação – do aporte das tecnologias digitais educacionais para o ensino e a aprendizagem da Matemática. Quando isso ocorre, pode-se dizer que a TIC, para esse professor, está legitimada didaticamente. Chaachoua et al. (2001) reforçam esta demanda de justificativa interna e propõem que não é pelo discurso que respostas serão dadas a tal demanda, mas fornecendo meios aos professores de perceberem, por eles mesmos, os aportes do uso de um ambiente informatizado em termos de objetivos do ensino e da aprendizagem matemática. E isso implica em aprendizagem de múltiplos aspectos e não somente daqueles ligados diretamente ao funcionamento técnico do computador, contrariamente a uma certa crença de que o medo da *máquina* leva o professor à não utilização da tecnologia em suas aulas.

Gregio (2012) investigou potencialidades da pesquisa-formação para a formação continuada de professores dos anos iniciais do ensino fundamental para o uso de tecnologias no ensino da Matemática. Ao longo dos anos de 2009 e 2010 a autora acompanhou 34 reuniões de um grupo constituído de 6 docentes de uma mesma escola, que se reuniam e

discutiam atividades que poderiam ser realizadas com seus alunos com o auxílio do Logo. O desenrolar da pesquisa mostrou a importância e a necessidade de discussão tanto sobre o conteúdo em cena quanto sobre o funcionamento desse conteúdo no software estudado. Percebeu-se que o uso da tecnologia evidenciou dificuldades conceituais das professoras, conforme mostra o excerto a seguir:

Percebemos que as professoras enfrentaram inúmeras dificuldades ao explorar o *software* SuperLogo. Um desses momentos ocorreu ao executar os comandos da tartaruga na construção de um triângulo, ocasião em que a dúvida gerada estava diretamente ligada aos ângulos e seu conceito, ou seja, elas não conseguiram descrever os comandos para formar um triângulo. (GREGIO; BITTAR, 2012, p. 12).

Os resultados dessa pesquisa de doutorado, ao lado de outras por mim também orientadas ou realizadas, reforçavam a hipótese de que a questão do não uso da tecnologia por professores ia além da referida crença de medo da máquina. E nessa perspectiva, Coraça (2010) desenvolveu uma pesquisa de mestrado com professores de Matemática que têm familiaridade com o computador. Em Mato Grosso do Sul, onde a pesquisa foi desenvolvida, as salas de tecnologia das escolas estaduais contavam, à época, com um professor responsável pela sala e por auxiliar os professores no uso de tecnologias digitais. Tais professores tinham metade da carga horária destinada a lecionar sua disciplina específica e outra metade era destinada à Sala de Tecnologia, sendo responsáveis nessas 20 horas por auxiliar professores das diversas disciplinas e de toda a educação básica no uso de tecnologias digitais. Dessa forma, mesmo se tais professores eram de diferentes áreas do conhecimento, não deveriam ter, em princípio, resistência ao uso de tecnologia, por esse motivo Coraça escolheu trabalhar com alguns professores de Matemática que também eram professores das Salas de Tecnologia. A autora buscava, entre outros, investigar o uso de tecnologia digital por professores de Matemática que tinham familiaridade com tal ferramenta e que, além disso, eram responsáveis por auxiliar e estimular outros professores a usarem tecnologia em suas aulas. Esperava-se que esse grupo de professores usasse softwares e aplicativos em suas aulas de Matemática. Entretanto, o resultado encontrado por Coraça não difere do encontrado em outras pesquisas citadas em sua dissertação (CORAÇA, 2010) que evidenciam, entre outros, a dificuldade do professor em fazer uso da tecnologia em suas aulas de modo a favorecer a aprendizagem da Matemática. Ao buscar compreender o que ocorria, a autora observou que o problema parecia ser de diferentes ordens, relacionadas ao conteúdo e a modos de exploração do conteúdo com a tecnologia.

A formação continuada oferecida pelo NTE (Núcleo de Tecnologias Educacionais) volta-se para os conhecimentos de informática, não considerando a especificidade de cada área de ensino e as dificuldades encontradas pelos professores em sala de aula. Devido a essa formação recebida, os sujeitos investigados, ao atuarem como professores de tecnologia, pouco orientam os professores de matemática regentes, pois desconhecem as contribuições do uso do computador para a aprendizagem, o que também se reflete em sua própria prática pedagógica regente (CORÇA, 2010, p. 104).

Inferimos, assim, que o uso de tecnologia demanda a mobilização de conhecimentos além daqueles normalmente mobilizados pelos professores ao exercerem sua função.

Se por um lado os professores não se sentem, de modo geral, à vontade para usarem a tecnologia em suas aulas, por outro lado há uma demanda oficial de que trabalhem com a informática o que, por vezes, leva a um trabalho desarticulado do planejamento realizado. Tal fato levou-me a propor a distinção entre inserir e integrar quando do estudo do processo de apropriação da tecnologia pelo professor:

Fazemos uma distinção entre **integração** e **inserção** da tecnologia da Educação. Essa última significa o que tem sido feito na maioria das escolas: coloca-se o computador nas escolas, os professores usam, mas sem que isso provoque uma aprendizagem diferente do que se fazia antes e, mais do que isso, o computador fica sendo um instrumento estranho (alheio) à prática pedagógica, sendo usado em situações incomuns, extraclases, que não serão avaliadas. Defendemos que o computador deve ser usado e avaliado como um instrumento como qualquer outro, seja o giz, um material concreto ou outro. E esse uso deve fazer parte das atividades rotineiras de aula. Assim, integrar um *software* à prática pedagógica significa que o mesmo poderá ser usado em diversos momentos do processo de ensino, sempre que for necessário e de forma a contribuir com o processo de aprendizagem do aluno (BITTAR, 2010, p. 259).

Portanto, a integração da tecnologia na prática pedagógica de um professor só tem possibilidade de ocorrer se esta for uma demanda interna. Considero que esta é uma condição necessária, porém não suficiente. Outras questões se juntam a esta, ligadas, entre outros, ao paradigma de aprendizagem do professor, aos seus conhecimentos acerca do conteúdo a ser estudado e à tecnologia a ser usada. Assim, este é um processo constituído por várias dimensões que não encontram respaldo teórico em apenas uma teoria. Essa perspectiva multidimensional permite considerar o sistema didático como uma unidade de análise, como um todo que emerge de vários fatores e de suas inter-relações, e não como a soma ou união de vários fatores ligados entre si. Dessa forma, nesse artigo apresento resultados de reflexões que buscam articular elementos de diferentes teorias para constituir um quadro teórico que

permita levar em consideração aspectos essenciais para o estudo do uso de tecnologias por professores em suas práticas de sala de aula.

TECNOLOGIA E APRENDIZAGEM

Brousseau (1986, 1997) desenvolveu um modelo teórico para o estudo dos processos de ensino e de aprendizagem da Matemática. Esse autor considera as relações entre aluno, professor e saber, inseridos em um *meio*, que compreende, entre outros, os conhecimentos anteriores do aluno, as condições materiais da sala de aula, a experiência (e concepções) do professor e as relações didáticas e pedagógicas entre esses elementos.

O aluno aprende adaptando-se a um *meio* que é fator de contradições, dificuldades, desequilíbrios... Este saber, fruto da adaptação do aluno, manifesta-se através de novas respostas, que são por sua vez provas da aprendizagem. (BROUSSEAU, 1986, p.42)

A aprendizagem ocorre quando o sistema didático sofre um desequilíbrio cognitivo que é provocado por uma mudança no *meio*, logo, é pelo *meio* que o professor age para provocar aprendizagem. Essa mudança pode ser um novo problema para o qual os conhecimentos anteriores do aluno não são suficientes para resolvê-lo. Quando a situação envolve o uso de TIC é preciso refletir acerca de se, e como, a ferramenta tecnológica escolhida pode fazer parte do meio elaborado para favorecer a construção do conhecimento pelo aluno. Na perspectiva aqui defendida, o professor deve usar este e qualquer outro material em sua prática pedagógica de modo a oferecer possibilidades de progressão aos alunos. Não se trata de ilustrar conceitos anteriormente vistos, pois neste caso não seria integração, mas, sim inserção, haja vista que o uso da ferramenta nada acrescentou ao processo.

Ao pensar a elaboração de um meio constituído pela tecnologia digital, novos elementos vêm se somar aos já existentes no modelo apresentado por Brousseau e é preciso estudar especificidades ligadas a estes elementos e suas influências sobre a construção do conhecimento. Nesse sentido a abordagem construcionista (PAPERT, 2008) coaduna com os pressupostos da teoria das situações didáticas (BROUSSEAU, 1997), especialmente no que diz respeito às situações adidáticas como sendo aquelas que atribuem ao aluno papel de corresponsável por sua aprendizagem.

Papert classifica duas abordagens de uso do computador na educação: a instrucionista e a construcionista. Na primeira, o aluno é ensinado pela máquina; trata-se, em geral de

informatização de um processo de ensino tal qual ocorre em sala de aula, sem a tecnologia. Esta abordagem compartilha do paradigma da aprendizagem por instrução. Na abordagem construcionista o aluno constrói seu conhecimento com o auxílio da tecnologia. Ele não é ensinado pela máquina. Papert (1985, p. 56) afirma que

[...] a maior parte de tudo o que tem sido feito até hoje sob o nome genérico de ‘tecnologia educacional’ ou ‘computadores em educação’ acha-se ainda no estágio da composição linear de velhos métodos instrucionistas com novas tecnologias.

Portanto, é necessário avançar, fazendo com que a abordagem construcionista esteja mais presente nas ações de integração de computadores nas escolas. Nesta abordagem, a interação entre sujeito e computador favorece a construção de conhecimentos pelo sujeito de aprendizagem, e cabe ao professor ser o orientador, o articulador das ações. Neste sentido, Valente (2005) propõe *o ciclo de ações e a espiral de aprendizagem* que permite compreender como as tecnologias digitais, em especial o computador, podem contribuir com a construção do conhecimento pelo aluno. O ciclo proposto por Valente (2005) é composto pelas ações de *descrição – execução – reflexão – depuração*. O aluno, com uma atividade a ser resolvida com o auxílio da tecnologia, descreve uma solução ou parte dela, por meio da linguagem do software ou da tecnologia digital que está trabalhando, que executa o que foi comandado devolvendo ao aluno o resultado de sua ação. Caso este resultado seja o desejado, passa-se à próxima etapa, caso contrário, é preciso refletir sobre o que foi comandado para encontrar o que precisa ser refeito; há, então, a depuração do que foi inicialmente pensado. Novos comandos são fornecidos e o processo é reiniciado, sendo que a cada movimento do ciclo novos conhecimentos vêm se agregar aos anteriores.

Cada uma das ações, *descrição 1, execução 1, reflexão 1 e depuração 1, descrição 2, execução 2, reflexão 2, e etc.*, contribui para a formação de uma espiral crescente de conhecimento que é construída à medida que o aprendiz interage com um computador [...]. (VALENTE, 2005, p. 71).

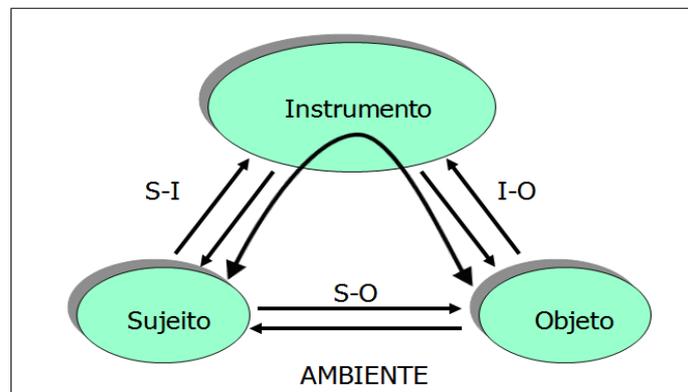
Se a teoria das situações didáticas fornece o arcabouço teórico para pensar o papel do aluno e o do professor tendo em vista a construção do conhecimento, o construcionismo indica como pensar tal processo quando a tecnologia faz parte do meio elaborado pelo professor. Nesse sentido, o ciclo de ações e a espiral de aprendizagem constituem ferramenta teórica e metodológica para a elaboração de situações didáticas que podem favorecer a ação do aluno. Tais teorias embasam as escolhas que tenho realizado em ações de formação inicial

e continuada, tanto no que diz respeito à aprendizagem da Matemática quanto à aprendizagem da tecnologia como uma ferramenta de apoio ao ensino de Matemática.

A ABORDAGEM INSTRUMENTAL

Uma vez estabelecidos esses primeiros marcos teóricos, passo à discussão sobre a investigação do processo de apropriação da tecnologia pelo professor de Matemática, com vistas à aprendizagem do aluno, na perspectiva anteriormente anunciada. Nesse sentido tenho situado meus trabalhos na linha de pesquisas que consideram a teoria da instrumentação (ou da atividade instrumentada) (RABARDEL, 1995, 1999) pertinente para tal. Rabardel discute esta teoria para estudar a ação do sujeito mediada por instrumentos e isso não necessariamente relacionado à educação. Entretanto, a teoria da instrumentação tem sido de grande aporte para investigar o uso da tecnologia em situação escolar (ARTIGUE, 1998, 2001; ARTIGUE; LAGRANGE, 1999; BITTAR, 2011; NICAUD et al., 2006). Para Rabardel (1995), as mediações que ocorrem em Situações de Atividades Instrumentadas (SAI) podem ser representadas pelo modelo a seguir:

Figura 1 - Modelo das Situações de Atividades Instrumentais



Fonte: Rabardel (1995, p. 53).

No caso do estudo da integração da tecnologia na prática pedagógica de um professor de Matemática, esse é o polo sujeito e se seu objetivo é o uso de uma tecnologia para o ensino de quadriláteros, por exemplo, esse é o objeto da ação. Finalmente, resta definir o polo instrumento, mas, para isso, é preciso, antes, definir artefato.

Em antropologia, artefato é todo objeto que sofreu algum tipo de ação humana; pode ser um objeto material ou simbólico. Assim, um galho de árvore não é um artefato, mas se dele são retiradas as folhas e sua ponta é afiada ele passa a ser um artefato. É nesse sentido que Rabardel utiliza a palavra artefato para definir um instrumento como sendo o artefato

acrescido de esquemas de utilização que constituem “o conjunto estruturado dos caracteres generalizáveis das atividades de utilização dos instrumentos” (RABARDEL, 1999, p. 210). Esquema é entendido no mesmo sentido empregado na teoria dos campos conceituais por Vergnaud (1990), logo, esquema é conhecimento e é construído, pelo sujeito, na ação. Portanto, instrumento é conhecimento. Se considerarmos, por exemplo, o artefato como sendo um martelo: para uma criança pequena ele não tem valia e é, inclusive, perigoso. Mais tarde, quando ela aprende a pregar um prego com o martelo este transforma-se em um instrumento para ela. A criança desenvolveu esquema de utilização do martelo. Ela agregou conhecimento ao artefato e uma vez que o artefato foi transformado em instrumento, pelo sujeito, ele não volta mais à condição de artefato.

É importante observar que o processo de transformação de um artefato em instrumento é dinâmico. À medida que o sujeito interage com o instrumento, novos esquemas são agregados a ele o que transforma o instrumento em um novo instrumento para o sujeito. No exemplo do martelo, ele pode servir para outras tarefas além de pregar pregos, como apoiar uma porta para que ela não feche com o vento ou desamassar algo em alumínio. São funções para as quais a ferramenta não foi concebida, mas não impede que seja usada. Pensando em um exemplo de tecnologia digital, quando começamos a trabalhar com um determinado software, o *Geogebra* por exemplo, aprendemos alguns comandos básicos e realizamos atividades possíveis de serem feitas com estes comandos. Conforme continuamos a trabalhar com o software novos esquemas são desenvolvidos, o que gera novas possibilidades e o transforma em um novo instrumento. Assim, um mesmo artefato se transforma em diferentes instrumentos para um mesmo sujeito. Analogamente, cada sujeito ao interagir com um artefato desenvolve esquemas que estão relacionados às suas experiências e conhecimentos, logo, o “seu” instrumento vai diferir do instrumento do outro. Planilhas eletrônicas, por exemplo, que não foram desenvolvidas com fins didáticos, têm sido usadas no ensino de Matemática para discutir temas como gráficos e tabelas. E cada professor que usa uma planilha o faz de um modo diferente, logo, seu instrumento é diferente do instrumento do outro e, mais ainda, do instrumento daquele que usa a planilha para o fim a que ela foi originalmente criada. Além disso, como os esquemas desenvolvidos pelo sujeito estão intimamente ligados aos seus conhecimentos e experiências anteriores, mesmo aqueles que tiverem o mesmo tipo de contato com uma determinada TIC não desenvolverão o mesmo instrumento.

Pensar a integração da tecnologia na prática pedagógica do professor sob esta perspectiva ajuda a evidenciar o fato de que este é um processo de aprendizagem como o de qualquer outro conceito, logo, se dá ao longo do tempo e sempre há novos elementos a serem incorporados, tanto do ponto de vista do objeto técnico quanto do objeto da ação.

O processo de transformação de um artefato em instrumento, pelo sujeito, é denominado de gênese instrumental e é composto de duas dimensões: instrumentalização e instrumentação:

A instrumentalização concerne a emergência e a evolução dos componentes artefato do instrumento: seleção, reagrupamento, produção e instituição de funções, transformações do artefato [...] que prolongam a concepção inicial dos artefatos. A instrumentação é relativa a emergência e a evolução dos esquemas de utilização: sua constituição, seu funcionamento, sua evolução assim como a assimilação de artefatos novos aos esquemas já constituídos (RABARDEL, 1999, p. 210).

Os esquemas de utilização desenvolvidos pelos sujeitos tanto no processo de instrumentalização quanto no de instrumentação alimentam o trabalho dos elaboradores dos artefatos que podem, assim, retrabalhar o artefato para melhor atenderem às demandas dos usuários. Percebe-se, portanto, um processo espiral retroalimentado tanto pela elaboração de artefatos pelos especialistas quanto pelo processo de gênese instrumental vivenciado pelos usuários. É importante observar também que não tem sentido falar em gênese instrumental, e consequentemente instrumentalização e instrumentação, sem indicar a que artefato se refere tal processo, pois um mesmo sujeito pode ter vivenciado um determinado processo de gênese instrumental com relação a um artefato e outro processo completamente diferente com relação a outro artefato ou até mesmo nem ter qualquer tipo de relação como artefato.

Os esquemas de utilização quando relacionados ao processo de instrumentalização são denominados esquemas de uso e, quando relacionados ao processo de instrumentação são chamados de esquemas de ação instrumentada. À medida que esquemas de uso de um determinado artefato são desenvolvidos, novos esquemas de ação instrumentada são desenvolvidos; trata-se da instrumentação que, por sua vez leva ao desenvolvimento de novos esquemas de uso e assim por diante. Pode-se assim dizer que este processo é espiral, pois a cada ação do sujeito novos esquemas são associados ao artefato, já transformado em instrumento que se transforma em novo instrumento. Para compreender como o professor faz uso da tecnologia em sua prática pedagógica é fundamental estudar as duas dimensões do

processo de gênese instrumental e isto deve ser feito a partir da identificação e análise dos esquemas de utilização, pois neles estão contidos os conhecimentos.

Ao longo do período que tenho trabalhado com a teoria da instrumentação tem sido possível observar que os processos de instrumentalização e de instrumentação são imbricados: o que é esquema de ação instrumentada em um momento para um sujeito, em outro momento pode ser esquema de uso para esse mesmo sujeito. Além disso, esses dois processos são contínuos.

Para que um professor integre uma tecnologia digital à sua ação pedagógica ele precisa conhecer o funcionamento deste material. Esta é uma condição necessária, porém não suficiente. Saber realizar a construção geométrica de um paralelogramo no *Geogebra* não implica conseguir propor atividades acerca deste conhecimento que levem o aluno a elaborar seu conhecimento. Em ações de formação continuada e de formação inicial que tenho participado ao longo dos anos, essa é uma experiência recorrente. É muito comum professores e futuros professores conhecerem um software, realizarem atividades com ele, mas terem dificuldade com a elaboração de situações de aprendizagem com esse software, especialmente quando a perspectiva adotada é a construcionista. A questão que tais experiências colocavam era: quais seriam as condições necessárias para que um professor use a tecnologia em suas aulas de modo a provocar mudanças na relação do aluno com o saber? A teoria da instrumentação me deu parte da resposta procurada:

Investigar a gênese instrumental em situação de formação de professores é investigar como o professor cria os esquemas para o uso da tecnologia e como essa tecnologia vai transformar sua prática pedagógica de forma a contribuir com a aprendizagem do aluno (BITTAR, 2011, p. 162).

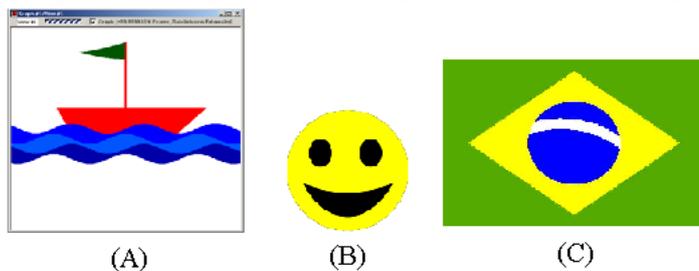
É importante observar que a abordagem proposta por Rabardel coloca o homem no centro do processo, porém sem deixar de considerar a *máquina*. É o que ele chama de abordagem antropotécnica, em oposição – e em referência – às abordagens tecnocêntrica e antropocêntrica. Na primeira o objeto *técnico* está no centro do processo e neste caso a posição do homem é apenas residual. Na segunda o homem está no centro do processo e não se considera a máquina e suas especificidades que podem (e vão) influenciar a ação humana. Tal observação é fundamental para compreender as escolhas que realizo para o estudo da prática do professor no uso de tecnologias digitais em aulas de Matemática, de onde a importância de estudar o processo de gênese instrumental tal como o define Rabardel.

Padilha (2013) investigou a apropriação da tecnologia por professores de Matemática dos anos finais do ensino fundamental e do ensino médio que atuavam também em sala de tecnologia. Esses professores participavam do projeto de extensão *Formação de multiplicadores para o uso de tecnologia*², oferecido para professores das escolas públicas que, preferencialmente, atuavam em salas de tecnologia. Esse projeto foi proposto devido, especialmente, aos resultados da pesquisa de Coraça (2010), discutidos no início deste texto. Dessa forma, Padilha (2013) teve a oportunidade de, nesse grupo do qual ele também era formador, trabalhar mais *de perto* com alguns participantes para

Identificar e analisar dificuldades relacionadas ao uso do computador por professores de matemática para o ensino de matemática e analisar a influência dos conhecimentos específicos do professor de matemática em seu processo de instrumentação para a integração do computador em sua prática pedagógica (PADILHA, 2013, p. 3).

Para atingir esses objetivos, buscou-se a articulação de duas teorias: a Teoria da Instrumentação (RABARDEL, 1995) e o Ciclo de ações e a Espiral de Aprendizagem (VALENTE, 2005) e para ilustrar tal articulação trago parte da análise de Padilha sobre as produções de uma das participantes de sua pesquisa. Foi proposto, aos participantes do grupo, que reproduzissem, na tela do *Grafeq*, um barco (A), um *smile* (B) e a bandeira do Brasil (C), conforme figura a seguir:

Figura 2: Imagens a serem reproduzidas no *Grafeq*



Fonte: Padilha (2013, p. 52).

Para a reprodução do barco, Ana (nome fictício) teve dificuldades na identificação do tipo de função cujo gráfico se assemelha às ondas e, em seguida, a utilizar o conceito de inequação para “preencher” a região entre as curvas que representavam as ondas. Inicialmente tentou utilizar esquemas de uso de outros softwares, familiares a ela, mas que não se mostraram válidos para o *Grafeq*. Percebe-se aqui tanto elementos relacionados ao processo

² Participaram como formadores deste projeto: Adriana B. de Oliveira, Claudia S. da S. Miranda, Danielly R. Kaspary dos Anjos, Franciele R. de Moraes, Katiane de M. Rocha, Luiz Cleber S. Padilha e Marilena Bittar.

de instrumentalização quanto ao processo de instrumentação. Além disso, suas tentativas eram validadas pelo software o que a levava a vivenciar o ciclo de ações e retroalimentava o processo de gênese instrumental. A seguir trago um excerto da análise de Padilha relativa ao trabalho de Ana para produzir o *smile*.

[...] do total de 66 descrições realizadas, 31 estão relacionadas ao desenvolvimento/uso de esquemas para a utilização do *software* (instrumentalização). Por exemplo: investiga o menu de comandos; seleciona o comando novo gráfico no menu; fecha a janela de “botões fáceis”; etc. Observamos que 21 descrições estão relacionadas a esquemas para o uso do *software* para a resolução da tarefa proposta (instrumentação). [...] Ana realizou nesta atividade 21 descrições utilizando algum tipo de relação algébrica, sendo que destas 14 foram com objetos matemáticos inadequados para a solução desejada, ou por não ser a equação da circunferência ou por apresentar alguma definição de intervalo que não correspondia à área que deveria ser preenchida (PADILHA, 2013, pp. 63-64).

Foi possível observar também que, tanto no processo de instrumentalização quanto no de instrumentação, Ana vivenciou as ações de descrição-execução-reflexão-depuração constituintes do ciclo de ações (VALENTE, 2005), o que foi favorecido pelas possibilidades de feedback oferecidas pelo software e pela mediação dos formadores. Os resultados encontrados comprovaram a hipótese de que os conhecimentos específicos dos professores têm papel importante no processo de gênese instrumental, podendo, até mesmo, ser um dos fatores de resistência ao uso de tecnologia. Tal constatação precisava ser melhor investigada e, para tanto, era preciso identificar e analisar os esquemas de utilização da tecnologia desenvolvidos pelos professores.

Refletindo sobre tal necessidade e sobre o fato de que esquema é conhecimento, concluí, juntamente com meus orientandos, que para investigar o processo de gênese instrumental vivenciado pelos professores é preciso estudar os conhecimentos mobilizados por eles em suas ações pedagógicas. Buscamos então uma ferramenta teórica que pudesse ajudar a melhor compreender os esquemas construídos pelos sujeitos. A questão a responder era (é): que conhecimentos o professor mobiliza e qual a natureza desses conhecimentos nesse processo? Mishra e Koehler (2006) fornecem uma ferramenta teórica para a análise, que já utilizamos e que tento articular com os outros elementos teóricos apresentados nesse texto. A próxima sessão é dedicada ao estudo dessa ferramenta.

CONHECIMENTO TECNOLÓGICO PEDAGÓGICO DO CONTEÚDO – CTPC

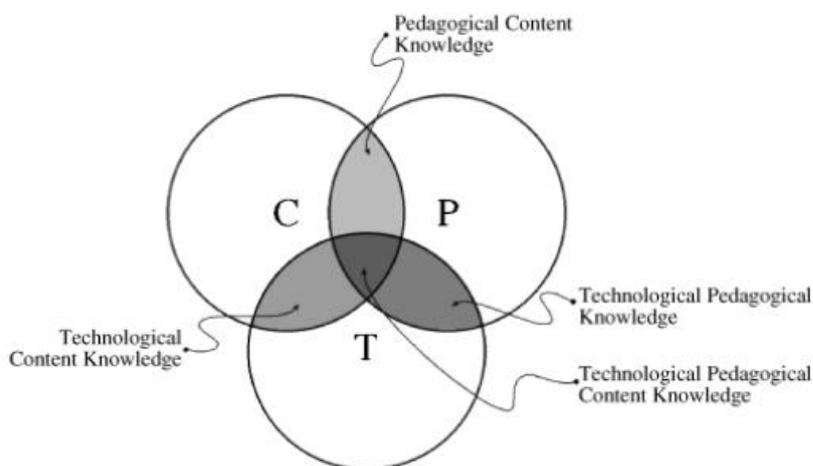
OU

QUE CONHECIMENTOS SÃO MOBILIZADOS, PELO PROFESSOR, NO EXERCÍCIO DA DOCÊNCIA?

Os estudos de Lee Shulman e seus colaboradores (GROSSMAN; WILSON; SHULMAN, 1989; SHULMAN, 1986) sobre a docência nos Estados Unidos – tanto no que diz respeito à formação quanto a concursos – desde os anos 1870 até os anos 1980, mostram que se no século XIX e início do século XX a ênfase era dada ao conteúdo, nos anos 1980 a pedagogia, no sentido amplo, ganhou espaço e o conteúdo a ser ensinado passou a ser simples coadjuvante. Tal constatação levou esses pesquisadores a denominarem este fenômeno – a ausência de foco no conteúdo – de paradigma perdido e, em consequência, Shulman (1987) propôs a base de conhecimentos necessários para a docência que é fundamentada em torno três eixos centrais: o conhecimento do conteúdo, o conhecimento pedagógico do conteúdo e o conhecimento curricular do conteúdo. Observa-se, assim, que, de fato, o conteúdo a ser ensinado pelo professor está presente nas três categorias de conhecimento elencados por Shulman.

Partindo dos estudos sobre a base de conhecimentos necessários para a docência, desenvolvidos por Shulman e colaboradores, Mishra e Koehler (2006) discutem acerca dos conhecimentos necessários para a docência quando a tecnologia faz parte do meio constituído para o ensino. Para apresentar e discutir a proposta desses autores trago o diagrama a seguir:

Figura 3: Caracterização do conhecimento tecnológico pedagógico do conteúdo



Fonte: Mishra e Koehler (2006, p. 9).

O conhecimento do conteúdo é relativo ao conhecimento dos conceitos que serão ensinados e o pedagógico é o conhecimento sobre teorias didáticas e pedagógicas, práticas didáticas, metodologias, gestão de tempo e correlatos relacionadas à prática de sala de aula. O conhecimento tecnológico refere-se a saberes relativos ao manuseio de tecnologias (computadores, software e outros) e ao seu modo de funcionamento. O conhecimento pedagógico do conteúdo é relativo às formas como o conteúdo é organizado tanto no currículo como nos livros didáticos e em documentos oficiais. Nessa categoria estão ainda saberes sobre o processo de aprendizagem dos conceitos (matemáticos) e sobre conhecimentos anteriores e extraclasse dos alunos. O conhecimento tecnológico pedagógico diz respeito a saber como a tecnologia pode influenciar a aprendizagem do aluno, a formas alternativas de uso da tecnologia e às possibilidades didáticas que uma determinada tecnologia aporta para o ensino. O conhecimento tecnológico do conteúdo refere-se às formas como o conteúdo de ensino é representado no artefato tecnológico. Tal categoria de conhecimento vem ao encontro do que Balacheff (1994) chama de transposição informática: um objeto (matemático) sendo representado pelo Logo ou pelo Geogebra tem características diferentes que o professor que vai trabalhar com esses artefatos deve conhecer. Como determinado software representa a medida de um segmento? Trata-se de uma aproximação? Medida, nesse caso, é um número racional? É preciso conhecer tais especificidades do material para poder trabalhar os conceitos com os alunos, sem induzir a erros, por exemplo.

Finalmente, o conhecimento tecnológico pedagógico do conteúdo representa o entrelaçamento e a articulação entre os conhecimentos anteriores. Apesar de o diagrama apresentar algumas categorias de conhecimento como interseções de dois ou três outros, elas não o são. Não se trata de um amálgama do conjunto formado pelos conhecimentos, mas também como as inter-relações entre eles. Para que haja a integração da tecnologia na prática do professor esta é a categoria de conhecimento a ser mobilizada que, por sua própria definição, implica na mobilização de todas as outras categorias de conhecimento.

ARTICULAR TEORIAS PARA O ESTUDO DA INTEGRAÇÃO DA TECNOLOGIA: UM EXEMPLO COM ACADÊMICAS DE UM CURSO DE PEDAGOGIA

A Teoria das Situações Didáticas (BROUSSEAU, 1997), a Abordagem Construcionista (PAPERT, 2008) e o Ciclo de Ações e a Espiral da Aprendizagem (VALENTE, 2005) constituem o alicerce sobre o qual idealizo a ação de ensinar com tecnologia. Cada uma dessas teorias aporta diferentes contribuições sobre as quais espero ter

conseguido esclarecer no início deste texto cujo foco maior é discutir uma ferramenta teórica para investigar a integração da tecnologia da prática pedagógica de um professor, integração considerada no sentido também trazido neste texto. Essa ferramenta teórica, na verdade, é a articulação entre duas outras teorias, a Teoria da Instrumentação (TI) (RABARDEL, 1999) e a Abordagem dos Conhecimentos Tecnológicos Pedagógicos do Conteúdo (CTPC) (MISRHA; KOEHLER, 2006). Nessa seção apresento alguns resultados da pesquisa de mestrado de Rocha (2014) que marcou o início deste estudo e evidenciou a pertinência da escolha feita. O objetivo dessa pesquisa foi investigar conhecimentos mobilizados por acadêmicas de Pedagogia tendo em vista a integração da tecnologia em sua (futura) prática pedagógica. Para isso a autora constituiu um grupo com futuras professoras dos anos iniciais e a proposta era discutir o uso do *SuperLogo* nos anos iniciais, na perspectiva construcionista da aprendizagem mediada por tecnologia.

As imbricações teóricas, estabelecidas por nós, dessas duas teorias [TI e CTPC], nos permitiram perceber que o processo de *gênese instrumental* da tecnologia para o ensino é permeado pela construção de conhecimentos do conteúdo, da tecnologia e da pedagogia. E mais, construir esses conhecimentos é viver um processo de *gênese instrumental* da tecnologia para o ensino. Acreditamos que vivenciar esse processo de construção de conhecimentos é essencial para que haja a integração da tecnologia na prática do professor (ROCHA e BITTAR, 2014, p. 116).

Um das atividades propostas ao grupo foi a construção de um quadrado no *Superlogo*. O papel da formadora, de acordo com os referenciais teóricos adotados, foi de mediar as interações entre as participantes, estimulando as discussões e jamais dando respostas ou validando o que era efetivado. Na análise das produções e dos diálogos entre a dupla Isis e Isabela (nomes fictícios), Rocha (2014) pode evidenciar a mobilização de esquemas de uso (relativos ao *Superlogo*), de ação instrumentada (relativos a propriedades do quadrado) bem como problemas em executar a ação demandada devido à dificuldade em explicitar a propriedade acerca da medida dos ângulos internos de um quadrado. O excerto a seguir permite identificar tal dificuldade e, ao mesmo tempo, verificar o papel do feedback do software na validação das ações da dupla.

Isis: Para direita 100 também?

Isabela: Não. Ah é pode ser, direita 100. *Por que o quadrado tem que ter todos os lados iguais!*

Isis: *Ixiii, mas vai ficar um pouquinho torta, né!* Ou não? Isabela: Ah é, tem que virar ela antes...

Isis: Será que a gente vira?

Isabela: Não, não, vai ficar torto!
 Isis: Põe para esquerda então?
 Isabela: Uns 15?
 Isis: É por aí.
 Isabela: Tá torto ainda.
 Isis: Só uma inclinadinha (ROCHA, 2014, p. 75).

De acordo com as análises de Rocha, após algumas tentativas, a dupla conseguiu produzir o quadrado. Além disso, as interações com o instrumento favoreceram a construção do conhecimento do conteúdo. A dificuldade inicial manifestada acerca do conteúdo não impediu que continuassem a tentar realizar a atividade, pois a mediação da formadora e, principalmente, a mediação entre suas ações e o software – mediação sujeito-instrumento no modelo da tríade de Rabardel – permitiram que refletissem sobre os efeitos de suas escolhas e as propriedades do quadrado.

Para o estudo dos dados tendo em vista o objetivo de sua pesquisa, Rocha (2014) definiu três categorias de análise: conhecimento tecnológico do conteúdo, conhecimento pedagógico do conteúdo, conhecimento pedagógico tecnológico.

O processo de *gênese instrumental* vivenciado pela dupla [Isis e Isabela] foi permeado de dificuldades conceituais, em relação às figuras geométricas planas. [...] Frente a essas dificuldades buscamos discutir as propriedades das figuras, o que levou à mobilização e construção do *conhecimento tecnológico do conteúdo*. [...] conhecimento que garante que o professor saiba como as tecnologias agem sobre o objeto matemático. [...] Cabe destacar, a respeito do *conhecimento pedagógico tecnológico*, que uma dificuldade encontrada pela dupla foi elaborar um planejamento no qual o *Superlogo* exercesse um papel sobre a conceitualização do conceito explorado, isto é, em que o mesmo representasse um diferencial na atividade. Acreditamos que esse tem sido um grande entrave no uso da tecnologia no ensino, pois usá-la não tem sido o problema, uma vez que a mesma já está inserida no ambiente escolar, mas utilizá-la de modo a contribuir com os processos de ensino e de aprendizagem tem sido um ponto de dificuldade para os professores (ROCHA, 2014, pp. 129-130).

A pesquisa dessa autora mostrou a pertinência da articulação teórica escolhida e, conseqüentemente, a necessidade de continuar a aprofundar os estudos nessa direção.

COMENTÁRIOS FINAIS

A articulação teórica apresentada nesse artigo, mais do que permitir analisar e compreender fenômenos relativos à integração da tecnologia na prática pedagógica do professor, tem como objetivo contribuir com sua formação. Não se trata de investigar a prática do professor, mas sim de trabalhar com ele para buscar alternativas que possam, de fato, contribuir com a construção de cidadãos autônomos e críticos: nossas crianças, jovens e

adultos. Para isso, qualquer proposta – com ou sem tecnologia – deve ter sempre como condição necessária a posição ativa de todos os sujeitos envolvidos. Parte das pesquisas relatadas neste artigo mostrou que um dos problemas do uso da tecnologia pelos professores está fortemente relacionado aos seus conhecimentos, especialmente o de conteúdo. Contrariamente ao que pode parecer, em momento algum essa é uma crítica aos professores. Trata-se, muito mais, de um alerta aos cursos de formação de professores; mais ainda, às políticas públicas de formação de professores. Para reforçar essa preocupação, o fato de a tecnologia ser, na maioria das vezes, inserida e não integrada às aulas, e, especialmente dar voz – e ao mesmo tempo agradecer – aos professores que tanto têm colaborado com nossas investigações, encerro este artigo com uma fala de Isabela:

Isabela: Eu tava lembrando *aqui no nosso estágio, os alunos já tão internalizados que o momento da sala de informática é para brincar*. Porque a gente levou eles... e aí a gente entrou nas salas... e já perguntou. Ah, a gente vai jogar? A gente vai jogar? Então, **eles então nem consideram como aula, assim mesmo** (ROCHA, 2014, p. 130, grifos no original).

REFERÊNCIAS

- ARTIGUE, M. Teacher training as a key issue for the integration of computer technologies, In: **Information and communications technologies in school mathematics**, Ed D. Tinsley and D. C. Johnson IFIP 98, Chapman and Hall, 1998, pp. 121-129.
- ARTIGUE, M. Learning mathematics in a case environment: the genesis of a reflection about instrumentation and the dialectics between technical and conceptual work. **Journal of Computers for Mathematical Learning**, 2001.
- ARTIGUE, M. ; LAGRANDE, J-B. Instrumentation et écologie didactique de calculatrices complexes: éléments d'analyse a partir d'une expérimentation en classe de Première S. In: CONGRESS DES CALCULATRICES SYMBOLIQUES ET GEOMETRIQUES DANS L'ENSEIGNEMENT DES MATHEMATIQUES, **Atas...** Montpellier, IREM de Montpellier, 1999, p. 15-38.
- BALACHEFF, N. La transposition informatique, un nouveau problème pour la didactique. In: ARTIGUE, M. et al. **Vingt ans de didactique des mathématiques en France**. Grenoble: La Pensée Sauvage éditions, 1994. pp. 364-370.
- BITTAR, M. **Les vecteurs dans l'enseignement secondaire**. Une analyse en termes d'outil et d'objet. Étude de difficultés d'élèves dans deux environnements: Cabri-géomètre e papier crayon. 1998. Tese (Doutorado) - Universidade Joseph Fourier, Grenoble, 1998.
- BITTAR, M. A Incorporação de um Software em uma Sala de Matemática: uma análise segundo a abordagem instrumental. In: Ana Paula Jahn; Norma Suely Gomes Allevato.

(Org.). **Tecnologias e Educação Matemática: ensino, aprendizagem e formação de professores**. 1ªed.Recife: SBEM, 2010, v. 7, p. 209-225

BITTAR, M. A Escolha do Software Educacional e a Proposta Didática do Professor: estudo de alguns exemplos em matemática. In: BELINE, W.; COSTA, N. M. L. **Educação Matemática, Tecnologia e Formação de Professores: algumas reflexões**. Campo Mourão, PR: Editora de Fecilcam, 2010, pp. 215-243.

BITTAR, M. A abordagem instrumental para o estudo da integração da tecnologia na prática pedagógica do professor de matemática. **Educar em Revista** (Impresso). Curitiba: Editora UFPR, v. 1, pp. 157 – 171, 2011.

BROUSSEAU, G. Fondements et Méthodes de la Didactique des Mathématiques. **Recherches en Didactique des Mathématiques**, Grenoble: La pensée sauvage, v. 7, n. 2, p. 33-116, 1986.

BROUSSEAU, G. **The theory of didactic situations**. Kluwer Academic Publisher, 1997.

CHAACHOUA, H. et al. Usages éducatifs des technologies de l’information et de la communication: quelles nouvelles compétences pour les enseignants?, **Rapport de recherche INRP**, 2001.

CORAÇA, A. R. R. **O Uso do Computador na Prática Pedagógica de Professores de Matemática que Atuam como Professores de Tecnologia**. 2010. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) – Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Campo Grande, MS, 2010.

GREGIO, B. M. A. **Formação continuada de professores e pesquisa-formação: possibilidades e dificuldades na formação de professores para uso de tecnologias no ensino da Matemática**. 2012. Tese (Doutorado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Educação, do Centro de Ciências Humanas e Sociais, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Campo Grande, MS, 2012.

GREGIO, B. M. A.; BITTAR, M. Pesquisa-formação: o uso de tecnologias no ensino de matemática nos anos iniciais. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA - SIPEM. **Anais...** Petrópolis: SBEM, 2012.

GROSSMAN, P.; WILSON, S.; SHULMAN, L. Teachers of substance: Subject matter knowledge for teaching. **Knowledge Base for the Beginning Teacher**, 1989, p. 23-36.

MISHRA, P.; KOEHLER, M. J. Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. **Teachers College Record**, v. 108, n. 6, June 2006, pp. 1017–1054.

NICAUD, J. F.; BITTAR, M.; CHAACHOUA, H.; INAMDAR, P.; MAFFEI, L. Experiments of Aplusix in four countries. **International Journal for Technology in Mathematics Education**. v. 13, n. 2, 6, 2006.

PADILHA, L. C. S. **Integração da tecnologia na prática pedagógica do professor de matemática do 6º ao 9º ano do ensino fundamental que é professor de sala de tecnologia**. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Campo Grande, MS, 2013.

PAPERT, S. **LOGO: Computadores e Educação**. São Paulo: Brasiliense, 1985.

PAPERT, S. **A Máquina das Crianças**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2008.

RABARDEL, P. **Les hommes et les technologies: une approche cognitive des instruments contemporains**. Paris: Armand Colin, 1995.

RABARDEL, P. Eléments pour une approche instrumentale en didactique des mathématiques. **Actes de la Xème Ecole d'Eté de Didactique des Mathématiques**, Houlgate, v. I, p. 203-213, 1999.

ROCHA, K. M.; BITTAR, M. Uma articulação teórica para análise de um processo de integração da tecnologia na prática pedagógica. **Nuances**, v. 25, v.2, p. 109-126, 2014.

ROCHA, K. de M. **Um estudo da apropriação do software Superlogo por acadêmicos de um curso de pedagogia para o ensino de Matemática**. Dissertação (Mestrado em Mestrado em Educação Matemática) - Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2014.

SHULMAN, L. Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. **Educational Researcher**, v. 15, n. 2, pp. 4-14, 1986.

SHULMAN, L. Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. **Harvard Educational Review**, v. 57, n. 1, p. 1-22, 1987.

VALENTE, J. A. **A espiral da espiral de aprendizagem: o processo de compreensão do papel das tecnologias de informação e comunicação**. 2005. Tese (Livre docência) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, 2005.

VERGNAUD G. La théorie des champs conceptuels. **Recherches en Didactique des Mathématiques**, v. 10, n. 2.3, pp. 133-170 Grenoble: La Pensée Sauvage, 1990.