

INOVAÇÃO EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA: O CASO DA ESCUELA PEDAGÓGICA EXPERIMENTAL DA COLÔMBIA

Innovation in mathematical education: the case of the Escuela Pedagógica Experimental of Colombia

Luciano Sant’Ana Agne

Resumo

O presente trabalho investigou a inovação em Educação Matemática a partir da perspectiva pedagógica da Escuela Pedagógica Experimental - EPE, escola colombiana que pratica inovação educativa há 40 anos. A pesquisa foi realizada a partir da vivência, observação e análise de aulas de matemática e do ambiente pedagógico da escola. Esta pesquisa é um estudo de caso em uma abordagem qualitativa. Os dados da pesquisa foram analisados em sua perspectiva complexa conforme Paderes, Rodrigues e Giusti (2005) e na perspectiva do método da Análise Textual Discursiva, conforme Moraes e Galiazzi (2011). A principal implicação dos resultados obtidos é que, a perspectiva inovadora de ensino de matemática integrada a outras áreas do conhecimento, com ênfase no desenvolvimento do pensamento complexo nos alunos, contribui para a formação de sujeitos capazes de construir relações entre o conhecimento matemático aprendido na escola e a realidade na qual eles estão inseridos.

Palavras-chave: Complexidade; Inovação educativa; Inovação em Educação Matemática. Transdisciplinaridade.

Abstract

This paper addresses investigated the innovation in Mathematics Education from the pedagogical perspective of the Escuela Pedagógica Experimental - EPE, a Colombian school that has practiced educational innovation for 40 years. The research was carried out from the experience, observation and analysis of mathematics classes and the pedagogical environment of the school. This research is a case study in a qualitative approach. The research data were analyzed in its complex perspective according to Paderes, Rodrigues and Giusti (2005) and in the perspective of the Discursive Textual Analysis method, according to Moraes and Galiazzi (2011). The main implication of the results obtained is that the innovative perspective

of Mathematics teaching integrated with other areas of knowledge, with an emphasis on the development of complex thinking in students, contributes to the formation of subjects capable of building relationships between the mathematical knowledge learned in school and the reality in which they are inserted.

Keywords: Complexity; Educational innovation; Innovation in Mathematics Education; Transdisciplinarity.

Introdução

Inovação parece ser o tema da atualidade. Em áreas como negócios, tecnologia, gestão, entre outros, a inovação aparece como sendo a solução para os problemas do mundo globalizado nos tempos da sociedade da informação e do conhecimento. De fato, cada vez mais surgem problemas complexos que desafiam a sociedade e a Educação vem sofrendo grande pressão de mudança para atender às exigências de um mundo em constante processo de transformação. Neste contexto, esta pesquisa estudou a inovação, no que este processo se refere ao universo da Educação Matemática, na Escuela Pedagógica Experimental (EPE), situada na cidade de Bogotá, na Colômbia, que vem se destacando como um contexto inovador no âmbito educativo. E esse foi o principal motivo para a escolha dessa instituição como objeto de estudo.

Com isto, o objeto principal dessa pesquisa foi conhecer o processo de inovação em Educação Matemática na EPE e entender como esse processo vem se mantendo ao longo do tempo. Deste modo, investigou-se a prática pedagógica inovadora da escola, para compreender o processo de inovação pedagógica nas suas aulas de matemática.

Em função disto, este artigo objetiva apresentar o processo de inovação educativa realizado na EPE e como o ensino e aprendizagem de matemática ocorrem neste contexto. Para isso responde-se a duas questões: (i) qual a concepção sobre a natureza do

conhecimento matemático da EPE? e (ii) o que significa conhecer matemática na EPE?

Abordagem metodológica

Este trabalho se trata de um estudo de caso em uma abordagem qualitativa, pois o desafio foi investigar o processo de inovação educativa que ocorre na EPE, principalmente no âmbito do ensino de matemática. O caso, segundo Lüdke e André (2013, p. 20) “se destaca por se constituir em uma unidade dentro de um sistema mais amplo e o interesse, portanto, incide naquilo que ele tem de único”. E, segundo Silveira e Córdova (2009), a pesquisa qualitativa ocupa-se dos aspectos da realidade que não podem ser quantificados, ocupando-se em descrever, compreender e explicar fenômenos das relações sociais.

A busca, nessa pesquisa, foi a compreensão do processo de inovação educativa com uma visão de fundo do desenvolvimento e da manutenção dessa inovação no ensino de matemática na EPE. Para atingir esse intento, o pesquisador permaneceu na EPE durante dois meses, agosto e setembro de 2017. Com isto, foi possível perceber que foi de fundamental importância compreender o contexto, os motivos e aspirações que levam os sujeitos envolvidos a optar pelo desenvolvimento de atividades escolares em uma perspectiva inovadora. Também se considerou importante a compreensão dos valores, atitudes e posturas dos professores e alunos na prática inovadora, por se entender que são valiosas para a manutenção do processo inovador. Todos esses aspectos sustentam a opção pela abordagem qualitativa de pesquisa, pois, segundo Minayo (2001, p. 21), a pesquisa qualitativa “trabalha com o universo de significados, motivos, aspirações, crenças, valores e atitudes, o que corresponde a um espaço mais profundo das relações dos processos e fenômenos”.

Os dados obtidos durante a pesquisa foram interpretados conforme a compreensão defendida por Paderes, Rodrigues e Giusti (2005, p. 9) em “sua multiplicidade complexa”, ou seja, fazem parte de um todo e, por isso, devem receber um tratamento hologramático. Com isto, ao interpretar as informações trazidas da EPE, considerou-se a influência que o contexto escolar exercia sobre esses dados. Mesmo quando na interpretação dos dados emergem aspectos específicos de determinada situação, esses aspectos sempre são considerados no contexto da EPE.

Durante as observações nas aulas de matemática de três professores da EPE realizou-se entrevistas de dois tipos, uma livre e outra e semiestruturada, com cada um dos professores de matemática. Nessas entrevistas os professores falaram sobre as suas percepções do seu trabalho na EPE. As entrevistas tiveram a intenção de perceber a compreensão dos professores de matemática a respeito do tema desta pesquisa. O processo de análise dessas entrevistas foi fundamentado na perspectiva do método da Análise Textual Discursiva, conforme Moraes e Galiazzi (2011).

A Escuela Pedagógica Experimental

A EPE é uma escola particular e seus alunos são de classe média. A escola situa-se num local montanhoso, e todos podem utilizar qualquer espaço de acordo com as suas inquietações, possibilidades e cuidados. Os alunos, grandes ou pequenos, exploram os espaços livremente. Essa dinâmica conduz todos, de maneira natural, a criar condutas respeitadas que não causem nenhum problema, principalmente aos estudantes pequenos. Na EPE, todos cuidam de todos de maneira harmoniosa e as regras de comportamento emergem dessas relações naturalmente.

Na EPE, existe um horário estabelecido para as aulas que é das 7 horas até às 15 horas, de segunda a quinta-feira. Na sexta-feira, o horário é especial e vai das 7 horas até às 13 horas. Porém, apesar da existência de horário, ninguém é obrigado a entrar em sala de aula. Isso é uma decisão dos estudantes e, também, uma postura pedagógica da escola. Na EPE, não existem manuais de convivência, nem regras. Tudo é construído democraticamente nos diversos ambientes de debate existentes.

Para a EPE, o conceito de ambiente educativo é compreendido como um sistema “complexo e dinâmico onde existem múltiplas interações com o espaço físico, com os integrantes da comunidade escolar, com as construções culturais, enriquecidas pelas vivências de cada indivíduo e pelas interações desses indivíduos com as situações cotidianas” (PEI-EPE, 2010, p. 9)¹.

Neste sentido, o ambiente se caracteriza como uma estrutura cultural onde são privilegiadas as interações dos indivíduos entre si, com os espaços e com as atividades escolares. Pode-se perceber que essas interações, que confirmam as posturas construídas ao longo dos anos, são permeadas por emoções, sentimentos, ideias, ações e significados que influenciam

¹ O “*Proyecto Educativo Institucional*” (PEI-EPE) é um documento institucional que orienta as práticas e posturas pedagógicas institucionais e está disponível em:

http://www.epe.edu.co/uploads/4/8/4/2/48423709/proyecto_educativo_institucional_epe.pdf

decisivamente a construção do conhecimento e contribuem para romper os limites impostos pelos modelos educativos que privilegiam a separação disciplinar.

De acordo com o seu projeto educativo institucional, a escola tem como objetivo construir uma “concepção educativa” diferenciada da praticada pelas outras escolas do país (tradução nossa) (PEI-EPE, 2010 p. 06). Essa concepção educativa orienta a atuação da instituição a partir de três aspectos fundamentais. O primeiro aspecto busca formar seus alunos para atuarem em uma sociedade democrática de maneira crítica e consciente. O segundo orienta para que os alunos formados na EPE defendam uma cultura científica fundamentada em valores humanos próprios da atividade científica. E o terceiro aspecto orienta uma formação para que os alunos sejam capazes de valorizar a construção coletiva de soluções, tanto nos projetos escolares quanto no âmbito da realização pessoal.

Do ponto de vista pedagógico, a EPE assume a investigação em aula como a sua principal estratégia pedagógica. Esse processo de investigação ocorre por meio de projetos a partir de temas de interesse dos alunos e dos professores que, por sua vez, não se posicionam como detentores do conhecimento, mas que buscam constantemente formações que lhes motivem a desenvolver novas propostas em relação a sua atuação na escola.

A escola fundamenta suas atividades em uma perspectiva pedagógica que proporciona ao aluno a construção de conhecimentos na interação com a realidade. Essa concepção é posta em prática por uma metodologia de ensino, denominada “*Actividad Totalidad Abierta* – ATA”, que desenvolve nos alunos a capacidade de se apropriar da realidade de maneira que eles possam, ao construir conhecimento, compreender o seu caráter complexo, a partir da interação do objeto de estudo com suas estruturas culturais, sociais e linguísticas.

As *Actividad Totalidad Abierta* - ATA's são estratégias pedagógicas que fundamentam todas as práticas desenvolvidas na escola. Para isso, as ATA's buscam a coerência em três dimensões: a conceitual, a lógica e no formato. Na dimensão conceitual, a atividade se inicia a partir da abordagem de problemas em sua totalidade, ou seja, a partir da complexidade apresentada pelo problema que vai se tornar objeto de investigação pelos alunos. As explicações que surgem como possíveis soluções para os problemas encontrados nessas atividades devem possuir coerência com os conceitos que podem explicar o fenômeno em questão.

A coerência lógica das ATA's propõe que o aprofundamento da investigação de soluções para problemas deve ser tão complexo quanto possível para o nível de compreensão dos alunos envolvidos naquele trabalho. E a coerência no formato da atividade significa que ela deve partir de problemas que os alunos tenham curiosidade em investigar, são problemas considerados pelos alunos como interessantes e que despertam discussão. E, como foi possível perceber durante a vivência na EPE, esses problemas podem ser propostos pelos alunos ou pelos professores.

Essas atividades se fundamentam na tríade estudante, professor e atividade, que são considerados como um sistema aberto, ou seja, um sistema que funciona em um intercâmbio de emoções e informações mediadas pelo contexto que direciona e provoca a curiosidade e o desenvolvimento dos alunos. Neste sistema de trabalho há uma forte ênfase aos problemas cotidianos dos sujeitos envolvidos nesse processo. Esse cotidiano apresenta elementos que sugerem o que se fazer nas aulas, sem seguir um método pré-determinado, mas como uma tarefa desafiadora a ser realizada.

De qualquer maneira, as ATA's não são colocadas em prática como uma proposta para ensinar conteúdos previamente estabelecidos. Na perspectiva das ATA's, um projeto ou um problema, são uma oportunidade para gerar ambientes de aprendizagem onde os estudantes aprendem coisas diferentes das que usualmente se pretende ensiná-los. Os professores da EPE entendem que os projetos permitem uma reflexão mais voltada ao processo do que sobre alguma meta pré-estabelecida. Um projeto, nessa perspectiva de trabalho, não é colocado em prática a partir de um planejamento pedagógico rígido, mas é resultado das interações dos sujeitos envolvidos com o ambiente onde se desenvolve o trabalho e com o apoio de teorias e experiências cotidianas desses sujeitos.

O caso específico do estudo da matemática, na perspectiva das ATA's, ocorre a partir de dois enfoques prioritários: a ação sobre os problemas e o desenvolvimento matemático que decorre dessa ação. O trabalho é concebido como um fazer matemáticas, isto é, matematizar. Dessa maneira, os conteúdos matemáticos não são definidos previamente, mas são utilizados na medida em que forem necessários na atividade em que se estiver trabalhando. Assim, o aluno constrói o significado, aprendendo e aplicando determinado conceito matemático, na medida em que surge a necessidade de seu estudo para a solução de determinado problema. O pensamento lógico é desenvolvido, na perspectiva das ATA's a partir de quatro aspectos fundamentais: a

modelagem, as operações, a criatividade e o raciocínio.

A inovação na EPE

A perspectiva inovadora da EPE se inicia com um posicionamento acerca dos processos de aprendizagem. Na escola, o aluno aprende a aprender durante a convivência em grupo, com os colegas e seus professores. Os processos fundamentados na repetição e na memorização não fazem parte das abordagens pedagógicas da EPE. Para a EPE os alunos não são passivos, mas protagonistas de sua própria aprendizagem. Nesta proposta de aprender a aprender, os educadores da escola desenvolvem métodos de trabalho como aprender por prova e erro, aprender fazendo, aprender por descobrimento, etc.

Para manter essa perspectiva, a escola adota posturas que estruturam o desenvolvimento das atividades e das relações com o conhecimento construído em aula. Essas posturas são, por um lado, o compromisso com o conhecimento pertinente, a permanente recuperação do valor do conhecimento, a diversidade de saberes, o respeito pela diversidade, rejeitando seguir um currículo rigidamente estruturado e, por outro, a ênfase no desenvolvimento do orgulho e da confiança, em vez de avaliar mensurando as aprendizagens.

Para isso, os professores assumem uma postura de identificar, valorizar, destacar, e reconhecer as conquistas dos estudantes, as dificuldades por eles enfrentadas no processo e o desenvolvimento da sua imaginação e criatividade. Esta postura ajuda a desenvolver um sujeito confiante em si próprio e no grupo a que pertence, formando um cidadão capaz de enfrentar os desafios da vida em sociedade.

Com estas posturas bem definidas, é possível afirmar que o ambiente educativo da EPE se torna naturalmente um ambiente inovador. Durante as observações realizadas, foi possível compreender que a comunidade escolar é consciente das diferenças entre a EPE e outros ambientes escolares colombianos. Neste sentido, um professor recém-chegado ao quadro de colaboradores da escola percebe que está imerso num ambiente onde o seu aprendizado é constante. Todos na EPE consideram que os ambientes da escola são lugares de construção da aprendizagem e que todas as pessoas que convivem nesses ambientes estão em constante formação. Isto inclui os visitantes, os familiares de alunos, a equipe administrativa da escola, enfim, todos interagem e aprendem num ambiente rico em possibilidades de interação e construção de conhecimento.

Com isto, foi possível observar que nas atividades diárias, não existem pontos de partida

muito definidos ou muito detalhados. O que existe são questões de ordem geral que podem despertar a curiosidade dos alunos. Mas essas questões não são fixas no dia a dia das atividades. As propostas desencadeiam uma rede de conversações que tem como consequência o desenvolvimento de iniciativas, novas propostas, comentários, aproximações e hipóteses que enriquecem o trabalho, uma vez que essa dinâmica agrega sentido à atividade que se realiza. Esses diálogos não são conduzidos por alguém, ou pelo professor, mas todos exploram conjuntamente as possibilidades e fazem contribuições ao tema em questão.

Esse processo de diálogo, que está no cerne da inovação feita na EPE, possui uma espécie de lógica própria. Frequentemente os professores ficam surpresos com os rumos que tomam as discussões e o desenvolvimento das atividades. Pode-se afirmar, com muita certeza, que toda atividade ou projeto desenvolvido nas aulas tem um forte caráter dinâmico e complexo. E é neste aspecto que reside a manutenção de um processo educativo inovador. Na multiplicidade e diversidade de concepções, crenças, histórias pessoais, emoções e pensamentos que participam do diálogo que conduz uma atividade ou projeto de pesquisa.

Desta maneira, percebe-se que a inovação pedagógica requer a criação de contextos de aprendizagem diferentes dos contextos de ensino presentes nos ambientes tradicionais. Conforme Fino (2009), nos contextos inovadores, professores e estudantes atuam como agentes dessa inovação e desenvolvem grande autonomia, sendo o professor um agente condutor desse processo. É a partir de contextos ricos cognitivamente que se configuram as múltiplas relações que ocorrem no ambiente inovador. Estas relações se fundamentam na compreensão da realidade e na aproximação dos estudantes com o conhecimento, num processo coletivo que lhes permita compreender as múltiplas realidades. Segundo Gómez (2013), o ambiente inovador propicia um espaço de formação integral que se fundamenta em confiança, convivência e conhecimento, que faz da escola um espaço de formação integral e de transformação social e cultural dos sujeitos envolvidos nesse processo.

A inovação em Educação praticada na EPE é um processo que busca melhorias constantes e é pensado e construído por todos os sujeitos envolvidos. A inovação na EPE tem um caráter fundamentalmente coletivo de construção do conhecimento escolar e, para isso, requer contextos que estimulem a aprendizagem. Dessa relação resulta, fundamentalmente, a construção de conhecimento, não o conhecimento científico produzido pelos cientistas, mas o conhecimento

escolar, entendido, segundo García (1998, p. 97) “como o conhecimento proposto e elaborado na escola” que surge como um conhecimento diferente do conhecimento científico, cotidiano, entre outros, e que apresenta características próprias do ambiente escolar.

A matemática na EPE

Quando se considera a relação estabelecida pelo conhecimento nas escolas percebe-se que, nos processos pedagógicos, se busca construir uma interação entre o estudante, o professor e o conteúdo disciplinar. Na EPE, essa interação ocorre entre o estudante, o professor e as atividades a serem realizadas. Essas atividades são consideradas como um sistema aberto no sentido de um intercâmbio entre o conhecimento, as emoções e as possibilidades do entorno. No caso das aulas de matemática, essa relação entre emoções e o entorno não é concebida como um método ou uma didática, mas como um “fazer matemática” ou uma forma de matematizar os problemas e analisar as consequências do desenvolvimento desses problemas.

Neste processo, a EPE não desenvolve as atividades em função dos conteúdos matemáticos, mas utiliza esses conteúdos na medida em que eles sejam úteis para o desenvolvimento das atividades. Não se espera que os estudantes memorizem algum conceito matemático ou algum procedimento algébrico, mas que se utilizem desses conceitos e procedimentos na medida em que eles sejam importantes como ferramentas para a resolução de algum problema. Neste contexto, essas ferramentas matemáticas são utilizadas somente se o estudante consegue se apropriar do seu significado. Por isso, o estudo teórico da matemática também é importante nas aulas da EPE e o estudante desenvolve esses estudos como parte de um processo mais amplo, como em um projeto, por exemplo, na medida em que sejam necessários.

Na resolução de problemas matemáticos, os estudantes inventam variáveis e estabelecem correlações entre grandezas. Este processo apresenta uma dinâmica muito variada, porém, existe uma pré-disposição para o trabalho. Pode-se afirmar que existe uma postura ou uma atitude positiva dos alunos para a realização das atividades. Os alunos parecem partir de uma convicção de que sempre é possível encontrar regularidades, ou seja, os alunos apresentam uma confiança em si e no grupo de trabalho de que sempre é possível construir conhecimento matemático nas suas atividades. O aluno confia que vai aprender matemática nas suas atividades. Todo esse processo é

denominado na EPE como “desenvolvimento do pensamento matemático”.

No trabalho cotidiano com matemática, as relações e modelos matemáticos encontrados pelos alunos nas suas atividades são inesperados para eles. Sabendo disso, o professor atua como um mediador entre o aluno e o conhecimento e deve sempre estar disposto ao diálogo, ou seja, com disposição para escutar o aluno, valorizar suas propostas, fazer perguntas e participar da pesquisa.

Neste processo de construção dialógica do conhecimento matemático, as formas de pensamento para a elaboração e desenvolvimento das atividades matemáticas são importantes, sendo um dos principais aspectos do trabalho. Também de igual importância é o trabalho coletivo em um contexto de criatividade, invenção e pesquisa. Os alunos parecem conviver bem com o erro matemático, pois têm confiança em si e no grupo de trabalho que constrói as possibilidades e soluções possíveis de maneira colaborativa. O aluno sabe que para todo problema existem variadas formas de solução e que elas só aparecem se todos compartilharem seus resultados.

O que se percebeu foi que a escola proporciona que as aprendizagens sejam distintas entre os alunos. Cada aluno aprende coisas diferentes de maneira diferente. A escola se preocupa em criar ambientes de investigação ricos de possibilidades e para que os alunos aprendam matemática por diversos processos como por ensaio e erro, aprender fazendo, aprender inventando ou por descobrimento.

Como na EPE a perspectiva de trabalho com a matemática não está centrada em metas a serem atingidas, percebeu-se que no processo de aprendizagem o problema proposto para investigação é menos importante do que o ambiente constituído para a sua abordagem. Conforme relatado pelos professores entrevistados, os estudantes não recebem uma nota pelo seu trabalho, mas ficam muito satisfeitos e orgulhosos se conseguem desenvolver uma nova estratégia de abordagem ou uma solução para um problema. Os estudantes apresentam gosto pela matemática porque ela desenvolve um sentido de realização e de protagonismo. No trabalho com a matemática os alunos desenvolvem, além da capacidade de trabalhar em grupos, a capacidade de elaborar normas de conduta, desenvolvem liderança e auto-organização.

Para que uma atividade matemática tenha significado para os alunos e para os professores, ela deve se basear em pesquisa e resolução de problemas. Para abordar e resolver esses problemas matemáticos, os alunos

aprendem procedimentos, ou seja, os problemas permitem que os alunos realizem buscas, façam conjecturas, desenvolvam argumentos e, posteriormente, validem seus resultados por meio de diálogo. Ao observar as aulas dos professores de matemática, percebeu-se que os problemas matemáticos trabalhados em aula desencadeiam maneiras diferentes de pensar e de aprender os conteúdos. Um problema pode estar relacionado a uma área específica da matemática, mas sempre permite uma diversidade de formas de pensar a sua solução.

Os problemas matemáticos propostos nas atividades podem, inclusive, não ter solução. O aspecto mais importante é o desenvolvimento, pelos alunos, de explicações e argumentos que demonstram a compreensão do processo de trabalho. Uma característica muito importante dos problemas matemáticos trabalhados na escola é que eles sejam desafiadores e integrados a outras áreas do conhecimento. Esse aspecto estimula a construção de conjecturas, hipóteses, diálogo e muito trabalho em grupo.

Os professores de matemática da escola afirmam que é importante que os problemas sejam fonte de diferentes reflexões e desencadeiem diversas formas de pensamento e raciocínio matemático. Ao abordar diferentes problemas matemáticos, os alunos desenvolvem reflexões geométricas, aritméticas ou recursivas.

Apesar da aprendizagem ser individual, inerente a cada aluno, a maneira de aprender matemática ocorre coletivamente. Por meio de diálogo, argumentação, experimentação e muita pesquisa, os alunos constroem conhecimento e desenvolvem o seu pensamento matemático.

Com estas características, nos parece claro que mais importante do que a aprendizagem dos algoritmos e dos conceitos matemáticos, está o desenvolvimento do pensamento matemático. Isso é afirmação recorrente na fala dos professores e no discurso institucional. Mas o que significa desenvolver o pensamento matemático na EPE?

Claramente, o desenvolvimento do pensamento ou do raciocínio lógico matemático nas aulas da EPE está intimamente ligado ao desenvolvimento das percepções dos alunos. Em outras palavras, é com o desenvolvimento de suas crenças e concepções que ocorre como resultado das suas interações com o contexto, principalmente escolar. Essa relação do contexto com as percepções dos alunos se constitui num sistema complexo no qual existem relações lógicas que conectam os elementos de múltiplas formas.

Na prática das aulas de matemática da EPE, quando surge um problema de interesse dos alunos, eles estabelecem hipóteses para a solução da questão. Estas hipóteses são apresentadas na

forma de metáforas e os alunos supõem uma possível solução para o problema proposto com base nas suas crenças e concepções. Essa proposta de solução surge, geralmente, como um modelo. Na sequência do trabalho são realizadas pesquisas ou experimentações para comprovar ou aperfeiçoar o modelo metafórico proposto.

Conforme Gonzalez e Haselager (2002), essa é a característica do raciocínio abduutivo que, segundo esses autores, é o raciocínio típico das descobertas científicas. Este tipo de raciocínio consiste em estudar problemas já existentes e inventar uma hipótese para a sua explicação. É um processo de pensamento que elabora hipóteses explicativas. No raciocínio abduutivo a criatividade é fundamental para a construção de metáforas explicativas.

(...) o papel do raciocínio abduutivo no pensamento criativo está diretamente relacionado à geração, mudança e expansão de um domínio de crenças entendidas como uma forma de hábito. Tal expansão ocorre quando mentes criativas se confrontam com problemas — a mente, em sua tendência de operar com formas de crenças bem estabelecidas, vivencia a percepção de anomalias e problemas insolúveis no domínio das crenças disponíveis. Surpresas e dúvidas iniciam o processo abduutivo de geração e seleção das possíveis hipóteses que poderiam solucionar os problemas em questão. Assim, como um tipo de heurística, a abdução constitui um guia para a expansão de crenças (GONZALEZ; HASELAGER, 2002, p. 26).

Nas aulas de matemática da EPE foi possível observar claramente que o pensamento abduutivo representa o início do processo pedagógico. Mas o seu desenvolvimento apresenta outras características importantes. Essas características emergem e se fundamentam, mesmo que subjacentes ao processo de desenvolvimento do pensamento matemático do aluno, no princípio dialógico, no princípio da recursão organizacional e no princípio hologramático. Essas características complementam o pensamento abduutivo, conferindo ao processo os princípios da complexidade e da transdisciplinaridade.

No princípio dialógico existem forças contrárias que se complementam. Essas forças são antagônicas, concorrentes, mas se complementam e constituem a realidade dos problemas estudados, que são complexos e transdisciplinares. O princípio dialógico, presente nas aulas de matemática da EPE, permite assumir e manter, ao mesmo tempo, noções contraditórias no estudo de uma problemática. Com isto, percebeu-se que, no trabalho investigativo dos alunos, o diálogo faz parte do processo e possibilita a apreensão e

compreensão da realidade e dos diferentes modos de se encontrar as explicações para os problemas estudados.

Para Lucena, Saraiva e Almeida (2016), o princípio dialógico, ou seja, o diálogo, desenvolve a capacidade de reflexão e se fundamenta em uma maneira de pensar não dogmática, mas com uma interpretação da diversidade da realidade que permite a compreensão e a construção do conhecimento num processo “contínuo, infinito e crítico” (p. 181).

A dialógica trata da articulação de ideias antagônicas e não antagônicas, que podem ou não ser complementares na busca da religação de diferentes saberes. É possível, diante deste processo, fazer uma leitura das partes e das relações com o todo do conhecimento em busca da compreensão significativa da complexidade do mundo (...) A valorização das várias maneiras de pensar o mundo, a multiplicidade de interações, a interpretação dos processos contraditórios, a possibilidade de pensar a realidade de maneira diversificada que, embora antagônicas, são complementares, têm no diálogo o seu operador teórico fundamental. Assim, o diálogo não pode ser conclusivo, acabado, determinante e definitivo, pois ele representa o embate das múltiplas vozes que se manifestam e, do mesmo modo, as múltiplas consciências e mundos que se articulam (LUCENA; SARAIVA; ALMEIDA, 2016, p. 181).

Segundo Morin (2011, p. 74), “um processo recursivo é um processo em que os produtos e os efeitos são ao mesmo tempo causas e produtores do que produz”. Neste sentido, os problemas propostos nas atividades de matemática da EPE geram, no pensamento dos alunos, hipóteses, metáforas explicativas. Porém, essas metáforas – que determinam o pensamento abduutivo – geram uma relação muito intensa com o entorno, por meio de pesquisa, investigação, experimentação e vivências permanentes. A cada momento desse processo é possível que se inicie outro processo de interação com o entorno, se convertendo num ponto de partida para outra interação. Desta forma, essas relações com o entorno fazem que tanto o aluno quanto o próprio entorno se modifiquem num processo recursivo de interação.

Nas aulas de matemática da EPE foi possível observar que esse processo recursivo tem grande importância nas atividades que envolvem invenção de regularidades, utilização de algoritmos para encontrar padrões, construção de fractais, etc. O processo recursivo presente no desenvolvimento do pensamento Matemático

dos alunos da EPE fortalece a capacidade criativa e a capacidade dos alunos em fazer matemática.

No desenvolvimento do pensamento matemático dos alunos da EPE, também está presente o princípio hologramático. Neste princípio não só a parte está no todo, mas o todo também está presente nas partes. Essa lógica, segundo Morin (2011), imobiliza o pensamento linear, pois vai “além do reducionismo, que só vê as partes, e do holismo, que só vê o todo” (p. 75). Assim, nas atividades de matemática da EPE, os alunos desenvolvem metáforas, ou hipóteses iniciais para explicarem os problemas. Nessas metáforas apresentam características decorrentes da imaginação de cada um, as quais se constituem em partes que contêm características do todo, que é o problema. O todo, representado pelo problema proposto está impregnado das metáforas de cada aluno, isto é, pelas concepções e entendimentos desses alunos. Então o todo contém as partes, que contém o todo. Esse sistema evolui para novas concepções num processo recursivo e dialógico permanente.

Respondendo aos questionamentos iniciais

Pelo exposto até aqui, é possível responder as questões iniciais dessa pesquisa: (i) qual a concepção sobre a natureza do conhecimento matemático da EPE? e (ii) o que significa conhecer matemática na EPE?

Sobre a natureza do conhecimento matemático presente na proposta pedagógica da EPE, pode-se afirmar que ela apresenta características de uma compreensão com influências da filosofia Aristotélica. Nesta perspectiva filosófica, a matemática é um instrumento que é utilizado para interpretar e descrever o mundo, seus fenômenos e objetos. Segundo Machado (2013), a matemática é fruto da criação humana e surge da interação do pesquisador com os problemas do mundo. Seu instrumental teórico e abstrato é utilizado pelos alunos da EPE nessa perspectiva, a de explicar fenômenos e construir hipóteses para a solução de problemas.

Porém, a matemática na EPE também apresenta as características do quase-empirismo de Lakatos. Para Lakatos, conforme Molina (2001), o conhecimento matemático é construído a partir da interação social humana. Lakatos defendeu que o conhecimento matemático é falível e deve ser levado à público para sofrer críticas e refutações. Na EPE, o que é levado a público para discussão não é a matemática propriamente dita, mas o conhecimento construído com a utilização do instrumental teórico da matemática, sempre na medida da necessidade.

Também é possível afirmar que conhecer matemática na EPE significa construir significado para novas situações num processo de articulação de conhecimentos que permitam construir resultados para os problemas propostos. Significa que o aluno utiliza diversos tipos de conhecimentos matemáticos, formais ou não, (como o intuitivo, de cálculo, conceitual, concreto, etc.), para abordar os problemas estudados. Portanto, de forma coerente com o que propõe Ciscar (1990), conhecer matemática significa a possibilidade de estabelecer conexões entre as ferramentas teóricas da matemática e os fenômenos e objetos nas quais elas se aplicam, dando mais ênfase no processo de utilização desses instrumentos do que no resultado final.

Na EPE, o conhecimento matemático não é estático, mas dinâmico. Os alunos constroem o seu significado a partir de sua bagagem cognitiva, sua vivência e sua história. Esse processo se desenvolve a partir de uma interação social intensa com o contexto escolar e a partir de situações-problema que são de interesse dos alunos. Então, fica evidente que, subjacente a todo este processo, existe um estudante que constrói conhecimento a partir da elaboração de significados e é protagonista de sua própria aprendizagem.

Concluindo, a matemática na EPE é uma ferramenta, um instrumento útil para a resolução de problemas variados. O conhecimento matemático é construído de maneira livre e prazerosa, nos mais diversos ambientes da escola. Os alunos demonstram que gostam de trabalhar com essa ciência e fazem isso de maneira muito tranquila.

Considerações finais

Após conhecer e vivenciar o processo de inovação em Educação Matemática na EPE, defende-se a ideia de que o ensino de matemática deve cumprir a função de desenvolvimento do pensamento do aluno e, com isto, contribuir para a formação de um cidadão crítico. A partir dessa ideia acredita-se que, para que isso seja possível, o ensino de matemática deve ocorrer de maneira integrada a um ambiente amplo, complexo e transdisciplinar de pesquisa e resolução de problemas, no qual esta ciência assume a função de ferramenta útil para explicar fenômenos e objetos do mundo. Assim, defende-se que esta é a principal característica da inovação permanente em Educação Matemática.

Por fim, conclui-se que inovação educativa é um processo que propõe a construção de conhecimentos interligados, conectados, que coexistem na realidade dos sujeitos envolvidos no processo educativo e que constituem o todo que compõe essa mesma realidade. Com isto, a adoção pelas escolas de uma perspectiva

inovadora de ensino de matemática integrada a outras áreas do conhecimento, com ênfase no desenvolvimento do pensamento complexo nos alunos, contribui para a formação de sujeitos capazes de construir relações entre o conhecimento matemático aprendido na escola e a realidade na qual eles estão inseridos.

Referências

CISCAR, S. L.; El conocimiento y las creencias de los profesores de matemáticas y la innovación educativa. **Investigación en la Escuela**, Sevilla, v. 1, n. 11, p. 61-69, 1990.

ESCUELA PEDAGOGICA EXPERIMENTAL. **Proyecto educativo institucional (PEI-EPE)**. Bogotá, 2010. 78 p.

FINO, C. N.; Inovação e invariante cultural. In: RODRIGUES, L.; BRAZÃO, P. (Orgs). **Políticas educativas: discursos e práticas**. Funchal: Grafimadeira, 2009, p. 192-209.

GARCÍA, J. E.; A natureza do conhecimento escolar: transição do cotidiano para o científico ou do simples para o complexo? In: RODRIGO, M. J.; ARNAY, J. (Org). **Conhecimento cotidiano, escolar e científico: Representação e mudança – A construção do conhecimento escolar**. São Paulo: Ática, 1998, p. 75-102.

GONZALEZ, M. E. Q.; HASELAGER, F. G.; Raciocínio abduutivo, criatividade e auto-organização. **Cognitio**, São Paulo, v. 1, n. 3, p. 22-31, 2002.

LUCENA, A. M. S.; SARAIVA, E. S. S; ALMEIDA, L. S. C.; A dialógica como princípio transdisciplinar na pesquisa em educação. **Milleniun**, Viseu, v. 1, n. 50, p. 179-196, 2016.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A.; **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. 2. ed. Rio de Janeiro: Epu, 2013.

MACHADO, N. J.; **Matemática e realidade: das concepções às ações docentes**. 8. ed. São Paulo: Cortez, 2013.

MINAYO, M. C. S.; Ciência, técnica e arte: o desafio da pesquisa social. In: MINAYO, M. C. S. (Org.). **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. Petrópolis: VOZES, 2001. p.09-29.

MOLINA, J. A.; Lakatos como filósofo da matemática. **Epistême**, Porto Alegre, v. 1, n. 13, p. 129-153, 2001.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. C.; **Análise textual discursiva**. 2 ed. Ijuí: Unijuí, 2011.

MORIN, E.; **Introdução ao pensamento complexo**. Tradução Eliane Lisboa. 4. Ed. Porto Alegre: Sulina, 2011.

PADERES, A. M.; RODRIGUES, R. B.; GIUSTI, S. R.; Teoria da complexidade: percursos e desafios para a pesquisa em educação. **Revista de Educação**. v. 8, n. 8, p. 01-13, 2005.

SILVEIRA, D. T.; CÓRDOVA, F. P.; A pesquisa científica. In: GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. (Orgs). **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Ufrgs, 2009, p. 31-42.

Luciano Sant’Ana Agne - Doutor em Educação em Ciências e Matemática pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), Professor de Matemática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS).