**Objetos de Aprendizagem com *Feedbacks* para a Autorregulação da Aprendizagem de Conceitos Matemáticos Necessários para o Cálculo Diferencial e Integral**

**RESUMO**

**Contexto**: Devido aos altos índices de reprovação, é de fundamental importância buscar alternativas que minimizem as dificuldades que os estudantes ingressantes nas Universidades brasileiras apresentam nas disciplinas da área da matemática. Uma alternativa é o uso de Objetos de Aprendizagem (OA) que possibilitem a conscientização dos erros cometidos de modo a incentivar a capacidade de formular hipóteses e resolver situações-problemas. Aspectos esses, fundamentais para autorregulação da aprendizagem. **Objetivos**: Apresentar a concepção de um OA com *feedbacks* que possibilitem ao aluno a autorregulação da sua aprendizagem, no que diz respeito aos conceitos de Matemática necessários para o Cálculo Diferencial e Integral. **Design**: A pesquisa está fundamentada na metodologia Design Science Research - DSR Na primeira etapa detalhada neste artigo, procurou-se apresentar a relevância do problema e a proposta de design do artefato, bem como uma primeira fase de avaliação desse design. **Ambiente e participantes**: O OA foi submetido a uma avaliação *online* por sete professores de Matemática, e dois pesquisadores da Educação Matemática. **Coleta e análise de dados:** Foi realizada através da transcrição dos vídeos gravados durante a avaliação, via *Google meet.* **Resultados:** Os especialistas apontaram potencialidades na utilização de OA para diagnosticar e remediar/intervir frente aos possíveis erros cometidos por alunos ingressantes no Ensino Superior. **Conclusões**: Após a avaliação o artefato foi reestruturado e melhorado seguindo os apontamentos feitos pelos especialistas. Os próximos passos da pesquisa serão a implementação da versão completa dos OA, com questões que explorem os estratos do conhecimento numérico, algébrico e funcional. Espera-se que, ao término da pesquisa, tenha-se um produto educacional capaz de auxiliar os alunos em suas dificuldades matemáticas em CDI.

**Palavras-chave**: Objetos de Aprendizagem; *Feedbacks*; Autorregulação da Aprendizagem; Cálculo Diferencial e Integral.

**INTRODUÇÃO**

Os problemas relacionados à aprendizagem de conceitos matemáticos da Educação Básica, no caso de alunos que ingressam nos diferentes cursos superiores das áreas de Ciências Exatas (Borges & Moretti, 2016), é um tópico comum em discussões no meio acadêmico, tanto no âmbito nacional quanto internacional. Em especial, em eventos de Educação Matemática, como o Seminário Internacional de Pesquisa em Educação Matemática (SIPEM), o Encontro Nacional de Educação Matemática (ENEM), o Encontro Brasileiro de Estudantes de Pós-Graduação em Educação Matemática (EBRAPEM), *Psychology of Mathematics Education* (PME) e *International Congress on Mathematics Education* (ICME), os trabalhos apresentados apontam altos e crescentes índices de reprovações nas disciplinas matemáticas, ocasionando também um número significativo de desistências, especialmente nos cursos de Engenharia, fato que preocupa gestores e professores que ministram aulas nos primeiros períodos dos cursos de graduação (Feitosa et al*.*, 2020; Homa, 2020).

A defasagem de conhecimento de parte dos alunos que ingressam nos cursos de graduação concentra-se principalmente no que se costuma denominar “conteúdos de matemática básica”, sem haver, entretanto, muita clareza ou consenso do que seriam esses “conteúdos” (Menestrina & Moraes, 2012).

Em consonância com os apontamentos de Zarpelon et al. (2017), na Universidade (omitido para avaliação), contexto de trabalho e de pesquisa dos autores, os maiores índices de insucesso, nos cursos de Engenharia, estão presentes nas disciplinas de Cálculo Diferencial e Integral I (CDI I) e Geometria Analítica e Álgebra Linear, oferecidas no primeiro semestre da grade curricular. Relatos preliminares e iniciativas pedagógicas institucionais indicam que esse seja um dos motivos para o alto índice de reprovações e evasões nessas disciplinas. Zarpelon et al. (2017) respaldam essa hipótese, apontando estudos que destacam a deficiência de formação em matemática básica é um fator relevante para justificar a falta de êxito na disciplina de CDI I.

Além do fator citado acima, ao iniciar em um curso superior, os acadêmicos parecem deparar-se com um ambiente desconhecido e, muitas vezes, hostil. Em particular, o aluno de Engenharia, logo no primeiro semestre se vê frente a definições, demonstrações e propriedades associadas aos diferentes conceitos explorados em disciplinas matemáticas (Christo et al., 2018). Tais elementos são desconhecidos, gerando um abismo na transição do Ensino Médio para o Ensino Superior.

Nesse contexto, torna-se fundamental refletir sobre o modelo tradicional de ensino de Matemática vigente na universidade, em que o professor expõe o conteúdo, dá exemplos e, em seguida, aplica provas para verificar se o estudante consegue reproduzir o que foi “passado” (Mendes et al., 2018). Deve-se pensar em formas de trabalho em que o estudante tenha um papel mais ativo no seu processo de elaboração de conhecimentos.

Algumas propostas nessa direção envolvem a utilização de Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC) (Borba & Penteado, 2019), o trabalho com tarefas de natureza exploratória (Autor, 2021) e o trabalho colaborativo (Rodrigues et al., 20218). Além disso, a autorregulação surge como alternativa para que o estudante seja mais ativo no processo de ensino e aprendizagem, pois se refere ao grau em que o indivíduo atua, ao nível metacognitivo, motivacional e comportamental, em relação aos seus próprios processos de aprendizagem e na realização de atividades escolares (Zimmerman, 1986; Casiraghi et al., 2020).

Logo, propor um modelo que possibilite a autorregulação da aprendizagem de conteúdos matemáticos destinados a acadêmicos ingressantes no Ensino Superior se faz relevante neste contexto. O principal objetivo do modelo é minimizar as deficiências matemáticas dos alunos que cursarão a disciplina de CDI, assim, espera-se um melhor desempenho dos alunos e, consequentemente, um aumento no número de aprovações.

A proposta concebida neste trabalho caracteriza-se como uma forma de remediação de erros, viabilizada pela intervenção junto ao estudante antes da progressão em um determinado erro matemático. As intervenções serão realizadas em forma de *feedbacks*, apresentados conforme o número de tentativas sem sucesso do estudante. A remediação de erros é fundamentada na teoria de Múltiplas Representações Externas (MRE) em Objetos de Aprendizagem (OA), discutida por Leite et al. (2013).

Sendo assim, este trabalho apresenta os resultados de uma primeira etapa de uma pesquisa maior, com a intenção de conceber OA com *feedbacks* em uma plataforma *online,* cujo objetivo é possibilitar ao aluno a autorregulação da sua aprendizagem, no que diz respeito aos conceitos de Matemática necessários para o CDI 1. Para tanto, os resultados apresentados aqui fazem parte de um levantamento bibliográfico que buscou justificar a relevância do problema de pesquisa, a proposta de design do artefato, bem como uma primeira fase de avaliação desse design.

Ao construir OA que possibilitem diagnosticar erros do acadêmico que cursará a disciplina de CDI, em específico, erros relativos aos conteúdos de Matemática da Educação Básica, assume-se que eles poderão levantar dados relevantes sobre as dificuldades do aluno no desenvolvimento da resolução de diferentes tarefas. Destaca-se, aqui, que os OA têm uma dupla função: a primeira é promover a aprendizagem individual no momento de sua utilização, enquanto o aluno, ao conscientizar-se do seu erro, amplia sua capacidade de pensar e resolver situações-problema, criar hipóteses e, assim, chegar a um novo conhecimento, aspectos esses fundamentais para a autorregulação da sua aprendizagem (Hadwin & Oshigeh, 2011; Mendes, 2014).

A segunda função é oferecer informações para possíveis intervenções posteriores ao uso dos OA, porque o professor, ao ter acesso aos modos de interação dos alunos com os OA, pode diagnosticar os erros relativos aos conteúdos de Matemática da Educação Básica e levantar dados relevantes sobre as dificuldades na resolução das tarefas propostas e intervir em seus processos de aprendizagem (Leite et al., 2013; Autor, 2015).

**REFERENCIAL TEÓRICO**

A realidade das universidades brasileiras têm sido modificada ao longo dos anos, o que pode ser observado também na (XXX), principalmente na disciplina de CDI 1. Dentre muitos fatores destacam-se, alunos

com dificuldades em conceitos matemáticos básicos, índice de reprovação elevado, salas cheias, alto número de alunos que procuram se matricular em uma disciplina, mas não há turmas para todos (muitos alunos, poucas salas de aula e/ou número de professores insuficiente). Essa descrição é bem conhecida para muitos professores de Cálculo Diferencial e Integral (CDI) de muitas universidades brasileiras. (Borssoi et al., 2017, p. 460).

Voltando nossos olhos para a evasão em cursos de Engenharia, o relatório feito por Tonini e Dias (2019) para a ABENGE – Associação Brasileira de Educação em Engenharia destacou algumas dessas causas. Estas relacionam-se às questões pessoais do ingressante, e também podem ser influenciadas também pela formação escolar anterior desse aluno, que chega ao Ensino Superior com déficit de conhecimentos, e não consegue acompanhar a intensa rotina de estudos exigida, culminando, assim, em reprovações sucessivas.

Juntamente com o crescente índice de evasão e os altos índices de reprovações nesses cursos, vários fatores podem ser levantados a respeito dessa questão na área de Engenharia, como o fator socioeconômico e a forma de ingresso no Ensino Superior, citados por Gomez et al. (2015) em uma análise feita sobre a evasão nos cursos de Engenharia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Godoy e Gerab (2018) em um estudo realizado com docentes de uma escola de Engenharia do ABC Paulista, apontam que, além dos fatores citados anteriormente, os estudantes demonstram um certo desânimo devido às dificuldades encontradas na Matemática da Educação Básica e às dificuldades de adaptação na transição do Ensino Médio para o Ensino Superior.

Cunha e Carrilho (2005) ressaltam que apesar das dificuldades de adaptação e de rendimento acadêmico dos alunos, na transição do Ensino Médio para o Ensino Superior, um processo de adaptação bem-sucedido, no início da graduação, pode ser um fator determinante na persistência e no sucesso dos alunos ao longo de sua vida acadêmica. Isso aponta para a importância de um olhar mais cuidadoso na transição desses dois níveis de ensino muito distintos.

Autor (2018a), por sua vez, afirmam que ao iniciar a disciplina de CDI 1:

nosso estudante geralmente apresenta características oriundas de sua rotina de estudos na Educação Básica, tais como: falta de experiências anteriores com tarefas de caráter investigativo; expectativa de aulas expositivas, sucedidas pela resolução de tarefas similares aos exemplos apresentados pelo professor; concepções equivocadas acerca de alguns conceitos matemáticos (muitas vezes decorridas do foco na mecanização de processos, em vez de compreensão e atribuição de significado); hábito de trabalhar, na maioria das vezes, de forma individual, tendo dificuldade em expor e discutir suas ideias em grupo ou para toda a sala (p. 213).

Para Godoy e Gerab (2018), é necessário um olhar mais atento para esse momento crítico na fase inicial da vida acadêmica de um aluno ingressante no Ensino Superior. Os autores ressaltam que o docente deve revisitar frequentemente sua prática docente, pois, assim, poderá contribuir para o sucesso acadêmico desses jovens ingressantes no processo de ensino e aprendizagem.

**TDIC no Ensino e Aprendizagem de CDI 1**

O uso de TDIC como forma de estabelecer uma relação entre o professor e o aluno vem sendo discutido desde o fim dos anos 1980 (Faria et al., 2018). No âmbito da Educação Matemática, estudos sobre o ensino utilizando as TDIC remetem à mesma época e, segundo Borba et al. (2020), o uso da Internet rápida e de qualidade está “democratizando” a publicação e divulgação de materiais digitais de matemática na grande rede.

No Ensino Superior, em particular, no Ensino de CDI, muito se discute o uso de TDIC e as mudanças que elas estão gerando nos últimos anos, tais como novas abordagens metodológicas e quais são as melhores formas de aproveitar essas ferramentas em sala de aula como recurso didático (Santos et al., 2020). Os autores apontam que a intersecção CDI/TDIC como recurso didático-pedagógico em sala de aula, pode favorecer os processos de ensino e de aprendizagem dos conteúdos das disciplinas, potencializando e resignificando a construção dos conhecimentos matemáticos.

Tais aspectos são alinhados às orientações presentes nas Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia (Resolução CNE/CES n.º 2/2019). Nesse documento é descrito o perfil do egresso do curso de graduação em Engenharia que deve, entre outras, compreender as seguintes características:

Comunicar-se eficazmente nas formas escrita, oral e gráfica: a) ser capaz de expressar-se adequadamente, seja na língua pátria ou em idioma diferente do português, inclusive por meio do uso consistente das tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), mantendo-se sempre atualizado em termos de métodos e tecnologias disponíveis. (p. 2)

Ressalta também que, no curso, deve ser estimulado o uso de metodologias para aprendizagem ativa, para promover uma educação mais centrada no aluno.

Com base no perfil dos seus ingressantes, a Resolução CNE/CES n.º 2/2019 no Art. 7º define que o Projeto Pedagógico do Curso (PPC) deve prever sistemas de acolhimento e nivelamento, visando à diminuição da retenção e da evasão, ao considerar:

I. as necessidades de conhecimentos básicos que são pré-requisitos para o ingresso nas atividades do curso de graduação em Engenharia;

II. a preparação pedagógica e psicopedagógica para o acompanhamento das atividades do curso de graduação em Engenharia;

III. a orientação para o ingressante, visando melhorar as suas condições de permanência no ambiente da educação superior (p. 5).

Com essas diretrizes e o avanço tecnológico, a utilização de TDIC vem se tornando cada vez mais necessária nos processos de ensino e de aprendizagem, nas diversas áreas de conhecimento. Em particular, questões relativas à Matemática do Ensino Superior têm ganhado forma no âmbito da pesquisa, e são diversos os autores que versam sobre o uso de TDIC nesse contexto, em especial nas disciplinas de CDI.

Um exemplo de autores que destacam o uso de TDIC são Borba e Penteado (2019), que descrevem a utilização de TDIC como aliadas ao ensino de CDI, mas muitas vezes, é relacionada somente com a fragmentação de conteúdos e substituição do professor por uma plataforma de aprendizagem virtual. Certamente, a sua utilização pode ser vista por muitos com receio, no que diz respeito a mudanças na forma de ensinar, pois creem que ainda não estão preparados, enquanto outros demonstram uma certa desconfiança. Assim, para que o professor comece a utilizar novas tecnologias, é preciso que ele reflita sobre o assunto e tenha como princípio que todos podem produzir Matemática, nas suas diferentes expressões. O que nos leva a refletir sobre uma mudança no processo de ensino e aprendizagem e o uso de TDIC, em particular na disciplina de CDI 1.

Como discutido por Autor (2018a) as TDIC podem contribuir nessa direção, pois possibilitam visualização, reflexão e deduções para refinar o conhecimento. Os autores alertam, porém, que, por si só, nenhuma tecnologia garante tais processos. Para tanto, é necessário um cuidadoso planejamento para utilizá-la, em especial, na elaboração, aplicação e no refinamento de tarefas que façam uso desse recurso, o que configura a importância do papel ativo do aluno frente a essas tarefas (Autor, 2018b; Nonato & Costa, 2021).

Como autores deste trabalho, em uma busca sobre o tema discutido, constatou-se uma escassez de pesquisas com foco no uso de OA com *feedbacks* para a autorregulação da aprendizagem de CDI e Pré Cálculo. Justifica-se a partir deste contexto a necessidade de um olhar mais atento para essa questão, e um estudo mais aprofundado sobre esse tema relevante para o ensino e a aprendizagem de CDI.

**Objetos de Aprendizagem**

Os OA, neste trabalho, são vistos como um recurso cognitivo para auxiliar e ampliar o ensino e a aprendizagem com características peculiares, dentre as quais destacam-se a reusabilidade, a granularidade, a acessibilidade e a interoperabilidade. A reusabilidade está ligada ao seu tamanho: quanto menor, mais fácil de ser reutilizado. Deve-se, porém, tomar cuidado para que sejam pequenos e com relevância de conteúdo. A granularidade objetiva que o OA seja uma unidade modular que possa ser combinada para formar unidades maiores. A acessibilidade visa a determinar como um OA pode ser encontrado e acessado, e é desejável que isso ocorra pela Internet. A interoperabilidade diz respeito à utilização do OA em diversas plataformas e sistemas operacionais (Autor, 2014).

Com esta definição de OA, pode-se pensar em uma maior interação entre o aluno e o conteúdo matemático na disciplina de CDI. Inspirando-se no trabalho de Autor (2014), que propõe a construção de OA na Ferramenta de Autoria para a Remediação de Erros com Mobilidade na Aprendizagem (FARMA) para remediação de conteúdos matemáticos, este trabalho vislumbra-os como uma alternativa às dificuldades e necessidade supracitadas sobre o desempenho dos alunos em CDI.

De acordo com Autor (2015), a FARMA permite a construção de tarefas voltadas à aprendizagem de conceitos de indução analítica que envolvem expressões aritméticas e/ou algébricas. Sua principal característica é ser uma ferramenta simples e objetiva para o desenvolvimento de OA altamente interativos e promover uma aprendizagem por erros, os quais são registrados desde a hora em que ocorrem. Com isso, os alunos podem, posteriormente, explorar seus próprios erros, além de permitir que os professores tenham acesso integrado ou individual aos resultados de seus alunos. Desse modo, os OA criados na FARMA podem ser utilizados como instrumentos de diagnóstico e, também, para remediação/intervenção de erros cometidos pelos alunos durante seu processo inicial de aprendizagem de CDI.

A ferramenta já vem sendo investigada e adaptada em trabalhos, como em Pereira (2018), que desenvolveu OA na FARMA, abrangendo conteúdos de geometria essenciais para a aprendizagem de alunos do 9º ano do Ensino Fundamental. No Ensino Superior, Kutzke e Direne (2018) realizaram um estudo sobre a mediação do erro no ensino de programação de computadores, descrevendo a proposta de um arcabouço de sistema para a manipulação de registros de erros (FARMA-ALG) que promova a mediação do erro com participação efetiva do professor. Já no trabalho de Silvaet al*.* (2018), os autoresapresentam a ADAPTFARMA, uma versão modificada da FARMA, que consiste de uma sequência de exercícios após uma introdução, que é a parte teórica de um OA em que conceitos são definidos através de texto, imagens, áudios e vídeos. Na mesma linha da FARMA-ALG e ADAPTFARMA, o trabalho pretende, em uma segunda fase, adaptar uma versão da FARMA que seja específica para a remediação de erros e autorregulação da aprendizagem de conceitos de CDI, denominada FARMA-CALC.

**Remediação de Erros e Autorregulação da Aprendizagem**

A remediação de erros constitui um elemento fundamental na construção de conceitos. A partir dos erros, é possível que o aluno amplie mais sua base de conhecimentos, ou seja, remediar significa, nesse caso, auxiliar o aprendiz a se recuperar de um erro (Leite et al., 2013; Ferreira & Pimentel, 2016).

Por meio do erro, podem-se oferecer duas principais formas de aprendizagem: a remediação de erros, na qual o aluno recebe um *feedback* imediato sobre a falha, permitindo a sua recuperação e a continuação dos estudos; e a retroação aos erros, em que o aprendiz pode explorar os seus erros e, a partir disso, tentar refazer a interação em que o erro foi cometido para entender seu motivo e, então, solucioná-lo (Autor, 2015).

Neste trabalho, o termo “remediação” é entendido como um conjunto de intervenções feitas pelo professor em um processo de ensino associado à regulação da aprendizagem, que tem o papel de fornecer informação de retorno (*feedback*). O retorno pode otimizar e regular a aprendizagem, fazendo com que o aluno alcance pleno conhecimento de um conteúdo. Uma das funções anexas da regulação é o *feedback*, que deve fornecer informações necessárias em etapas vencidas e nas dificuldades encontradas durante uma atividade (Mendes, 2014; Mendes et al., 2014).

Define-se *feedback* como um conjunto de informações fornecidas ao estudante sobre o seu desempenho, que modelam o seu conhecimento e auxiliam em seu processo de aprendizagem (Costa et al. 2016). Os autores referem-se ao *feedback* como um recurso pedagógico que pode despertar uma ação reflexiva nos estudantes e que contribua para sua aprendizagem.

Nesse contexto, vários autores exploram a ideia do uso de *feedbacks* em ambientes virtuais para o ensino de Matemática. Melo et al. (2018) apresentam uma proposta de uso de *vídeo-feedbacks* em atividades desenvolvidas na disciplina de Matemática do Ensino Médio. O objetivo de utilizar *vídeo-feedbacks* imediatos era promover a melhoria do desempenho do aluno de forma personalizada. Cordeiro et al. (2021) avaliam o uso de *feedbacks* em Jogos Educacionais Digitais (JEDs), voltados ao ensino de operações básicas de Matemática, e apontam que não foi observado o uso de *feedbacks* efetivos nos quatro JEDs de Matemática avaliados. Ressaltam, porém, que seu uso poderia contribuir para um melhor desempenho do aluno nessa área. Referindo-se ao ensino remoto, Nóbriga e Dantas (2021) apresentaram uma proposta de atividade a ser realizada no GeoGebra e que contenha exercícios com *feedbacks* automáticos. O artigo tem por objetivo provocar na comunidade acadêmica reflexões e debates sobre o uso de materiais didáticos com *feedbacks* automáticos no ensino de Matemática.

Leite et al. (2013) propõem a remediação de erros por meio de *feedbacks* que se utilizam de Múltiplas Representações Externas em Objetos de Aprendizagem implementados na FARMA. Os autores apresentam a aplicação do Objeto de Aprendizagem Pitágoras e apontam que ele permitiu que os alunos aprofundassem seus conhecimentos conceituais usando as conexões, que foram adquiridas através da manipulação do próprio OA.

Destacamos, em especial, a elaboração de *feedbacks* voltados para a melhoria do conhecimento do aluno e que auxiliem na sua aprendizagem de conceitos matemáticos necessários para o CDI, os quais serão fornecidos automaticamente por meio da interação com OA na plataforma FARMA. Os tipos de *feedbacks* adotados nesta pesquisa são: definição matemática do conceito abordado na questão; apresentação de outro registro de representação para o conceito; explicação curta da questão; sugestão de vídeo, com abordagem dos conceitos, a partir de repositórios já existentes.

**METODOLOGIA**

Nesta seção, apresenta-se uma descrição dos procedimentos metodológicos da pesquisa da qual este artigo é recorte. Em busca de respostas às questões de pesquisa levantadas na introdução, conceitos teóricos apresentados na seção anterior foram aliados à intenção de conceber OA com *feedbacks* que possam ser utilizados como instrumento que possibilite aos estudantes autorregulação de conceitos matemáticos necessários à aprendizagem de CDI.

A vista disso, optou-se por uma investigação de natureza qualitativa de cunho interpretativo (Bogdan & Biklen, 1994), orientada pelas diretrizes do *Design Science Research* - DSR (Dresch et al., 2015; Brocke et al., 2020). A DSR é caracterizada como um processo metodológico para conduzir uma pesquisa com um caráter mais rigoroso. Além de apresentar modos de conceber o conhecimento e de realizar pesquisas científicas, a DSR também pode ser vista como um conjunto de técnicas analíticas que permitem o desenvolvimento de pesquisas em diversas áreas (Lacerda et al., 2013).

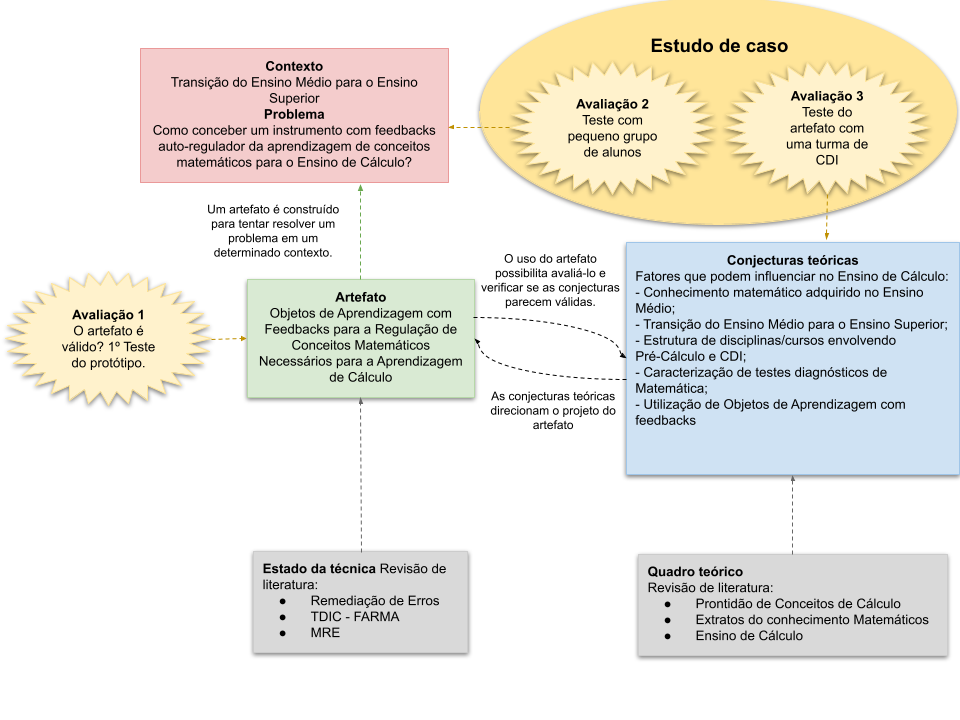
Apesar da DSR originalmente ter sido aplicada na Engenharia, pode-se observar sua crescente utilização em diversas áreas de pesquisa. Em Sistemas de Informação, por exemplo, Rocha et al. (2014) descrevem o processo e os resultados de uma pesquisa realizada sobre a influência do tamanho do grupo na participação em bate-papo educacional, na qual a DSR orientou a realização de uma pesquisa comportamental e a produção de um artefato (modelo matemático para estimar o tamanho do grupo de bate-papo).

Na Educação, Pimentel et al. (2020) apresentam a pesquisa sobre os Tapetes Musicais Inteligentes, em que o método da DSR está atrelado ao processo de pensar-fazer. Na área do Ensino, Szesz Junior (2021) apresenta uma Tecnologia Assistiva, denominada MATH2TEXT, que possibilita aos alunos cegos acesso a expressões matemáticas por meio do computador. A DSR também é uma das metodologias sugeridas pela Comissão Especial de Informática na Educação (Pimentel et al., 2020).

Em DSR, o artefato é projetado com base em conjecturas teóricas, e a avaliação do artefato fornece novos dados sobre as conjecturas elaboradas visando aumentar o conhecimento teórico (Rocha et al., 2014). Na Figura 1 está representado um mapa conceitual dos princípios da DSR, aplicada para esta pesquisa. Também segue os princípios de Hevner et al. (2004).

**Figura 1**

*Mapeamento dos elementos da DSR na construção dos OA. (Hevner et al., 2004)*



Hevner et al. (2004) descrevem sobre as 7 diretrizes a serem consideradas em uma pesquisa pautada em DSR, que estão contidas no Tabela 1. Essas diretrizes também são tomadas como etapas desta pesquisa, e envolvem a criação de um artefato (OA - D1) para um problema em especial (aprendizagem de conceitos para o Ensino de CDI - D2). A adequação dessas diretrizes à presente pesquisa é descrita nas subseções a seguir.

**Tabela 1**

*Diretrizes gerais para a condução e avaliação da DSR. (Dresch et al., 2015)*

|  |  |
| --- | --- |
| **Diretrizes** | Descrição |
| **D1 - Design como Artefato** | A pesquisa fundamentada em DSR deve produzir um artefato viável, na forma de um constructo, modelo, método e/ou uma instanciação. |
| **D2 - Relevância do Problema** | O objetivo da pesquisa fundamentada em DSR é desenvolver soluções baseadas em tecnologia para problemas gerenciais importantes e relevantes. |
| **D3 - Avaliação do Design** | A utilidade, qualidade e eficácia do artefato devem ser, rigorosamente, demonstradas por meio de métodos de avaliação bem executados. |
| **D4 - Contribuições do Design** | Uma pesquisa fundamentada em DSR deve prover contribuições claras e verificáveis nas áreas específicas dos artefatos desenvolvidos, e apresentar fundamentação clara em fundamentos de design e/ou metodologias de *design*. |
| **D5 - Rigor da Pesquisa** | A pesquisa em DSR é baseada em uma aplicação de métodos rigorosos, tanto na construção como na avaliação dos artefatos. |
| **D6 - Design como um Processo de Pesquisa** | A busca por um artefato eficaz e efetivo exige a utilização de meios que sejam disponíveis, para alcançar os fins desejados, ao mesmo tempo que satisfaz as leis que regem o ambiente em que o problema está sendo estudado. |
| **D7 - Comunicação da Pesquisa** | A pesquisa em DSR deve ser apresentada tanto para o público mais orientado à tecnologia quanto para aquele mais orientado à gestão. |

**Relevância do Problema**

A partir da caracterização do problema de pesquisa, da experiência dos pesquisadores e por meio de levantamento bibliográfico sobre o perfil dos ingressantes nos cursos de Engenharia, Ensino de CDI e o uso de TDIC, buscou-se explicitar a relevância do tema.

Segundo as Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Graduação em Engenharia (Resolução CNE/CES 2/2019), em um curso de Engenharia, sistemas de nivelamento devem ser previstos visando à diminuição da retenção e da evasão, considerando as necessidades de conhecimentos básicos que são pré-requisitos para o ingresso nas atividades do curso. Isso mostra a relevância de pensar de uma forma sistemática, por meio da pesquisa, quais seriam esses conhecimentos básicos e compreender como essa problemática tem sido discutida no âmbito da pesquisa. Como exemplo, destacamos Carlson et al. (2015) que apresentam uma visão geral de literatura que identifica habilidades básicas de raciocínio no nível de Pré-cálculo e as compreensões que os alunos precisam para entender ideias-chave de CDI, que são base para o desenvolvimento dos OA. Também, será considerado o modelo teórico que trata de estratos do conhecimento matemático (Cuevas-Vallejo et al., 2018), a constar: numérico, algébrico e funcional, bem como trabalhos que propuseram instrumentos para a avaliação desses conhecimentos considerados básicos para a aprendizagem de CDI (Reyes et al., 2017).

**Design como Artefato**

O artefato proposto é concebido para ser um conjunto de OA que usam *feedbacks*, os quais devem possibilitar ao aluno uma autorregulação de sua aprendizagem em relação aos conceitos de Matemática necessários para a aprendizagem de CDI. Os OA construídos na FARMA serão compostos por um conjunto de questões elaboradas a partir do Instrumento de Prontidão de Conceitos de Cálculo - CCR, proposto por Carlson et al. (2015), organizado com base na taxonomia de 23 itens distribuídos em cinco categorias (Tabela 2), bem como em outras questões já validadas (ENEM, Prova Brasil, Pisa) que contemplam os diferentes estratos do conhecimento matemático (Cuevas-Vallejo et al., 2018).

**Tabela 2**

*Taxonomia do CCR. (Carlson et al., 2015, p. 216, tradução nossa)*

|  |
| --- |
| **Habilidades de raciocínio** |
| R1 - Raciocínio Proporcional: Observar que duas grandezas que estão mudando juntas estão relacionadas por uma constante multiplicativa e que, como às duas grandezas mudam juntas, a razão de uma grandeza para a outra permanece constante; em seguida, usar esse conhecimento para determinar novos valores de uma quantidade para valores específicos da outra quantidade;  R2 - Visão de Função como Processo: Visualizar uma função como um processo que mapeia os valores de entrada no domínio da função para valores de saída na imagem da função;  R3 - Raciocínio Quantitativo e Covariacional: Conceituar quantidades em várias situações e pensar sobre como duas quantidades em uma situação mudam juntas. |
| **Compreender, representar e interpretar padrões de crescimento de função** |
| F1 - Linear;  F2 - Exponencial;  F3 - Polinomial não linear;  F4 - Racional;  F5 - Periódica. |
| **Compreender e usar os seguintes conceitos ou ideias** |
| U1- Grandeza;  U2 - Variável;  U3 - Inclinação / Taxa constante de variação;  U4 - Taxa média de variação;  U5 - Composição de função;  U6 - Função inversa;  U7 - Translações de funções (deslocamentos horizontais e verticais). |
| **Compreender ideias centrais da trigonometria** |
| T1 - Medida de ângulo;  T2 - Radiano como unidade de medida;  T3 - As funções seno e cosseno como a covariação do comprimento de um arco (medido em unidades do raio do círculo) e a coordenada horizontal ou vertical do término do arco (medida em unidades do raio do arco). Essas perguntas exploram a ideia de que todo círculo pode ser considerado um círculo unitário;  T4 - As funções seno e cosseno como uma representação da relação entre uma medida de ângulo e os lados de um triângulo retângulo. |
| **Outras habilidades** |
| H1- Resolver equações;  H2 - Representar e interpretar inequações;  H3 - Usar e resolver sistemas de equações;  H4 - Compreender e usar a notação de função para expressar uma quantidade em termos de outra. |

Para um primeiro protótipo, foram escolhidas duas questões envolvendo o conceito/ideia de composição de funções (U5), associado a padrões de crescimento não linear (F3) e habilidade de compreender e usar a notação de função para expressar uma grandeza em termos de outra (H4). O teste CCR, como um todo, não é de domínio público, e as questões aqui utilizadas são inspiradas nos trabalhos de Carlson et al. (2015), Carlson et al. (2010) e outros.

Os OA construídos na FARMA foram desenvolvidos de tal modo que, para cada questão, a cada erro cometido pelo estudante em uma das etapas de resolução, seja apresentado um tipo de *feedback* diferente. A variação dos *feedbacks* teve por objetivo contemplar tipos de intervenção que sejam mais eficazes em uma nova tentativa de resolução do mesmo item. Foram adotados os seguintes tipos de *feedbacks*: definição matemática do conceito abordado na questão; apresentação de outro registro de representação para o conceito; explicação curta da questão; sugestão de vídeo, com abordagem dos conceitos, a partir de repositórios já existentes (Canais no *Youtube*, Sites de Universidades etc.); apresentação de exemplos similares.

Os exemplos utilizados no OA, Figura 2 exploram o conceito de função composta, cujo objetivo, segundo o instrumento CCR, é verificar se o aluno:

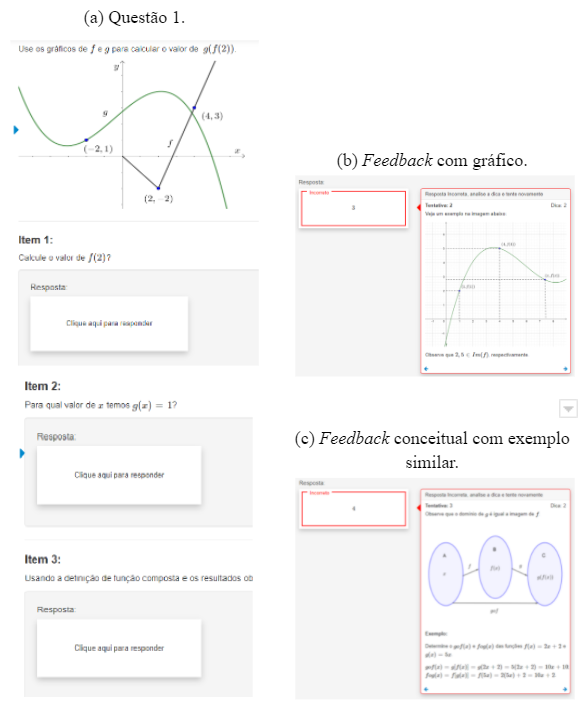
i) consegue visualizar a função como um processo;

ii) compreende o que significa avaliar uma função;

iii) entende como compor duas funções dadas em um contexto de representação gráfica.

**Figura 2**

*Exemplo de uma questão do OA com feedbacks.*



A Figura 2 apresenta (a) uma questão sobre o conceito de função compostas, o feedback (b) mostra a representação gráfica da imagem de uma função para o Item 1. Já o *feedback* (c) apresenta um exemplo de função composta semelhante ao proposto na questão.

A plataforma FARMA possibilita a verificação e a validação contínua do artefato. No entanto, na garantia do rigor necessário para a pesquisa em DSR, é necessário o detalhamento do processo metodológico em busca de uma solução.

**Processo de Busca de Solução**

O processo de busca de solução para a concepção dos OA pautou-se pela DSR e utilizou-se a taxonomia de Múltiplas Representações Externas (MRE) proposta por Ainsworth (2006), que relaciona várias representações e está fundamentada na aplicação de técnicas para representar, organizar e apresentar o conhecimento. Neste trabalho, as MRE darão suporte à remediação/intervenção de erros de Matemática em OA.

Pensando em possíveis respostas dadas pelos alunos e com base no Tabela 2 do CCR, é possível elaborar *feedbacks* para cada questão elaborada nos OA. Foi construído um protótipo de OA (artefato) para teste na FARMA com duas questões inspiradas no teste CCR e com *feedbacks* pautados nas funções das MRE.

Para a validação do protótipo do OA, foram convidados dois grupos, um deles formado por dois professores de CDI, também pesquisadores da Educação Matemática (denominados especialistas – E1, E2), e outro formado por 7 professores da Educação Básica e Ensino Superior, que cursavam uma disciplina de Ensino de CDI ofertada pelo Programa de Pós-Graduação, do qual o autor é integrante (denominados apenas como professores – P1, P2, ..., P7). Ressalta-se, que a pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética da (omitido para avaliação) (processo nº 08957619.3.0000.5547; parecer nº 4.683.713).

Foi proposto que os dois grupos testassem e avaliassem o OA, como se fossem alunos ingressantes em CDI. Posteriormente, foram feitas entrevistas com os dois grupos, para determinar as suas impressões sobre o OA, e apresentadas algumas perguntas direcionadas sobre os *feedbacks*. Um roteiro para as conversas foi predefinido contendo (i) apresentação do objetivo da pesquisa e apresentação do OA na FARMA; (iii) perguntas dirigidas aos especialistas sobre quais são as suas percepções do OA em relação a disposição dos elementos, clareza, divisão das questões em passos e sua estrutura; (iv) pergunta sobre avaliação geral do OA; (v) pergunta sobre sugestões para o aperfeiçoamento do OA e/ou da plataforma FARMA e (vi) quais dos *feedbacks* propostos seriam mais apropriados aos diferentes conceitos abordados nas questões. Foi deixado claro aos avaliadores que eles tinham liberdade para dar sugestões e fazer críticas em relação à usabilidade da FARMA e quais tipos de *feedbacks* poderiam ser usados. Os dados dos resultados desta avaliação serão apresentados mais adiante.

**Rigor da Pesquisa**

Para garantir a qualidade e o rigor da pesquisa, os parâmetros aqui utilizados seguem os conceitos de Dresch et al. (2015) que apontam um caminho metodológico para garantir o rigor da pesquisa.

**Avaliação**

No que diz respeito à avaliação do design, recorreu-se à literatura que trata da validação de OA. Braga et al. (2013), por exemplo, propõem uma metodologia iterativa denominada INTERA (Inteligência, Tecnologias Educacionais e Recursos Acessíveis), que considera o processo de desenvolvimento de OA como sendo um projeto dividido em vários componentes (fases, papéis, etapas e artefatos). A INTERA aborda, de forma adequada, questões pedagógicas e de validação na elaboração de um OA, satisfazendo os princípios da pesquisa baseada em DSR. Os autores afirmam que é necessário um esforço colaborativo de uma equipe multidisciplinar para produzir um OA de alta qualidade e que seja reutilizável. Uma das etapas propostas são os Testes e a Qualidade, que verificam a aceitação dos OA pelos usuários.

**Contribuições e Comunicação da Pesquisa**

As contribuições da pesquisa serão demonstradas por meio dos resultados obtidos das interações dos alunos com o artefato proposto. Além disso, a construção de OA na FARMA pode ser vista como uma alternativa às dificuldades e às necessidades supracitadas sobre o desempenho dos alunos em CDI 1.

Como última etapa de uma pesquisa pautada em DSR, a comunicação da pesquisa, o trabalho foi submetido, apresentado e publicado nos anais de eventos das áreas de Ciência, Tecnologia e Inovação (Autor, 2021a) e Educação Matemática (Autor, 2021b). Os resultados obtidos, assim como a disponibilização de um artefato desenvolvido em plataforma digital denominada FarmaCalc (em desenvolvimento) em formato aberto e de código livre.

A seguir são apresentados e analisados os dados coletados, que subsidiarão o aprimoramento e a construção de uma nova versão do artefato (produto educacional formado por OA) mais ampla e próxima às necessidades de seus usuários.

**RESULTADOS E ANÁLISES**

Iniciamos com um comentário sobre a visão geral do OA de uma das especialistas, que destacou alguns pontos importantes sobre seu design.

“*Eu errei três vezes e a cada erro ele me deu um feedback, na quarta tentativa ele me dá resposta. Eu gostei bastante, mas quando se fala em objeto de aprendizagem me vem a ideia de dinâmico e eu achei um pouco estático… O feedback do vídeo poderia ser mais focado no pré-requisito da função composta”.* (E1)

Um dos pontos apontados por E1 diz respeito à falta de dinamicidade do AO. Outro é a necessidade de repensar pré-requisitos necessários ao conceito matemático, Em relação à ordem apresentada nos *feedbacks*, E1 complementa que

*O 1º erro levou para a definição, se formos pensar da maneira que você pensa cálculo, talvez esse fosse o último feedback, não o primeiro! … Eu acho que o feedback deve ser mais provocativo, pois soltar a definição provoca muito pouco!”* (E1)

Na mesma direção, E2 sugere repensar a proposta de trazer uma definição como um feedback inicial, pois isso poderia “provocar” pouco ou nenhuma reflexão sobre o erro cometido:

“*A definição parece mais complexa do que o próprio exercício!”* (E2)

Os especialistas tiveram dificuldades em reconhecer a resposta esperada para uma das questões do OA, pelo modo como o enunciado havia sido elaborado, e pela necessidade em fornecer, como resposta, uma expressão algébrica, o que nos direcionou a trabalhar com bancos de questões já validadas (como ENEM, Prova Brasil e Pisa), e repensar a forma como solicitar a resposta aos estudantes.

“*Acho que vocês devem melhorar a formulação da pergunta!”* (E1)

“*Eu não consegui ver a resposta que eu acho que é a correta! A resposta é ? Deve ser algum problema na plataforma!”* (E2)

Uma questão levantada pelos especialistas foi sobre o público alvo da pesquisa. Não estava muito claro, para eles, a quem o OA estava dirigido.

“*As questões devem ser formuladas pensando em um público de Pré-Cálculo? O tipo de questão que vocês estão colocando atende ao aluno de Cálculo? Essas questões podem não refletir um direcionamento na realidade dos alunos de Pré-Cálculo!”* (E1)

*“Dentro do contexto da (Universidade em que a especialista e os autores do artigo atuam), eu acho que outras pessoas comprariam essa ideia de ter o instrumento que todo mundo pode aplicar aqui, para repensar suas práticas de ensino, mas não usaria dentro de um contexto de sala de aula… poderia ser um protocolo de diagnóstico com feedbacks guiados aos conceitos básicos. Como um guia de estudos aproveitando a estrutura da ferramenta”.* (E1)

Esse diálogo com os especialistas da Educação Matemática foi bastante produtivo, pois levou os autores a refletir sobre alguns aspectos do OA que não estavam claros, o que nos fez repensar especialmente em delimitar qual seria o público alvo e rever a formulação das questões.

Vejamos agora alguns relatos dos professores sobre suas percepções do OA. Um ponto positivo destacado acerca do design do OA foi a presença de *feedback* com configurações variadas, com destaque ao vídeo.

*“Eu achei muito interessante, coloquei respostas incorretas para ver até onde ia. Vi que tem vídeos e aí chega um ponto que dá a resposta, na quarta tentativa. Acho que o aluno seria autosuficiente com o uso dessa plataforma”.* (A1)

“*É bastante interessante porque dá os feedbacks e no final um vídeo que ajuda a complementar e depois dá a resposta”.* (A3)

Foram feitos também apontamentos sobre algumas limitações do AO, vinculadas à plataforma FARMA, envolvendo seu layout.

“*O que mais me incomodou foi as duas flechas azuis, pois eu achei que tinha mais ajuda, mas não aparecia nada, só depois de outro erro que aparecia a próxima ajuda.*.. *Incomoda as coisas ficarem bem no canto. O layout deve ser mais amigável”.* (A2)

*“No quarto erro ele já me dá a resposta, então pra que eu preciso digitar a resposta de novo?”* (A4)

*“Eu tentei uns doze minutos e ele dava erro no , pois é \* né?”* (A5)

Comentários sobre o público-alvo ao qual é destinado o OA também foram feitos nesse grupo, assim como a ordem com a qual os *feedbacks* eram apresentados.

*“A minha dúvida era, se isso é mais como um reforço escolar? Pois as primeiras dicas eram definições com simbologias e tal, aí percebi que o aluno tem que ter o conhecimento das definições para relembrar. Assim deduzi que era como reforço! Será que a definição como primeira dica é a mais eficiente? Será que usar o gráfico não seria mais interessante?”* (A3)

“*Acho que a definição ao final fica mais interessante!”* (A2)

*“Eu também concordo, porque com as dicas numéricas e gráficas ele vai construindo o conceito e a definição lá no fim”.* (A5)

Ao refletir sobre as respostas dos dois grupos, pode-se fazer uma análise sobre os seguintes aspectos: Design do OA, Tipo de *Feedbacks* e Ordem e Formulação das Questões.

Sobre o design do OA, de forma geral ele foi bem aceito. Mas um dos pontos levantados foi a questão de estar muito estático, o que levou os autores a repensar a formulação das questões, no intuito de atribuir um caráter mais dinâmico, e torná-las mais claras para o usuário. Houve problemas no preenchimento da resposta com uma fórmula, o que levou a suprimir esse tipo de questão em uma próxima versão do OA.

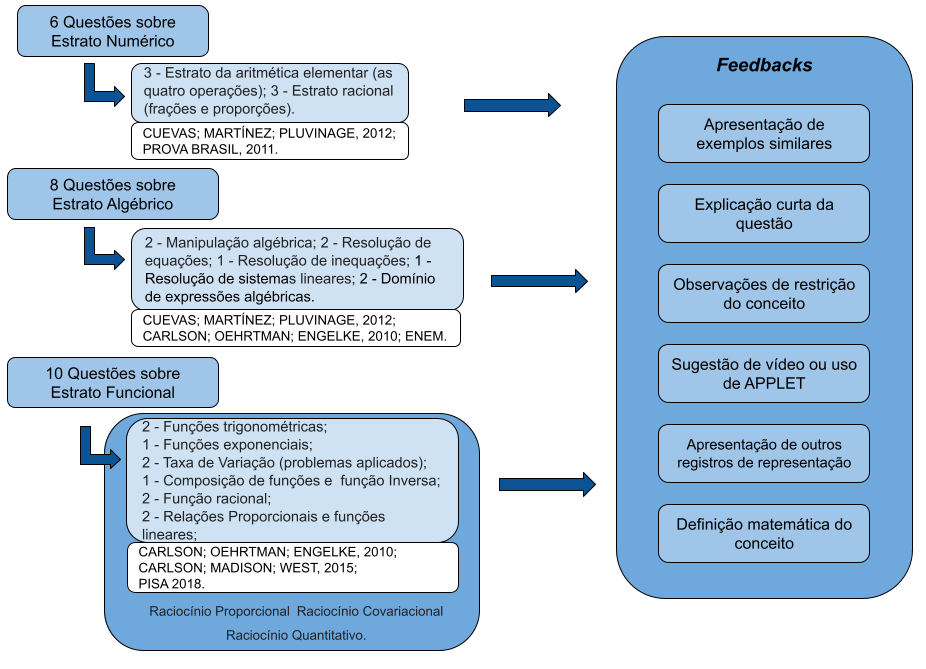
A diversidade de *feedbacks*, com destaque para o vídeo, foi apontada como um ponto positivo, mas a ordem de apresentação deve ser revista, pois, o aluno deve receber os *feedbacks* de tal forma que ele vá construindo os conceitos até chegar à definição formal.

Em relação à formulação das questões, não pareciam muito atrativas, apresentando um caráter muito técnico, o que poderia desmotivar o aluno. Assim, há necessidade de uma reestruturação das questões e estudo mais aprofundado para sua ampliação.

Após esta avaliação o artefato será reestruturado e melhorado a fim de atender as sugestões levantadas pelos especialistas. A Figura 3 mostra que o produto será composto por três OA, relacionados com os estratos de conhecimento, a saber: numérico, algébrico e funcional, conforme categorização proposta por (Cuevas-Vallejo et al., 2018). A definição das questões que comporão cada OA, bem como os *feedbacks* associados a cada uma delas, fazem parte da próxima fase de design.

**Figura 3**

*Estrutura dos OA.*



As questões envolvendo o estrato funcional explorarão habilidades de raciocínio proporcional, covariacional e quantitativo. Ressalta-se ainda que, para cada questão, serão associados os *feedbacks* mais adequados, dentre as opções apresentadas no lado direito da Figura 3, preparados com base nas teorias de Múltiplas Representações Externas (Ainsworth, 2006) e dos Registros de Representação Semiótica (Duval & Moretti, 2018). Essas teorias estão fundamentadas no uso de técnicas para representar, organizar, apresentar e compreender o conhecimento de conceitos matemáticos, e em particular neste trabalho, conceitos necessários para a aprendizagem de CDI.

**CONCLUSÕES**

Este artigo apresentou os primeiros resultados de uma pesquisa mais ampla com interface nas áreas de Educação Matemática e Informática na Educação. Seu principal objetivo é a concepção e construção de um conjunto de OA para a remediação de erros de Matemática que envolvem os conceitos necessários para a disciplina de CDI 1, os quais estão sendo implementados em uma plataforma online vinculada à Ferramenta de Autoria FARMA. O instrumento proporcionará novas oportunidades para alunos que cursarão a disciplina de CDI, a fim de que possam explorar conceitos matemáticos, contribuindo para um melhor desempenho e, consequentemente, espera-se um aumento no número de aprovações.

No desenvolvimento da pesquisa, utilizou-se a metodologia pautada em Design Science Research - DSR (Dresch et al., 2015; Brocke et al., 2020). Em específico, neste artigo, procurou-se apresentar as duas diretrizes do modelo da DSR, a relevância do problema e a construção do artefato, e, por fim, uma primeira etapa de avaliação do design do instrumento proposto.

Nesta etapa inicial, a avaliação teve como público-alvo um grupo em potencial para a utilização do OA, no intuito de validar um modelo baseado na prontidão de conceitos de CDI, adaptado e implementado em uma plataforma para a remediação de erros de matemática (FARMA). Tal modelo foi testado com diferentes *feedbacks*, com o objetivo de verificar quais intervenções seriam mais apropriadas a diferentes contextos.

Dos resultados obtidos, pode-se fazer um levantamento sobre os seguintes aspectos do OA: o primeiro trata-se do design do OA, que de forma geral foi bem aceito. Mas as questões devem ser melhoradas de forma que tenham um caráter mais dinâmico, e sua formulação seja mais clara para o usuário.

O segundo refere-se aos tipos de *feedbacks e sua ordem de apresentação*, nesse momento o aluno deve receber os *feedbacks* de tal forma que ele vá construindo os conceitos até chegar à definição formal. O último aspecto está relacionado a formulação das questões, nas quais houve a necessidade de uma reestruturação das questões e estudo mais aprofundado para sua ampliação.

Fazendo os ajustes necessários e ampliando a gama de questões, pode-se seguir para as próximas etapas da pesquisa, que incluem a organização das 24 questões que abordem os conceitos de Matemática necessários para a aprendizagem de CDI e que explorem os estratos do conhecimento numérico, algébrico e funcional, bem como a aplicação de um teste para a validação, em sala de aula, com uma turma de alunos iniciantes em CDI. Espera-se que, ao término da pesquisa, tenha-se um produto educacional capaz de auxiliar os alunos em suas dificuldades em conceitos de matemática necessários para a aprendizagem de CDI.

**DECLARAÇÕES DE CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES**

Autor 1, Autor 2 e Autor 3 conceberam a ideia apresentada no artigo. Autor 1 elaborou o Objeto de Aprendizagem, coletou os dados e realizou as análises sob a orientação de Autor 2 e Autor 3. Os três autores discutiram os resultados e contribuíram para a versão final do manuscrito.

**DECLARAÇÃO DE DISPONIBILIDADE DE DADOS**

Os dados que apoiam este artigo encontram-se sob a guarda de Autor 1 e podem ser disponibilizados mediante solicitação razoável.

**REFERÊNCIAS**

Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and instruction*, 16(3), 183-198.

Bogdan, R., & Biklen, S. (1994). *Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos.* Porto editora.

Borba, M. C., & Penteado, M. G. (2019). *Informática e educação matemática.* Autêntica Editora.

Borba, M. C., Silva, R. S. R., & Gadanidis, G. (2020). *Fases das tecnologias digitais em Educação Matemática: sala de aula e internet em movimento.* Autêntica Editora.

Borges, P. A. P., & Moretti, M. T. (2016). A transformação das relações com o saber matemático de alunos ingressantes na universidade. *Acta Scientiae,* 18(3), 580-596.

Borssoi, A. H., Trevisan, A. L., & Elias, H. R. (2017). Percursos de aprendizagem de alunos ao resolverem uma tarefa de Cálculo Diferencial e Integral. *Vidya*, 37(2), 459-477.

Braga, J. C., Pimentel, E., & Dotta, S. (2013). Metodologia INTERA para o desenvolvimento de Objetos de Aprendizagem. In *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)* 24(1), 306-315. <http://dx.doi.org/10.5753/cbie.sbie.2013.306>

Brocke, J. V., Hevner, A., & Maedche, A. (2020). Introduction to design science research. *In Design Science Research. Cases*. Springer, Cham, 1-13.

Carlson, M. P., Madison, B., & West, R. D. (2015). A study of students’ readiness to learn calculus. *International Journal of Research in Undergraduate Mathematics Education,* 1(2), 209-233.

Carlson, M., Oehrtman, M., & Engelke, N. (2010). The precalculus concept assessment: A tool for assessing students’ reasoning abilities and understandings. *Cognition and Instruction,* 28(2), 113-145.

Casiraghi, B., Boruchovitch, E., & Almeida, L.S. (2020). Crenças de autoeficácia, estratégias de aprendizagem e o sucesso acadêmico no Ensino Superior. *Revista E-Psi*, 9(1), 27-38.

Autor (2021a).

Autor (2021b)

Christo, M. M. S., de Resende, L. M. M., & Kuhn, T. D. C. G. (2018). Por que os alunos de engenharia desistem de seus cursos–um estudo de caso. *Nuances: estudos sobre Educação*, 29(1).

Cordeiro, E., Sato, G., Pinheiro, N., Silva, S. (2021).O uso de feedbacks em jogos educacionais digitais para o ensino de operações básicas de matemática: um estudo exploratório. *Em Teia | Revista de Educação Matemática e Tecnológica Iberoamericana.* 12(.1),.

Costa, E. D. B., Rocha, H. J. B., Omena, R. A. L. V. D., Júnior, M. A. C. P., Alves, H. F., Neto, M. J. F., & Toledo, A. (2016). An approach that support multiple linked representations within an intelligent tutoring system for helping students to develop skills on designing digital circuits. *In New Advances in Information Systems and Technologies*. Springer, Cham, 255-264.

Cuevas-Vallejo, C. A., Pineda, M. D., & Reyes, M. M. (2018). Una propuesta para introducir el pensamiento funcional y concepto de función real, antes de un curso de cálculo diferencial. *Revista Logos, Ciencia & Tecnología,* 10(2), 20-38.

Cunha, S. M., & Carrilho, D. M. (2005). O processo de adaptação ao ensino superior e o rendimento acadêmico. *Psicologia escolar e educacional,* 9, 215-224.

Dresch, A., Lacerda, D. P., & Júnior, J. A. V. A. (2015). *Design science research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia.* Bookman Editora.

Faria, R. W. S. D. C., Romanello, L. A., & Domingues, N. S. (2018). *Phases of digital technologies in the mathematical exploitation in a classroom: from graphic calculators to intelligent cellulars.*

Feitosa, D. L. S., Teixeira, E. G. S., Silva, L. S., Oliveira, M. L. S., & Braga, R. M. (2020) O estudante e o ensino de cálculo diferencial e integral. *Série Educar-Volume 25 Matemática,* 6-14.

Ferreira, L., & Pimentel, A. (2016, November). ARPREM: Autoria de Regras de Produção Para Remediação de Erros Com Múltiplas Representações Externas. *In Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE),* 27(1), 946-955. <http://dx.doi.org/10.5753/cbie.sbie.2016.94>

Godoy, E. V., & Gerab, F. (2018). Transição ensino médio-ensino de engenharia na perspectiva do professor de matemática. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia,* 11(2), 361-385.

Gomez, M. F., Remor, C. R., de Marco, M. T., & Farinon Betzek, S. B. (2015). *Evasão na engenharia: o caso dos cursos da UTFPR Câmpus Medianeira tendo como acesso o SISU.*

Hadwin, A., & Oshige, M. (2011). Self-regulation, coregulation, and socially shared regulation: Exploring perspectives of social in self-regulated learning theory. *Teachers College Record,* 113(2), 240-264.

Hevner, A. R., March, S. T., Park, J., & Ram, S. (2004). Design science in information systems research. *MIS quarterly*, 75-105.

Kutzke, A. R., & Direne, A. (2018). Em Direção à Mediação do Erro por Meio de Um Arcabouço de Sistema Computacional. *Revista Brasileira de Informática na Educação,* 26(03), 139.

Homa, A.I. R. (2020). As Dificuldades em Álgebra dos Estudantes de Engenharia: Um Experimento com Avaliação Diagnóstica Auxiliada por Computador. *Acta Scientiae*, 22(5), 254-272.

Lacerda, D. P., Dresch, A., Proença, A., & Antunes Júnior, J. A. V. (2013). Design Science Research: método de pesquisa para a engenharia de produção. *Gestão & produção*, 20(4), 741-761.

Leite, M. D., Marczal, D., & Pimentel, A. R. (2013, July). Objeto de Aprendizagem Pitágoras: uma aplicação do uso de múltiplas de representações externas na remediação de erros matemáticos. *In Anais do II Workshop de Desafios da Computação aplicada à Educação,* SBC, 1434-1442.

Autor (2015)

Autor (2014)

Melo, J. N. B., de Lima, J. V., & Canto Filho, A. B. (2018). Feedback imediato em ambientes informatizados através de vídeos na disciplina de matemática. *Informática na educação: teoria & prática*, 21(2) (Mai/Ago).

Mendes, M. T., Trevisan, A. L., & Elias, H. R. (2018). A utilização de TDIC em tarefas de avaliação: uma possibilidade para o ensino de Cálculo Diferencial e Integral. *Debates em educação,* 10(22), 140-163.

Mendes, M. T. (2014) *Utilização da Prova em fases como recurso para aprendizagem em aulas de Cálculo*. 277f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

Menestrina, T. C., & Moraes, A. F. (2012). Alternativas para uma aprendizagem significativa em engenharia: curso de matemática básica. *Revista de Ensino de Engenharia,* 30(1), 52-60.

Nóbriga, J. C. C., & Dantas, S. C. (2021). Uma Proposta de Atividade com Feedbacks Automáticos no GeoGebra. *Perspectivas da Educação Matemática*, 14(34), 1-21.

Nonato, K. J., & Costa, N. M. L. (2021). Conexões entre o Projeto Pedagógico de um Curso de Graduação em Matemática e o Conhecimento Tecnológico e Pedagógico do Conteúdo. *Acta Scientiae*, 23(3), 241-264.

PEREIRA, F. H. (2018). *Um estudo sobre o ensino de geometria com o uso da FARMA*. 109 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Matemática) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina.

Pimentel, M., Filippo, D., & Santoro, F. (2020). *Design Science Research: fazendo pesquisas científicas rigorosas atreladas ao desenvolvimento de artefatos computacionais projetados para a educação*. Metodologia de Pesquisa Científica em Informática na Educação: Concepção de Pesquisa. SBC.

Pimentel, M., Filippo, D., & Santos, T. M. (2020). Design Science Research: pesquisa científica atrelada ao design de artefatos. *RE@ D-Revista de Educação a Distância e Elearning*, 3(1), 37-61.

Resolução CNE/CES 2/2019. *Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia*. Diário Oficial da União, Brasília, 26 de abril de 2019, Seção 1, pp. 43 e 44.

Reyes, M. M., Soberanes-Martín, A., & Soto, J. M. S. (2017). Análisis correlacional de competencias matemáticas de pruebas estandarizadas y pre-requisitos matemáticos en estudiantes de nuevo ingreso a Ingeniería en Computación. *RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 8(15), 946-974.

Rocha, E. B., Pimentel, M., & Diniz, M. C. (2014, May). Desenvolvimento de um modelo da participação em bate papo seguindo a abordagem design science research. *In Anais do X Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação,* SBC, 32-43.

Rodrigues, C., Menezes, L., & Ponte, J. P. D. (2018). Práticas de Discussão em Sala de Aula de Matemática: os casos de dois professores. *Bolema: Boletim de Educação Matemática*, 32(61), 398-418.

Santos, G. M. T., Reis, J. P. C., & Silva, M. M. (2020). Tecnologias digitais na educação superior: reflexões acerca da disciplina de cálculo diferencial e integral i. *Brazilian Journal of Development*, 6(8), 55191-55201.

Silva, R. C., Direne, A. I., Marczal, D., Borille, A. C., Guimarães, P. R. B., da Silva Cabral, A., & Camargo, B. F. (2018). Adaptabilidade de Objetos de Aprendizagem usando Calibragem e Sequenciamento Adaptativo de Exercícios. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 26(01), 70-90.

Szesz Junior, A. (2021). *Math2Text: ferramenta tecnológica para acessibilidade de estudantes cegos a expressões matemáticas.* Tese (Doutorado em Ensino de Ciência e Tecnologia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2021.

Tonini, A. M., & Pereira, T. R. D. S. (2019). *Desafios Da Educação Em Engenharia: Empreendedorismo, Industria 4.0, Formação do Engenheiro, Mulheres em STEM.* Brasília: ABENGE.

Autor (2021).

Autor (2018a).

Autor (2018b).

Zarpelon, E., de Resende, L. M. M., & Reis, E. F. (2017). Análise do desempenho de alunos ingressantes de engenharia na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral I. *Interfaces da educação*, 8(22), 303-335.

Zimmerman, B. J. (1986). Becoming a self-regulated learner: Which are the key subprocesses?. *Contemporary educational psychology*, 11(4), 307-313.