



Planejamento colaborativo de práticas ambiciosas de ensino de Matemática: reflexões de professores sobre animações e simulações no ensino exploratório

João Carlos Alves Pereira Junior¹

Everton José Goldoni Estevam²

Resumo: Este artigo discute ações e reflexões de dois professores de Matemática ao planejarem, de forma colaborativa e mediada por um pesquisador, práticas de ensino consideradas ambiciosas, envolvendo o Ensino Exploratório de Matemática e animações e simulações no software GeoGebra. Busca-se compreender o que esses professores consideram e o que mobilizam ou desenvolvem nesse processo. Trata-se de uma pesquisa intervenção, cujos dados derivam de entrevistas e encontros de planejamento da prática, os quais constituem duas unidades de análise que focalizam, respectivamente, aspectos salientados e aspectos desenvolvidos ou mobilizados pelos professores. Evidenciam-se, assim, expectativas, crenças e concepções dos professores, bem como ações e reflexões orientadas à integração da tecnologia, as quais foram potencializadas pela perspectiva de ensino assumida. Conclui-se, desse modo, que o planejamento colaborativo constitui boas oportunidades para investigação e compreensão do desenvolvimento profissional docente, e que o *Mathematics TPACK* associado à *Gênese Instrumental* constituem aportes pertinentes para estudos dessa natureza.

Palavras-chave: Educação Matemática. Planejamento. Tecnologia. Gênese Instrumental. *Mathematics TPACK*.

Collaborative planning of ambitious Mathematics teaching practices: teachers' reflections on animations and simulations in exploratory teaching

Abstract: This article discusses actions and reflections of two Mathematics teachers when planning, in a collaborative way and mediated by a researcher, teaching practices considered ambitious, involving Exploratory Mathematics Teaching and animations and simulations in the GeoGebra software. We seek to understand what these teachers consider and what they mobilize or develop in this process. This is an intervention study, whose data derive from interviews and practice planning meetings, which constitute two units of analysis that focus, respectively, on highlighted aspects and aspects developed or mobilized by the teachers. Thus, expectations, beliefs and conceptions of teachers are evidenced, as well as actions and reflections oriented towards the integration of technology, which were enhanced by the assumed teaching perspective. It is concluded, therefore, that collaborative planning constitutes good opportunities for investigation and understanding of teacher professional development, and that Mathematics TPACK associated with Instrumental Genesis constitute relevant contributions to studies of this nature.

Keywords: Mathematics Education. Planning. Technology. Instrumental Genesis.

¹ Mestre em Educação Matemática. Professor da Secretaria de Estado de Educação e do Esporte do Paraná (SEED). Paraná, Brasil. ✉ joaocarlos14jr@gmail.com.br <https://orcid.org/0000-0002-4211-5442>.

² Doutor em Ensino de Ciências e Educação Matemática. Professor do Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática da Universidade Estadual do Paraná (UNESPAR). Paraná, Brasil. ✉ evertonjgestevam@gmail.com.br

<https://orcid.org/0000-0001-6433-5289>.

Mathematics TPACK.

Planificación colaborativa de prácticas ambiciosas de enseñanza de Matemáticas: reflexiones de profesores sobre animaciones y simulaciones en la enseñanza exploratoria

Resumen: Este artículo aborda las acciones y reflexiones de dos profesores de Matemáticas al planificar, de forma colaborativa y mediada por un investigador, prácticas docentes consideradas ambiciosas, involucrando la Enseñanza Exploratoria de las Matemáticas y animaciones y simulaciones en el software GeoGebra. Buscamos comprender lo que estos docentes consideran y lo que movilizan o desarrollan en este proceso. Se trata de una investigación de intervención, cuyos datos derivan de entrevistas y encuentros de planificación de prácticas, que constituyen dos unidades de análisis que se centran, respectivamente, en aspectos destacados y aspectos desarrollados o movilizados por los docentes. Así, se evidencian expectativas, creencias y concepciones de los docentes, así como acciones y reflexiones orientadas hacia la integración de la tecnología, que fueron potenciadas por la perspectiva de enseñanza asumida. Se concluye, por tanto, que la planificación colaborativa constituye buenas oportunidades para la investigación y comprensión del desarrollo profesional docente, y que el *Mathematics TPACK* asociado a Génesis Instrumental constituye aportes relevantes para estudios de esta naturaleza.

Palabras clave: Educación Matemática. Planificación. Tecnología. Génesis Instrumental. *Mathematics TPACK*.

1 Introdução

O planejamento da prática pedagógica do professor influencia suas ações, estratégias e decisões nos processos de ensino e de aprendizagem, o que é intensificado quando essa prática envolve abordagens que favorecem a comunicação e o pensamento matemático dos alunos (CANAVARRO, 2011), articulados com a integração da tecnologia (GAFANHOTO; CANAVARRO, 2014). Nesse contexto, o planejamento realizado pelo professor que ensina Matemática vem sendo discutido amplamente (CANAVARRO, 2011; JAWORSKI *et al.*, 2017; KILPATRICK, SWAFFORD; FINDEL, 2001; SULLIVAN; ZEVENBERGEN; MOUSLEY, 2005; SULLIVAN *et al.*, 2013; SUPERFINE, 2008; STEIN *et al.*, 2008;), sob o pressuposto de que as decisões que se toma no decurso das ações em sala de aula podem refletir nas oportunidades de aprendizagem que se oferece aos alunos.

Assim, este artigo discute ações de dois professores, quando desenvolvem o planejamento de práticas de ensino consideradas ambiciosas, aqui entendidas, com base em Oliveira (2020), como aquelas que promovem novas formas (centradas nos alunos) e abordagens (inovadoras e exigentes) para o ensino de Matemática, com objetivos ambiciosos de aprendizagem, que favorecem a comunicação e tornam

tangível o pensamento matemático dos alunos. Essas práticas se concretizam, nesta investigação, em aulas assentes na elaboração de animações e simulações no software GeoGebra, na perspectiva do Ensino Exploratório de Matemática (CANAVARRO, 2011; CYRINO; OLIVEIRA, 2016; ESTEVAM *et al.*, 2018; PONTE, 2005;). Dessa forma, admitindo como referência aspectos relacionados ao Conhecimento Tecnológico e Pedagógico do Conteúdo de Matemática – *Mathematics TPACK* (NIESS *et al.*, 2009) associados à Gênese Instrumental (RABARDEL, 1995; 2011), objetiva-se compreender o que esses professores consideram nesse processo de planejamento e o que mobilizam ou desenvolvem ao planejar colaborativamente práticas dessa natureza.

2 O planejamento do professor sob diferentes olhares

O planejamento é uma das ações da prática profissional dos professores que relaciona conhecimento do conteúdo ao que se pretende ensinar e ao modo como se pretende conduzir essa prática. É, também, momento para definição de estratégias e recursos (materiais ou instrumentais) que irão auxiliar nesse processo. Para Superfine (2008), o planejamento é uma fase importante na prática do professor, durante a qual ele toma decisões sobre vários aspectos do ensino que, em última análise, moldam as oportunidades de aprendizagem dos alunos. Quando entremeado pela colaboração, o planejamento envolve professores engajados em atividades com objetivos comuns, que favoreçam interações e discussões críticas, com troca de experiências para implementação e resolução de questões desafiadoras, em seu contexto profissional, levando-os a refletir sobre seu papel na escola e na sociedade (JAWORSKI *et al.*, 2017).

Neste sentido, Kilpatrick, Swafford e Findel (2001) acreditam que o planejamento deve refletir uma *consideração profunda e completa* do conteúdo matemático de uma aula, bem como do pensamento e da aprendizagem dos alunos. Os materiais de instrução precisam apoiar os professores em seu planejamento, e os professores precisam de tempo para planejar.

Em se tratando do ensino de Matemática, é indispensável saber os conteúdos matemáticos a ensinar, por uma razão simples: professores que não sabem bem um assunto, provavelmente não terão o conhecimento de que necessitam para auxiliar os alunos a aprenderem esse conteúdo. Contudo, isso não é suficiente para ensinar. O que parece mais importante é compreender e ser capaz de utilizar a Matemática que

o trabalho de ensinar requer (BALL; THAMES; PHELPS, 2008). É fundamental saber como ensinar (SERRAZINA, 2012).

De acordo com o *National Council of Teachers of Mathematics* — Princípios e padrões para matemática escolar (NCTM, 2000), ao planejar aulas, os professores devem se esforçar para organizar a Matemática de forma que as ideias fundamentais formem um todo integrado. O encontro de grandes ideias em diferentes contextos deve ser estabelecido com cuidado, tratando de elementos importantes, como terminologia, definições, notações, conceitos e capacidades que podem emergir no processo. A sequência e coerência entre as unidades e os anos escolares é um desafio. Os professores precisam ser capazes de ajustar e aproveitar as oportunidades para conduzir as aulas em direções imprevistas.

Sullivan, Zevenbergen e Mousley (2005), pesquisando ações que professores podem realizar para melhorar a aprendizagem matemática dos alunos, especialmente daqueles com dificuldade, propuseram um modelo com aspectos orientadores a serem considerados no planejamento e ensino de Matemática, nomeadamente: (a) *normas matemáticas*, que abarcam princípios, generalizações, procedimentos e tarefas que facilitam o envolvimento do aluno em matemática significativa, bem como a sequência das tarefas que permitem interações mais eficientes; e (b) *normas da comunidade matemática*, que incluem favorecer e tornar as interações interpessoais dos estudantes mais dinâmicas bem como enfocar o desenvolvimento de uma comunidade de aprendizagem matemática. Entrevistas com os professores envolvidos indicam que o modelo permite que eles se concentrem no desafio de envolver todos os alunos em explorações matemáticas produtivas e fornecer caminhos, princípios e estratégias para sua realização, aspectos característicos de práticas ambiciosas de ensino (OLIVEIRA, 2020).

Superfine (2008), por sua vez, ao relatar um estudo intensivo sobre planejamento de professores, propõe um modelo que fornece uma maneira de entender como práticas de planejamento dos professores mudam, ou deixam de mudar, ao longo de suas carreiras. Esse modelo inclui três elementos: *materiais curriculares de matemática*; *concepções dos professores*; e *problemas de planejamento*. O termo *problemas de planejamento* refere-se aos relacionamentos entre a experiência dos professores, concepções de ensino e aprendizagem de matemática, e o programa curricular utilizado. Esse modelo tem o intuito de evidenciar,

particularmente, como esses elementos interagem entre si e podem influenciar as decisões de planejamento dos professores.

Por sua vez, Sullivan *et al.* (2013) elaboraram um relatório com foco em documentos orientadores do currículo, referente a um projeto particularmente interessado no modo como os documentos curriculares são interpretados e usados, seus efeitos nas intenções de ação dos professores e, em particular, suas implicações à reconstrução do conhecimento do professor e de suas práticas de ensino. O *conhecimento* e as *intenções do currículo* são considerados centrais para os tipos de decisões que os professores tomam sobre o planejamento.

Por outro lado, Stein *et al.* (2008), ao discutirem cinco práticas para orquestração de práticas pedagógicas baseadas na inquirição e centradas nos alunos (portanto, ambiciosas), sugerem que, normalmente, os professores vão enfrentar desafios que vão além de identificar tarefas bem projetadas e prepará-las adequadamente para serem desenvolvidas em sala de aula. Isso porque, como os caminhos de resolução não são especificados nesse tipo de prática, os alunos tendem a abordá-los de formas particulares e, às vezes, imprevisíveis. Para as pesquisadoras, os professores não devem apenas se esforçar para compreender como os alunos estão entendendo/recebendo a tarefa. É preciso, também, começar a alinhar/organizar as ideias dos alunos e a criar abordagens com entendimento/compreensão dos conceitos e processos sobre a natureza da Matemática. Assim, Stein *et al.* (2008) apresentam um modelo pedagógico que especifica cinco práticas para que os professores possam aprender a usar as respostas dos alunos para essas tarefas, de forma mais eficaz nas discussões, quais sejam: antecipação, monitoramento, seleção, sequenciamento, e fazer conexões entre as respostas dos estudantes. Nesse modelo, a *antecipação*, primeira prática proposta, está diretamente ligada ao planejamento do professor e, consequentemente, gera implicações em relação estreita com as demais. Antecipar exige que os professores, no mínimo, realmente *resolvam as tarefas* matemáticas que planejam apresentar a seus alunos, antevendo e articulando diversas estratégias de resolução. Eles necessitam *colocar-se na posição do aluno* ao resolver a tarefa, *pensar diferentes graus de sofisticação matemática* que os alunos provavelmente produzirão, e considerar maneiras pelas quais podem interpretar de *forma equivocada* os problemas ou ficarem confusos com as situações ao longo do caminho.

3 O planejamento no Ensino Exploratório de Matemática envolvendo tecnologias digitais

O Ensino Exploratório (CANAVARRO, 2011; CYRINO; OLIVEIRA, 2016; ESTEVAM *et al.*, 2018; PONTE, 2005;) contrapõe-se ao ensino tradicional, diretivo ou expositivo, porque busca trazer os alunos para o centro da atividade matemática, com tarefas cognitivamente desafiadoras e exigentes (STEIN *et al.*, 2008). Orquestrar esse tipo de ação em sala de aula não é tarefa simples, pois implementar práticas ambiciosas mediadas pela inquirição, reflexão, comunicação, colaboração demandam ações do professor orientadas a antever obstáculos e desafios possíveis de ocorrência durante a aula (CANAVARRO, 2011; CYRINO; OLIVEIRA, 2016; STEIN *et al.*, 2008;).

Canavarro (2011) indica a prática da antecipação como um dos componentes mais importantes do planejamento da aula de Matemática no Ensino Exploratório.

Ao antecipar, o professor dedica-se a: Prever a interpretação e o envolvimento dos alunos na tarefa; Elencar uma diversidade de estratégias, correctas e incorrectas, que os alunos poderão usar, com diferentes graus de sofisticação; Relacionar essas estratégias com os conceitos, representações, ou procedimentos que quer que os alunos aprendam e/ou com as capacidades que quer que eles desenvolvam (CANAVARRO, 2011, p. 13).

Essa antecipação, ao mesmo tempo que funciona como um planejamento sobre aquilo que pretende desenvolver, também funciona como um preparo para o professor. Ao elaborar um planejamento prévio, ele tem a oportunidade de refletir sobre determinadas ideias, estratégias, procedimentos e representações que os alunos podem utilizar, corretas ou não (CYRINO; OLIVEIRA, 2016). Essas reflexões, no planejamento do professor, devem encaminhar ações nessa perspectiva de ensino, com uma estrutura de aula que, geralmente, ocorre em quatro fases (CANAVARRO; OLIVEIRA; MENEZES, 2014): (i) introdução da tarefa; (ii) realização da tarefa; (iii) discussão da tarefa; e (iv) sistematização das aprendizagens matemáticas.

De acordo com Ponte (2005), neste tipo de prática o professor assume papel de mediador e o aluno de protagonista do seu processo de aprendizagem. Isso porque aprender está relacionado com o fazer e refletir sobre aquilo que se faz. Assim, aprendizagens esperadas não têm natureza reprodutivista ou essencialmente procedural, mas enfocam o raciocínio dos alunos e atribuição de significado ao que se faz, nos aspectos conceituais, procedimentais ou até mesmo atitudinais em

relação à Matemática. Faz sentido, portanto, admitir esse tipo de prática como ambiciosa do ponto de vista didático e pedagógico

Além disso, o professor pode e deve recorrer a recursos tecnológicos digitais para planejar suas aulas na perspectiva do Ensino Exploratório, os quais constituem uma estratégia que pode favorecer e oportunizar a aprendizagem dos alunos (GAFANHOTO; CANAVARRO, 2014). Nesse contexto, tem-se destacado o GeoGebra, que é um software de matemática dinâmica para todos os níveis e modalidades de ensino, o qual reúne geometria, álgebra, planilha de cálculo, gráficos, probabilidade, estatística e cálculos simbólicos. Assim, possibilita construções dinâmicas, com a exploração de diferentes objetos matemáticos, em campos diversos da Matemática.

O aspecto dinâmico do software tem dado possibilidade de interagir com os objetos matemáticos de maneira dinâmica, ou seja, possibilitando modificá-los de maneira contínua e em tempo real. Ademais, essa modificação afeta todas as representações do objeto matemático, cuja apreensão envolve considerar sua característica de multi representação dinâmica do GeoGebra (BASNIAK; PIZZORNO, 2020, p. 14).

Assim, essas modificações possíveis dos objetos matemáticos com uso dos recursos do software configuram-se promissoras (SANTOS; BASNIAK, 2021) e podem favorecer o planejamento, articuladas ao Ensino Exploratório de Matemática. Particularmente, estamos interessados no trabalho envolvendo *animações*, entendidas como modificações realizadas utilizando ferramentas do software GeoGebra que possibilitam atribuir dinamicidade a objetos estáticos; e *simulações*, que consistem em representações de um fenômeno real, do cotidiano ou não, desenvolvidas no software a partir dos recursos disponíveis.

Nesse contexto, em se tratando do ensino com tecnologia, autores como Mishra e Koehler (2006) e Koehler e Mishra (2009), a partir dos estudos realizados por Shulman (1987), discutem as conexões, interações, recursos, condições e restrições da tríade: conteúdo, pedagogia e tecnologia. Assim, acrescenta-se ao *conhecimento do conteúdo* e *conhecimento pedagógico* a componente de *conhecimento tecnológico*, que envolve conhecimento sobre recursos tecnológicos (analógico e digital), modos como o conteúdo é ou pode ser abordado, além de habilidades para operar determinadas tecnologias. Da interrelação entre esses três conhecimentos, os autores definem o *Technological Pedagogical Content Knowledge*

— TPACK, traduzido para a língua portuguesa como Conhecimento Tecnológico e Pedagógico do Conteúdo, o qual refere o conhecimento constituído na amálgama entre conteúdo, pedagogia e recurso tecnológico.

Relacionado à Matemática e a partir das ideias de Rogers (1995), Niess *et al.* (2009) identificaram, em suas investigações, cinco níveis de conhecimento dos professores para integrar uma determinada tecnologia no ensino e na aprendizagem de Matemática, o qual é denominado *Mathematics TPACK*:

- *Reconhecimento* (conhecimento): denotam capacidade para usar e reconhecer o alinhamento da tecnologia com o conteúdo matemático, mas não para integrar tecnologia ao ensino e à aprendizagem de matemática;
- *Aceitação* (persuasão): demonstram atitude favorável ou desfavorável para o ensino e a aprendizagem de Matemática com uma tecnologia apropriada;
- *Adaptação* (decisão): há envolvimento em atividades que conduzem a decisão de adotar ou rejeitar o ensino e a aprendizagem da Matemática com uma determinada tecnologia;
- *Exploração* (implementação): integramativamente o ensino e aprendizagem da Matemática a uma tecnologia apropriada; e
- *Avanço* (confirmação): avaliam os resultados da decisão de integrar o ensino e a aprendizagem da Matemática a uma tecnologia apropriada.

Assim, o *Mathematics TPACK* tem se mostrado uma lente promissora para estudos que discutem o conhecimento do professor para lidar com a integração da tecnologia em contextos diversos (PALIS, 2010), e reconhecer, nesse contexto, a importância do planejamento com objetivos claros e possíveis de serem alcançados (BASNIAK; ESTEVAM, 2018), muito além de abordagens que tratam a tecnologia apenas como complemento em sala de aula (KOEHLER; MISHRA; CAIN, 2013).

Partindo do conhecimento necessário do professor para ensinar com e sobre tecnologia (BASNIAK; ESTEVAM, 2018; KOEHLER; MISHRA, 2009; KOEHLER; MISHRA; CAIN, 2013; MISHRA; KOEHLER, 2006; NIESS *et al.*, 2009; PALIS, 2010), faz sentido pensar a forma como o professor insere os recursos tecnológicos na sua prática pedagógica (BITTAR, 2010) e como os alunos lidam com essa integração (TROUCHE, 2005) nas aulas de matemática. Nesse contexto, aspectos da *Gênese Instrumental* (RABARDEL, 1995; 2011) têm se mostrado adequados para interpretar

esse processo, já que essa perspectiva abarca a *relação entre artefato, esquemas e instrumento*.

Rabardel (1995; 2011) define o *instrumento* como uma entidade mista, do ponto de vista psicológico, que comprehende o *artefato* e a associação de um ou mais *esquemas* de utilização. O *artefato* é o meio material ou simbólico que o sujeito utiliza para atingir seus objetivos. Por sua vez, um *esquema* de utilização comprehende o resultado da adaptação do *artefato* pelo sujeito para uma determinada tarefa, o que dá origem a um possível *instrumento*. Nomeadamente, a Gênese Instrumental consiste no processo de transformação gradativa de um *artefato* em *instrumento*, em que as dimensões de *instrumentalização* e *instrumentação* são de especial interesse.

Na instrumentalização, os *esquemas de uso* envolvem os processos de compreensão do *artefato* pelo professor ao lidar e apropriar-se dos recursos e ferramentas. Na instrumentação, os *esquemas de utilização* ocorrem quando o professor emprega os recursos e ferramentas intencionalmente para pensar a atividade pedagógica, ou seja, aquilo que quer provocar no aluno, que perceba, pense e faça. Entendemos, assim, que a Gênese Instrumental é dinâmica, implicando em ora o *esquema* poder ser de uso, outra de utilização, a depender do usuário e de sua intenção associada ao processo pedagógico.

Sob esse viés, para compreender, investigar e desenvolver o *Mathematics TPACK* que é necessário para o professor integrar a tecnologia no ensino, o processo de Gênese Instrumental, nas dimensões de instrumentação e instrumentalização, pode auxiliar tanto na identificação quanto no avanço dos níveis dos professores. Por outro lado, os níveis de *Mathematics TPACK* do professor podem dar evidências dos processos que comprehende ou quais aspectos considera, relacionados à sua instrumentação e instrumentalização. Do mesmo modo, ao pensar a prática para seus alunos, pode orientar ações assentes nesse processo dual da Gênese Instrumental, com vistas à ampliação de seu conhecimento.

4 Contexto da Investigação: os professores e o planejamento

O presente estudo decorreu do aceite ao convite realizado pelo primeiro autor, em outubro de 2019, a dois professores de Matemática participantes de uma Comunidade de Prática coordenada pelo segundo autor, da qual o primeiro também participa, para desenvolverem conjuntamente práticas ambiciosas de ensino. Esses

professores são identificados por pseudônimos: Pedro, licenciado em Ciências e Matemática; e Diego, licenciado em Matemática. Pedro e Diego são professores experientes e comprometidos com a Educação Básica, atuando como professores dos anos finais do Ensino Fundamental e Ensino Médio da rede pública. Pedro atua na rede estadual do Paraná há 25 anos e, no momento de realização da pesquisa, atuava em um colégio do campo situado na zona rural. Diego já atua na rede estadual catarinense há 10 anos e na rede federal no Estado do Paraná há pelo menos 1 ano (configuração profissional possível por residir em municípios limítrofes) e na realização da pesquisa lecionava em colégios situados na zona urbana.

Após o aceite dos professores, foram negociadas e realizadas, no mês de março de 2020, entrevistas individuais para identificação de suas trajetórias profissionais, o que sabiam/conheciam e suas considerações sobre práticas ambiciosas que, em nosso caso, envolvem o Ensino Exploratório de Matemática, as tecnologias no ensino de Matemática, o software GeoGebra, animações e simulações. Esses aspectos serviram de base para o encaminhamento das ações da pesquisa.

Em virtude da pandemia da Covid-19³, em junho de 2020 foi realizado, via Google meet, o primeiro encontro com os dois professores e o pesquisador, denominado *Encontro de Planejamento*, com o objetivo de acordar alguns encaminhamentos, a partir das percepções das entrevistas inicialmente realizadas. Nesse encontro, foi sugerida a criação de um grupo de mensagens instantâneas (*WhatsApp*) para favorecer a comunicação, envio de materiais e discussões acerca dos encontros. Também foi acordada a leitura do texto de Estevam *et al.* (2018), que aborda o Ensino Exploratório de Matemática e tecnologias digitais no contexto de elaboração da lei dos senos, mediado pelo software Geogebra. Foram apresentadas, ainda, algumas animações e simulações no software GeoGebra, como representações iniciais para encaminhar as interações e subsidiar os diálogos subsequentes.

Todos os materiais foram encaminhados no grupo de mensagens instantâneas, ficando marcado um novo encontro para o final do mês de junho. Nesse encontro, foram discutidas algumas ideias presentes no texto de Valente (1993), que

³ O coronavírus é uma família de vírus comuns (Sars-cov) que causa infecções respiratórias. Um novo agente (Sars-cov2) desse grupo foi registrado em dezembro de 2019, na China, e causou uma doença até então desconhecida que passou a ser chamada de **Covid-19**, ocasionando uma pandemia global com a necessidade de isolamento social que impactou na organização do espaço e da produção de dados da pesquisa.

problematiza o computador como *máquina de ensinar ou ferramenta de ensino*.

Com base nessa discussão, foram problematizadas possibilidades de uso das tecnologias no planejamento de tarefas matemáticas utilizando o software GeoGebra; o Ensino Exploratório de Matemática e o GeoGebra; e a apresentação e o reconhecimento de animações e simulações, com discussões sobre suas semelhanças e diferenças. Isso foi associado à discussão sobre compreensões e o reconhecimento dos objetivos das animações e simulações socializadas, bem como os conteúdos matemáticos abordados, desencadeando reflexões sobre possibilidades de tarefas a serem planejadas.

Durante o mês de julho, pelo grupo de *WhatsApp*, o pesquisador encaminhou mensagens para provocar e estimular os professores a decidirem um conteúdo específico que seria abordado no planejamento na elaboração da tarefa. O professor Diego sugeriu a geometria espacial, nomeadamente o cálculo de área e volume de prismas ou corpos redondos; e o professor Pedro referiu a geometria analítica, com enfoque na abordagem de ponto, reta, plano e circunferência. Com os conteúdos estabelecidos, começaram a pensar possibilidades de animações e simulações para abordá-los. Havia a intenção inicial de que os professores trouxessem sugestões, mas eles não se sentiram seguros e solicitaram que o pesquisador (primeiro autor) apresentasse algumas possibilidades. Esse processo foi conduzido de forma colaborativa (JAWORSKI *et al.*, 2017) para que a prática não tomasse dimensões características do instrucionismo.

Assim, de acordo com os conteúdos escolhidos, foram apresentadas como sugestões duas animações (Paralelepípedos e Bicicleta) e duas simulações (Avião e Roda-Gigante), todas disponíveis on-line. Elas foram adaptadas e sofreram ajustes pelo pesquisador, sendo apresentadas juntamente com protocolos de construção realizadas no GeoGebra 5.0. Os professores visualizaram as animações e simulações e, apesar de considerá-las promissoras, salientaram dificuldades para realizar a discussão e o planejamento das tarefas de forma remota, tendo em conta a alta carga horária de aulas síncronas que vinham realizando mediadas pelo computador e os contextos de organização familiar. Assim, depois de discutir as implicações que o cenário de pandemia impunha, sem a possibilidade de reunião em um colégio ou mesmo na Universidade (já que as atividades presenciais estavam suspensas), foi sugerido pelo pesquisador, com a concordância dos professores participantes, que os

encontros fossem realizados em sua residência, seguindo os protocolos de saúde em vigor. Os demais encontros ocorreram, então, em noites de sextas-feiras, no horário em que os professores demonstraram disponibilidade. No Quadro 1 estão descritas as datas dos nove encontros presenciais de planejamento e respectivas ações desenvolvidas, cada um com duração média de duas horas.

A dinâmica assumida nos 11 encontros — 2 de forma remota (ER) e 9 presenciais (EP) referidos no Quadro 1 — pelo pesquisador e professores promoveu o engajamento, discussão dos saberes, concepções e fazeres da prática do professor, relacionadas à temática de discussão, resultando na elaboração de três tarefas e respectivos planos de ensino⁴. Cabe ressaltar, ainda, que para alinhar ideias e discutir possibilidades, o planejamento, elaboração e sistematização das tarefas também envolveram discussões realizadas no grupo de mensagens instantâneas.

Quadro 1: Encontros presenciais e ações de planejamento colaborativo dos professores

Data	Ações realizadas
14/08/2020	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Estudo: dimensões do Ensino Exploratório de Matemática: <i>inquiry</i>, reflexão, comunicação e colaboração, e o trabalho autônomo dos alunos; ▪ Discussão do <i>framework</i> (quadro) proposto em Cyrino e Teixeira (2016), que associa ações do professor e fases de uma aula na perspectiva exploratória; ▪ Construção e discussão da animação <i>Paralelepípedos</i>.
21/08/2020	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Animação <i>Paralelepípedos</i>: retomada da discussão sobre possibilidades de ações de professor e alunos; ▪ Simulação <i>Avião</i>: construção e discussão.
28/08/2020	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Simulação <i>Roda-gigante</i>: construção e discussão.
11/09/2020	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Elaboração da tarefa <i>Paralelepípedos</i>: quadro de ações de professor e alunos.
18/09/2020	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Elaboração da tarefa <i>Paralelepípedos</i>: quadro de ações de professor e alunos.
25/09/2020	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Plano de ensino tarefa <i>Paralelepípedos</i>.
02/10/2020	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Elaboração da tarefa <i>Avião</i>: quadro de ações de professor e alunos; ▪ Assistir ao vídeo e à discussão da palestra <i>Ensino Exploratório de Matemática e aprendizagem profissional de (futuros) professores</i>.
16/10/2020	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Elaboração da tarefa <i>Avião</i>: quadro de ações de professor e alunos; ▪ Plano de Ensino tarefa <i>Avião</i> (grupo de <i>WhatsApp</i>); ▪ Discussão da tarefa <i>Roda-gigante</i>.
30/10/2020	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Elaboração da tarefa <i>Roda-gigante</i>; ▪ Plano de ensino tarefa <i>Roda-gigante</i>; ▪ Conversa com os professores: percepções e desafios ao longo do planejamento das tarefas (Ensino Exploratório, Animações e simulações no GeoGebra).

Fonte: Os autores, 2020

Desse modo, no presente artigo, examinamos os dados produzidos nas entrevistas individuais e nos 11 encontros realizados. Todos os encontros foram audiogravados, cujas transcrições são complementadas por anotações do caderno de campo do pesquisador.

⁴ As tarefas e respectivos planos podem ser acessados em <https://prppg.unesp.br/geptemate/material-didatico>.

Trata-se de uma pesquisa-intervenção (KRAINER, 2003), cujo enfoque consiste em desenvolver e compreender a prática dos professores colaboradores por meio das intervenções conduzidas pelo pesquisador. As análises foram baseadas em questões que permitem compreender como é, ou o que esses professores consideram nesse processo de planejamento de práticas dessa natureza. Ao mesmo tempo, avalia-se o que é desenvolvido ou mobilizado nesse processo de planejamento colaborativo de práticas ambiciosas, recorrendo aos aspectos da associação da Gênese Instrumental (RABARDEL, 1995; 2011) e do Mathematics TPACK (NIESS et al., 2009) como lentes teóricas das análises.

A partir dos dados produzidos e considerando a perspectiva exploratória envolvendo animações e simulações no software GeoGebra, foram constituídas duas unidades de análise assentes: i) aspectos salientados pelos professores no processo de planejamento; e ii) aspectos desenvolvidos ou mobilizados pelos professores ao desenvolver uma ação colaborativa de planejamento.

5 Aspectos salientados pelos professores no processo de planejamento

Durante os encontros, os professores demonstraram preocupação em *mudar a forma como ensinam Matemática*, e as possibilidades de integrar recursos tecnológicos em suas aulas, partindo de reflexões sobre a necessidade de mudança do ensino considerado tradicional. O episódio a seguir ilustra um exemplo dessa discussão.

Diego: *Ah, o ensino tradicional, não que não seja bom ou que não funcione, funcionou por muito tempo e ainda está funcionando, mas a gente acredita que se utilizar ele [referindo-se ao computador], eu pelo menos acredito, que se utilizar ele como uma ferramenta de ensino, eu acho que os resultados serão melhores.*

Pedro: *É, realmente, o tradicional ele precisa, tem coisas que funcionaram e continuam funcionando, mas a gente não pode parar no tempo [...], antes a gente só tinha quadro e giz, hoje já não é só quadro e giz, estamos passando por um momento em que a gente está se vendo forçado a fazer uso de outras ferramentas [referindo-se à pandemia e à necessidade do uso dos recursos tecnológicos].* (EP-26/06/2020).

A preocupação dos professores, diante do desafio de mudança de sua prática, expõe a insegurança que sentem na utilização/integração da tecnologia, mas que consideram necessária ao exercício da docência, referindo concepções dos professores e problemas de planejamento (SUPERFINE, 2008). Na sequência do excerto, os professores discutem as possibilidades da utilização do GeoGebra para pensar tarefas, expõem a preocupação com o tempo e o conhecimento demandado

no planejamento. Pedro refere, ainda, dificuldade de acesso à tecnologia na realidade onde está inserido e o encantamento dos alunos quando propõe o uso.

Diego: [...] eu vejo que o GeoGebra, o software, é bem completo nesse sentido, pelo que deu para perceber aqui, que para manipulá-lo é possível observar e relacionar variações geométricas e algébricas, que seriam inviáveis utilizando apenas lápis, papel e ferramentas de desenho. Então eu acho que o GeoGebra, pra gente pensar em uma atividade, eu acho ele bem completo, não sei o que vocês pensam.

Pedro: É, eu acho que ele é bem interessante, é uma ferramenta que deve ser usada, a gente tem que, às vezes, incluir, eu não incluo mais porque é falta de conhecimento mesmo, falta de tempo e tal, as coisas, a tecnologia. Falou-se muito que era para diminuir o trabalho, mas na verdade aumenta o teu trabalho, porque você precisa saber muito mais do software para poder ensinar, isso até nos conteúdos normais, você sempre sabe mais para poder ensinar alguém, senão dificilmente você vai conseguir [...]. Às vezes, é mais agradável quando a gente varia, não fica só no quadro, no tradicional, agora vamos para o laboratório, vamos pensar diferente, vamos aprender a usar o GeoGebra, vamos aprender a usar o GeoGebra para facilitar o nosso ensino-aprendizagem, e eles gostam. Eu não sei ali, na realidade do Diego, mas lá, eles não têm acesso, muitos não têm computador, então ir no laboratório de informática, pra eles, é algo fantástico, muitos não têm nem o celular, então, quando fala em ir no laboratório, eles dão um brilho no olho [...].

Diego: Mas eu também compartilho da ideia, desse pensamento do professor Pedro, porque eu também me sinto inseguro mesmo, em trabalhar com o GeoGebra, porque, como você falou, a gente não domina a máquina ali, no caso, e aí, às vezes a gente fica meio inseguro. Você não sabe mexer lá, e se precisar tirar uma dúvida do aluno? Então, essa é uma coisa que me deixa inseguro em utilizar mais vezes, por exemplo, em sala de aula. (EP-26/06/2020)

Os professores referem à necessidade e importância da integração da tecnologia em suas aulas, mesmo com insegurança em relação ao *saber como ensinar* envolvendo conhecimento tecnológico, enunciado como “saber mais para ensinar” em aulas menos expositivas, o que é evidenciado também por Serrazina (2012). Relatam, ainda, falta de acesso dos alunos a componentes materiais (computador, celular), ao mesmo tempo em que apontam o colégio como local de oportunidade para os alunos conseguirem acesso a esses recursos. Entretanto, Pedro parece associar o uso da tecnologia como motivação em suas aulas, sem a necessidade de exploração de conceitos matemáticos, por exemplo.

As intenções dos professores, ao vislumbrarem possibilidades de exploração com o artefato, tendo em conta o dinamismo que ele pode proporcionar às construções, diferente de um ambiente estático (quadro e giz), denotam *compreensões e reflexões* acerca de estratégias e procedimentos que favorecem a aprendizagem dos alunos e, portanto, promissoras ao planejamento. Este aspecto guarda relação com o que Sullivan, Zevenbergen e Mousley (2005) apontam como *normas da comunidade matemática*, que orientam decisões no planejamento com

vistas a favorecer a aprendizagem dos alunos (SUPERFINE, 2008).

Ao mesmo tempo em que os professores lidam com o GeoGebra, discutem a atenção necessária quando do desenvolvimento com os alunos em suas turmas, particularmente com vistas a promover sua participação nessa prática, com a qual não estão habituados, conforme expressa Pedro. “*E ainda mais que a gente quer que eles participem, quer instigar eles, tem isso aqui, também, que tem essa barreira que eles querem, como dizem, fazer conta, só. Daí a gente vai ter que instigar eles, fazer com que pensem, discutam, então tem esse processo*” (EP-25/09/2020).

Em relação às tarefas auxiliarem o desenvolvimento do pensamento matemático dos alunos, a partir de diferentes estratégias de resolução e do favorecimento de sua autonomia (SULLIVAN; ZEVENBERGEN; MOUSLEY, 2005), Diego aponta essa situação de forma positiva: “*Talvez você viu, lá, que o aluno pensou de um jeito que nem você pensou, e aí ele pode explicar*” (EP-25/09/2020). Nesse contexto, Pedro refere suas percepções em relação ao planejamento, ao desenvolvimento da prática envolvendo o Ensino Exploratório de Matemática e as animações e simulações, e o que espera do aluno.

Pedro: [...] Claro, pode ser que ele tenha uma postura diferente e desenvolva mais a questão do raciocínio, a autonomia do aluno. Isso a gente percebe que, com certeza, porque no tradicional ele tem muito menos isso, apesar de que eu era um professor e hoje sou outro, eu dou mais margem para o aluno conversar, questionar mais, eu sou um professor diferente do que eu era. Eu gosto que o aluno fale, valorizo o erro do aluno. Por que você fez assim? Porque, às vezes, ele não fez errado, mas entendeu errado, ele fez um raciocínio. [...] Quando você conversa, instiga o aluno para ele te falar, nossa, flui diferente. Acho que o tradicional é muito limitado nisso, não que não possa, mas é mais limitado. (EP-02/10/2020)

Reflexões como essas oferecem oportunidades de os professores analisarem a forma como estão trabalhando, e como essa mudança impacta sua prática profissional, bem como as oportunidades que uma abordagem centrada no aluno promove para discussões matemáticas em sala de aula, mediadas pela inquirição, reflexão, comunicação e colaboração, conforme apontamentos de Ponte (2005), Canavarro (2011) e Cyrino e Oliveira (2016).

Na simulação que deu origem à tarefa Avião, ao discutir o conteúdo matemático a ser abordado com os alunos, Pedro vislumbra possibilidades de exploração, conforme excerto a seguir.

Pedro: Os conceitos, acho que os básicos: ponto, plano. [...]. O ponto, par ordenado, a questão de saber que passa para cá é positivo, passa para lá é negativo, que (1,2) é uma coisa, que (2,1) é outra, essas coisas básicas mesmo. Que tem uma ordem predeterminada, por isso é par ordenado, segue uma determinada ordem. Acho que essas coisas básicas, iniciais como você falou. O aluno não teve, a gente vai introduzir eixos, abscissas, ordenadas. (EP-02/10/2020)

A preocupação com as decisões acerca do conteúdo matemático e a sequência na sua abordagem sugere a atenção do professor ao currículo (SUPERFINE, 2008) e aos documentos orientadores do ensino da Matemática (SULLIVAN et al., 2013), que estão muito presentes na prática do professor.

Outro ponto salientado por Diego alude o diálogo entre os professores, a experiência do planejamento colaborativo que favorece a prática do professor, em acordo com Sullivan, Zevenbergen e Mousley (2005).: “[...] vivenciar esses momentos foi bom, no sentido de realizar essa troca coletiva de informações; você planejar sozinho é complicado, então, se conseguíssemos planejar em grupo, acho que as coisas andariam bem” (EP-30/10/2020). Nas discussões dos professores, o planejamento colaborativo mostrou-se favorecedor da comunicação, interação e cooperação, e foi considerado condicionante para a melhoria da prática profissional, embora não ocorra nas práticas cotidianas dos professores, seja pela organização curricular, seja pelas políticas de valorização profissional.

A mudança da prática do professor, quando intenta realizar práticas ambiciosas, mostra-se um desafio para os professores:

Diego: Você sair dessa zona de conforto e entrar numa zona de risco, porque ir para o novo, sair dessa zona de conforto, que é trabalhar com o ensino tradicional, onde o professor é o sabe tudo, o aluno só obedece, é dar voz ao aluno. Sair da zona de conforto e entrar numa zona de risco é um desafio para a maioria, então, o Ensino Exploratório faz com que o professor se movimente um pouco mais.

Pedro: É, porque até a logística é diferente, a gente já estava organizando até o tempo, vou chegar, eles vão estar na sala, faço a chamada ou faço no laboratório de informática, como vai ser? Vai estar montado, quem vai montar, ou eu vou antes para montar o equipamento, porque senão o tempo vai ser escasso. Enquanto no anterior, eu vou com minha caixa de giz, meu livro debaixo do braço e acabou [risos]. (EP-30/10/2020)

Neste sentido, a antecipação que ocorre durante o planejamento, prevendo a orquestração necessária da aula (STEIN et al., 2008), é evidenciada como elemento que faz a diferença nesse processo. Entretanto, o tempo necessário para este processo é considerado limitante. De acordo com a visão de Pedro, “não temos tempo

suficiente para estarmos refletindo coisas que são necessárias, já discutimos que deveria ter mais hora-atividade para poder pensar e refletir mais sobre o planejamento” (EP-30/10/2020). A necessidade de tempo adequado para o planejamento também reverbera nos apontamentos de Kilpatrick, Swafford e Findel (2001).

As tarefas e planos elaborados provocaram reflexões dos professores, ao pensar a antecipação em suas ações e intenções com os possíveis questionamentos dos alunos, compreendendo que trazer o aluno para o centro do processo contribui para sua aprendizagem, mesmo com as dificuldades que poderão ocorrer ao longo da aula, seja pela adaptação à nova forma de abordagem ou pela comunicação do professor com os alunos. Para Pedro, “é essencial o aluno falar, se manifestar, não só o professor” (EP-30/10/2020), para que possamos identificar sua dificuldade e o encaminhamento a ser realizado. Nesse contexto, o planejamento antecipado das ações do professor favorece a efetivação da prática e os processos de comunicação.

Desse modo, os professores, ao pensar ações durante o planejamento da prática, salientam a necessidade de instigar a participação dos alunos, prever a comunicação e interação durante a aula, suas expectativas, impressões, crenças e concepções. Estes aspectos dão indícios das suas intenções de proporcionar condições de aprendizagem e desenvolvimento do pensamento matemático dos alunos, que nortearam o planejamento colaborativo da prática em questão. Na próxima seção, são discutidos os aspectos desenvolvidos ou mobilizados pelos professores no planejamento colaborativo.

6 Aspectos desenvolvidos ou mobilizados pelos professores no planejamento

Os aspectos mobilizados (existiam e foram colocados em ação) ou desenvolvidos (sem indicativos de existência prévia) são analisados à luz do processo da sua Gênese Instrumental, nas dimensões de instrumentação e instrumentalização, associado ao *Mathematics TPACK*, com enfoque no avanço dos níveis de conhecimento dos professores.

Provocar os professores a pensar possibilidades para elaboração das tarefas, suas ações e intenções, proporcionou as primeiras reflexões sobre o planejamento, e o uso do software GeoGebra (artefato) para proposição de animações e simulações, conforme ilustra o episódio a seguir.

Pedro: *Você tem uma gama muito maior de possibilidades em um curto espaço de tempo, a partir do momento que você construiu, e daí você vai explorar com os alunos, e quando você desenha no quadro, você faz uma vez, é aquele desenho estático e fixo... está ali, mas tem uma série de variações. Daria para a gente testar isso com as turmas...*

Diego: *Eu vejo que o planejamento dessa tarefa tem que ser muito bem pensado, e como a gente vai fazer para colocar o GeoGebra junto. [...]*

Pedro: *Eu acho que qualquer conteúdo que a gente explorar, vai ser bom.* (EP-26/06/2020)

Os professores denotam níveis diferentes de *Mathematics TPACK*, conforme descrito por Niess et al. (2009), ao mensurarem a integração do artefato em sua prática e destacar seus objetivos para promover a compreensão e a aprendizagem do aluno. Enquanto Pedro indica atuar no nível de *conhecimento*, referindo o uso apenas para facilitar representações e agilizar processos, sem demonstrar preocupação com os conceitos a abordar ao utilizar o GeoGebra, Diego evidencia tal preocupação, sugerindo situar-se no nível de *decisão*.

Ao pensarem abordagens para a animação *Paralelepípedos*, os professores se familiarizaram com o software GeoGebra, instrumentalizando-se pela exploração de suas ferramentas. Ao discutir o roteiro de construção, manipulando o GeoGebra, os comandos e suas implicações, quando atribuem parâmetros aos controles deslizantes e os objetivos da aprendizagem pretendidos, iniciam sua instrumentação, conforme evidencia o episódio abaixo.

Diego: *Nos controles, o mínimo e o máximo podem ser -5 e 5, e o incremento pode ser 0.1?*

Pedro: *Com negativo, aí não dá, com valores negativos.*

Pesquisador: *É, ali eu até coloquei uma observação.*

Diego: *Observar o mínimo?*

Pesquisador: *Isso por que tem que observar o mínimo? É, porque eu estou trabalhando com área, com comprimento, com medida.*

Pedro: *É que aí ele não constrói [referindo-se ao GeoGebra], se for até zero, ele [referindo-se às dimensões do paralelepípedo] vai desaparecer.*

Diego: *Tem que cuidar com o mínimo!*

Pesquisador: *Então, pensem vocês, isso é algo que temos que pensar com os alunos também, quando eles forem trabalhar.*

Diego: *E o incremento pode ser 0.1?*

Pedro: *Pode, se você quiser.*

Diego: É, são coisas que a gente vai ter que se ater. Ah, eu já fiz alguma coisa errada aqui, deixa eu ver. [...] Ah, mas os alunos vão colocar negativo, a maioria. Isso é uma ação já, para a gente pensar. (EP-14/08/2020)

A discussão coletiva dos esquemas de uso (ao manipular a ferramenta controle deslizante) e utilização (ao refletir sobre a intenção de modificar os parâmetros no controle) dá indícios da adaptação do artefato para constituição de um instrumento capaz de estimular a aprendizagem, conforme descrito por Bittar (2010). Percebe-se a empolgação e o engajamento dos professores em pensarem sobre o conteúdo matemático envolvido. Essas ações são importantes para ir muito além de abordagens que tratam a tecnologia apenas como complemento em sala de aula, conforme salientam Koehler, Mishra e Cain (2013). Antecipar como discutir com os alunos o conteúdo matemático, ao testarem possibilidades e identificar possíveis obstáculos para os alunos, evidencia avanços nos níveis de *Mathematics TPACK* dos professores. Esse aspecto contribui para prever ações que devem ser realizadas na construção —, nesse caso, os parâmetros do controle deslizante — para serem evidenciadas e problematizadas na tarefa, que podem mobilizar o entendimento do conceito de medidas de comprimento e área. Essa é uma trajetória necessária para vivenciar o processo de Gênese Instrumental e avançar o *Mathematics TPACK*. Destaca-se, porém, que a resposta dada pelo pesquisador pode ter comprometido a possibilidade de explorar com profundidade a questão, sendo um aspecto complexo que merece cuidado. Em outras palavras, é preciso um alerta constante dos professores que vão planejar colaborativamente, para que não se perca a dimensão da investigação e não se assumam ideias sem a devida discussão.

Na simulação que deu origem à tarefa Avião, o pesquisador provoca os professores a pensarem abordagens, o que origina apontamentos e ideias que se complementam, considerado um aspecto favorável para a Gênese Instrumental dos professores.

Pesquisador: *Como nós abordaremos, vamos pensar... A gente vai começar construindo, então, ele vai abrir o GeoGebra, e vai construir, começar a pensar na construção. Ele segue o roteiro, os questionamentos vêm depois dessa construção da simulação do Avião em movimento. Então, a minha pergunta seria: o que abordar? Quais seriam as perguntas em relação ao avião?*

Diego: *Porque esse é diferente do outro, tem uma paisagem atrás, um cenário na verdade.*

Pesquisador: [...] é uma simulação que vai ter um cenário.

Diego: *Isso, pois é. [...]Pois é, como que nós poderíamos criar algumas questões?*

Pesquisador: *A ideia é essa.*

Diego: *Por que o que acontece, ali com o cenário já pronto, como será que ele vai visualizar?*

Pedro: *Mas ele vai construir!*

Diego: *Assim, talvez...*

Pesquisador: *Como o Pedro falou, ele vai construir, então ele vai...*

Pedro: *Ter visualizado.*

Diego: *Eu penso que, talvez, para gente bolar algumas questões, teria que olhar para os controles deslizantes.*

Pedro: *Relacionar?*

Diego: *É, tipo, mexa lá...*

Pedro: *Veja o que acontece, mexa no controle a ou controle b.*

Diego: *É, porque, o que nós queremos com isso?*

Pedro: *Que relação você observa com a posição do avião, do objeto....*

Diego: *Qual é o nosso objetivo com essa tarefa?*

Pedro: *O que muda quando altera o controle deslizante? Tentar buscar que ele relacione, que consiga ver que aquilo ali é o par ordenado, é a coordenada dele.*

Diego: *Pois é, alguma coisa nesse sentido. O que a gente quer com essa tarefa é mostrar que...*

Pedro: *A geometria analítica, inicial, ali. (EP-02/10/2020)*

Vislumbrar sozinho os questionamentos e ideias presente no excerto não é questão simples, o que evidênciaria a proeminência da dimensão colaborativa da prática à aprendizagem dos professores. Isso parece ter sido enriquecido ao envolver o Ensino Exploratório de Matemática e a tecnologia, de maneira intencional e pedagogicamente articulada. Por sua vez, os aspectos particulares das animações e simulações, que constituem artefatos específicos e suscitam processos de instrumentação e instrumentalização, se articulam em uma ação colaborativa que demonstra avanço potencial dos níveis de conhecimento dos professores envolvidos.

Ao anteverem ações que seriam realizadas e a resolução da tarefa Avião, os professores e o pesquisador voltaram a discutir o que pensavam após o planejamento realizado, mostrando-se entusiasmados e comparando com a dificuldade inicial da primeira tarefa. Ao desenvolverem as possibilidades de como utilizar o software para poder tratar determinado objeto matemático, evidencia-se que o conhecimento se constitui na ação. É possível aprender a trabalhar com o GeoGebra no decurso das ações.

Pedro: *Ficou bem detalhada.*

Pesquisador: *E para desenvolver com os alunos, o que vocês acham?*

Diego: *Eu acho que vai dar boa.*

[...].

Diego: *Eu acho, em termos de dificuldade, que os alunos terão mais na primeira do que nessa. Eu estou me colocando no lugar deles, porque antes de começarmos a fazer a simulação....*

Pedro: *Talvez por que agora a gente já tem uma ideia.*

Diego: *É, a gente já está acostumado.*

Pedro: *Passou a primeira, já quebra algumas coisas, até no mexer no GeoGebra.*

Diego: *Conhecer. Aparentemente, parece que será assim.* (EP-16/10/2020)

O excerto evidencia a expectativa sobre como os alunos vão lidar com o artefato, comparando com a dificuldade que os próprios professores tiveram e que foram superando ao mobilizar esquemas de uso, bem como as discussões de abordagem com intencionalidade pedagógica, desenvolvendo esquemas utilização. Isso possibilitou reflexões dos professores sobre estratégias diversas a que os alunos poderão recorrer no decurso da realização da tarefa em sala de aula, enriquecendo o processo de antecipar.

Algo semelhante foi manifestado no processo de elaboração da tarefa *Roda Gigante* e respectivo quadro de antecipação, quando os professores salientaram que estavam mais acostumados a lidar com o GeoGebra, e que isso se evidenciaria com os alunos também. Essas afirmações indicam que desenvolveram sua instrumentalização, ao saber lidar com o GeoGebra, e sua instrumentação, ao pensar outros empregos com intencionalidade pedagógica, favorecendo o desenvolvimento dos seus níveis de *Mathematics TPACKS*.

Diego: *Eu achei que ficou muito bom.*

Pedro: *Acho que vai ser como nós que construímos, eles vão ter mais desenvoltura para fazer.*

Diego: *É a terceira, já.*

Pedro: *Nós tivemos [referindo-se à instrumentalização e instrumentação] por estar mais adaptados ao software, já tínhamos feito as duas primeiras, acho que vai ser mais tranquila de eles realizarem. Até manipular o GeoGebra, principalmente, a questão do conteúdo não, mas a construção, acredito que vai ser mais tranquila. E até a observação de algumas coisas, porque vamos estar instigando eles nas primeiras, e a tendência é que na última eles estejam um pouco mais ligados na forma de trabalhar, com a questão do anotar, a gente vai ter que insistir nas primeiras, mas depois eles já vão estar mais ligados nessas questões.*

Diego: *Com certeza. Acho que ficou bem didática, de fácil observação na hora de visualizar a equação. Achei que ficou bem claro, no geral.* (EP-30/10/2020)

Essa ação que ocorreu não é espontânea e natural, não parte só da vontade e disponibilidade dos professores, mas de um processo de construção coletiva, de pensarem juntos suas ações, refletir, ir e voltar, até que se encontrasse um caminho em que se sentissem minimamente seguros, tornando possível avançar. Os professores passaram a vislumbrar possibilidades, superaram o receio e o medo inicial, ampliaram suas percepções para perspectivar tarefas mais ricas e complexas, com enfoque na compreensão e nos processos matemáticos associados às possibilidades oferecidas pelo software GeoGebra. Dessa forma, ao mesmo tempo em que criam condições favoráveis para práticas de ensino mais ambiciosas, o desenvolvimento da instrumentação e instrumentalização dos professores denotam avanços no *Mathematics TPACK*, com indícios do nível de *confirmação*.

Ao elaborar as tarefas, as ações dos professores, em relação ao artefato que passou a *status* de instrumento, favoreceram o planejamento e proporcionaram o processo de instrumentalização associado à instrumentação, quando da manipulação do software, utilização das suas ferramentas, bem como do relacionamento delas com o conhecimento e conteúdo matemático que se desejava explorar com os alunos. Ao mobilizarem diferentes esquemas de utilização, individual ou coletivamente, ao propor e avaliar estratégias, e assim, discutir possíveis obstáculos a serem enfrentados, considerando os possíveis limites do software, ocorreu o processo de instrumentação associado à instrumentalização.

Isso ocorreu ao longo de todo processo de planejamento, consideradas as possibilidades de contínuo aprimoramento, resultando em três tarefas e respectivos planos de ensino. Ao compreender o funcionamento e os recursos do software GeoGebra, com emprego intencional para abordar a geometria espacial e analítica, foram desenvolvidos esquemas de utilização. Por outro lado, o nível de conhecimento do professor evolui ao lidar com o software, especialmente ao desenvolver esquemas de utilização que lhes dão condição para vislumbrar práticas pedagógicas possíveis de serem desenvolvidas com seus alunos. Porém, avançar sozinho nesses níveis de conhecimento não é simples, e ratifica o potencial de contextos colaborativos para ampliar possibilidades, perspectivas, visões, experiências e, assim, possibilitar avanços nos níveis de *Mathematics TPACK* dos professores, o que vai se evidenciar nos processos de instrumentação e instrumentalização vivenciados e vislumbrados como promissores aos alunos, em suas práticas pedagógicas.

7 Conclusões e Considerações Finais

Ao longo deste artigo, discutimos as ações e reflexões de dois professores de Matemática ao planejarem colaborativamente práticas ambiciosas de ensino, envolvendo a elaboração de animações e simulações no software GeoGebra, na perspectiva do Ensino Exploratório de Matemática, com o objetivo de compreender o que esses professores consideram e o que mobilizam ou desenvolvem ao planejar colaborativamente práticas dessa natureza. Recorremos à associação da Gênese Instrumental (RABARDEL, 1995; 2011) e do *Mathematics TPACK* (NIESS *et al.*, 2009) para analisar essa trajetória.

Nesse sentido, os professores salientam a necessidade de repensar a sua prática, sair da zona de conforto, mudar, mesmo que gradativamente, as abordagens tradicionais de ensino, com aulas menos expositivas, para que possam envolver os alunos, desenvolver sua autonomia e o pensamento matemático. Destacam, ainda, a atenção que é preciso ter com o currículo, mostrando-se preocupados com os conteúdos matemáticos a serem abordados. Em relação à integração da tecnologia, os professores relatam que não a utilizam muito, devido ao conhecimento que consideram necessário, insegurança, e tempo demandado ao planejamento. Isso decorre da falta de políticas de valorização profissional, e evidencia a necessidade de formação profissional continuada e efetiva. Para propor (e realizar) práticas ambiciosas de ensino, os professores julgam necessário instigar os alunos a participar, levá-los à reflexão, ao invés de priorizar processos mecânicos e *memorísticos*, que refletem uma concepção de Matemática assente em realizar cálculos. Por outro lado, relatam que o planejamento colaborativo constituiu uma experiência que favorece o diálogo, a interação e a cooperação. Esses aspectos salientados pelos professores se alinham às discussões que vêm sendo realizadas sobre o planejamento (CANAVARRO, 2011; KILPATRICK, SWAFFORD; FINDEL, 2001, STEIN *et al.*, 2008; SULLIVAN; ZEVENBERGEN; MOUSLEY, 2005; SULLIVAN *et al.*, 2013; SUPERFINE, 2008;) com a integração de tecnologia (BASNIAK; ESTEVAM, 2018; BITTAR, 2010; GAFANHOTO; CANAVARRO, 2014;) para a efetivação dos processos de ensino e de aprendizagem.

Complementarmente, ao planejar de forma colaborativa, os professores mobilizam a percepção da necessidade de tarefas de natureza exploratória com tecnologia, com objetivos claros e tangíveis, nas quais o professor tem papel de

mediador e o aluno de protagonista. Nesse processo, desenvolveram compreensões sobre a necessidade de antecipar suas ações no planejamento, com discussões e exploração de estratégias para envolver os alunos na aula, bem como para facilitar a identificação de dificuldades e encaminhamentos a serem realizados, o que é característico de práticas ambiciosas de ensino (OLIVEIRA, 2020).

Com a elaboração das simulações e animação no software GeoGebra, no processo de sua Gênese Instrumental, os professores desenvolveram esquemas e passaram a vislumbrar possibilidades de exploração e emprego pedagógico desse tipo de prática no ensino de Matemática. Nas dimensões de instrumentação e instrumentalização, demonstraram entusiasmo e destacaram as simulações e animação como promissoras para a compreensão de conceitos e relações matemáticas, bem como ao engajamento dos alunos. Apontaram a dificuldade inicial que tiveram, mas que superaram à medida que se familiarizaram com o artefato (desenvolvendo esquemas de uso), adaptaram-se e vislumbraram estratégias de resolução com intencionalidade pedagógica (desenvolvendo esquemas de utilização). Assim, passaram a considerar intencionalmente o software, a partir de suas possibilidades de exploração, avançando em seus níveis de *Mathematics TPACKS*, dando indícios do nível de *confirmação*.

Nesse contexto, a perspectiva do Ensino Exploratório de Matemática mediada pela inquirição, reflexão, comunicação e colaboração contribuiu para as reflexões e ações realizadas pelos professores no planejamento colaborativo. Dessa forma, ela constitui uma prática ambiciosa de ensino ao focalizar o raciocínio do aluno e almejar aprendizagens complexas e diversas, associadas à integração da tecnologia. As dimensões que sustentam o Ensino Exploratório favoreceram a integração da tecnologia, pois os professores precisaram antever encaminhamentos a serem realizados com os alunos priorizando aspectos investigativos, comunicativos, reflexivos e colaborativos. Assim, a animação e as duas simulações desenvolvidas no software GeoGebra constituíram propostas pedagógicas, com potencial para permitir/promover a aprendizagem matemática. As reflexões e ações, durante o planejamento colaborativo, propiciaram a articulação das componentes do conhecimento: conteúdo, tecnologia e pedagogia, e promoveram possibilidades diversas no que diz respeito ao conhecimento sobre o artefato em si, bem como sobre esquemas de utilização.

Destarte, ao avançar nos níveis de conhecimento e repensar suas práticas, os professores evidenciaram, de maneira associada, as dimensões de instrumentação e instrumentalização, ao longo de todo o processo, em especial, sobre os esquemas de utilização associados ao artefato (software GeoGebra), que passou ao *status* de instrumento, para um determinado conteúdo matemático (geometria espacial e analítica) e didático-pedagógico (elaboração das tarefas e planos de ensino).

Portanto, conclui-se que, embora planejar práticas ambiciosas seja complexo, especialmente para professores pouco familiarizados com essa dinâmica, é possível concretizá-las, tendo em conta a interação e cooperação que ocorreram durante o planejamento colaborativo, de modo a superar os desafios e transcender crenças e concepções relacionadas ao processo pedagógico. Ao focalizar a integração da tecnologia, pensar e antecipar ações a serem empreendidas tornam possível compreender o que se considera e perceptível o desenvolvimento e avanço nos níveis de conhecimento do *Mathematics TPACK* dos professores, associado à instrumentação e instrumentalização, que conduzem os professores a (re)pensar sua prática, considerando toda sua complexidade multifacetada.

Agradecimento

Agradecemos aos professores participantes, ao CNPq pelo auxílio concedido (Proc. 440517/2019-2), e ao PRPGEM e à Capes pelo auxílio para esta publicação (PROAP/Capes/PRPGEM).

Referências

- BALL, D. L.; THAMES, M. H.; PHELPS, G. Content Knowledge for Teaching: What Makes It Special? *Journal of Teacher Education*, v. 59, n. 5, p. 389-407, nov. 2008.
- BASNIAK, M. I.; ESTEVAM, E. J. G. Conhecimento tecnológico e pedagógico de matemática revelado por professores quando relatam suas práticas. *Amazônia*, Belém, v. 14, n. 31, p. 3-21, mar./out. 2018.
- BASNIAK, M. I.; PIZZORNO, S. R. (Orgs.). **Perspectivas teórico-metodológicas em pesquisas que envolvem tecnologia na Educação Matemática:** o GeoGebra em foco. São Paulo: Pimenta Cultural, 2020.
- BITTAR, M. A incorporação de um software em uma sala de matemática: uma análise segundo a abordagem instrumental. In: JAHN, A. P.; ALEVATTO, N. S. G. (Org.). **Tecnologias e Educação Matemática:** ensino, aprendizagem e formação de professores. Recife: SBEM, 2010. p. 209-226.
- CANAVARRO, A. P. Ensino Exploratório da Matemática: práticas e desafios. *Educação e Matemática*, Lisboa, n. 115, p. 11-17, dez. 2011.

CANAVARRO, A. P.; OLIVEIRA, H. M.; MENEZES, L. Práticas de ensino exploratório da Matemática: Ações e intenções de uma professora. In: PONTE, J. P. (Org.). **Práticas Profissionais dos Professores de Matemática**. Lisboa: IEUL, 2014. p. 217-236.

CYRINO, M. C. C. T.; OLIVEIRA, H. M. Ensino Exploratório e casos multimídia na formação de professores que ensinam matemática. In: CYRINO, M. C. C. T. (Org.). **Recurso multimídia para a formação de professores que ensinam matemática: elaboração e perspectivas**. Londrina: EDUEL, 2016. p.19-32.

CYRINO, M. C. C. T.; TEIXEIRA, B. R. O Ensino Exploratório e a elaboração de um framework para os casos multimídias. In: CYRINO, M. C. C. T. (Org.). **Recurso multimídia para a formação de professores que ensinam matemática: elaboração e perspectivas**. Londrina: EDUEL, 2016. p.81-100.

ESTEVAM, E. J. G. *et al.* Ensino Exploratório de Matemática e 0Tecnologias Digitais: a elaboração da lei dos senos mediada pelo software GeoGebra. **Acta Scientiae**, Canoas, v. 20, n. 3, p. 342-358, mai./jun. 2018.

GAFANHOTO, A. P; CANAVARRO, A. P. A adaptação das tarefas matemáticas: Como promover o uso de múltiplas representações. In: PONTE, J. P. (Org.). **Práticas Profissionais dos Professores de Matemática**. Lisboa: IEUL. 2014, p. 113-134.

JAWORSKI, B. *et al.* Mathematics teachers working and learning through collaboration. In KAISER, G. (Ed.). **Proceedings of the 13th International Congress on Mathematical Education**. ICME-13 Monographs. Hamburg: Springer, 2017. p. 261-276.

KILPATRICK, J.; SWAFFORD, J.; FINDELL, B. (Eds.). **Adding it up: Helping children learn mathematics**. Washington, DC: National Academy Press, 2001.

KOEHLER, M. J.; MISHRA, P. What is technological pedagogical content knowledge? **Contemporary Issues in Technology and Teacher Education**, v. 9, n. 1, p. 60-70, 2009.

KOEHLER, M. J.; MISHRA, P.; CAIN, W. What is technological pedagogical content knowledge (TPACK)? **Journal of Education**, Boston, v. 193, n. 3, p. 13-19, 2013.

KRAINER, K. Team, communities & networks. **Journal of Mathematics Teacher Education**, v. 6, n. 2, p. 93-105, jun. 2003.

MISHRA, P.; KOELHLER, M. J. Technological pedagogical content knowledge: a framework for teacher knowledge. **Teachers College Record**, Malden, v. 108, n. 6, p. 1017-1054, 2006.

NATIONAL COUNCIL OF TEACHERS OF MATHEMATICS. **Principles and standards for school mathematics**. Reston, VA, 2000.

NIESS, M. L. *et al.* Mathematics teacher TPACK standards and development model. **Contemporary Issues in Technology and Teacher Education**, v. 9, n. 1, p. 4-24, 2009.

OLIVEIRA, H. M. **A prática e as representações da prática na formação do (futuro)**

professor de Matemática. Publicado no Canal CIEspMat no Youtube. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=ZI5_NjvOX10. Acesso em: 15 out. 2020.

PALIS, G. L. R. O conhecimento tecnológico, pedagógico e do conteúdo do professor de Matemática. **Educação Matemática Pesquisa**, São Paulo, v. 12, n. 3, p. 432-451, 2010.

PONTE, J. P. Gestão curricular em matemática. In: GTI (Ed.). **O professor e o desenvolvimento curricular**. Lisboa: APM, 2005. p. 11-34.

RABARDEL, P. **Les hommes et les technologies:** aproche cognitive des instrumentns contemporains. Paris: Armand Colin, 1995.

RABARDEL, P. **Los hombres y las tecnologías:** visión cognitiva de los instrumentos contemporáneos. Tradução de Martín Eduardo Acosta Gempeler. Colombia: Universidad Industrial de Santander, 2011.

ROGERS, E. M. **Diffusion of innovations**. New York: Free Press, 1995.

SANTOS, L. P.; BASNIAK, M. I. Construção de cenários animados por alunos com indicativos de altas habilidades/superdotação como atividade Matemática. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, São Paulo, v. 12, n. 3, p. 1-20, 2021.

SERRAZINA, M. L. M. Conhecimento matemático para ensinar: papel da planificação e da reflexão na formação de professores. **Revista Eletrônica de Educação**, São Carlos, v. 6, n. 1, p. 266-283, mai. 2012.

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

STEIN, M. K. *et al.* Orchestrating productive mathematical discussions: five practices for helping teachers move beyond show and tell. **Mathematical Thinking and Learning**, v. 10, n. 4, p. 313-340, 2008.

SULLIVAN, P. *et al.* Process and priorities in planning Mathematics teaching. **Mathematics Education Research Journal**, v. 25, n. 4, p. 457-480, Dec. 2013.

SULLIVAN, P.; ZEVENBERGEN, R.; MOUSLEY, J. Planning and teaching mathematics lessons as a dynamic, interactive process. In: CHICK, H. L.; VINCENT, J. L. (Eds.). **Proceedings of the 29 th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education**. Melbourne: PME, 2005. p. 249-256.

SUPERFINE, A. C. Planning for mathematics instruction: a model of experienced teachers' planning processes in the context of a reform mathematics curriculum. **The Mathematics Educator**, Georgia, v. 18, n. 2, p. 11–22, 2008.

TROUCHE, L. An instrumental approach to mathematics learning in symbolic calculators environments. In: GUIN, D.; RUTHVEN, K.; TROUCHE, L. (Eds.). **The didactical challenge of symbolic calculators:** Turning a computational device into a mathematical instrument. New York: Springer, 2005. p. 137-162.

VALENTE, J. A. Diferentes usos do computador na educação. **Em Aberto**, Brasília, v. 12, n. 57, p. 1-16, jan./mar. 1993.