



O processo de apropriação de tecnologias digitais por professores dos anos iniciais para o ensino de Geometria

Primary schoolteachers' appropriation process of digital technology for Geometry teaching

Edite Resende Vieira¹

Nielce Meneguelo Lobo da Costa²

Resumo

O objetivo deste artigo é o de discutir e analisar três episódios originados de uma pesquisa de doutoramento em Educação Matemática, a qual investigou o conhecimento profissional docente e o processo de apropriação de tecnologias digitais de professoras dos anos iniciais participantes de um grupo de estudos sobre ensino de Geometria. Tal pesquisa, de natureza qualitativa e co-generativa, teve como referencial teórico os estudos de Leontiev, Shulman, de Mishra e Koehler e de Murphy e Lick. Na análise interpretativa, destacamos evidências nos episódios as quais revelaram indícios de mudanças nas práticas pedagógicas das professoras participantes. Tais evidências permitiram concluir que o grupo de estudos favoreceu o processo de apropriação de tecnologias digitais pelas professoras e o aprimoramento do conhecimento profissional docente, uma vez que a interação com os aplicativos propiciou-lhes conhecer sua natureza, vislumbrar possibilidades para o ensino e compreender como a tecnologia se relaciona à pedagogia e ao conteúdo.

Palavras-chave: Tecnologias Digitais. TPACK. Grupo de Estudos. Ensino de Geometria. Conhecimento Profissional Docente.

Abstract

The aim of this paper is to discuss and to analyze three episodes originated from a doctoral research in mathematics education, which investigated the teacher professional knowledge and digital technology appropriation process by primary teachers of a study group about teaching geometry. Theoretical foundation was composed considering Leontiev's studies about appropriation; the knowledge base theory proposed by Shulman; the TPACK model created by Mishra and Koehler; and Murphy and Lick's perspective regarding study groups. We highlight evidences in episodes of the group's meetings, in which possibilities for change in pedagogical practices of the participating teachers were noticed. These evidences showed that the study group favored the digital technology process appropriation by teachers and the improvement of teacher professional knowledge, since the interaction with software allowed them to get to know their nature, envision possibilities for teaching and understand how does technology relates to pedagogy and content.

¹ Docente do Programa de Mestrado Profissional em Práticas de Educação Básica do Colégio Pedro II/CPII – RJ – Brasil; E-mail: edite.resende@gmail.com

² Docente do Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática da Universidade Anhanguera de São Paulo/UNIAN – SP – Brasil; Professora Colaboradora do Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática da Universidade federal de Mato Grosso do Sul/ UFMS – MS – Brasil; E-mail: nielce.lobo@gmail.com.

Keywords: Digital Technology. TPACK. Study Group. Geometry Teaching. Professional Teacher Knowledge.

Introdução

Desde a época em que nossos antepassados rabiscavam figuras, códigos e símbolos nas paredes de suas cavernas até os dias atuais, o desenvolvimento científico e tecnológico tem provocado mudanças na configuração de nossa sociedade, alterando a maneira de o sujeito relacionar-se, divertir-se, trabalhar, pensar e aprender.

Diante desse cenário de mudanças, a escola enfrenta um grande desafio e percebe a necessidade de repensar seus modelos de ensino e de aprendizagem. A discussão em torno do uso de tecnologias digitais no meio educacional não é tão recente, já no início dos anos 70, Alan Kay e Seymour Papert ressaltaram o quanto a utilização do computador na sala de aula pode provocar mudanças no campo educacional (VALENTE, 2011). A esse respeito, Borba et al (2014) sinalizaram que as dimensões da inovação tecnológica propiciam a exploração e a criação de cenários alternativos para a Educação e, em particular, para a Matemática. Balacheff e Kaput (1996) analisaram o impacto que as tecnologias digitais promovem no ensino de Matemática e salientaram a urgência de mudanças no currículo, de desenvolvimento de pesquisas nessa área, e de processos de formação docente nos quais o professor tenha oportunidade de utilizar pedagogicamente tais recursos no ensino de Matemática.

Além do comprometimento de pesquisadores no estudo e na divulgação das potencialidades das tecnologias digitais na Educação, no domínio público esta iniciativa também se fez presente. Desde o final dos anos 90, alguns documentos oficiais orientam a utilização de tecnologias digitais na sala de aula como forma inovadora de tratar os processos de ensino e de aprendizagem. De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais de Matemática (BRASIL, 1997), o caráter lógico-matemático presente nos computadores pode ser um forte aliado no desenvolvimento cognitivo dos alunos, principalmente porque proporciona um trabalho que respeita os diferentes ritmos de aprendizagem e constitui mais um recurso para auxiliar o aluno a raciocinar geometricamente.

Apesar de pesquisadores e documentos oficiais sinalizarem que a tecnologia digital tem um papel importante no ensino e na aprendizagem de Matemática, as mudanças ainda não foram tão significativas assim, especialmente se considerarmos o segmento dos anos iniciais. O que se observa na maioria das escolas brasileiras são professores que não se sentem confortáveis e familiarizados para fazer uso desses recursos em suas aulas.

De acordo com Lobo da Costa e Prado (2015, p. 103), diversas dificuldades podem contribuir para esse cenário, como por exemplo “[...] o fato de o professor ter que aprender a lidar com recursos tecnológicos e a reconstruir a própria prática docente, aquela que foi construída e consolidada no seu cotidiano escolar muitas vezes sem o uso da TDIC³”. Sobre isso, Penteado (2012) assegura que, a cada tecnologia que surge, o professor entra em uma zona de risco e se vê necessitando de novos conhecimentos para enfrentar essa situação de imprevisibilidade e incerteza. Portanto, na concepção de Lobo da Costa (2010), o professor só integrará as tecnologias digitais nas práticas de sala de aula após um processo longo de apropriação e de utilização frequente em diversas situações.

Não basta indicar o uso de tecnologias digitais para que elas se efetivem na escola. Como apoio às orientações dos documentos oficiais, é fundamental oferecer aos professores oportunidades para debater, de forma crítica e criteriosa, questões relacionadas a sua prática de sala de aula, principalmente quanto ao uso de tecnologia digital. A verdadeira formação é aquela que está pautada no que o professor desenvolve com seus alunos (VIEIRA, 2003). Desse modo, oferecer ao docente uma proposta de formação em que o contexto escolar seja considerado, se aproxima mais da realidade de sala de aula. Tal concepção vai ao encontro do que destacam Prado e Lobo da Costa (2012, p. 5) ao afirmarem que a escola é o “local onde o professor trabalha, aprende, desaprende e reaprende na experiência diária”.

Diante do exposto, o objetivo deste artigo é discutir e analisar três episódios originados de uma pesquisa de doutoramento em Educação Matemática realizada no Colégio Pedro II, escola pública federal do município do Rio de Janeiro, em um grupo de estudos denominado GEGETEC – Grupo de Estudos de Geometria e Tecnologia –, formado por três professoras dos anos iniciais e a pesquisadora, primeira autora deste artigo. Tal pesquisa, de natureza qualitativa e co-generativa, teve como referencial teórico os estudos de Leontiev (2004) sobre apropriação, a teoria da base de conhecimentos profissionais proposta por Shulman (1986), o modelo *TPACK* elaborado por Mishra e Koehler (2006) e a perspectiva de Murphy e Lick (1998) referente a grupo de estudos. A opção pelo grupo de estudos se justifica na medida em que possibilita aos participantes se empenharem em um mesmo objetivo, interagirem, dialogarem e refletirem em conjunto, no sentido de criar melhores condições para enfrentar as dificuldades. De acordo com

³ TDIC – Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação.

Vieira (2013), seria inviável propor mudanças inovadoras nas práticas pedagógicas se a investigação promovesse o isolamento entre os sujeitos da pesquisa.

As atividades realizadas ao longo dos encontros focaram os conceitos referentes às figuras planas e espaciais nos *software Régua e Compasso*⁴, *ConstruFig3D*⁵ e *SketchUp*⁶. A preferência pela Geometria se justifica em função da ausência de atividades com o uso de tecnologias digitais envolvendo os conceitos geométricos no *locus* escolar da pesquisadora e das professoras do grupo de estudos, o Colégio Pedro II. Além dessa justificativa, também tiveram forte influência nessa escolha a percepção do potencial dos recursos digitais no ensino e aprendizagem de Geometria e a possibilidade de minimizar as dificuldades enfrentadas pelos alunos, relacionadas à visualização e à percepção de modelos representados no plano ou no espaço (GUTIÉRREZ, 2006; KALEFF, 2003).

Delineando a pesquisa: perspectivas teóricas

Os professores necessitam de uma base de conhecimentos para servir como alicerces nas tomadas de decisão e na realização do seu trabalho. Essa base de conhecimentos é constituída por um conjunto de compreensões, conhecimentos, habilidades e disposições necessárias para atuação efetiva em situações específicas de ensino e de aprendizagem. Para a construção dessa base de conhecimentos, vários pesquisadores como Shulman (1986) e Mishra e Koehler (2006) propuseram modelos para explicar suas posições sobre os conhecimentos pedagógicos e tecnológicos necessários ao conteúdo específico.

Shulman (1986) fornece uma visão geral da base de conhecimento para o ensino e examina as fontes desta base, ou seja, as áreas de conhecimento acadêmico a partir das quais os professores podem chegar à compreensão. Essas fontes, no entender de Shulman, referem-se à forma que o professor organiza o conhecimento em sua mente. Até a década de 60, as pesquisas eram voltadas especialmente para o conhecimento que os professores deveriam ter sobre sua disciplina. Posteriormente o foco deixou de ser “o que ensinar” para ser “como ensinar”.

⁴ *Régua e Compasso* - Disponível em <<http://www.professores.uff.br/hjbortol/car/>>. Acesso em 15 mar.2016.

⁵ *ConstruFig3D* – Disponível em < <http://www.cvac.eng.br/construfig3d.html>>. Acesso em 15 mar. 2016.

⁶ *SketchUp* – Disponível em < <http://www.sketchup.com/pt-BR/download>>. Acesso em 15 mar. 2016.

Na tentativa de desfazer a ambiguidade entre essas duas vertentes e, principalmente, no sentido de retomar o reconhecimento do saber do professor sobre aquilo que fundamenta o conteúdo do ensino e da aprendizagem, Shulman (1986) se interessou em investigar o conhecimento que os professores têm dos conteúdos de ensino e como esses conteúdos se transformam durante o ensino. Segundo o referido autor, os conhecimentos de base para a docência são constituídos a partir da interação do conhecimento do conteúdo específico e do conhecimento pedagógico geral. Assim, ele destaca sete categorias de conhecimento que compõem essa base e as agrupa em três, a saber: conhecimento do conteúdo específico, conhecimento pedagógico do conteúdo e conhecimento curricular.

Shulman (1986) considera fundamental ao professor reconhecer as estratégias com as quais os conteúdos são compreendidos e adquirem significados para os alunos. Portanto, para esse autor, o conhecimento pedagógico do conteúdo é indispensável para a atuação docente.

Em se tratando de tecnologias digitais, Shulman (1986) não desconsiderou situações envolvendo esses recursos quando propôs a base de conhecimentos para a docência. Quaisquer tecnologias utilizadas pelo professor em suas práticas são consideradas pelo autor materiais de apoio que auxiliam na aprendizagem. Ao articular o conteúdo com os objetivos e os materiais, sejam eles digitais ou analógicos, o professor mobiliza o conhecimento denominado pelo autor de conhecimento curricular. No entanto, as constantes inovações tecnológicas mudaram o perfil da escola e a questão pedagógica ficou mais complexa, exigindo dos professores mais do que simplesmente aprender a usar as ferramentas disponíveis.

Diante disso, Mishra e Koehler (2006) perceberam a necessidade de ampliar essa base e propuseram uma estrutura conceitual fundamentada nas formulações de Shulman (1986), tendo como foco o professor integrando a tecnologia no ensino, a qual destaca as relações entre conteúdo, pedagogia e tecnologia. De acordo com esses autores, saber usar tecnologia não é o mesmo que saber ensinar com a tecnologia.

Na percepção de Mishra e Koehler (2006), em geral, o conhecimento da tecnologia é tratado separadamente dos conhecimentos pedagógico e do conteúdo. Contrários a essa situação, eles acrescentaram, à tríade proposta por Shulman (1986), o componente “conhecimento tecnológico” (*TK*), dando origem a dois pares de conhecimentos: o conhecimento pedagógico tecnológico (*TPK*) e o conhecimento tecnológico do conteúdo (*TCK*), além de uma nova tríade na interseção: o conhecimento pedagógico tecnológico do conteúdo (*TPACK*).

No modelo *TPACK*⁷, representado na figura 1, cada conhecimento é importante para o ensino, todavia, eles não são tratados isoladamente. A forma de interpretar a articulação entre esses conhecimentos consiste em, além de olhar cada um isoladamente, observar as relações imbricadas em cada par e nos três em conjunto.

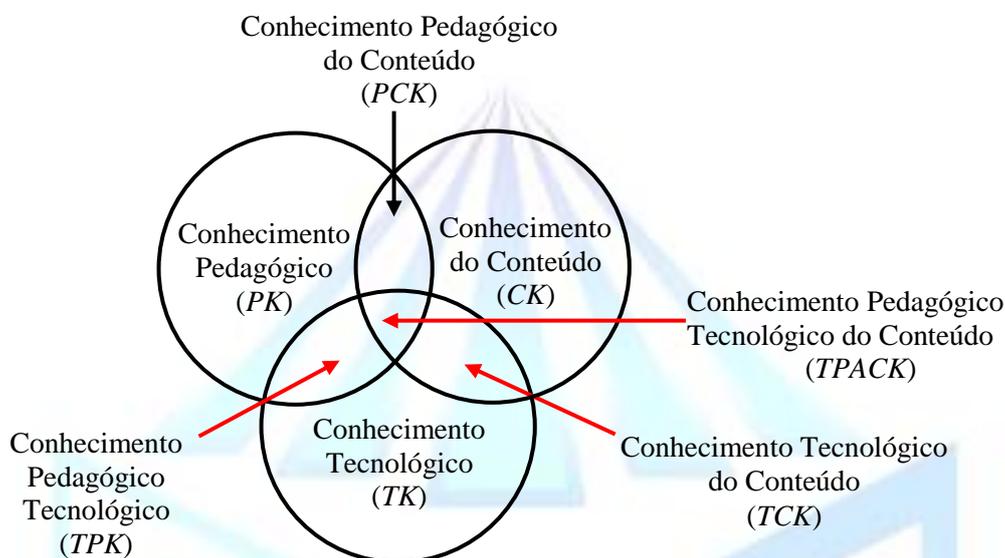


Figura 1 - Modelo *TPACK*

Fonte: Vieira e Lobo da Costa (2013, p. 5 355)

Nessa estrutura, o *TK* (conhecimento tecnológico) envolve a habilidade de operar com determinada tecnologia ao realizar uma tarefa; o *TCK* (conhecimento tecnológico do conteúdo) permite compreender como a tecnologia e o conteúdo estão relacionados; o *TPK* (conhecimento pedagógico tecnológico) possibilita perceber a abordagem de ensino e aprendizagem quando determinada tecnologia é utilizada e se ela é adequada ao desenvolvimento de estratégias; finalmente, o *TPACK* (conhecimento pedagógico tecnológico do conteúdo) é a base para um ensino eficaz com tecnologia e envolve a integração das habilidades dos três componentes que o compõem: conteúdo, pedagogia e tecnologia. Para Mishra e Koehler (2006) o processo de integração de tecnologias no ensino envolve a construção do *TPACK*, entretanto não há uma solução única a ser aplicada nos diferentes contextos. As soluções encontram-se na habilidade do professor em transitar pelos diferentes espaços definidos pelos três componentes do conhecimento e construir, em contextos próprios, interações entre esses elementos.

⁷ A sigla do modelo *TPCK* foi renomeada *TPACK* para enfatizar os três conhecimentos e mostrar que estes três domínios não devem ser considerados de forma isolada, mas sim formando um todo integrado, ou seja, um "pacote total" (*total package*), relacionando tecnologia, pedagogia e conteúdo, formando um novo conhecimento (THOMPSON; MISHRA, 2007-2008).

Tendo como guia as estruturas conceituais de Shulman (1986) e de Mishra e Koehler (2006), investigamos os conhecimentos mobilizados e construídos pelas professoras ao longo dos encontros do grupo. Para compreender o processo de apropriação de tecnologias digitais nos baseamos nos estudos de Leontiev⁸(2004) o qual segue Vygotsky (1998) quanto à natureza sócio histórica do psiquismo humano, considerando não só a linguagem como mediadora do desenvolvimento e da aprendizagem, mas também a atividade.

Como ressalta Leontiev (2004), as atividades são formas pelas quais o homem interage com o mundo, planejando e buscando objetivos, intencionalmente, por meio de ações delineadas *a priori*. Ele defende que a natureza e o desenvolvimento dos processos psíquicos e aptidões humanas são resultados da atividade, no sentido marxiano do termo. Isso corresponde a dizer que o trabalho, atividade especificamente humana, refere-se a um processo que aproxima o homem da natureza. Em conformidade com Marx (1996), Leontiev considera que “o trabalho é primeiramente um ato que se passa entre o homem e a natureza. [...]. Ao mesmo tempo que age [...] sobre a natureza exterior e a modifica, ele modifica a sua própria natureza também e desenvolve as faculdades que nele estão adormecidas (MARX, 1996, p. 180, *apud* LEONTIEV, 2004, p. 80).

Nessa perspectiva, qualquer objeto do mundo material ou intelectual é fruto da ação do homem, e o homem humaniza o mundo, agindo sobre esses objetos, de modo que suas aptidões e conhecimentos vão cristalizando-se em seus produtos (LEONTIEV, 2004). Portanto, ao nascer, cada indivíduo encontra um mundo cercado de objetos e de fenômenos criados pelas gerações que o antecederam e, conseqüentemente, ao interagir com esse mundo [...] apropria-se das riquezas deste mundo participando no trabalho, na produção e nas diversas formas de atividade social [...] (LEONTIEV, 2004, p. 284).

Dessa forma, Leontiev (2004, p. 290) concebe o processo de apropriação como “o resultado de uma atividade efetiva do indivíduo em relação aos objetos e fenômenos do mundo circundante, criados pelo desenvolvimento da cultura humana”. De acordo com o autor, os homens constroem o mundo material e este acumula suas habilidades desenvolvidas ao longo de suas ações sobre esse mundo. Ao transformá-lo, novamente os homens atuam sobre esse mundo, internalizando as habilidades deixadas pelas gerações anteriores e deixando novas habilidades cristalizadas em novos instrumentos para as gerações posteriores. Esse novo

⁸ Psicólogo russo, que estudou e caracterizou a importância do processo de apropriação no campo da psicologia em seu livro “O desenvolvimento do psiquismo” especialmente no capítulo “O homem e a cultura”.

instrumento deixado para as próximas gerações, na concepção de Leontiev (2004, p. 180), “[...] não é para o homem um simples objeto de forma exterior determinada e possuindo propriedades mecânicas definidas; ele manifesta-se-lhe como um objeto no qual se gravam modos de ação, operações de trabalho socialmente elaboradas”, ou seja, um objeto é concebido como instrumento quando sua função está inserida no contexto da prática social, carregando em si um significado socialmente estabelecido. Conseqüentemente, dispor de um instrumento não significa apenas possuí-lo, mas dominar as ações impregnadas no objeto material de realização.

Nessa configuração, percebemos um mundo em processo contínuo de transformação. Para se apropriar dos objetos ou fenômenos desse mundo, faz-se necessário realizar uma atividade na qual as ações e as operações estejam relacionadas a eles e retratem as características e os indícios da atividade corporificada no objeto ou no fenômeno. A atividade prática pode instigar o desenvolvimento cognitivo quando o indivíduo busca se apropriar de um objeto por meio de ações, uma vez que elas sempre envolvem ação intelectual. Nas palavras de Leontiev (2007, p. 93), apropriação “[...] é um processo que tem como consequência a reprodução no indivíduo de qualidades, capacidades e características humanas de comportamento”. É possível que dessa forma o indivíduo construa seu próprio conhecimento sobre as funções acumuladas no respectivo objeto.

Entretanto, Leontiev (2004) ressalta que, para se apropriar dos resultados dessa atividade, ou seja, para gerar deles suas aptidões, o indivíduo deve relacionar-se com os produtos (materiais, intelectuais ou ideais) do mundo a sua volta por meio da intermediação de outros homens, num processo de comunicação uns com os outros. As ações cristalizadas no uso social dos objetos são apreendidas pelas novas gerações no contato com um indivíduo mais experiente. Inicialmente, tais ações são externas ao sujeito e, para transformarem-se em internas, é necessário estabelecer relações com outras pessoas. Em se tratando das relações entre os indivíduos, Leontiev tem como referência os estudos de Vygotsky (1998) que dão destaque à interação social no processo de construção das funções psicológicas humanas.

Na pesquisa que originou esse artigo, a tecnologia digital, em particular, o computador, é considerada o objeto desenvolvido pela cultura humana com a qual o professor esteve em atividade ao longo dos encontros do grupo de estudos, em um movimento de apropriação. Ao se apropriar de tecnologias, utilizando-as corretamente, formam-se no professor ações e operações motoras e mentais necessárias ao seu uso. Entretanto, as tecnologias digitais transformando constantemente suas características e funções, tanto na estrutura física quanto

na lógica, desfavorece o processo de apropriação pelos professores, que se veem constantemente num movimento de aprendizagem, visto que nem bem conseguem dominar uma tecnologia, logo ela se torna obsoleta. Sendo assim, é fundamental proporcionar aos docentes situações relacionadas ao uso do objeto (tecnologia digital), situações essas que possibilitem a criação de aptidões novas e funções psíquicas novas, resultando daí a “reprodução”, pelo indivíduo, de caracteres, faculdades e modos de comportamentos humanos formados ao longo de sua história, de modo a favorecer a apropriação.

Partindo dessa perspectiva, alguns projetos foram realizados para investigar o processo de apropriação das tecnologias digitais pelos professores. Como exemplo, citamos o projeto *Apple Classroom of Tomorrow (ACOT)* desenvolvido ao longo de dez anos (1985 -1995) com professores de cinco escolas primárias e secundárias dos Estados Unidos para o uso de computadores nas práticas de sala de aula. Ficou evidente nesse estudo que o processo de apropriação, assim como a sua integração nas atividades curriculares, não é simples, demanda tempo e acontece gradativamente, em cinco estágios (SANDHOLTZ et al, 1997).

Assim, no contexto do grupo de estudos constituído para a pesquisa de doutoramento referenciada, a proposta formativa teve como meta oferecer às professoras oportunidades de “tomar posse” das tecnologias digitais utilizadas, apropriar-se das ações e operações motoras que nelas estão cristalizadas, construir seu conhecimento sobre as funções nelas acumuladas e aprender a integrá-las às aulas de Matemática.

A opção pelo grupo de estudos vem de encontro às ideias de Leontiev (2004) ao afirmar que, para se apropriar dos resultados de uma atividade, o indivíduo deve relacionar-se com os produtos do mundo circundante por meio da intermediação de outros homens, num processo de comunicação uns com os outros. Compartilhando das ideias desse autor, Prado e Lobo da Costa (2012), Gimenes e Penteadó (2008) e Murphy e Lick (1998) entendem que o grupo de estudos promove a comunicação uns com os outros em ambiente no qual cada integrante aprende de forma consciente com os parceiros e com suas próprias reflexões.

A abordagem de grupo de estudos teve por suporte teórico especialmente as ideias de Murphy e Lick (1998). Para eles a participação em um grupo de estudos demanda a mobilização conjunta dos participantes e, por conseguinte, requer o envolvimento dos sujeitos comprometidos com o mesmo propósito. Na concepção dos referidos autores, esse trabalho de cooperação e participação proporciona um ambiente propício ao crescimento pessoal e profissional, uma vez que favorece o aprendizado, o contato com os colegas, a troca, o

compartilhamento de ideias e opiniões, a ajuda mútua, a participação efetiva nas questões próprias do grupo e o comprometimento entre os pares.

Murphy e Lick (1998, p. 2) também confirmam que a constituição de grupo de estudos traz resultados positivos para a prática pedagógica na medida em que proporciona aos “[...] professores liberdade e flexibilidade para explicar, inventar e avaliar práticas que têm o potencial de atender às necessidades dos estudantes [...]”.

Outro aspecto de grande relevância sobre grupo de estudos diz respeito à possibilidade de o professor pensar como as práticas pedagógicas estão sendo realizadas e a oportunidade para discutir e refletir com seus pares sobre o contexto educacional no qual está inserido, partilhando os problemas vivenciados no cotidiano escolar (GIMENES E PENTEADO, 2008). O processo de reflexão a partir da discussão com seus pares possibilita ao professor questionar-se sobre o que está sendo desenvolvido com os alunos, conhecer a metodologia utilizada e os recursos adotados para alcançar os objetivos.

A partir dessas considerações, podemos afirmar que, no cenário de grupo de estudos, o sujeito se (re) configura como parceiro, vivenciando experiências na busca de metas em benefício próprio e do grupo como um todo.

Caminhos trilhados: pressupostos e procedimentos metodológicos

A pesquisa, para favorecer um planejamento flexível, apresentar questões formuladas com objetivo de investigar os fenômenos em seu contexto natural e possibilitar ao investigador se inserir na realidade que estuda, foi desenvolvida na perspectiva qualitativa com características de uma investigação-ação de cunho co-generativo. A opção pela abordagem de natureza co-generativa se justifica, uma vez que a investigação-ação é conduzida democraticamente entre participantes e pesquisador e o conhecimento é co-gerado por eles em um processo de comunicação colaborativa em que todas as contribuições são levadas a sério (GREENWOOD; LEVIN, 2000).

Os dados foram coletados em três etapas distintas. A primeira refere-se à pesquisa documental, na qual analisamos os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1997), especialmente o bloco de conteúdos *Espaço e Forma* e o Projeto Político Pedagógico (PPP) da escola, *lócus* da pesquisa. No PPP, analisamos a proposta de Informática Educativa dos anos iniciais do Ensino Fundamental, além de documentos cedidos pelas coordenadoras dos Laboratórios de Informática. A segunda etapa envolveu o planejamento das ações para o

processo formativo. Inicialmente, a partir de conversas informais com as coordenadoras de Matemática e dos Laboratórios de Informática, identificamos como a Geometria é lá abordada no início da escolaridade. Tais conversas complementaram as informações obtidas na etapa da pesquisa documental. O design inicial das atividades para o grupo de estudos foi planejado para ser realizado em quatro fases. A terceira e última etapa, a da pesquisa de campo, compreendeu encontros, com sessões semanais de 1h30min, no Laboratório de Informática da Unidade A⁹ da escola federal. Nesses encontros, as professoras participantes realizavam e elaboravam atividades, em conjunto, nos *software Régua e Compasso*, *SketchUp* e *ConstruFig3D*, envolvendo as figuras geométricas planas e espaciais, para posterior aplicação em suas turmas. Além disso, elas tiveram momentos para discutir e refletir como se deu tal aplicação com os alunos.

A decisão na escolha de três aplicativos se justifica pela necessidade de abordar os conteúdos de Geometria propostos no plano curricular dos anos iniciais da referida escola federal. Considerando que cada *software* tem sua especificidade, foi imprescindível essa variedade de aplicativos para possibilitar a exploração das figuras espaciais, das figuras planas e da planificação de sólidos geométricos.

Por fim, para identificar indícios do processo de apropriação de tecnologias digitais pelas professoras e aprimoramento do conhecimento profissional docente nos encontros realizados, procuramos olhar nosso objeto de estudo a partir de múltiplos focos, adotando para tal, diferentes técnicas e procedimentos de coletas de dados: questionário, entrevista semiestruturada, diário de campo, fichas de reflexão, material produzido pelas professoras e gravação de áudio e vídeo. Para aprimorar a análise, recorreremos à triangulação de dados, porquanto a triangulação é uma estratégia que funciona em pesquisa qualitativa, que reúne diversas fontes de dados e possibilita compararmos diferentes informações sobre o mesmo objeto de estudo. Sua utilização em processo investigativo proporciona uma forma de ampliar o rigor metodológico e suscita uma leitura mais apurada das informações coletadas (MATHISON, 1988).

Episódios apontando resultados

⁹ Nome fictício atribuído à Unidade Escolar da escola federal onde a pesquisa de campo foi desenvolvida.

Nessa seção, discutimos três episódios ocorridos na Fase A (primeira fase do grupo de estudos) envolvendo os *software SketchUp* e *Construfig3D*. Essa fase foi dedicada às atividades de familiarização com os aplicativos e de exploração dos conceitos sobre figuras geométricas planas e espaciais.

A fim de que o leitor possa situar-se sobre o uso pedagógico de tecnologias digitais pelas professoras participantes antes de discutirmos os episódios, apresentamos um breve perfil de cada uma, caracterizando a relação que tinham com a tecnologia no início da pesquisa.

As professoras Amora e La Reine não utilizavam tecnologias digitais em suas aulas. O uso que elas faziam desses recursos referia-se a envio de e-mail, pesquisa na Internet e elaboração de provas em processadores de texto. O primeiro contato de ambas com *software* para ensinar Geometria aconteceu nos encontros do grupo de estudos. Quanto à professora Jade, esta frequentou e concluiu o curso de Pós-Graduação em Informática Educativa e, à época, era professora do laboratório de Informática do colégio, *lócus* da pesquisa em pauta. Embora tivesse experiência pedagógica com o uso de recursos computacionais, seu primeiro contato com *software* para ensinar Geometria foi, também, a partir de sua participação no grupo de estudos.

Episódios 1 e 2: Descobrimo o *SketchUp*

O *SketchUp* é um *software* gratuito no qual é possível criar modelos 3D, publicá-lo na Web e importar figuras da Internet para sua interface. Trata-se de um *software* que não foi construído para o ensino de Matemática, mas a sua fácil manipulação possibilita a exploração de uma série de conceitos geométricos, que o torna um programa interessante para ser utilizado na criação de projetos pedagógicos de Geometria. É possível modificar o sistema de referência espacial, escolher a perspectiva e mudar o ponto de vista para observar e explorar as formas geométricas espaciais, obtendo, assim, uma melhor percepção tridimensional do objeto. Na figura 2 está representado um cubo construído por uma das professoras durante a familiarização com as ferramentas do *SketchUp*.

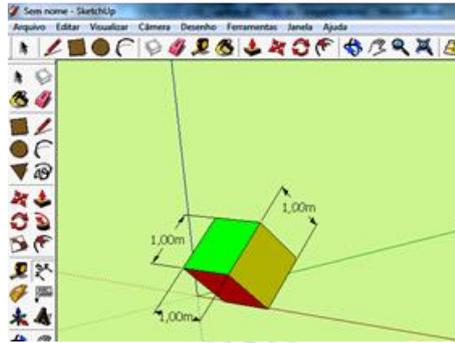


Figura 2 - Representação do cubo no *SketchUp*
Fonte: Acervo Pessoal

O primeiro episódio, a seguir, mostra o diálogo entre as professoras e a pesquisadora para familiarização com o *software SketchUp*. Nessa atividade, foi apresentada a ferramenta *Polígono*¹⁰ para construir a base do prisma e explicado que o cursor se transforma no polígono desejado ao ser digitado o respectivo número de lados. A dúvida da professora Jade em relação a essa ferramenta gerou uma discussão no grupo de estudos.

Professora Jade: Eu uso a ferramenta *Polígono* e digito o 6 para construir a base do prisma?

Professora Amora: Sim, porque a base hexagonal tem 6 lados e essa ferramenta desenha o polígono quando a gente digita o 6.

Professora Jade: Então, se a base fosse quadrada, eu digitaria 4?

Professora Amora: Sim.

Professora La Reine: Ah! É melhor usar a ferramenta *Polígono* para construir o quadrado do que a ferramenta *Retângulo*¹¹.

Professoras Jade e Amora: Por quê?

Professora La Reine: Porque com a *Retângulo*, sai um retângulo e não um quadrado, e aí eu tenho que digitar duas vezes a medida do lado para ficar um quadrado, e com a *Polígono* eu só digito o 4 e já sai o quadrado pronto.

Nessa discussão, a professora Amora afirmou que a ferramenta *Polígono* desenharia o hexágono quando o número de lados do polígono fosse digitado. Observamos que ela demonstrou seu conhecimento tecnológico do conteúdo (MISHRA; KOELHER, 2006) ao estabelecer relação entre a função da ferramenta e o conteúdo matemático envolvido na atividade. Leontiev (2004) ratifica a situação apresentada ao afirmar que o indivíduo se apropria de um instrumento quando ele o utiliza corretamente, ou seja, realiza uma atividade adequada

¹⁰ A ferramenta *Polígono* desenha quaisquer polígonos regulares. Ou seja, se escolher essa ferramenta e escolher 4 lados, será desenhado um quadrado.

¹¹ A ferramenta *Retângulo* desenha somente retângulos (não garante que tal retângulo seja quadrado).

em relação ao instrumento. Ficou evidente ainda, que a professora Amora mobilizou também o conhecimento do conteúdo específico (Shulman, 1896) ao responder à professora Jade que o número a ser digitado seria o 6 porque a base do prisma é hexagonal. Conseqüentemente, a professora Jade inferiu que o mesmo poderia ser feito se a base fosse quadrada, mobilizando os mesmos conhecimentos. A discussão provocada nesse episódio evidenciou a importância do grupo de estudos como um espaço de reflexão e de aprendizado, conforme destacam Murphy e Lick (1998). Essa situação também é corroborada por Leontiev (2004) quando esclarece que a comunicação é uma das condições indispensáveis no processo de apropriação, ou seja, esse processo é sempre mediatizado pelas relações entre os indivíduos. Ainda nesse diálogo, percebemos que a professora La Reine foi mais além. Ela conjecturou a possibilidade de desenhar mais facilmente o quadrado com a ferramenta *Polígono*. Para melhor entendimento, apresentamos, nas figuras 4 e 5, as construções do quadrado com as duas ferramentas: *Retângulo* e *Polígono*. Ao utilizar a ferramenta *Retângulo*, a professora Amora desenhou inicialmente um retângulo e, com o recurso da ferramenta *Dimensões*¹², confirmou que o desenho não representava um quadrado. A seguir, escolheu 2 m como medida de lado e digitou 2;2, como mostra a *Caixa de Valores* na parte inferior da tela. Em seguida, pressionou a tecla *Enter* e o desenho redimensionou-se para a forma de um quadrado com lado de medida 2 m.

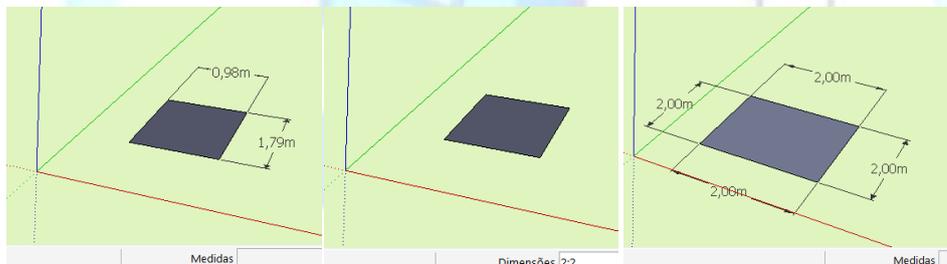


Figura 4 - Construção do quadrado com a ferramenta *Retângulo* pela professora Amora.
Fonte: Acervo pessoal

Na construção do quadrado com a ferramenta *Polígono*, a professora La Reine digitou inicialmente quatro e pressionou a tecla *Enter* - o cursor transformou-se em um quadrilátero. A seguir, desenhou o quadrilátero e, com a ferramenta *Dimensões*, determinou as medidas dos lados, confirmando que o desenho representava um quadrado. Ao utilizar essa ferramenta, a professora não precisou digitar, na *Caixa de Valores*, uma medida para o lado do quadrado.

¹² As ferramentas *Dimensões* e *Fita Métrica* são utilizadas para fazer medições.

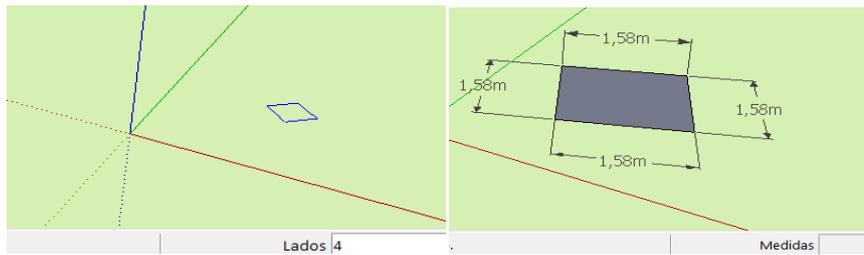


Figura 5 - Construção do quadrado com a ferramenta *Polígono* pela professora La Reine.
Fonte: Acervo pessoal

As ações realizadas pela professora La Reine, envolvendo as ferramentas do *software SketchUp*, evidenciaram que ela está em processo de apropriação de tecnologias digitais e nos reportaram à Leontiev (2004), o qual afirma que a relação do indivíduo com o objeto é traduzido a partir da aproximação na prática das operações próprias desse objeto, desenvolvendo, por conseguinte, suas capacidades humanas. Ao constatar que a ferramenta *Polígono* facilita a construção do quadrado e, ao utilizar a ferramenta *Dimensões* para verificar se a figura é um quadrado, a professora La Reine estabeleceu relação entre a função das ferramentas e o conteúdo matemático envolvido, demonstrando ter construído o conhecimento tecnológico do conteúdo (MISHRA; KOELHER, 2006).

No episódio 2, a seguir, discutimos os depoimentos das professoras registrados em um dos itens da ficha “Primeiras Reflexões”, aplicado após a familiarização do *SketchUp*, o qual versa sobre a seguinte pergunta: *Para você, esse software contribui para desenvolver nos alunos habilidades de visualizar figuras espaciais, reconhecer seus elementos e perceber semelhanças e diferenças entre elas?*

Professora La Reine: Sim, e muito. Pois através desse programa eles poderão construir suas próprias figuras, manuseá-las de diferentes formas através dos recursos que ele oferece.

Professora Amora: Podemos orbitar¹³ as figuras, o que permite visualizá-las inteiramente e também podemos medir seus elementos.

Professora Jade: Com certeza, pois as ferramentas aprendidas permitem esse tipo de aprendizagem mediada pelo professor.

Analisando as falas das professoras nesse episódio, ficou evidente que elas, ao interagirem com o *software SketchUp*, realizando atividades intrínsecas ao aplicativo,

¹³ A ferramenta *Orbitar* permite girar a figura e visualizá-la em diferentes pontos de vista.

estabeleceram relações entre as ferramentas e os conteúdos sobre figuras espaciais. A interação com o *software* permitiu que elas percebessem que, com esse aplicativo, os alunos podem construir e girar suas próprias figuras, visualizá-las inteiramente e identificar semelhanças e diferenças entre elas. Percebemos também que as professoras avaliaram o aplicativo como adequado para explorar as figuras espaciais. Esses depoimentos nos reportam a concepção de Leontiev (2004) quando afirma que o homem, ao desenvolver uma atividade na qual as ações e operações de trabalho estejam relacionadas a ele e reproduzam características da atividade impregnada no objeto, no caso, o computador, está em processo de apropriação desse objeto. Assim, tais observações evidenciam que as professoras estão em processo de apropriação de tecnologias digitais (LEONTIEV, 2004) e de desenvolvimento do conhecimento profissional docente, uma vez que mobilizaram o conhecimento pedagógico tecnológico, ao avaliaram o aplicativo como adequado para explorar as figuras espaciais, e o conhecimento tecnológico do conteúdo (MISHRA; KOEHLER, 2006), ao constatarem a possibilidade de medir e visualizar os elementos de uma figura com as ferramentas do aplicativo. Na fala da professora Jade ficou claro o destaque dado ao professor como elemento mediador da aprendizagem, corroborando, dessa forma, a concepção de Vygostky (1998) de que o professor é um elemento fundamental no processo de aprendizagem por constituir um elo entre o aluno e o saber.

Episódio 3: Descobrimo o Construfig3D

Para finalizar, o próximo episódio retrata uma situação em que as professoras Jade e Amora verificam as possibilidades de utilizar o *software Construfig3D* em sua turma.

O *Construfig3D* é um *software* de código aberto. Com uma interface que permite gerar figuras espaciais a partir de figuras planas selecionadas pelo aluno. O usuário seleciona as figuras planas que compõe a figura espacial e o software apresenta a figura correspondente. Então, é possível visualizá-la de vários ângulos, facilitando a identificação de vértices, arestas, faces e superfícies arredondadas. Na figura 3 está representada uma pirâmide construída por uma das professoras na fase de familiarização com as ferramentas do *Construfig3D*.

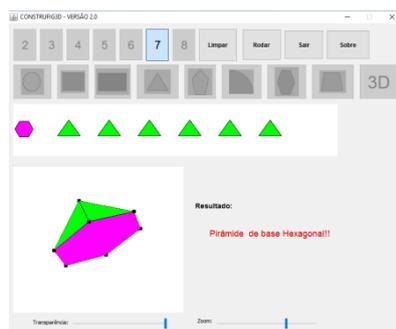


Figura 3 - Representação da pirâmide no *Construfig3D*
Fonte: Acervo Pessoal

Professora Jade: Podemos trabalhar nesse programa todas as propriedades dos sólidos, faces, polígonos da face, vértices, arestas. Por exemplo, na minha cabeça imagino o paralelepípedo e coloco quatro.

Professora Amora: São seis!

Professora Jade: Ah! É mesmo! São seis!

Professora Amora: Mas é bem mais difícil. Mas se a criança não estiver vendo a figura terá que imaginar e montar. Acho que é mais difícil. É muita abstração.

Pesquisadora: E o *SketchUp*, seria anterior a esse?

Professoras Jade: Eu acho!

Professora Amora: Ah, sim, até por que no *Sketchup* você constrói a figura sem ainda saber das características. Aqui se tem que pensar na figura antes de montá-la. Aquelas reflexões são bem mais simples, quando você começa a questionar em cima de uma figura que você já traz montada.

Professoras Jade: Pensando assim, podemos trazer os sólidos e mostrar pra eles montarem.

Professora Amora: Assim fica melhor!

Nesse episódio, verificamos na fala inicial da professora Jade indícios de que o *Construfig3D* é uma alternativa para explorar as figuras planas e espaciais. No entanto, a professora Amora não concordou com a opinião da professora Jade por achar um aplicativo difícil para os alunos no início da escolaridade. A professora Jade percebeu que, ao interagir com o aplicativo, para construir o paralelepípedo, ela precisou imaginar mentalmente o sólido proposto para, em seguida, identificar as figuras planas e o número de faces que o compõe. Foi possível perceber a mobilização do conhecimento do conteúdo específico (SHULMAN, 1986) pela professora Amora ao comunicar à professora Jade que o paralelepípedo tem seis faces. Notamos, que a partir da fala da professora Amora, a professora Jade refletiu sobre suas considerações iniciais e sugeriu a utilização de sólidos para minimizar a dificuldade do aluno na realização de atividades com esse *software*. A estratégia da professora Jade, ao propor o apoio do material manipulativo pode contribuir para a formação de imagens mentais pelo aluno (PAIS, 1996). A

reflexão sobre qual *software* é mais adequado para tratar os conceitos geométricos com os alunos dos anos iniciais evidencia que as professoras têm conhecimento da forma como os conceitos podem ser abordados e de como os *software* podem influenciar na compreensão dos conceitos pelos alunos. Assim, tais observações dão indícios de que elas construíram o conhecimento pedagógico tecnológico (MISHRA; KOEHLER, 2006), e estão em processo de apropriação de tecnologia digital, visto que tais questionamentos são passíveis de ocorrer no momento em que os sujeitos se apropriam das operações motoras incorporadas no objeto (tecnologia digital) (LEONTIEV, 2004). As reflexões originadas nesse episódio evidenciaram mais uma vez que o grupo de estudos proporciona um ambiente favorável à reflexão, ao aprendizado e à ajuda mútua (MURPHY; LICK, 1998). Tais evidências são referendadas por Leontiev (2004). Segundo esse autor, para se apropriar dos resultados de uma atividade, o indivíduo deve relacionar-se com os produtos do mundo por meio da intermediação de outros homens, num processo de comunicação uns com os outros.

Concluindo

Nos episódios discutidos neste artigo, constatamos que a interação com os aplicativos possibilitou às professoras conhecer a natureza de cada um dos *software* utilizados, vislumbrar possibilidades e limitações para o ensino de Geometria e para a integração de tecnologias digitais em suas práticas pedagógicas. Ao interagirem com os aplicativos, realizando atividades intrínsecas a cada um deles, as professoras estabeleceram relações entre as ferramentas tecnológicas e a exploração didática das figuras geométricas, mobilizando diferentes conhecimentos, tais como, o de conteúdo (Geometria), o tecnológico (*TK*), o tecnológico do conteúdo (*TCK*) e o pedagógico tecnológico (*TPK*) configurando. As ações com os aplicativos proporcionaram-lhes um movimento de apropriação, na medida em que a experiência suscitou uma modificação da estrutura geral dos processos de comportamento e do reflexo, formando novos modos de comportamento.

Confirmamos ainda que, a participação das professoras no grupo de estudos, assim como as reflexões oriundas dos encontros, favoreceu o processo de apropriação de tecnologias digitais no ensino de Geometria. Além desses resultados, evidenciamos que a proposta formativa de grupo de estudos, realizada no âmbito escolar dos sujeitos da pesquisa, a partir da demanda de sala de aula, proporcionou um ambiente propício à apropriação dos recursos digitais pelas professoras.

Para finalizar, concluímos que o processo de apropriação de tecnologias digitais das professoras está em evolução, entretanto, não há garantia de continuidade desse processo sem propostas formativas que as subsidiem e acompanhem. Entendemos que essa questão da formação para o uso de tecnologias digitais na prática docente deveria estar na pauta das políticas públicas brasileiras para a formação ao longo de toda a vida profissional, sobretudo para as professoras dos anos iniciais.

Referências

BALACHEFF, N.; KAPUT, J. Computer-Based Learning Environments in Mathematics. In: Bishop *et al.* (Eds.), **International Handbook of Mathematics Education**, Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1996. p. 469-501.

BORBA, M. C.; SCUCUGLIA, R. R. S.; GADANIDIS, G. **Fases das tecnologias digitais em Educação Matemática: sala de aula e internet em movimento**. Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2014. - (Coleção Tendências em Educação Matemática)

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Matemática**. Brasília: MEC/ SEF, 1997. 142 p.

GIMENES, J. ; PENTEADO, M.G., Aprender Matemática em grupo de estudos: uma experiência com professoras de séries iniciais. **Zetetiké**, Unicamp, v.16, n.29, p.73-92, 2008.

GREENWOOD, D.; LEVIN, M. Reconstructing the relationships between universities and society through action research. In: DENZIN, D.; LINCOLN, Y. **Eds Handbook for Qualitative Research**. 2nd ed. Thousand Oaks, California: Sage Publications Inc., 2000. p. 85 – 106.

GUTIÉRREZ, A. **La investigación sobre enseñanza y aprendizaje de la geometría**, 2006. Disponível em: <<http://www.altascapacidades.org/download/La%20investigaci%C3%B3n%20sobre%20ense%C3%B1anza%20y%20aprendizaje%20de%20la%20geometr%C3%ADa.pdf>>. Acesso em 10 mar. 2016.

KALEFF, A. M. **Vendo e entendendo poliedros: do desenho ao cálculo do volume através de quebra cabeças geométricos e outros materiais concretos**. 2. ed. Rio de Janeiro: EDUFF, 2003. 209 p. (Série Conversando com o professor sobre Geometria, v. 2).

LEONTIEV, A. **O desenvolvimento do psiquismo**. 2. ed. São Paulo: Centauro, 2004.

_____. Os princípios do desenvolvimento mental e o problema do atraso mental. In: LEONTIEV, A. N. et al. **Psicologia e pedagogia: bases psicológicas da aprendizagem e do desenvolvimento**. 4. ed. São Paulo: Centauro, 2007. p. 87-105.

LOBO DA COSTA, N. M. Reflexões sobre Tecnologia e Mediação Pedagógica na Formação do Professor de Matemática. In: BELINE, W.; LOBO DA COSTA, N. M. **Educação Matemática**,

Tecnologia e Formação de professores: algumas reflexões. Campo Mourão: Editora da FECILCAM, 2010. cap. 3, p. 85-116.

_____; PRADO, M. E. B. B. A integração das tecnologias digitais ao ensino de Matemática: desafio constante no cotidiano escolar do professor. **Revista Perspectivas da Educação Matemática**, Mato Grosso do Sul, n. 16, v. 8, 2015. Disponível em <<http://seer.ufms.br/index.php/pedmat/article/view/1392/918>>. Acesso em: 14 set. 2016.

MATHISON, S. Why Triangulate? **Educational Researcher**, v. 17, n. 2, p.13-17, 1988. Disponível em: <<http://blsciblogs.baruch.cuny.edu/com9640/files/2010/08/whytriangulate.pdf>>.

Acesso em: 15 abr. 2013.

MISHRA, P.; KOEHLER, M. J. Technological Pedagogical Content Knowledge: A framework for teacher knowledge. **Teachers College Record**, v.108, n. 6, p. 1017-1054, 2006.

MURPHY, C.; LICK, D. **Whole faculty study groups:** A powerful way to change schools and enhance learning. Califórnia: Corwin, 1998. 188 p.

PENTEADO, M. G. Redes de trabalho: expansão das possibilidades da informação na educação matemática da escola básica. In: Bicudo, M. A. V.; Borba, M. C. **Educação Matemática: pesquisa em movimento**. São Paulo: Editora Cortez, 2012, p. 308-320.

PRADO, M. E. B. B.; LOBO DA COSTA, N. M. Grupo de estudos e o professor de Matemática: revendo a prática no contexto escolar. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 5. **Anais**: ISBN: 978-85-98092-15-7. GT 07. Petrópolis. 2012. p.1-17.

SANDHOLTZ, J. H.; RINGSTAFF, C.; DWYER, D. C. **Ensinando com tecnologia:** criando salas de aula centradas nos alunos; trad. Marco Antonio Guirado Domingos -Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.195 p.

SHULMAN, L. S. Those who understand: Knowledge growth in the teaching.

Educational Researcher, v. 15, n. 2, p. 4-14, 1986.

THOMPSON, A. D.; MISHRA, P. Breaking news: TPCK becomes TPACK! **Journal of Computing in Teacher Education**, v. 24, n. 2, p. 38-64, 2007-2008.

VALENTE, J. A. Um laptop para cada aluno: promessas e resultados educacionais efetivos. In: ALMEIDA, M. E. B.; PRADO, M. E. B. (Org.). **O computador portátil na escola: mudanças e desafios nos processos de ensino e aprendizagem**. São Paulo: Avercamp, 2011. p.20-33.

VIEIRA, E. R. **O laboratório de informática e a sala de aula:** um desafio no cotidiano escolar. 2003. 181 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Católica de

Petrópolis, Petrópolis, RJ, 2003.

_____; LOBO DA COSTA, N. M. Momentos da professora La Reine em um grupo de estudos sobre ensino de Geometria com tecnologia digital. In: CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 7, 2012. Montevideo. **Anais:** ISSN 2301-0797. Montevideo: Sociedade de Educação Matemática Uruguaia, 2013. p. 5352-5359.

_____. **Grupo de estudos de professores e a apropriação de tecnologia digital no ensino de Geometria:** caminhos para o conhecimento profissional. 2013. 251 f. Tese (Doutorado em Educação Matemática) – Universidade Anhanguera de São Paulo, SP, 2013.

VYGOTSKY, L.S. **A formação social da mente:** o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores. 6.ed. São Paulo (Brasil): Martins Fontes, 1998.

Submetido em setembro de 2016

Aprovado em novembro de 2016

