

O Professor, os recursos digitais e a Abordagem Documental do Didático: uma tríade a ser considerada na Engenharia de Softwares Educativos

The Teacher, digital resources and the Documentary Approach to Didactics: a triad to be considered in Educational Software Engineering

El Docente, los recursos digitales y el Enfoque Documental de la Didáctica: una tríada a considerar en la Ingeniería del Software Educativo

Ricardo Tiburcio dos Santos¹

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

<https://orcid.org/0000-0001-8601-3993>

Marilena Bittar²

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

<https://orcid.org/0000-0001-9989-7871>

Resumo

Discute-se neste texto a possibilidade de articulação teórica entre a Abordagem Documental do Didático e a Engenharia Didático-Informática no contexto da criação e utilização de recursos tecnológicos digitais para auxiliar as atividades docentes. Tal conexão é fruto da percepção da importância de considerar a gênese documental do professor como processo que contribui para a engenharia do artefato que este profissional pretende inserir em sua prática. O objetivo deste texto é destacar as contribuições da Abordagem Documental do Didático para a melhoria da produção de artefatos tecnológicos digitais voltados para o ensino da matemática. Tem-se como hipótese que o professor realiza avaliações, adaptações e combinações para inserir um novo recurso em suas aulas. São essas tarefas e os dados levantados por este profissional que interessam à engenharia de software, uma vez que neste momento o professor assume o papel de designer de recursos. É esta experiência, analisada à luz da Abordagem Documental do Didático, que deve contribuir para o desenvolvimento de software educativo na perspectiva da Engenharia Didático-Informática, como buscamos mostrar neste texto.

¹ rico.tiburcio@gmail.com

² marilenabittar@gmail.com

Palavras-chave: Abordagem documental do didático, Engenharia didático-informática, Recursos, Engenharia de softwares educativos, Professor.

Abstract

This text discusses the possibility of a theoretical articulation between the Didactic Documentary Approach and Didactical-Computational Engineering in the context of the creation and use of digital technological resources to assist teaching activities. Such connection is the result of the perception of the importance of considering the professor's documentational genesis as a process that contributes to the engineering of the artifact that this professional intends to insert in his/her practice. The aim of this text is to highlight the contributions of the Documentational Approach to Didactics to improve the production of digital technological artifacts aimed at teaching mathematics. It is hypothesized that the teacher performs assessments, adaptations, and combinations to insert a new resource in their classes. These tasks and the data collected by this professional are of interest to software engineering, since at that moment the teacher assumes the role of a resource designer. This experience, analyzed in the light of the Documentational Approach to Didactics should contribute to the development of educational software from the perspective of Didactical-Computational Engineering, as we seek to show in this text.

Keywords: Documentational approach to didactics, Didactical-Computational engineering, Resources, Educational software engineering, Teacher.

Resumen

En este trabajo se discute la posibilidad de articulación teórica entre el Enfoque Documental de lo Didáctico y la Ingeniería Didáctica en el contexto de la creación y uso de recursos tecnológicos digitales de apoyo a la actividad docente. Esta conexión es el resultado de la percepción de la importancia de considerar la génesis documental del profesor como un proceso

que contribuye a la ingeniería del artefacto que este profesional pretende insertar en su práctica. El objetivo de este texto es destacar las aportaciones del Enfoque Documental de lo Didáctico para mejorar la producción de artefactos tecnológicos digitales para la enseñanza de las matemáticas. La hipótesis es que el profesor realiza evaluaciones, adaptaciones y combinaciones para insertar un nuevo recurso en sus clases: son estas tareas y los datos recogidos por este profesional los que interesan a la ingeniería de software, ya que en este momento el profesor asume el papel de diseñador de recursos. Es esta experiencia, analizada a la luz del Enfoque Documental de lo Didáctico, la que debe contribuir al desarrollo de software educativo en la perspectiva de la Ingeniería Didáctica, como pretendemos mostrar en este texto.

Palabras clave: Enfoque documental de la didáctica, Ingeniería didáctica-informática, Recursos, Ingeniería de software educativo, Profesor.

Résumé

Ce texte traite de la possibilité d'articulation théorique entre l'Approche Documentaire du Didactique et l'Ingénierie Didactique-Informatique dans le cadre de la création et de l'utilisation de ressources technologiques numériques au service des activités d'enseignement. Une telle articulation résulte de la perception de l'importance de considérer la genèse documentaire du professeur comme un processus qui contribue à l'ingénierie de l'artefact que ce professionnel veut insérer dans sa pratique. L'objectif de ce texte est de mettre en évidence les apports de l'Approche Documentaire du Didactique pour améliorer la production d'artefacts technologiques numériques destinés à l'enseignement des mathématiques. Nous avons l'hypothèse que l'enseignant réalise des évaluations, des adaptations et des combinaisons pour insérer une nouvelle ressource dans ses classes : ce sont ces tâches et les données soulevés par ce professionnel qui intéressent à l'ingénierie de software, puisqu'à ce moment l'enseignant assume le rôle de concepteur de ressources. C'est cette expérience, analysée à la lumière de l'Approche Documentaire du Didactique, qui doit contribuer au développement de logiciels

pédagogiques dans la perspective de l'Ingénierie Didactique-Informatique, comme nous cherchons à montrer dans ce texte.

Mots-clés : Approche documentaire du didactique, Ingénierie didactique informatique, Ressource, Ingénierie de logiciel éducatif, Enseignant.

O Professor, os recursos digitais e a Abordagem Documental do Didático: uma tríade a ser considerada na Engenharia de Softwares Educativos

O desenvolvimento de softwares educativos envolve fatores que vão além da Engenharia de Software e da Educação. A engenharia de tecnologias digitais que contribuem para a didática de conteúdos matemáticos é um campo científico que deve reunir elementos situados na articulação de diferentes disciplinas. Entretanto, ao se observar os métodos utilizados para desenvolver softwares educativos percebeu-se a lacuna de um referencial teórico-metodológico que aliasse as contribuições teóricas das áreas de ensino e de aprendizagem vinculadas aos processos da Engenharia de Software (Tiburcio, 2020). A percepção dessa lacuna gerou estudos e investigações, e uma resposta à problemática do desenvolvimento de softwares educativos foi apresentada: a Engenharia Didático-Informática - EDI (Tiburcio, 2020; Tiburcio & Bellemain, 2018; Tiburcio, 2016; Silva, 2016). A EDI é uma metodologia para a produção de softwares educativos que tem por finalidade desenvolver artefatos digitais articulando os procedimentos metodológicos de duas engenharias: A Engenharia Didática (Artigue; 1996, 2002, 2009) e a Engenharia de Softwares (Bourque & Fairley, 2014; Sommerville, 2011). Assim, de modo resumido, podemos dizer que com a EDI buscamos desenvolver recursos digitais que respondam às seguintes questões: Como desenvolver softwares que atendam as especificidades dos conhecimentos matemáticos? Como criar recursos que contribuam efetivamente para a atividade docente de ensinar? Quais características um artefato tecnológico deve possuir para auxiliar a aprendizagem do estudante?

Em continuidade ao estudo de desenvolvimento da EDI, em pesquisa de Pós-Doutorado, uma nova fase foi idealizada: observar o trabalho do professor ou futuro professor que busca conhecer um novo recurso digital para utilizar em sua prática docente. Consideramos que estes profissionais realizam um estudo básico das possibilidades, insuficiências, modos de utilização e contribuições, de modo geral, para o ensino e para a aprendizagem do estudante.

Assim, percebeu-se a relevância da participação docente no processo de melhoria dos softwares desenvolvidos e na engenharia a qual essas tecnologias foram submetidas.

Observando as práticas dos professores, percebe-se que na medida em que os docentes avaliam e utilizam softwares educativos, observando as contribuições e avanços, bem como as limitações das tecnologias em situações de ensino, surgem formas particulares de utilização desses recursos, visto que os professores realizam adaptações, contextualizações, reformulam as situações para adequar as realidades de seus estudantes. Desse modo, ao ser considerada a Abordagem Documental do Didático (Gueudet & Trouche, 2008) o olhar para a avaliação do software terá foco na apropriação do recurso pelo professor e como essa apropriação é favorecida (ou não) com a engenharia que o software foi produzido, a Engenharia Didático-Informática. A ADD é voltada para a compreensão do trabalho docente, quanto à apropriação e transformação dos recursos. Esta abordagem procura compreender o trabalho do professor fundamentada na noção de recursos e de gênese documental considerando o trabalho docente em sua especificidade e em sua continuidade (Bellemain & Trouche, 2016).

Toma-se como hipótese que a relevância da ADD para a engenharia de software está na análise dos dados produzidos pelo professor enquanto se apropria dessa tecnologia na tentativa de integrá-la à sua prática docente. As impressões e percepções dos usuários podem ser analisadas com a utilização deste referencial: a apropriação do recurso, as dificuldades de utilização, as possibilidades de ensino e de aprendizagem, os retornos nos momentos de aula, tanto do usuário que ensina com o recurso quanto do usuário que aprende com ele.

Com isso, tem-se como objetivo central deste texto apresentar a articulação entre a Abordagem Documental do Didático e a Engenharia Didático-Informática com o intuito de compreender contribuições e lacunas da engenharia de software no processo de gênese documental do professor. Este é um artigo teórico, discutem-se aqui pesquisas concluídas e em

andamento sobre a utilização e desenvolvimento de recursos tecnológicos educativos e as contribuições da Abordagem Documental do Didático para a engenharia de software.

Conceitos elementares

Na perspectiva da utilização de recursos (digitais e de outras naturezas) para o ensino de conteúdos matemáticos, pesquisadores (Trouche, Gueudet, Pepin, Rocha, Assis & Iglioni; 2020; Rocha, 2020; Rocha & Trouche, 2016; Bellemain & Trouche, 2016) se debruçam em investigar características da gênese documental de professores com o objetivo de compreender as evoluções profissionais, em que a atenção da pesquisa é focada nos recursos, na sua apropriação e transformação pelo professor ou por um grupo de professores que trabalham em conjunto.

Gueudet e Trouche (2009) ancoram-se nos conceitos de artefato e instrumento definidos por Rabardel (1995) na Abordagem Instrumental - AI. Este autor considera os artefatos como meio cultural e social proporcionado pela atividade humana e que são criados para mediar outra atividade humana. Como exemplos, uma bicicleta, um computador, são artefatos, uma determinada língua de um povo também. A constituição de um instrumento pelo sujeito se dá na ação, em uma atividade direcionada a objetivos determinados: o instrumento é construído a partir do artefato, por um sujeito, por meio de sua atividade.

Um instrumento resulta de um processo, denominado gênese instrumental, por meio do qual o sujeito constrói um esquema de utilização do artefato, para uma dada classe de situações. Um esquema, como Vergnaud (1998) definiu a partir de Piaget, é uma organização invariante de atividade para uma determinada classe de situações. Compreende objetivos e sub-objetivos, antecipações, regras de ação, de coleta de informações e de controle, e possibilidades de inferências. É estruturado por invariantes operacionais, que consistem em conhecimento implícito construído através de vários contextos de utilização do artefato. Representamos esta distinção pela fórmula: Instrumento = Artefato + Esquema de Utilização (Gueudet & Trouche, 2009, pp. 204, tradução nossa³).

³ Texto original: An instrument results from a process, named instrumental genesis, through which the subject builds a scheme of utilization of the artifact, for a given class of situations. A scheme, as Vergnaud (1998) defined it from Piaget, is an invariant organization of activity for a given class of situations. It comprises goals and

Rabardel (1995) distingue dois tipos de esquemas (Vergnaud, 1998), os de uso, relativos ao desenvolvimento/conhecimento do artefato pelo sujeito, e os de ação instrumentada, relativos à ação principal do sujeito, como quando um professor desenvolve esquemas para o uso de um software visando ensinar um determinado conteúdo. Rabardel caracteriza, assim, dois processos, a instrumentalização e a instrumentação, que definem o que este autor denomina de gênese instrumental.

De acordo com Trouche et al (2020, p. 3) o desenvolvimento da AI deu-se em um período em que as problemáticas de integração de tecnologias no trabalho docente envolviam uma ferramenta única, a exemplo: calculadoras, softwares de cálculo ou de geometria dinâmica. Para esses autores, “ficou claro que a abordagem instrumental não era mais suficiente para dar conta do fato de que os professores estavam cercados por uma profusão de recursos variados”. É nessa perspectiva que foi desenvolvida a Abordagem Documental do Didático.

O termo recurso é utilizado por Gueudet e Trouche (2009, p. 205, tradução nossa⁴) para enfatizar a variedade de artefatos considerados: um livro didático, uma parte de um software, uma folha do caderno do estudante, uma discussão com um colega, etc. Para esses autores, “um recurso nunca é isolado; Ele pertence a um conjunto de recursos”. Trouche et al (2020) distinguem “recursos curriculares”, aqueles criados com fins didáticos, tais como um livro didático, documentos oficiais e recursos digitais (como softwares educativos e sites), de recursos que não têm finalidade de ensino, como um artigo de periódico, por exemplo. O trabalho com esses recursos, que ocorre tanto em sala de aula quanto fora dela, como em momentos de preparação da aula, incluem a seleção, a modificação e a criação de novos

subgoals, anticipations, rules of action, of gathering information and exercising control, and possibilities of inferences. It is structured by operational invariants, which consist of implicit knowledge built through various contexts of utilization of the artifact. We represent this distinction by the formula: Instrument = Artifact + Scheme of Utilization.

⁴ A resource is never isolated; it belongs to a set of resources.

recursos. Esse trabalho de criação é denominado por estes autores trabalho documental do professor e o resultado desse trabalho é o que se define como documento.

Trouche et al (2020, p. 6) definem documento, como suporte da ação didática do professor: “documento = os recursos selecionados e recombinaados + um esquema de uso”. A Figura 1 exibe uma representação esquemática da gênese documental, visto que nela estão destacados os atores envolvidos, os processos que se estabelecem entre eles e o produto dessa interação, relevante na Abordagem Documental do Didático.

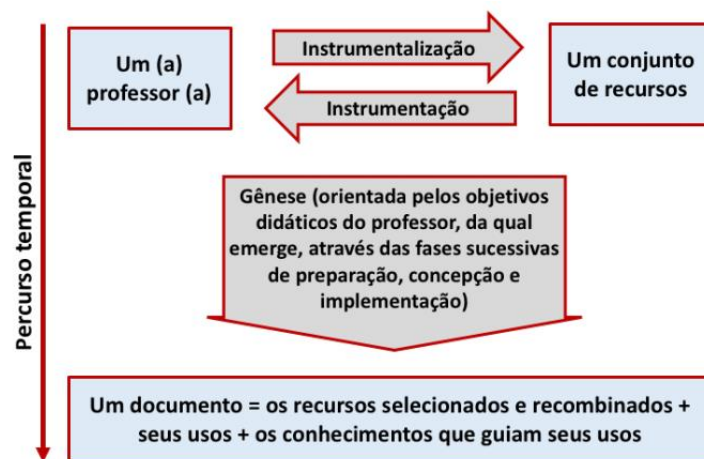


Figura 1.

Representação de uma gênese documental (Trouche et al, 2020, p. 4)

É importante ressaltar que para Trouche et al (2020, p. 5) a noção de esquema (Vergnaud, 1998), também central na ADD, está “fortemente ligada ao conceito de classe de situações, que designa, em nosso contexto, um conjunto de situações profissionais correspondentes a um mesmo objetivo da atividade”.

Com a finalidade de facilitar a compreensão entre os aspectos da AI e da ADD, Bellemain e Trouche (2016) compararam essas teorias da seguinte forma: a Abordagem Instrumental distingue o que está disponível para a atividade, os artefatos, do que é desenvolvido pelos sujeitos, os instrumentos, enquanto a Abordagem Documental distingue o que está disponível para a atividade dos professores, os recursos, do que eles desenvolvem para

apoiar a sua atividade de ensino, os documentos. Com isso, a Abordagem Documental do Didático busca compreender o trabalho docente fundamentada na noção de recursos, mais ampla do que a de artefato, na noção de documento, mais ampla do que a de instrumento e nas noções de gênese documental e de sistema de recursos (Bellemain & Trouche, 2016).

Em específico, quanto aos recursos digitais, segundo Gueudet e Trouche (2008), a disponibilidade generalizada das novas tecnologias para professores de matemática implica uma completa metamorfose do material curricular, produzindo também uma profunda mudança no conhecimento e desenvolvimento profissional dos professores. Assim, a Abordagem Documental do Didático é uma abordagem teórica que tem por objetivo estudar as consequências desse fenômeno observando não apenas as mudanças trazidas pelos recursos digitais, mas uma perspectiva geral para o estudo da evolução do trabalho docente.

Ainda sobre a disponibilidade dos recursos mencionados, Rocha e Trouche (2016) observaram que o desenvolvimento e a chegada destes nos ambientes escolares afetam, de forma natural, a educação. A naturalidade reside no fato de que o professor tem, atualmente, à sua disposição uma profusão de recursos disponíveis que, por múltiplas exigências (institucionais, sociais e culturais), devem ser integrados em sua prática. Em contrapartida ao desenvolvimento, disseminação e utilização desses recursos, Tiburcio e Bellemain (2021, p. 1) ponderam a importância de refletir sobre a qualidade dos softwares disponíveis. Para eles muitos programas são desenvolvidos “de forma que não propiciam o suporte necessário a fim de contemplar a maior quantidade possível de características dos saberes que serão trabalhados”.

Desse modo, observando a problemática da engenharia de softwares educativos, Tiburcio e Bellemain (2021) evidenciaram a existência de uma lacuna quanto às metodologias para desenvolver esses recursos: a ausência de articulação entre referenciais teóricos e metodológicos da Educação e da Ciência da Computação não era uma realidade sistêmica e

definida. Tiburcio e Bellemain (2021, p. 3) acrescentam que, na concepção e desenvolvimento dessas tecnologias, havia carência de “uma metodologia robusta que pudesse aliar as contribuições das áreas de ensino e de aprendizagem aos processos da Engenharia de Software, com as devidas indicações de procedimentos”. Assim, a Engenharia Didático-Informática (EDI) foi concebida como uma resposta a esta problemática:

A EDI foi criada em um cenário de tentativas de modelizar processos de desenvolvimento de software educativo em que fossem considerados aspectos teóricos e práticos sobre o desenvolvimento de tecnologias digitais para o ensino e a aprendizagem da Matemática. O termo “Engenharia Didático- Informática” constituiu-se na percepção de utilizar os procedimentos metodológicos e reflexões teóricas da Engenharia Didática (ARTIGUE, 1996, 2002, 2009; PERRIN-GLORIAN, 2009) e da Engenharia de Software (SOMMERVILLE, 2011; BOURQUE; FARLEY, 2014) (Tiburcio & Bellemain, 2021, pp. 3).

Tiburcio (2020, p. 74) situa a Engenharia Didático-Informática inserida nos estudos de concepção, produção e utilização de recursos digitais para o ensino e a aprendizagem: “é uma metodologia para a produção de software educativo que possui como métodos princípios da Engenharia de Software e da Engenharia Didática”, conforme pode ser observado no Figura 2,

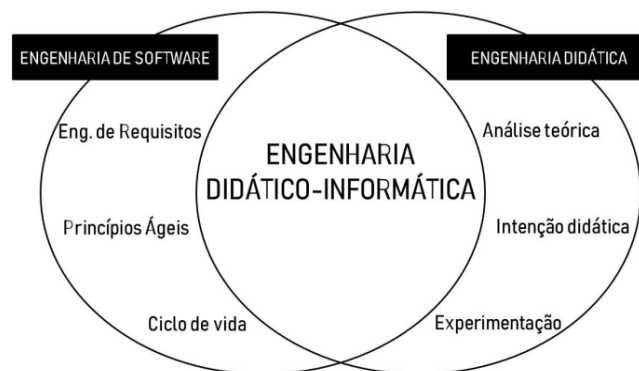


Figura 2.

Aportes da Engenharia Didático-Informática (Tiburcio, 2020, p. 74)

Ao serem desenvolvidos recursos digitais com a Engenharia Didático-Informática espera-se que efetivas contribuições ocorram nos processos de ensino e de aprendizagem, haja vista que esta metodologia contempla aspectos de dimensões didáticas, cognitivas,

epistemológicas e informáticas, todas essas articuladas visando levantar requisitos elementares do recurso a ser desenvolvido. Articular os conceitos e procedimentos da ADD com os da EDI está na perspectiva da observação do trabalho do professor quando esse pretende inserir em sua prática um recurso digital.

Pesquisas que utilizaram a Abordagem Documental do Didático (Bellemain & Trouche, 2016; Rocha & Trouche 2016; Rocha, 2020) mostram que os momentos de seleção e planejamento de recursos, por parte do professor, revelam que esse profissional dedica esforço e tempo ponderando as possibilidades e limitações das tecnologias, a fim de realizar modificações e adaptações para melhor atender os seus estudantes. Contudo, uma das reflexões que nos levou a considerar a ADD na engenharia de softwares foi o grau de liberdade que o professor tem para adaptar essas tecnologias de acordo com as suas realidades de ensino: as adequações realizadas para atender os diversos níveis de ensino, as combinações feitas com outras tecnologias, as atividades propostas com essas tecnologias, etc.

Na perspectiva de desenvolvimento de tecnologias considerando a participação do professor, pesquisas que aplicaram a Engenharia Didático-Informática como metodologia de desenvolvimento (Silva, 2016; Siqueira, 2019, Silva, 2020) inserem, desde a concepção até a fase de testes desses softwares, professores com o intuito de obter, a partir das experiências destes profissionais com utilização de tecnologias, informações sobre a utilização de recursos na efetiva prática profissional. No escopo teórico da EDI define-se, segundo Tiburcio (2020, p. 51), que para a produção de software com intenções educativas, é necessário que equipe de desenvolvedores seja constituída por profissionais das áreas educacional e informática: “Professores, Pesquisadores, Psicólogos, Pedagogos, entre outros, visto que trazem significativas contribuições para as questões de ensino e aprendizagem, além dos Designers, Engenheiros de Software, Programadores, etc.”. Contudo, em particular, quanto à participação dos professores, observamos que os que estão inseridos na equipe de desenvolvimento estão

imersos nos referenciais teóricos estudados, participam efetivamente das discussões teóricas e metodológicas sobre a utilização de tecnologias em situações de ensino e aprendizagem e possuem compreensão das propostas, das hipóteses e das intenções que a equipe de desenvolvimento pretende alcançar. Logo, o docente que participa da idealização e desenvolvimento de uma tecnologia possui amplo conhecimento do software em desenvolvimento e a avaliação que realiza sobre as potencialidades e limitações acompanha os anseios da equipe de desenvolvedores. Com isso, passamos a considerar a participação de professores que não estejam inseridos nas equipes de engenharia dos softwares, a fim de que as tecnologias criadas sejam analisadas desconsiderando os olhares teóricos já considerados nos contextos de idealização e criação dessas tecnologias. Acreditamos que para analisar criticamente um software criado à luz da EDI é fundamental que ele seja utilizado/analísado por professores da educação básica que não participaram do processo de criação do software. A Abordagem Documental do Didático nos parece uma ferramenta pertinente para analisar os dados produzidos por professores que buscam inserir uma tecnologia em sua prática para questionar e, talvez, aprimorar a Engenharia Didático-Informática. É fundamental que as equipes de desenvolvimento de tecnologias educacionais considerem as observações dos professores (críticas, lacunas observadas, sugestões de alterações) com a finalidade de aperfeiçoar as tecnologias.

Bellemain e Trouche (2016) destacam que a variedade de recursos que o professor se apropria conduz a uma grande variedade de adaptações: os recursos que constituem um documento são geralmente bastante diferentes dos recursos originais - eles foram trabalhados, modificados, recombinaados para se adaptar à ação do professor. São essas modificações e recombinações que podem ser úteis para a Engenharia Didático-Informática. O trabalho documental do professor é provido de diversos elementos a serem considerados para aprimorar o recurso que está em análise, por consequência a engenharia que o produziu. Há, nesse sentido,

uma retroalimentação: enquanto o professor planeja, organiza e realiza alterações e combinações de recursos diversos, a engenharia de software é favorecida com as observações realizadas por este profissional com o intuito de aprimorar os recursos construídos. De acordo com Trouche et al (2020) a prática do professor possibilita a renovação do recurso, ora, o que é a renovação de um recurso se não a percepção de necessidades de avanços e melhorias a serem implementadas no seu processo de engenharia de software? Isto posto justifica-se a relevância e a pertinência da articulação entre a Engenharia Didático-Informática e a Abordagem Documental do Didático quando se observa os elementos de análise que a segunda pode fornecer para a primeira com o direcionamento de aprimorar os recursos desenvolvidos por tal engenharia. A ADD tem o potencial nítido de apresentar contribuições e avanços, bem como limitações dos recursos a partir das experiências docentes. Na sessão a seguir apresentam-se duas experiências de estudos com foco na documentação do professor. Essas experiências mostram como a engenharia dos recursos utilizados pelos docentes pode ser favorecida com as observações de suas práticas.

Possíveis contribuições da abordagem documental do didático na engenharia dos recursos: dois estudos de caso

Apresenta-se nesta sessão dois estudos de caso que tiveram como referencial teórico a Abordagem Documental do Didático com o objetivo de enunciar possíveis contribuições que as diversas gêneses documentais podem proporcionar na evolução dos recursos, em específico os digitais. Duas professoras, Anna e Maria, chamadas dessa forma para preservar as suas identidades, foram voluntárias para participar de pesquisas sobre as suas práticas docentes. Bellemain e Trouche (2016) relatam a experiência do trabalho documental da Professora Maria enquanto Rocha e Trouche (2016) expõem a experiência com a Professora Anna.

Bellemain e Trouche (2016) revelam que em uma das aulas a serem elaboradas pela Professora Maria, tinha como objetivo apresentar e provar a fórmula da área de um círculo (A

$= \pi.R^2$) para estudantes de uma classe de 4º ano na França⁵. Diante da variedade de recursos disponíveis para executar esse trabalho (livros didáticos escolares, sites, internet, etc.) ela selecionou, para utilizar em sequência, dois recursos: uma animação encontrada no site pessoal de outro professor e um quadro branco interativo. A Figura 3 exibe uma parte da animação que Maria utilizou para ilustrar o procedimento de decomposição do círculo em triângulos com a finalidade de demonstrar a fórmula do cálculo da área do círculo.

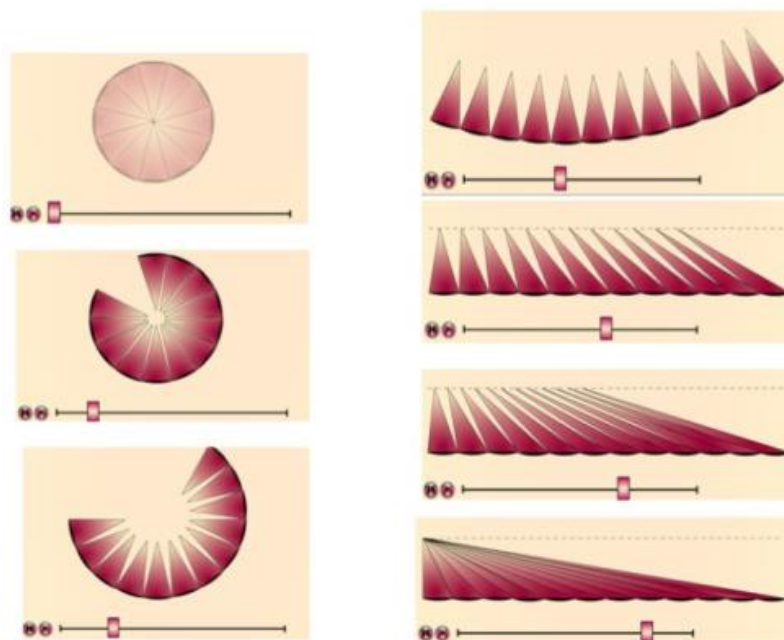


Figura 3.

Imagens da animação que ilustram o cálculo da área de um círculo (Bellemain & Trouche, 2020, p. 4)

A primeira observação que se faz necessário elucidar é a seleção e combinação de recursos. Compreende-se que Maria, diante de inúmeras possibilidades de recursos, faz uma primeira triagem do que pode ser (ou não) útil para o seu trabalho em sala de aula. Existe uma primeira avaliação de possibilidades, limites e restrições que o recurso a ser escolhido pode provocar no ensino e, conseqüentemente, na aprendizagem dos estudantes. Destaca-se que Maria seleciona os recursos também de acordo com seus conhecimentos e habilidades para utilizá-los em sua prática, pois, segundo Trouche et al (2020, p. 3), “em termos de processo, ao

⁵ O 4º ano francês (Quatrième) corresponde ao 8º ano do ensino fundamental brasileiro.

interagir com um recurso específico ou conjunto de recursos, para um determinado objetivo didático, os professores desenvolvem esquemas de utilização específicos”.

Ainda sobre a professora Maria, foi observado que ela elaborou a orquestração instrumental⁶ de sua aula baseada em duas configurações. Primeira - os alunos trabalham em duplas; a animação, disponível no site anteriormente referido, é apresentada no quadro branco interativo; os alunos são conduzidos a interpretar a transformação dinâmica do círculo em triângulos com o objetivo de deduzir sua área a partir da área dos triângulos. Segunda configuração: o professor coordena uma discussão com os alunos para comparar os resultados propostos por eles (Bellemain & Trouche, 2016).

O cerne da investigação com a Professora Maria é a percepção desta profissional quanto à necessidade da articulação e combinação entre recursos. Destaca-se o caráter complementar dos recursos escolhidos e a análise realizada pela professora, conseguindo perceber que havia essa demanda. Para Bellemain e Trouche (2016, p. 13) outras questões poderiam ser verificadas com a observação da prática docente de Maria: “para aprofundar esta análise é necessário: acompanhar a preparação desta aula pelo professor; acompanhar a implementação desta aula em diferentes contextos; estudar o lugar do recurso no sistema de recursos do professor”.

No mesmo sentido da utilização de recursos para auxiliar a prática docente apresenta-se aqui a experiência com a Professora Anna. Rocha e Trouche (2016) acompanharam algumas aulas de Matemática em algumas de suas turmas do Ensino Fundamental Francês. O acompanhamento das atividades docentes desta profissional foi num período longo: de março de 2015 a março de 2018. Foram realizadas entrevistas, observações sobre a preparação de suas aulas e sua prática docente (Rocha, 2020; Rocha & Trouche, 2016).

⁶Uma orquestração instrumental é o arranjo sistemático e intencional dos elementos (artefatos e seres humanos) de um ambiente, realizado por um agente (professor) no intuito de efetivar uma situação dada e, em geral, guiar os aprendizes nas gêneses instrumentais e na evolução e equilíbrio dos seus sistemas de instrumentos (TROUCHE, 2005, p. 126, tradução nossa).

Por meio das observações da prática em sala de aula, Rocha e Trouche (2016) constataram que a Professora Anna realizou combinações e adaptações em vários recursos: livros didáticos, imagens disponíveis na internet, brochuras, jogos online, desafios matemáticos propostos pelos alunos e o software Geogebra. Note que a variedade de recursos demonstra o caráter avaliativo da professora no sentido de escolher, selecionar e utilizar em sua sala de aula o que acredita que pode favorecer a aprendizagem dos conteúdos. A Figura 4 mostra o Mapeamento Reflexivo do Sistema de Recursos⁷ de Anna.

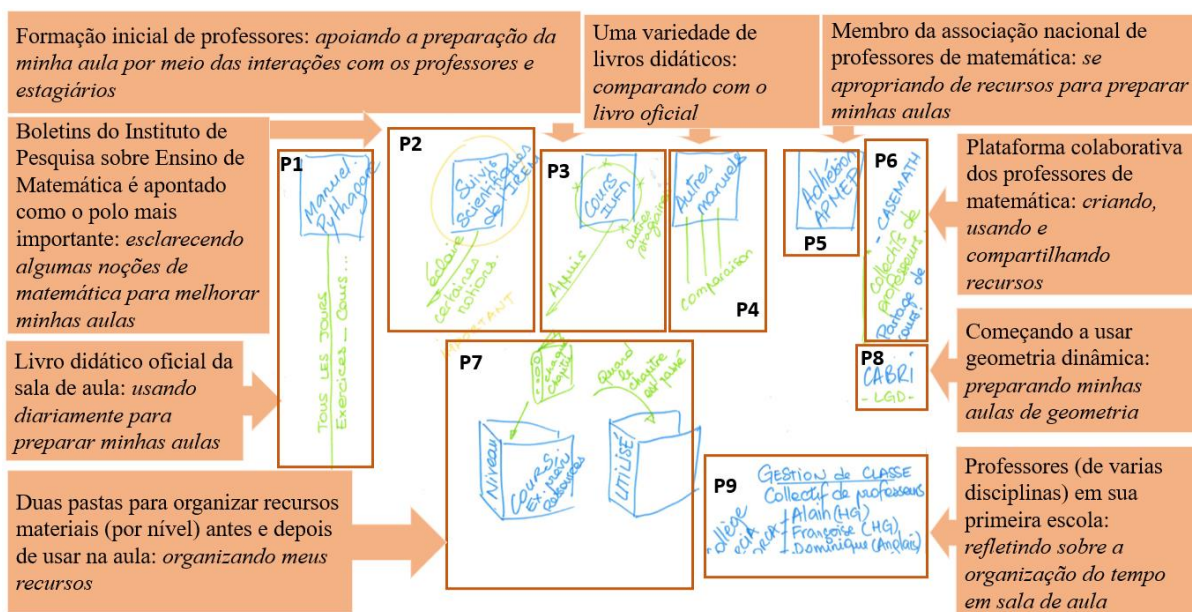


Figura 4.

MRSR de Anna (Rocha, 2020, p.54)

Na Figura 4 percebe-se a variedade de recursos utilizados por Anna, contudo, salienta-se aqui o caráter coletivo observado na prática desta profissional. Analisando a Trajetória Documental⁸ de Anna, Rocha (2020) divide sua prática docente em dois períodos: o primeiro

⁷ Esse mapeamento diz respeito à criação de mapas pelos próprios professores quando refletem sobre os seus sistemas de recursos (Rocha, 2020, p. 50).

⁸ Rocha (2020) define a Trajetória Documental de um professor como um percurso (que expressa continuidades e mudanças) que articula os eventos profissionais (individuais e/ou coletivos) vivenciados pelo professor e as transformações em seu trabalho documental ao longo do tempo.

correspondente ao início de carreira, que é marcado pela intensa criação de recursos com pouco tempo para reflexão e amadurecimento das escolhas realizadas; e um segundo período marcado pela reflexão e revisão dos recursos utilizados e pelo ingresso de Anna em coletivos de trabalho de professores. Nas entrevistas realizadas Anna afirma que a sua participação em grupos de trabalhos com professores lhe permitiu perceber como refletir sobre a sua prática e lhe proporcionou conhecer e utilizar outros recursos em suas aulas (Rocha, 2020).

Assim, conclui-se a análise das experiências com as Professoras Maria e Anna compreendendo que a utilização de recursos por parte dos professores tem um caráter de avaliação, estudo e compreensão do que utilizar e da verificação das limitações e contribuições dos recursos. Toma-se como hipótese que esta prática, comum entre professores, pode e deve ser considerada para o aperfeiçoamento de recursos digitais. Parece-nos que esta é uma regra básica de qualquer produto: o que o consumidor deseja? O que agradaria mais o consumidor, que atenderia mais às suas necessidades? Ora, por que seria diferente com um produto desenvolvido para ser usado por professores em suas aulas? Assim, acreditamos que para melhorar o produto gerado com a metodologia da Engenharia Didático-Informática é preciso ouvir quem o utiliza, o professor. E apostamos que esta escuta pode ser melhor compreendida se trabalharmos com a Abordagem Documental do Didático.

Contingências em fase experimental

Com o exposto até aqui é possível compreender o potencial de contribuições da Abordagem Documental do Didático para a Engenharia Didático-Informática, no sentido de poder identificar e analisar as gêneses documentais dos professores com o intuito de aprimorar e fazer evoluir os softwares educativos considerando as adaptações, recombinações e avaliações realizadas por esses profissionais. Esse potencial pode ser evidenciado quando Trouche et al (2020, p. 5) enfatizam que o trabalho docente sempre incorpora “um ato consciente/deliberado de concepção, de criação de “alguma coisa nova”, por exemplo, a

combinação de elementos existentes e novos, com o intuito de atingir um certo objetivo didático”. Nesse sentido, Rocha (2020) considera o professor como “designer” de recursos:

Gueudet e Trouche (2008), no âmbito da Abordagem Documental do Didático evidenciaram o papel dos recursos para e no trabalho do professor, sendo esse considerado como o responsável pela própria produção e utilização de recursos. Nessa perspectiva, o professor não é somente um utilizador de recursos, mas sim, um criador ou designer de recursos, considerando que mesmo o mais simples uso passa por um processo de ressignificação do professor, que agrega ao recurso seus conhecimentos (Rocha, 2020, pp. 1).

A perspectiva de considerar o professor como designer não está associada à engenharia de software propriamente dita, mas, observando as experiências discutidas neste texto, bem como a compreensão do trabalho docente de selecionar, articular, combinar e avaliar recursos para a sua prática profissional, o professor tem diante de si uma gama de possibilidades de recursos que precisam ser analisados para que estes sejam integrados ao seu trabalho ou não, tornando-se assim um criador de recursos quando tenta atender as demandas específicas de suas classes.

Em específico, quanto aos recursos tecnológicos digitais, têm-se como hipótese que na medida em que os professores desenvolvem suas gêneses documentais, utilizando softwares educativos como recursos, realizando a seleção, avaliação e combinações, é possível obter dados para análise quanto às características destes softwares bem como propiciar aperfeiçoamentos no processo de engenharia que produziu os referidos softwares. Além disso, enquanto os participantes utilizam e avaliam as tecnologias, impressões, sugestões e críticas serão consideradas para o aprimoramento dos softwares e por conseguinte de sua engenharia.

A hipótese discutida neste texto está sendo investigada em um estudo de Pós-Doutorado realizado pelo primeiro autor deste artigo sob supervisão da segunda autora. Alguns resultados iniciais já foram divulgados (Tiburcio & Bellemain, 2021) e atualmente estamos realizando o primeiro experimento, vinculado a um Projeto de Extensão do Curso de Matemática do Campus de Aquidauana da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul e se articula com a

proposta da unidade tendo como finalidade contribuir com a formação inicial e continuada de Professores de Matemática no que tange ao uso de tecnologias digitais em suas aulas. O objetivo deste projeto é discutir e refletir junto com professores e futuros professores o software Atelier Magnitude produzido por Franck Bellemain, Anderson Rodrigues e Paula Baltar Bellemain.

O software Atelier Magnitude foi idealizado e desenvolvido considerando a problemática do ensino e da aprendizagem dos conceitos de área e perímetro como grandezas geométricas. Silva (2019, p. 29), em pesquisa de doutorado, utilizou a EDI para a concepção, construção e utilização do referido software. Uma das questões que foi respondida neste estudo indagava a eficácia da EDI para criar ferramentas digitais: “o estudo da concepção, desenvolvimento e validação por meio da operacionalização da Engenharia de Software Educativos (ESE)-EDI permite conceber um software educativo de qualidade para o ensino e aprendizagem de área e perímetro?”. Assim, na pesquisa, com foco no desenvolvimento do Atelier Magnitude, delimitou-se como objetivos:

Traçamos como objetivo geral: Conceber, desenvolver e validar um micromundo como elemento de suporte ao professor para o ensino de área e perímetro, utilizando-se do modelo de desenvolvimento de Software Educativo proposto na EDI. Para alcançarmos esse objetivo, elencamos três específicos: Realizar um levantamento dos aspectos epistemológicos, didáticos, cognitivos e informáticos a respeito do conceito de área e perímetro; Verificar os requisitos necessários ao software, considerando a dimensão computacional de aspectos epistemológicos, didáticos e pedagógicos para engenharia; Prototipar, desenvolver e validar a versão inicial do micromundo utilizando-se do modelo de desenvolvimento de SE estabelecido na EDI (Silva, 2019, pp. 336).

Os resultados da pesquisa de Silva (2019) revelam as contribuições da utilização da Engenharia Didático-Informática para o desenvolvimento de software educativo. Especificamente, quanto à participação docente no processo de criação do Atelier Magnitude, os professores estavam presentes nas fases de idealização, na criação de situações, nos estudos teóricos, ou seja, conheciam a proposta, os objetivos, hipóteses etc. Os professores que participaram do desenvolvimento do Atelier Magnitude, por serem conhecedores do projeto e

das discussões do grupo de pesquisa em que a investigação de Silva (2019) estava inserida, tiveram as avaliações do software carregadas dos referenciais e das hipóteses levantadas no âmbito da criação dessa tecnologia.

Em contrapartida a essa imersão dos professores no projeto de desenvolvimento, em um estudo de Pós-Doutorado, convidamos professores e estudantes da Licenciatura em Matemática para conhecer o Atelier Digitas, e refletir sobre possibilidades do seu uso em suas aulas e avaliar as contribuições e limitações desse software em suas práticas docentes. A ideia é refletir sobre como os participantes do grupo se apropriam deste recurso, que dificuldades enfrentam tanto em seu manuseio quanto na preparação de atividades visando a aprendizagem de seus alunos. Queremos compreender como o Atelier Magnitude, que foi produzido à luz da metodologia da EDI, é apropriado pelo professor. Este recurso atende as especificidades para as quais foi criado? Será que os objetivos pretendidos por seus criadores foram atingidos? Somente professores podem responder estas questões, por isso a importância de realizar experimentos dessa natureza para então nutrir, de volta, a metodologia da EDI.

Enfatizamos aqui a importância dessa forma de participação docente na engenharia de software, contudo, o foco atual, utilizando a Abordagem Documental do Didático é perceber a apropriação do professor da tecnologia quando este não está imerso no projeto, que de fato esteja conhecendo o artefato e que sua avaliação seja de fato uma “gênese”, no sentido literal do termo: origem.

Diante do exposto se observa as potencialidades que a Abordagem Documental do Didático pode propiciar à metodologia da Engenharia Didático-Informática, entretanto, estas contribuições ainda estão no campo teórico, idealizado. A realização de experimentações, investigações e construção de situações no âmbito da pesquisa apresentará as reais contribuições da articulação entre esses referenciais.

Considerações finais

Discutiu-se neste texto possíveis contribuições da Abordagem Documental do Didático para a Engenharia Didático-Informática. A compreensão do conceito de gênese documental, bem como outras definições apresentadas neste artigo, expõe o potencial de articulação teórica entre os referenciais citados.

O cerne da problemática do desenvolvimento de recursos digitais educativos está na ausência de engenharias que contemplem aspectos educacionais (teorias, construtos teóricos e metodologias de ensino) aliados aos aspectos computacionais (métodos, técnicas e engenharia): ora esses recursos estão centrados apenas nas prerrogativas da Educação, ora nas possibilidades tecnológicas atuais. Assim, a Engenharia Didático-Informática foi desenvolvida com o intuito de ser uma opção metodológica para produzir softwares educativos que possam contribuir para o ensino e a aprendizagem de conteúdos diversos.

A EDI considera em seu escopo metodológico a participação efetiva de professores para desenvolver softwares educativos. Porém, a participação que levantamos neste estudo refere-se ao professor se apropriando da tecnologia, diferente do que já é realizado quando este profissional participa efetivamente da idealização e desenvolvimento das tecnologias. Observamos aqui duas vias possíveis e substanciais da atuação docente no desenvolvimento de artefatos: 1. Quando os profissionais estão inseridos no processo de criação desde sua idealização, colaborando com a criação e verificação de hipóteses, observando quais referenciais teóricos são pertinentes, testando as funcionalidades, analisando de forma geral as contribuições e lacunas da tecnologia a ser desenvolvida; e 2. Os professores irão utilizar os recursos em sua prática docente, realizando avaliações, adaptações, compreendendo as formas de utilização com determinados níveis de ensino, observando para quais conhecimentos pode utilizar o software.

Desse modo, a primeira via de colaboração docente para o desenvolvimento e aprimoramento de softwares educativos não é uma novidade: rotineiramente diversas tecnologias são produzidas no âmbito acadêmico e há, nesses projetos de desenvolvimento, efetiva participação docente, ou como voluntários para realizar as experimentações, ou por participarem de grupos de pesquisa que discutem a criação e utilização desses recursos, ou ainda por fazerem parte de instituições que incentivam na participação dessas atividades como parte de sua formação continuada.

Já na segunda via de colaboração, não se trata apenas de ponderar a atuação e participação docente na idealização, desenvolvimento e construção do software, mas, sobretudo de considerar o professor como avaliador externo, que vai utilizar um novo recurso em sua sala de aula, e, para isso, vai refletir, organizar, selecionar, combinar outros recursos, para enfim utilizar a possibilidade de inovação em sua aula. Destarte, ao considerar os indicativos da Abordagem Documental do Didático para auxiliar na Engenharia Didático-Informática, toma-se como hipótese que os dados levantados, analisando a prática dos professores quando estes realizam gêneses documentais, são promissores para fazer evoluir e aperfeiçoar os recursos que estão em fase de análise pelo professor, considerando assim, este profissional como designer de recursos.

Por fim, compreende-se a necessidade de verificar as contribuições efetivas da ADD na EDI propondo situações que extrapolem as articulações teóricas. Como dito, tal experimentação está em curso e os resultados iniciais indicam que a articulação entre esses referenciais contribui para a evolução de recursos tecnológicos educativos bem como para o avanço da metodologia que produziu o software estudado pelos professores, a Engenharia Didático-Informática.

Referências

- Artigue, M. (2019). Ingénierie didactique: quel rôle dans la recherche didactique aujourd'hui? *Les dossiers des sciences de l'éducation*, 8, 59-72.
- Artigue, M. (2009) L'ingénierie didactique: un essai de synthèse. In Margolinas et al. (org.): *En amont et en aval des ingénieries didactiques, XV^e École d'Été de Didactique des Mathématiques – Clermont-Ferrand (PUY-de-Dôme)*. Recherches em Didactique des Mathématiques. La Pensée Sauvage, v. 1, (pp. 225-237).
- Artigue, M. (1996). Engenharia Didática. In: Brun, J. *Didáctica das Matemáticas*. (p. 193-217). Lisboa: Instituto Piaget.
- Bellemain, F.; Trouche, L. (2016). Compreender o trabalho dos professores na concepção e utilização de recursos no seu ensino. *Anais do 1º Simpósio Latino-Americano de Didática da Matemática* (pp. 1-32). Bonito-MS. Campo Grande: Universidade Federal do Mato Grosso do Sul.
- Bourque, P.; Fairley, R. (2014). *SWEBOK 3.0: Guide to the Software Engineering Body of Knowledge*. IEEE Computer Society Press.
- Gueudet, G., Trouche, L. (2008). Du travail documentaire des enseignants: genèses, collectifs, communautés. Le cas des mathématiques. *Education et didactique*, 2 (3), 7-33.
- Gueudet, G., Trouche, L. Towards new documentation systems for mathematics teachers? *Educ Stud Math*, 71, 199-218.
- Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies: une approche cognitive des instruments contemporains*. Armand Colin.
- Rocha, K. (2021). O aporte do conceito de trajetória documental para análise do desenvolvimento profissional de professores de matemática: o estudo do caso de uma professora francesa, In Iglori, S. B. C., Trouche, L. da Silva, J. P., da Silva Lima, I. M. de Moraes Rocha, K. de Melo Espindola, E. B. & de Oliveira Dias, A. *Compreender o trabalho dos professores brasileiros do Ensino Básico: uma abordagem pelos recursos* (p. 41-63). Blucher Open Access.
- Rocha, K., Trouche, L. (2016). Da produção coletiva de livros didáticos digitais aos usos feitos professores de Matemática: o caso do grupo francês Sésamath. *EM TEIA: Revista de Educação Matemática e Tecnológica Iberoamericana*. 6, 1-22.
- Silva, A. D. P. R. (2019). *Prototipação, desenvolvimento e validação de um micromundo com suportes para o ensino de área e perímetro*. [Tese de Doutorado em Educação Matemática e Tecnológica, Universidade Federal de Pernambuco] <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/35718>.
- Silva, C. T. J. (2016). *A Engenharia Didático-Informática na prototipação de um software para abordar o conceito de taxa de variação*. [Dissertação de Mestrado em Educação Matemática e Tecnológica, Universidade Federal de Pernambuco]. https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/19687/1/Disserta%C3%A7ao_C%C3%A9sar%20Thiago%20Jos%C3%A9%20da%20Silva.pdf.
- Siqueira, J. E. (2019) *Articulando os registros de representação semiótica das Curvas Cônicas através da integração de recursos computacionais*. [Tese de Doutorado em Educação Matemática e Tecnológica, Universidade Federal de Pernambuco]. <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/34200>.
- Sommerville, I. (2011) *Engenharia de Software*. Pearson Education.

- Tiburcio, R.; Bellemain, F. (2021a) Aperfeiçoamento da Engenharia Didático-Informática com Contribuições da Metodologia de Desenvolvimento do Software Modellus. *Perspectivas da Educação Matemática*, 14 (35), p. 1-21, 28.
- Tiburcio, R. S.; Bellemain, F. (2021b) Repercussões da Engenharia Didático-Informática na documentação do Professor de Matemática: limites e possibilidades. *Anais do 1º Simpósio Latino-Americano de Didática da Matemática*. (a publicar).
- Tiburcio, R. S. (2020). *A Engenharia Didático-Informática: uma metodologia para a produção de software educativo*. [Tese de Doutorado em Educação Matemática e Tecnológica, Universidade Federal de Pernambuco]. <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/39121>.
- Tiburcio, R. S.; Bellemain, F. (2018). Process of educational software development: epistemological and experimental analysis in the creation environment Lematec-Studium. *Proceedings of the Re(s)ources 2018 International Conference* (pp. 362-363). Lyon.
- Tiburcio, R. S. *Processo de desenvolvimento de software educativo: um estudo da prototipação de um software para o ensino de função*. [Dissertação de Mestrado em Educação Matemática e Tecnológica, Universidade Federal de Pernambuco]. <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/39121>.
- Trouche, L., Gueudet, G., Pepin, B., Rocha, K. Assis, C. & Iglori, S. A Abordagem Documental do Didático. (2020). *DAD-Multilingual*.
- Trouche, L. (2005). Construction et conduite des instruments dans les apprentissages mathématiques: nécessité des orchestrations. *Recherches en Didactique des Mathématiques*. 25, pp. 91-138.