

Ensino de Geometria: Rumos da Pesquisa (1991-2011)

Teaching Geometry: Research Directions (1991-2011)

Rebeca Moreira Sena

rebeca.sena@uol.com.br

Beatriz Vargas Dorneles

bvdornel@terra.com.br

Resumo

Este trabalho tem por objetivo verificar quais linhas de pesquisa estão produzindo conhecimentos sobre geometria no Brasil, e em que perspectivas atuam. A revisão teórica está apoiada na análise do processo histórico, feita por Valente (1999), Pavanello (1989/1993), Fiorentini (1994) e Fiorentini e Lorenzato (2006). Foram analisados 101 resumos presente no banco de dados da Capes, no período de 1991-2011. Os resultados evidenciam que a região sudeste é a que mais produz teses sobre o assunto. Indicam que a tendência das produções concentra-se nas linhas de formação inicial e continuada, informática educativa, cognição Matemática e estudos de novos métodos. As pesquisas ainda revelam o descaso com o tema da geometria, assim como a falta de preparo do professor no trato dessa área de conhecimento.

Palavras-chave: Educação Matemática. Geometria. Pesquisa.

Abstract

This study aims to determine what and what are the perspectives of the research lines that are producing knowledge in geometry in Brazil. The review is supported by the theoretical analysis of the historical process, made by Valente (1999), Pavanello (1989/1993), Fiorentini (1994) and Fiorentini and Lorenzato (2006). Were examined 101 summaries in the present database of Capes in the period 1991-2011. The results show that the southeast more produced theses on the subject. Indicate that the trend of production is concentrated in the lines of initial and continuing education, computer science and mathematics education, cognitive studies in mathematics and studies of new methods. The research has shown contempt for the subject of geometry, as well as the lack of preparation of the teacher in dealing with this field.

Keywords: Mathematics Education. Geometry. Search.

Introdução

Este trabalho tem por objetivo mapear, nas teses brasileiras, as pesquisas cuja temática faz referência à geometria, no olhar da Educação Matemática. A questão norteadora foi: Quais os rumos sobre ensino da geometria se apresenta nas pesquisas, das duas últimas décadas, em nosso país?

A geometria é um ramo da Matemática que tem por objeto de estudo o espaço e as formas. Estudiosos da área como Pavanello (1993), Kaleff (1994), Lorenzato (1995), PCNs (1997/1998), entre outros, afirmam que diferentes tipos de investigações geométricas podem contribuir para a compreensão do desenvolvimento intelectual.

Nesse contexto consideramos importante conhecer um pouco da história da geometria no Brasil, e resgatar estudos sobre pesquisas em educação Matemática que compreendemos serem reveladores para alcançar o objetivo.

Geometria no Brasil

No Brasil, a partir de 1648, os estudos de geometria foram alavancados pela necessidade de preparo militar, como mostra Valente (1999). Soldados sem conhecimento matemático apresentavam dificuldades em acertar alvos, realizar leitura de mapas e organizar o material de artilharia. Assim em 1699, é criada a aula especial de fortificações, com objetivo de ensinar a desenhar e a trabalhar no forte. Na década de 1730 o ensino militar tornou-se obrigatório a todo o oficial, há o registro do primeiro livro brasileiro sobre geometria - *Exames de Artilheiros e Exames de Bombeiros*. Foi a necessidade de ter noções geométricas que impulsionou estudos matemáticos, incorporados nos currículos oficiais.

Em 1824, com a gratuidade do nível primário, as tentativas de incluir noções geométricas, além das quatro operações fundamentais, foram infrutíferas, primeiramente por não haver professores primários habilitados e, depois, por “não ser um conhecimento escolar solicitado para o ingresso em nenhuma instituição secundária” (VALENTE, 1999, p. 113). Assim, a geometria ficou reservada ao ensino secundário. Em 1889, torna-se obrigatório o “ensino do desenho técnico e geométrico em todo o país, haja vista o caráter científico e positivista desses saberes, expressão do rigor e da precisão”. (KOPKE, 2006, p. 13)

Portanto permeou no Brasil, até a década de 30, o período que Fiorentini (1995) denominou de tendência **formalista clássica**, na qual o ensino era livresco, centrado no professor, e a

aprendizagem era para poucos, os bem-dotados. A Matemática foi pautada, de um lado, no modelo euclidiano, ou seja, na sistematização lógica do conhecimento matemático com base em elementos primitivos, tais como axiomas, definições e postulados e, de outro, na concepção platônica, caracterizada por uma visão estática, a-histórica e dogmática das ideias, como se elas existissem independentemente do homem. Pavanello (1993), Kopke (2006) indicam que foi uma época de excessiva geometrização.

Já a década de 30, é marcada por uma tendência **empírico-ativista** – nome dado por Fiorentini (1995). Essa época tornou-se um marco para a Matemática a partir da reforma educacional (Francisco Campos), mesmo porque, como destacam Pavanello (1989), Fiorentini (1995), Koope (2006), foram criadas as primeiras instituições¹ de ensino, destinadas à formação dos professores dos cursos secundários. Houve preocupação com a organização do currículo. Nessa tendência, passaram a conceber o aluno como ativo e a valorizar métodos desenvolvidos em pequenos grupos. Ela serviu para formular diretrizes metodológicas e unificar o ensino da Matemática que ficou composta no currículo por aritmética, álgebra, geometria e trigonometria. O estudo geométrico passou a ser ensinado em todo o curso secundário, composto de desenho (natural e técnico - com ramificações na indústria), e o estudo dedutivo da geometria.

Em abril de 1942, a lei orgânica do ensino secundário, reestrutura o ensino (ginásio – 4 anos e científico – 3 anos). A geometria é organizada com o mesmo programa estabelecido na reforma de 30: é abordada intuitivamente nas duas primeiras séries ginasial e dedutivamente nas duas últimas. No científico, estava presente em todos os anos. No entanto, as críticas aos programas extensos levou a nova reestruturação do ensino. A geometria foi então redistribuída e passou a não constar “no programa da 2ª série do ensino ginasial e, no 2º ciclo, ficou toda concentrada ao 1º ano. A geometria analítica passou a ser desenvolvida no 3º ano do 2º ciclo, sob o nome de função linear.” (PAVANELLO, 1989, p. 159). Não diferiu substancialmente do anterior, apenas se distinguiu pela distribuição dos conteúdos nas séries.

A Educação Matemática passou por uma fase de mobilização em virtude dos Congressos Brasileiros de Ensino da Matemática (1955, 1957, 1959, 1961, 1966), ocasião em que surge o Movimento da Matemática Moderna (MMM). Fiorentini (1995) chamou esse período de

¹ São criadas as Universidades de São Paulo e do Rio de Janeiro, com elas as primeiras faculdades de Filosofia e Ciência. Em 1934 passa a funcionar, em São Paulo, o curso de Matemática.

formalista moderno. A intenção do movimento foi de unificar os três campos fundamentais da Matemática (Teoria dos conjuntos, Estruturas algébricas e Funções), dando ênfase aos aspectos estruturais e lógicos da Matemática. A legislação vigente não condizia com a prática da época, como analisa Silva (2008), visto que, havia uma imposição da geometria dedutiva. Constata, assim, que os grandes debates do movimento estiveram relacionados às questões didáticas sobre a geometria dedutiva. Kaleff (1994), Pavanello (1993) e Silva (2008) indicam que o movimento serviu para romper com a geometria clássica, pois “levou matemáticos a desprezarem a abrangência conceitual e filosófica da geometria euclidiana, reduzindo-a a um exemplo de aplicação da Teoria dos Conjuntos e da Álgebra Vetorial” (KALEFF, 1994, p. 20).

Do final da década de 60 até o final da década de 70, surgiu o **tecnicismo**, termo indicado por Fiorentini (1995), em função do entendimento de que a escola teria a finalidade de preparar o indivíduo para a sociedade. O período foi marcado pela ênfase às tecnologias do ensino, e pela redução da Matemática a um conjunto de técnicas, regras e algoritmos, sem preocupação com justificativas ou fundamentações. Centrou-se no behaviorismo e nas pesquisas de Skinner, que inspiram os primeiros trabalhos com o computador. Pavanello (1989) esclarece que a ideia central era trabalhar a Matemática do ponto de vista das estruturas, com a linguagem simbólica e a teoria dos conjuntos, orientação posta em prática no tocante à álgebra e à aritmética, mas não a geometria. Portanto, em geometria, optou-se por acentuar nos livros as noções de figuras geométricas e de intersecção de figuras, para que fossem trabalhadas segundo uma abordagem intuitiva.

Foi a partir da década de 60 e 70, que, no Brasil, começa a influência das ideias construtivistas, concebendo a Matemática como uma construção humana. Os conteúdos se tornaram meios úteis, mas não indispensáveis, para a construção das estruturas básicas da inteligência. O importante é aprender a aprender e, nessa medida, o erro passa a ter valor. Fiorentini (1995) destaca que, a partir da década de 60, apoiada nos estudos de Freire, surge a tendência socioetnocultural, e, em Matemática, decorrente desse modelo, destaca-se a Etnomatemática². A Matemática deixa de ser vista como conhecimento pronto e acabado, e passa a ser concebida como saber prático e dinâmico, produzido historicamente e culturalmente nas diferentes práticas sociais.

² Termo surgido com D'Ambrosio (1998), que consiste em conhecer os diversos contextos culturais.

As alterações curriculares dessa época, segundo Pavanello (1989), foram ênfase em um curso intuitivo no primeiro grau, envolvendo estudos de medidas e introdução à teoria dos conjuntos. Há a substituição da disciplina de Desenho Geométrico por Educação Artística. As consequências foram desastrosas, visto que a maioria deixou de aprender geometria. Os professores das séries iniciais limitaram-se a trabalhar aritmética e noções de conjunto. No ginásio, sem o suporte do desenho geométrico e com a popularização do ensino, os alunos passaram a apresentar maiores dificuldades em geometria. Os conteúdos eram deixados de lado ou para o final do bimestre, se houvesse tempo.

Em 1987/1989, com o surgimento dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) de Matemática, são estabelecidas as diretrizes para o ensino atual. Nesse contexto, a geometria é caracterizada como o estudo de espaço, de formas e de medidas. No ensino fundamental I, a ênfase volta-se para a representação e reconhecimento dos objetos em diferentes perspectivas, iniciando com estudos topológicos (a partir do seu próprio corpo), objetos concretos e, por último, a representação. A percepção da geometria na arte (projetiva), a representação das figuras geométricas e medidas de áreas e perímetros de figuras (desenhadas em malhas) devem ser trabalhadas, ainda sem o uso de fórmulas.

No Ensino fundamental II, o aluno deve ser capaz de classificar, compor, decompor e resolver situações problemas que envolvam figuras e sólidos geométricos; utilizar os instrumentos adequados para medição, tanto de lados quanto de ângulos; interpretar deslocamento no plano cartesiano; reconhecer as propriedades dos triângulos e quadriláteros; utilizar as fórmulas para o cálculo de área perímetro (planos) e volume (sólidos); seccionar as figuras e analisar. A parte dedutiva ainda está reservada aos dois últimos anos. No entanto, o desenrolar do processo histórico e a análise de livros didático (Almeida, 2008) mostram que a dedução tende a desaparecer.

Pesquisas em Educação Matemática no Brasil

Sobre as produções na área de Educação Matemática (EM), Fiorentini e Lorenzato (2006) reconhecem três momentos. A primeira fase é de gestação da EM como campo profissional que vai até o final dos anos 1960, quando aparecem pesquisas *stricto sensu* no campo da psicometria, relativas, quase que exclusivamente, ao ensino primário.

A segunda fase, da década de 1970 aos primeiros anos da década de 1980, assinala o surgimento da Educação Matemática como campo profissional e, também, da Sociedade Brasileira de Educação Matemática (SBEM). Para os autores, é um período marcado pela tendência tecnicista, em que o ensino da Matemática se dá pela descoberta, desenvolvimento e fornecimento de novos métodos.

A terceira fase marca o surgimento de uma comunidade de educadores matemáticos e a aplicação da EM, que conta com mais de 120 dissertações e teses produzidas entre 1983 e 1990. É destaque do período a produção da UNESP/RC (com 22 teses), que foi o primeiro programa brasileiro regular a oferecer mestrado em Matemática com as seguintes linhas: a) Tendências atuais, b) Fundamentos matemáticos e filosóficos, c) Ensino e aprendizagem da Matemática. Consolida-se, também, o mestrado em Psicologia Cognitiva da UFPE (7) que trabalha com método experimental e o clínico piagetiano, nas linhas: a) Formação e desenvolvimento de conceitos, habilidades e estratégias cognitivas, diagramas de Vergnaud; b) Influência de atividades com LOGO, ou jogos na aquisição e desenvolvimento do conceito de ângulo; c) Tipos convencionais ou não de ensino. Os outros destaques são a Unicamp (12), com sua divisão nas linhas: a) Produção e desenvolvimento e experimentação de propostas metodológicas; b) Investigações analíticas e históricas do ensino da Matemática; c) Estudos psicológicos e cognitivos; d) Pesquisas de natureza histórico-filosófica e epistemológica; a UFPR (11) que estuda o currículo escolar da Matemática, em três perspectivas: a) História e filosofia da Matemática; b) Método experimental e estudos exploratórios; c) Estudos exploratórios com desenvolvimento e testagem de inovações; e a UFSCAR (10), com trabalhos sobre a Prática pedagógica e o cotidiano da aula.

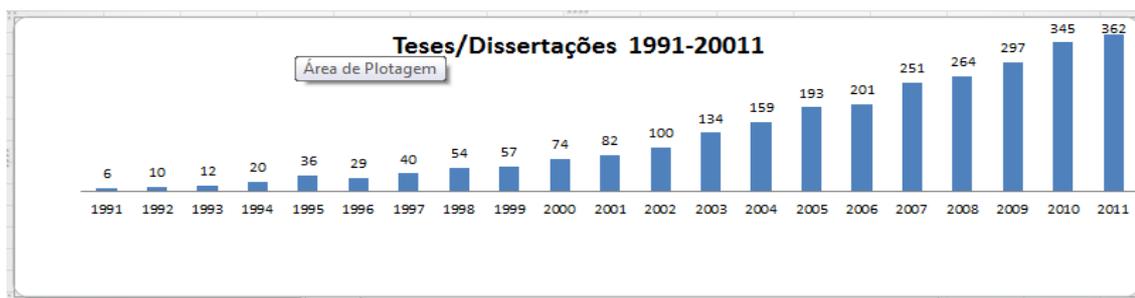
Os estudos de Fiorentini e Lorenzato (2006), até a década de 90, indicam que os estudos acima se encaixam em dez linhas, assim definidas: a) Estudos, experimentações e novos métodos de ensino; b) EtnoMatemática e educação de adultos; c) Cognição Matemática no ensino e ou em contextos socioculturais; d) Filosofia/ História/ Epistemologia e Ensino de Matemática; e) Formação inicial e continuada de professores de Matemática; f) Materiais didáticos e meios de ensino; g) Currículo escolar; h) Estudos do cotidiano escolar; i) Estudos histórico-analíticos do ensino da Matemática; j) Concepções/ significados/ideologia no ensino aprendizagem.

No entanto, Fiorentini e Lorenzato (2006) também analisam 48 trabalhos aprovados pela Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Educação (ANPED) de 2002 e

destacam linhas emergentes: a) Informática no ensino da Matemática; b) Ensino da álgebra e pensamento algébrico; c) Ensino da geometria e pensamento geométrico; d) Educação estatística; e) Didática e Epistemologia em Matemática; f) Análise da comunicação e do discurso de professor e aluno em sala de aula; g) Psicanálise e Educação Matemática; h) Desenvolvimento profissional de professores de Matemática; i) Saberes docente sobre a prática pedagógica em Matemática. A intenção do presente estudo é observar se as linhas anteriores à década de 90 e as emergentes estão presentes nas teses analisadas.

É importante destacar que, em sua tese, Fiorentini analisa aproximadamente 240 dissertações ou teses, fazendo um relevante trabalho de categorização que contribui para encaminhamentos desse campo do saber. No entanto, depois da década de 90, as pesquisas em EM crescem significativamente, conforme mostra o gráfico abaixo.

Figura 1 – Quantidade de Teses/Dissertações produzidas entre 1991-2011 em Educação Matemática.

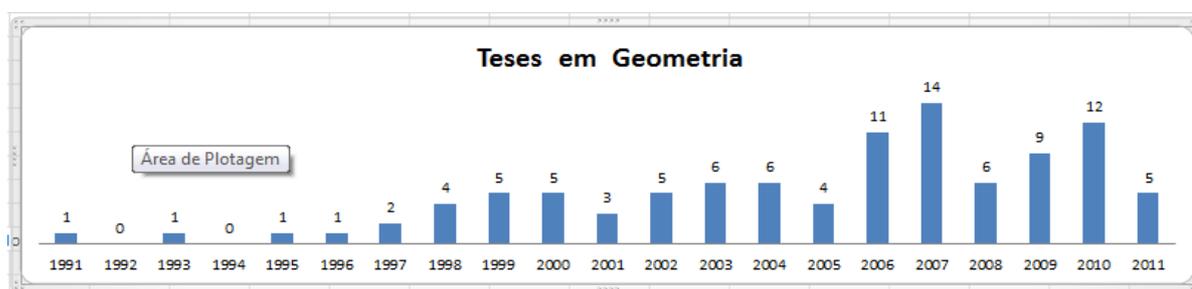


O banco de dados da Capes registra um total de 2726 trabalhos em “Educação Matemática”³. Pensar em um levantamento do estado da arte de toda a EM, depois de 1990, é exaustivo pela quantidade, ou seja, 92% a mais de pesquisas se comparado aos trabalhos que antecedem esse período. Além disso, no momento da exposição pública de resultados (se fosse fruto de uma tese produzida em quatro anos), os dados atuais poderiam indicar impactos não atuais, visto que o conhecimento pode ser totalmente alterado. Como mostra o gráfico acima, as teses/dissertações dos 17 anos de produção, 1991-2007, equivalem a 53%, enquanto os outros 47% dos trabalhos foram produzidos somente nos últimos quatro anos.

³ Educação Matemática (todas as palavras) foi o termo utilizado para refinar a busca no banco de dados da Capes.

Por essa razão, o presente trabalho apresenta um pequeno recorte, destacando, em primeiro lugar, a escolha exclusiva de teses, por representarem, em geral, o fortalecimento das ideias trabalhadas e, em segundo lugar, a temática de nosso interesse: a geometria. O termo⁴ de busca para as teses foi “Educação Matemática e geometria” (45) e “Ensino da geometria” (114). Tirando⁵ os repetidos e o que não pertencem à área educacional, restou um total de 101, que foram os resumos analisados, conforme mostra o gráfico abaixo.

Figura 2 – Quantidade de Teses produzidas em Geometria entre 1991-2011.



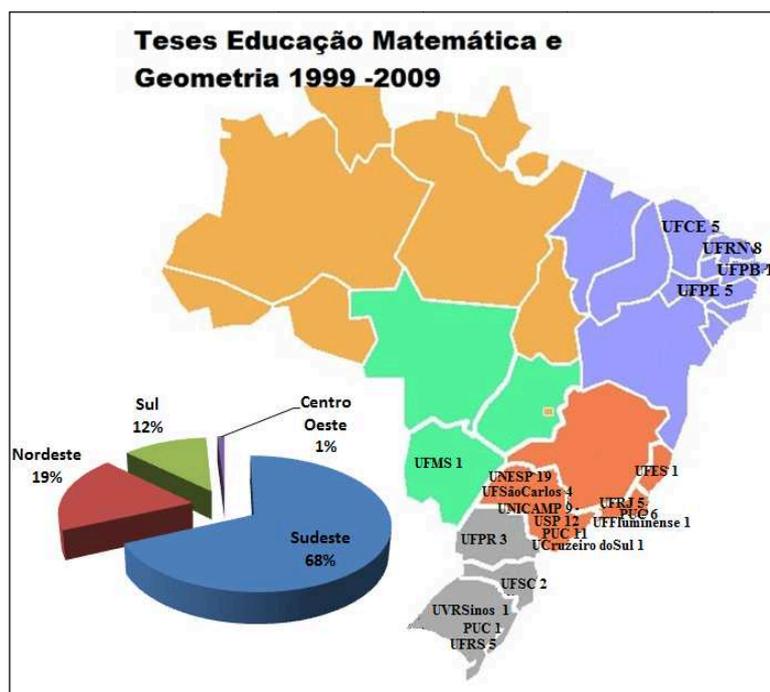
Em termos de localização geográfica, como mostra a Figura 3, observamos que 68% das teses vem da região sudeste. O nordeste com 19% e o sul com 12% avança nas produções da área. As regiões centro-oeste (com apenas 1%) e a Norte ainda são inexpressivas nas produções da área.

A grande maioria das pesquisas pertence à área de educação Matemática (82% das produções). O restante apresenta estudos voltados ao ensino da geometria em outros programas.

⁴ Quando buscamos somente a palavra geometria aparecem 2621 teses, mas observamos que discutem tópicos variados da geometria, envolvendo áreas como engenharia, geografia, entre outras.

⁵ Da primeira somente 9 não encontramos na lista anterior, e somando ficou (114 + 9 = 123). Desse total, tivemos que descartar 22 por não pertencer à área, assim (123 – 22 = 101).

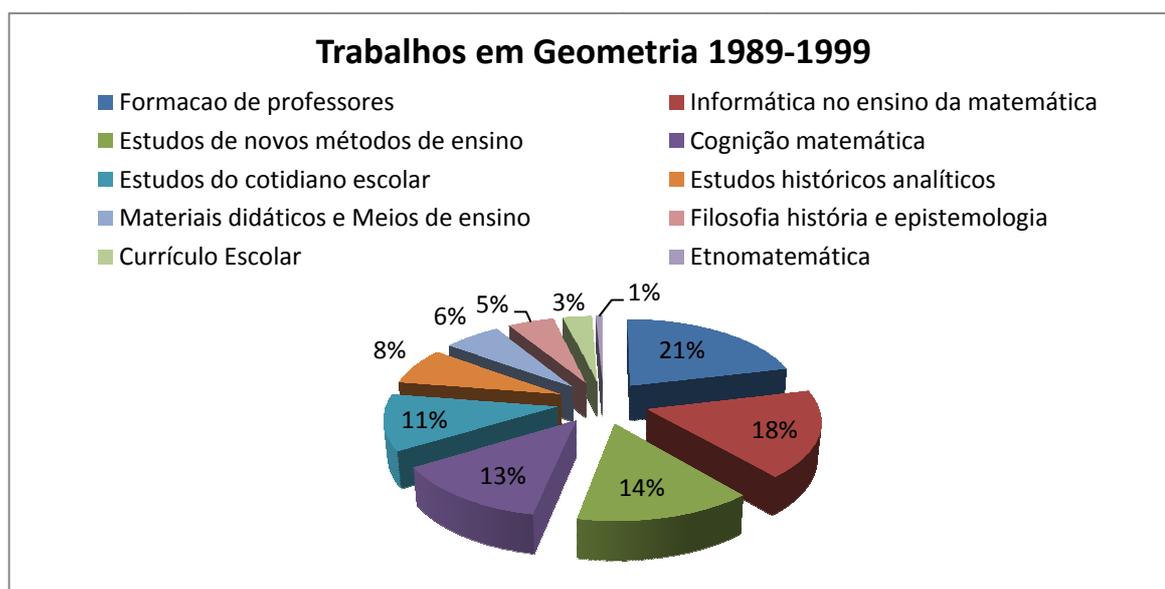
Figura 3 – Produção por Região.



1. Linhas de pesquisa analisadas

A análise das teses foi feita dentro das linhas de pesquisas propostas por Fiorentini e Lorenzato (2006), considerando tanto as linhas definidas como aquelas denominadas de emergentes. É importante considerar que há uma tendência de trabalhos inseridos em mais de uma linha.

Figura 4 – Linhas de Pesquisa encontradas nas teses pesquisadas.



a. Formação Inicial e Continuada

A formação de professores, de forma geral, destaca-se nas pesquisas, tanto as voltadas para o período inicial, aquele feito na sala de aula ou com alunos em processo de preparação para a docência, quanto na formação continuada, ou seja, em serviço. Representam 21%, com um total de 34 trabalhos, o que acaba configurando a linha com maior produção. A formação continuada tem 20 trabalhos, enquanto a formação inicial possui 13. Uma pesquisa enquadra-se tanto na formação inicial como na continuada. A grande parte dessas pesquisas, 67%, efetiva-se por uma metodologia interventiva, em que o pesquisador atua no cenário, envolvendo, sobretudo, processos de capacitação. Trabalhos com intervenção ocorrem a partir do ano 2000 e parecem indicar uma tendência que se inicia.

Os trabalhos em formação inicial, no cotidiano, evidenciam a fragilidade no conhecimento geométrico dos alunos, revelando a ausência de conteúdos fundamentais para estudantes no ensino superior. A tese de Nascimento (2003 - UFPE), por exemplo, aponta inadequação geométrica de alguns modelos utilizados pelos alunos na resolução de problemas. Os resultados com interações promovidas com diferentes estratégias pedagógicas, propostas pelos trabalhos, auxiliam na aprendizagem de noções e conceitos matemáticos envolvidos nas atividades de estudo. Há um destaque para o uso de tecnologia no ensino e suas contribuições.

As teses de formação continuada, quando revelam o cotidiano, mostram uma falta de autonomia, bem como um conhecimento precário sobre a importância da geometria, e dificuldades no trato com conteúdos. Também ressaltam a complexidade da ação docente, e o necessário entendimento acerca de suas concepções e crenças, a fim de que se possam promover evoluções.

Já os trabalhos com intervenção, que têm como destaque o uso das tecnologias, apontam avanços significativos no conhecimento geométrico do professor proporcionado pela interação com o computador, pelos diálogos estabelecidos em redes e pelas atuações em ambientes tecnológicos enriquecidos para o ensino e aprendizagem da geometria. Os demais trabalhos revelam a necessidade de projetos de formação para professores em geometria, indicando a necessidade de um bom planejamento para resultados positivos na formação continuada e apresentando as ansiedades e angústias do professor.

É interessante destacar a tese de Oliveira (2007 - PUC/RJ) e Lamonato (2011 - UFSãoCarlos), pois são as únicas que estudando saberes e práticas, reforça a necessidade de formação para professores de Matemática das séries iniciais. Seus estudos revelam, que a formação para esse

grupo, em geral, prioriza conteúdos de números e operações e uma abordagem insuficiente de conteúdos geométricos, bem como os relativos ao tratamento da informação, e às medidas.

b. Informática no Ensino da Matemática

Os trabalhos ligados à informática educativa, assim como aqueles referentes às tecnologias digitais, inserem-se em uma das linhas com maior produção: 18% dos trabalhos em geometria. Quanto ao referencial, são estudos baseados no construtivismo e interacionismo. O método de pesquisa, em sua grande maioria, é ligado a processos de intervenção, envolvendo alunos e professores, em formação inicial e continuada.

A década de 90 foi marcada pelo início de trabalhos na área de informática, primeiramente apontando vantagens de ferramentas de desenho, como as teses de Travai (1983 - USP) e Amorim (1997-USP). Também se inserem aqui aqueles trabalhos que envolvem construção, Ulbricht (1997-UFSC), com inserção de modelos dinâmicos de interações para os alunos.

Os trabalhos de Fainguelernt (1996-UFRJ) e de Miskulim (1999 - Unicamp) demarcam o início da informática educativa, trazendo como apoio teorias educacionais de bases construtivistas. Esses estudos destacam o ambiente LOGO⁶, ambiente livre onde o fazer geométrico se dá pela construção dos desenhos, linhas e ângulos através de comandos, apresentando o potencial do ambiente para avanços nos processos cognitivos do aprendiz. Os resultados sugerem o uso do computador não somente como uma ferramenta para promover a aprendizagem da geometria, mas, também, como um catalisador para mudanças na postura dos professores em seu relacionamento com os alunos, tornando o ambiente de sala de aula um espaço de exploração, descoberta, criação e construção.

As ferramentas de geometria dinâmica⁷ ganham destaque na pesquisa a partir do ano 2000, de Gravina (2001-UFRGS), Silva (2002 – PUC/SP), Purificação (2005 - PUC/SP, com), Souza (2010- UFCE) relacionados a estudos do CabriGéomètre II (*software* proprietário). Mais recentemente, as pesquisas nessa área se voltam para o Geometrix (*software* livre), como as pesquisas de Zulato (2007 - Unesp/RC), Jazen(2011- UFPR) entre outros.

⁶ Linguagem de programação interpretada

⁷ Esse termo foi usado inicialmente por Nick Jakiw e Seteve Raumussem da *Key Curriculum* e designa um tipo de *software* geométrico que tendo as figura construídas, permite-se movimentar-se, conservando as propriedades que lhes haviam sido atribuídas.

Os estudos on-line também ganharam visibilidade depois da virada do século. De maneira geral, as pesquisas indicam que o espaço virtual também educa, quando organizado com metodologia adequada. Destaca-se o trabalho de Barbastefano (2002 - UFRJ), sobre a criação de ferramentas que permitem o intercâmbio de construções geométricas, além da comunicação de fórmulas, expressões e gráficos de curvas e superfícies, o Projeto MECAM Lima (2004 - UFRGS), que descreve a criação de recursos tecnológicos para melhoria das condições de aprendizagem Matemática. O trabalho de Assis (2010 - UFPE) que analisa trocas mediadas por fóruns, cujos resultados apontam que diálogos matemáticos, nesses espaços, acontecem espontaneamente, mas são raros, portanto precisam ser promovidos com estratégias adequadas pelos educadores. Juca (2011 - UFCE) também destaca que a efetividade do ambiente virtual depende da interação entre o grupo, e ocorre quando há ativa mediação do professor.

c. Estudos e Experimentação de Novos Métodos de Ensino

Os trabalhos ligados a novos métodos de ensino, com um percentual de 14%, apresentam uma metodologia interventiva ou exploratória e apenas uma tese apresenta uma proposta de ensino para geometria sem aplicação. Entre os referenciais declarados, destacam-se os estudos de Piaget, mas já acompanhados das ideias de Richard Skemp, Kelly e Vergnaud, e D'Ambrósio, além de existirem trabalhos com tendências pragmáticas.

Entre os trabalhos destacamos os que apontam diferentes métodos favorecendo a aquisição de conceitos. Rodrigues Neto (1998 - UFRN) indica o quanto à aprendizagem, de conceitos algébricos, pode ser favorecida pelos estudos de figuras geométricas, Mafalda (2007 - USP) trabalha com o uso de conceitos de feixes e circunferências apontando o quanto o desenho geométrico favorece o raciocínio lógico-dedutivo, Barroso (2009 - UFCE) e Shitsuka (2011 - U. Cruzeiro do Sul) valorizam a introdução de conceitos indicando benefícios no processo de aprendizagem, e este estuda a aplicabilidade dos mapas conceituais para o ensino.

Os resultados gerais sobre a aplicação de novos métodos de ensino indicam uma diferença qualitativa na aprendizagem dos alunos, mostrando o quanto passaram a interpretar coerentemente situações ou problemas de resolução, ampliaram o emprego dos procedimentos de linguagem Matemática e desenvolveram procedimentos de mensuração informal e formal. Alguns trabalhos desse grupo indicam que a aprendizagem da geometria favorece o cálculo, quando introduzido a partir de medição e de explorações geométricas, e oportuniza maior

exploração e melhor compreensão dos conceitos, configurando a interdisciplinaridade como uma alternativa para melhorar a compreensão geométrica.

d. Cognição Matemática

Examinando os aspectos da cognição, tais como linguísticos, neurológicos e psicológicos da inteligência natural, esses estudos também apresentam uma presença marcante entre as teses, que compõe 13% dos estudos analisados. A maior parte desses estudos tem base em teorias construtivistas. Nessa linha, 55% dos trabalhos estão ligados a uma metodologia qualitativa e interventiva, enquanto 45% estudam a realidade presente nas escolas.

Os estudos de intervenção permitem compreender como os alunos realizam a construção dos conceitos da geometria e destacam a importância de materiais que permitam a manipulação e a exploração, inclusive com orientações adequadas. Na área da cognição, estão os únicos trabalhos que remetem à educação especial, como Fernandes (2008 - PUC/SP), e Lima (2001- Unesp/RJ). Os dois assinalam que as práticas atuais em geometria nem sempre permitem uma participação ativa dos deficientes visuais e, por isso, sugerem que se permitam, aos cegos, reconhecer e fazer desenhos o mais cedo possível.

Os estudos da realidade referem a presença de obstáculos cognitivos à compreensão e às regras relacionadas a registros semióticos da representação, mostrando a complexidade desse ensino para professores. Indicam a existência de uma relação entre o componente espacial da habilidade Matemática e as atitudes em relação à geometria e ao desempenho escolar.

e. Estudos do Cotidiano Escolar

Os estudos do cotidiano, compondo 11% das teses analisadas, contribuem para o entendimento do processo de ensino aprendizagem na sala de aula. Muitos desses estudos pertencem também a outras áreas, sobretudo formação inicial e continuada, e informática e novos métodos. Em geral esses estudos que mostram como os alunos não entendem bem os conteúdos de geometria ensinados pelo professor, nem dominam conceitos básicos ou elementares necessários para a série/ano que cursa. Ressaltando a importância da visualização e da representação no processo ensino-aprendizagem, também mostram imbricações entre os campos conceituais e a fórmula de área como um conceito.

Esses estudos ainda apontam dificuldades relativamente ao ensino da geometria, pois revelam que os professores valorizam apenas os acertos como fatores de aprendizagem, não estabelecendo diálogo ou debate, o que favoreceria as tomadas de consciência sobre os conceitos por parte dos alunos. Existe assim uma necessidade de viabilização da geometria significativa e autônoma por parte do professor.

f. Estudos Históricos e Analíticos do Ensino da Matemática

Os estudos matemáticos que se centram na historicidade, como elemento motivador para o ensino, situam a Matemática como fruto de uma atividade humana, dentro de um contexto específico. Vários conteúdos estudados têm relação a um momento histórico de descoberta, ligado ou não a uma necessidade humana do momento. No Brasil, os trabalhos que possuem esse viés como foco constituem 8% da amostra.

Destacamos a tese de Vieira (2008 - Unesp/RC), sobre o período 1831 e 1907, mostra, de um lado, que os estudos de geometria estavam presentes no ensino e que o surgimento da primeira aula com a proposta de preparar professores ocorreu em 1831; de outro, refere que havia dificuldade para manter a qualidade desse ensino, pela falta de professores, salários baixos e ausência de prédios. Barros (2010 - UFRN) mostra que práticas sócias históricas como relógio de sol, movimentos das constelações, dão sentido à formação conceitual dos alunos.

Em geral, as teses relacionam o nascimento da geometria com as civilizações de egípcios, babilônios, chineses, hindus e índios brasileiros. Referem que a didática do desenho luso-brasileira tem suas bases em ideias apresentadas desde Comenius e, principalmente, por Pestalozzi, fruto do iluminismo francês, além de ressaltarem que a álgebra é mais expressiva que os estudos em geometria nos vários momentos históricos.

g. Materiais didáticos e meios de ensino

Essa categoria, ligada à didática da Matemática e com 6% das teses, revela um referencial teórico de ênfase construtivista. Mais da metade das teses também pertencem à linha de novas tecnologias, pelo destaque que fazem à criação de materiais didáticos específicos para os estudos da geometria, indicando ferramentas de tecnologia ou materiais que permitam exploração e interação e que contribuam para a aprendizagem da geometria.

As ferramentas semióticas e os gestos icônicos também podem ser úteis para favorecer a aprendizagem da geometria. Também materiais lúdicos, como é o caso do caleidoscópio, nos estudos de Murai (1999 - Unesp/RC), apresentam o conceito geométrico na informalidade, contribuindo para atividades interessantes que favorecem a aprendizagem de conceitos. Dois trabalhos se destacam por indicarem que as práticas atuais não favorecem ensino da geometria para deficientes visuais: Fernandes (2008 - PUC/SP) aponta uma abordagem mais inclusiva com a valorização do gesto sendo fundamental a inserção de material manipulável; Brandão (2010 - UFCE) indica a diferença de apreensão do deficiente e que o uso de maquetes favorece não somente a criança especial, mas todos os alunos.

h. Filosofia/História/Epistemologia

As pesquisas em Filosofia/História/Epistemologia propõem a discussão de temas teóricos que são balizadores para investigações em EM, e, mais do que buscar fundamentos, procuram construir pressupostos e analisar suas consequências. Em geral, esses estudos seguem uma metodologia própria com análise de documentos, livros, e entrevistas quando necessário, representando 4% dos estudos examinados.

O destaque vem da Unesp/RC⁸, com 50% dos trabalhos na área, como de Baier (2005), que investiga a contraposição da ciência mecanicista em relação à sistêmica, apontando que o modo *euclidiano* permeia a ciência moderna, enquanto a construção da ciência contemporânea vai além da mensuração e quantificação dos objetos. Paulo (2006) investiga o significado epistemológico dos diagramas na produção do conhecimento matemático, realçando a importância de recursos de linguagem para comunicar o compreendido e produzido em Matemática, com vistas à generalização. Vaz (2007) busca estabelecer a relação entre Matemática e filosofia nas regras do Discurso sobre o Método, em que aponta a possível eficiência das mudanças conceituais destacadas por Descartes, com as quais é possível romper com paradigmas, introduzir a análise geométrica e contribuir para o desenvolvimento no ensino. Figueiredo (2010) discute a representação gráfica da função em comparação as representações dinâmicas, assim como o papel da cognição corporificada e ampliação da noção de visualização para percepção, indica que o entendimento da geometria dinâmica contribui para superação de obstáculos conceituais.

⁸ A linha de fundamentos matemáticos e filosóficos existe desde a década anterior a 1990.

Os trabalhos de Silva (2002 - Unesp/Ma), Gazirre (2000 - Unicamp), Santos (2001 - USP) e Frecheiras (2010 - PUC) ressaltam a falta de prioridade no ensino da geometria, enfatizando a complexidade do fato, visto que professores não possuem, em geral, conhecimento sobre o assunto, e, sim, opiniões vagas. Assim, o professor de Matemática enxerga a geometria somente em assuntos algébricos e em cálculos, e não há prioridade para seu ensino como foi no passado.

i. Currículo escolar

O objetivo de estudos de currículo é colaborar para uma educação democrática comprometida com a inclusão da diversidade cultural nas práticas curriculares. Encaixam-se nessa linha trabalhos que resgatam o valor da presença da geometria e do desenho nos níveis fundamental e médio de ensino, apresentando uma abordagem transdisciplinar como alternativa para incluir, efetivamente, a educação gráfica na formação integral do aluno. A questão é efetivamente complexa, como demonstra a tese de Kopke (2006 - UFRJ), a qual concluiu que, além de não saberem geometria, os professores não recebem o preparo adequado em seus cursos de formação.

Os trabalhos em geral indicam empobrecimento gradativo do papel formativo da disciplina, a partir dos anos sessenta, e a conseqüente negligência na formação de profissionais, além de um deficiente material de apoio didático. Os estudos reforçam a necessidade de o currículo incorporar novas técnicas e tecnologias para melhorar o processo de ensino aprendizagem.

j. Etnomatemática

A Etnomatemática inicia, no Brasil, com os estudos de D'Ambrosio (1998), dado o entendimento de que a Matemática faz parte integrante de raízes culturais e, nessa direção, inclui considerações como linguagem, jargão, códigos de comportamento, mitos e símbolos, que enfeixam esse campo de saber. Assim, a "Etnomatemática é a arte ou técnica de explicar, conhecer, de entender, nos diversos contextos culturais" (D'Ambrosio, 1998, p. 6). Nessa linha, há apenas o trabalho de Scanduzzi (2000 - Unesp/Ma) que estuda as formas geométricas existentes no conhecimento do povo Kuikuro-MT, em um método etnográfico. Seu trabalho sinaliza os conflitos surgidos com a introdução do sistema escolar indígena, além de sugerir, para sua superação, uma proposta Etnomatemática que reconheça a capacidade

social de decisão e de participação na programação dos processos de formação dos povos envolvidos, que aceita a pluralidade cultural e o direito de manejar, de maneira autônoma, os recursos de sua cultura.

Considerações finais

As duas últimas décadas de pesquisa em geometria revelam que o estudo dessa área não é uma das prioridades no ensino da Matemática, apontando para um descaso que parte do processo histórico e se faz presente no cotidiano atual. Entre os desafios, persiste à falta de preparo dos professores para trabalhar com a Matemática de forma geral, especialmente a geometria, analisada um pouco mais através do recorte obtido.

Com relação à produção, observamos que é muito mais expressiva na região sudeste, e vem avançando no sul e nordeste. Entre as linhas de pesquisa examinadas, destacam-se os trabalhos de Informática e Tecnologias no Ensino, e também aqueles voltados para a formação de professores, ênfases que não eram evidentes nas décadas anteriores. Os estudos de novos métodos de ensino, assim como estudos de Filosofia, História e Epistemologia estão presentes. Entre os métodos de pesquisa, observamos o crescimento nos modelos voltados para intervenção.

Assim, as perspectivas de avanços estão voltadas para a área de formação de professores e uso da tecnologia ligada a processos de formação inicial e continuada que tem trazido estudos na área com contribuição significativa para Matemática.

Referências

- ALMEIDA, R. C. M. *Demonstrações em geometria plana em livros-textos no Brasil a partir do século XIX*. (Tese em Educação), PUC/RJ, 2008.
- BRASIL. CAPES/MEC. *Banco de teses da Capes*. Disponível em: <<http://www.capes.gov.br/servicos/banco-de-teses>>. Acesso em: 15 jul. 2012.
- BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. *Parâmetros Curriculares Nacionais: Matemática*. SEF (I). Brasília: MEC/ SEF, 1997.
- BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. *Parâmetros Curriculares Nacionais: Matemática*. SEF (II). Brasília: MEC/ SEF, 1998.
- D' AMBROSIO, U. *Etnomatemática: Arte ou técnica de explicar e conhecer*. São Paulo: Editora Ática, 1998.
- FIorentini, D. Alguns modos de conceber o ensino da Matemática no Brasil. In *Zetetiké*, n. 4, v, Ano 3. 1995.
- FIorentini, D.; LOrenzato, S. *Investigação em Educação Matemática: Percursos Teóricos e Metodológicos*. Campinas, SP: Autores Associados, 2006.
- KALEFF, A. M. Tomando o ensino da geometria em nossas mãos. In: *Educação Matemática em Revista*. São Paulo: v. 1, n. 2, p. 19-25. 1994.
- KOPKE, R. C. M. *Geometria, Desenho, Escola e Transdisciplinaridade: abordagens possíveis para Educação*. (Tese em Educação), UFRJ, Rio de Janeiro, 2006.
- LOrenzato, S. Por que não ensinar Geometria. In: *Educação Matemática em Revista*. São Paulo: v. 3, n. 4, p. 3-13, 1995.
- PAVANELLO, R. *O abandono do ensino de Geometria: uma visão histórica*. (Dissertação em Educação), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1989.
- PAVANELLO, R. O abandono do ensino de Geometria no Brasil: causas e consequências. In *Zetetiké*, v. 1, n. 1, 1993.
- SILVA, R. I. *O Ensino da Geometria na Escola Fundamental: Uma análise de adequação às demandas educacionais*. (Tese em Educação), UFRJ, Rio de Janeiro, 2008.
- VALENTE, V. R. *Uma história da Matemática escolar no Brasil (1730-1930)*. São Paulo: FAPESP, 1999.