



REVISTA ELETRÔNICA DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA

CONCEPÇÃO DE UMA VERSÃO DIGITAL DO JOGO MANKALA COLHE TRÊS: IDEALIZAÇÃO DE SITUAÇÕES DE USO

Conception D'une Version Numerique Du Jeu Mathematique Mankala Colhe Tres:
Idealisation Des Situations D'utilisation

Tarcísio Rocha DOS SANTOS

Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil
tarcisio.rsantos@ufpe.br

<https://orcid.org/0000-0002-2005-6437>

Franck Gilbert René BELLEMAIN

Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil
franck.bellemain@ufpe.br

<https://orcid.org/0000-0001-5358-2057>

Péricles de Lima SOBREIRA

Université du Québec en Outaouais, Gatineau, Canadá
pericles.delimasobreira@uqo.ca

<https://orcid.org/0000-0002-4869-3155>

A lista completa com informações dos autores está no final do artigo ●

RESUMO

A carência de sistematização na produção de softwares educativos de qualidade motiva a busca por metodologias que articulem o saber matemático às potencialidades tecnológicas. Este artigo apresenta a concepção do Mankala Colhe Três Digital, fundamentada no desenvolvimento do primeiro ciclo da Engenharia Didático-Informática (EDI), visando ampliar o potencial educativo do jogo físico original. Metodologicamente, a pesquisa contemplou um levantamento de requisitos multidimensionais (nas dimensões epistemológica, cognitiva, didática, informática e sociocultural), transpostos para um Modelo de Casos de Uso (RUP/UML) sob o olhar da Teoria das Situações Didáticas (TSD). Essa abordagem possibilitou a configuração de um meio didático reativo e a sistematização de variáveis informáticas visando favorecer a autonomia do estudante. Tal modelagem estabelece as hipóteses da análise a priori, fornecendo os subsídios necessários para a validação interna do recurso em etapas experimentais posteriores. Conclui-se que a versão digital amplia os horizontes didáticos do jogo ao viabilizar o registro de jogadas, configuração de variáveis e fichas integradas, oferecendo resposta robusta à transposição didático-informática. Além de assegurar a integridade do saber, o recurso potencializa a autonomia do estudante via manipulação direta digital e favorece o resgate cultural atrelado às origens do jogo.

Palavras-chave: Mankala Colhe Três, Situações Didáticas, Engenharia Didático-Informática

RESUMÉ

Le manque de systématisation dans la production de logiciels éducatifs de qualité motive la recherche de méthodologies articulant connaissances mathématiques et potentiel technologique. Cet article présente la conception du jeu numérique Mankala Colhe Três, issu du développement du premier cycle d'Ingénierie Didactique-Informatique (IDI), visant à enrichir le potentiel éducatif du jeu physique original. Sur le plan méthodologique, la recherche a consisté en une analyse des

exigences multidimensionnelles (épistémologiques, cognitives, didactiques, informatiques et socioculturelles), transposées dans un modèle de cas d'utilisation (RUP/UML) selon la Théorie des Situations Didactiques (TSD). Cette approche a permis la configuration d'un support didactique réactif et la systématisation des variables informatiques afin de favoriser l'autonomie des apprenants. Cette modélisation établit les hypothèses de l'analyse a priori, fournissant le support nécessaire à la validation interne de la ressource lors des phases expérimentales ultérieures. En conclusion, la version numérique élargit les perspectives didactiques du jeu en permettant l'enregistrement des coups, la configuration des variables et l'intégration de fiches de personnage, offrant ainsi une réponse pertinente à la transposition didactique-informatique. Outre la garantie de l'intégrité des connaissances, cette ressource renforce l'autonomie des élèves grâce à la manipulation numérique directe et favorise la redécouverte du patrimoine culturel lié aux origines du jeu.

Mots-clés: Mankala Colhe Três, Situations Didactiques, Ingénierie Didactique-Informatique

1 INTRODUÇÃO

O jogo matemático Mankala Colhe Três representa um dos produtos do projeto “Formação docente: interdisciplinaridade e ação docente – Projeto Rede” (Gitirana et al., 2013), que possuía como elemento central de um de seus subprojetos a criação de jogos matemáticos possíveis de serem confeccionados com material de sucata ou baixo custo.

Esse jogo foi objeto de investigação da pesquisa de Santos (2014), que, fundamentado na Teoria das Situações Didáticas (Brousseau, 1997), buscou investigar o seu potencial didático em situações didáticas. Em suas considerações finais, o autor elencou alguns encaminhamentos para futuras pesquisas envolvendo o Mankala Colhe Três e seu uso. Ao analisar essas indicações, percebemos que a concepção de uma versão digital do jogo poderia satisfazer esses encaminhamentos, o que nos conduziu à elaboração da pesquisa apresentada parcialmente no presente artigo.

Para a concepção de uma versão digital do Mankala Colhe Três, utilizamos os princípios metodológicos da Engenharia Didático-Informática (EDI) (Tiburcio, 2020). Essa metodologia de produção de software educativo, que possui um modelo de processo que orienta e especifica as etapas de criação de software educativo, surge da necessidade de superar limitações na qualidade de softwares educativos. Embora o uso de tecnologias digitais no ensino seja amplamente difundido, pesquisas evidenciam dificuldades em sua produção e a carência de metodologias que integrem conhecimentos de áreas como didática, cognição e design aos referenciais da Engenharia de Software.

Nesse contexto, a EDI é caracterizada como uma proposta metodológica que busca articular os princípios da Engenharia de Software com os aportes teóricos e metodológicos da Engenharia Didática (Artigue, 1996). Seu objetivo central é orientar o desenvolvimento de softwares educativos que não apenas funcionem tecnicamente, mas que também sejam pedagogicamente fundamentados e alinhados às especificidades do

ensino e da aprendizagem, especialmente em Matemática.

O modelo de processo da EDI possui quatro fases e quatro ciclos, constituídos pela integração de fases. O primeiro ciclo, chamado analítico-hipotético, contém as seguintes etapas: especificação; análises prévias; levantamento de requisitos; e concepção e análise a priori. No presente artigo, discutiremos a realização desse primeiro ciclo, focando nosso olhar à etapa de concepção e análise a priori, que considera os elementos advindos das demais etapas deste ciclo.

2 O JOGO MATEMÁTICO MANKALA COLHE TRÊS

A produção do jogo Mankala Colhe Três foi inspirada no jogo Mankala Ouri que, por sua vez, representa um dos diversos jogos do tipo *mankala*. Estima-se que esses jogos possuam mais de 7000 anos de idade e sejam de origem africana (Santos, 2008). Segue uma imagem de um exemplar do jogo Mankala Colhe Três produzido no Projeto Rede:

Figura 1

Exemplar do jogo Mankala Colhe Três



Fonte: Andrade et al. (2013, p. 26).

Muitas pesquisas utilizam os jogos do tipo *mankala* como recurso pedagógico nas aulas de matemática com o objetivo de realizar um importante resgate cultural atrelado à sua origem africana, geralmente considerando o olhar da Etnomatemática, programa que considera um conjunto de formas de matemática própria de grupos culturais e que possui duas dimensões que se articulam: inserir a variável cultura no ensino e na aprendizagem de matemática e questionar a matemática escolar (D'Ambrósio, 2005).

As regras do jogo Mankala Colhe Três foram criadas com o intuito de, entre outros objetivos, favorecer o trabalho com divisores de um número natural. Seguem as regras do jogo conforme apresentadas pelos seus criadores:

1. O jogo começa com cinco sementes em cada cova.
 2. Os jogadores decidem, entre si, quem deverá iniciar e qual será sequência dos demais jogadores.
 3. Cada jogador, em sua vez, escolhe uma das covas, retira todas as sementes que estão nela, divide a quantidade de sementes em partes iguais, e redistribui todas as partes entre as covas seguintes, seguindo o sentido horário [...]
- Atenção:
- a. Não se inclui, na redistribuição, a cova da qual foram retiradas as sementes. A redistribuição inicia-se na cova seguinte;
 - b. Ao redistribuir, não se pulam covas;
 - c. Podem-se passar todas as sementes para a próxima cova, considerando-se, desse modo, dividido em uma única parte o lote de sementes retiradas [...]
 - d. No caso de ser maior do que 4¹ o número de partes em que for dividido o lote de sementes retiradas, uma mesma cova receberá sementes mais de uma vez.
4. O jogador recolhe as sementes da última cova em que ele colocou sementes, quando nessa última ficarem exatamente três sementes.
 5. O jogo termina quando:
 - a. ocorrerem cinco rodadas (todos os jogadores jogam) sem ninguém recolher sementes;
 - b. ou restarem apenas quatro sementes no tabuleiro.
 6. Ao término do jogo, contam-se quantas sementes cada jogador colheu. Ganha quem colheu mais sementes (Andrade et al., 2013, p.26-27).

Os criadores do jogo destacaram uma série de finalidades educacionais do Mankala Colhe Três, como apresentado na citação que segue:

- Desenvolver estratégias de quantificar mentalmente;
- Resolver problemas com situações mistas: aditivas e multiplicativas;
- Dividir por cálculo mental;
- Mapear as possibilidades;
- Explorar as possibilidades de distribuição em partes iguais a partir das quantias existentes nas covas:
 - Reconhecer os divisores de um determinado número.
 - Identificar múltiplos de um número.
 - Reconhecer números primos e compostos (Andrade et al., 2013, p. 29).

Em sua pesquisa de mestrado, fundamentada na Teoria das Situações Didáticas (Brousseau, 1997), Santos (2014) analisou o potencial didático do jogo Mankala Colhe Três. Como resultados, o pesquisador percebeu, dentre vários outros aspectos, que uma devolução eficaz fortaleceu o caráter adidático das partidas, permitindo que o jogo Mankala Colhe Três atuasse como um meio reativo para a construção autônoma de conhecimentos. Além disso, o autor ressalta que as interações dos sujeitos participantes da pesquisa, especialmente em duplas, impulsionaram as dialéticas de ação, formulação

¹ Deveria ser “5”, tendo em vista que há cinco covas no tabuleiro do jogo. Essa consideração foi ajustada por Santos (2014), que propôs uma nova maneira de reformular as regras do jogo para aplicação no experimento de sua pesquisa.

e validação, exigindo que os alunos explicitassem estratégias e argumentassem sobre a pertinência de suas jogadas para vencer. Esse processo favoreceu a mobilização de conceitos como divisibilidade e números primos, frequentemente identificados pelos estudantes como "teoremas-em-ato" antes mesmo de uma institucionalização formal.

Ao final de sua pesquisa, Santos (2014) apontou alguns encaminhamentos para pesquisas futuras, que considera possibilidades de modificações no jogo, indicações de sua utilização em sala de aula, e sugestões para novas pesquisas relacionadas ao jogo, conforme a sistematização a seguir:

- Produzir mapeamento das jogadas do Mankala Colhe Três com o auxílio de recursos tecnológicos mais sofisticados, para servir de auxílio na criação de atividades e no aprimoramento de critérios de análise de estratégias dos jogadores;
- Possibilitar variações do jogo, como a quantidade de covas no tabuleiro, quantidade inicial de sementes por cova, regras gerais do jogo etc., para propiciar ampliação do uso do jogo e auxiliar na evolução das situações;
- Dar ênfase no viés da Etnomatemática com o Mankala Colhe Três, para explorar melhor o aspecto cultural do jogo;
- Viabilizar o uso de modelos variados de interação entre os jogadores, para favorecer a vivência dos alunos pelos diferentes tipos de situações didáticas (ação, formulação, validação e institucionalização);
- Propor sequências metodológicas mais longas, para favorecer a obtenção de maior diversidade de informações e de situações de jogo em investigações futuras;
- Propor experimentos de pesquisa envolvendo um maior número de sujeitos, para favorecer a vivência de situações de institucionalização dos saberes mobilizados.

Partindo dos encaminhamentos futuros da pesquisa de Santos (2014), percebemos que uma investigação que considerasse a concepção de uma versão digital do Mankala Colhe Três poderia atendê-los. Sendo assim, iniciamos a concepção do Mankala Colhe Três Digital por meio dos princípios da Engenharia Didático-Informática, como traremos no próximo capítulo deste artigo.

3 CONCEPÇÃO E ANÁLISE A PRIORI DO MANKALA COLHE TRÊS DIGITAL

Na busca pela concepção de uma versão digital do Mankala Colhe Três que considerasse aspectos para uma ampliação do potencial educativo do jogo, desenvolvemos as etapas do primeiro ciclo do modelo de processo da EDI: especificação; análises prévias; levantamento de requisitos; e concepção e análise a priori.

A etapa de especificação da EDI possui como característica as definições de: conhecimentos matemáticos a serem abordados por meio do software educativo; conhecimentos que possuem relação com esses; público-alvo a quem se destina o software; composição da equipe de desenvolvimento.

No nosso caso, em relação aos conhecimentos que pretendíamos abordar com o Mankala Colhe Três Digital, percebemos que precisávamos considerar o potencial educativo do jogo que vai além dos conhecimentos matemáticos a serem mobilizados. Inicialmente, vimos a necessidade de considerar todas as noções relacionadas ao jogo como recurso pré-existente, que já era munido de importantes aspectos educativos e que não se relacionavam, necessariamente, aos conhecimentos matemáticos, como os aspectos cultural e lúdico do jogo.

A partir do exposto, realizamos uma importante caracterização das noções suscetíveis de serem mobilizadas pelos jogadores, por meio do olhar para a distinção entre noções *matemáticas*, *paramatemáticas* e *protomatemáticas*. Essa distinção é realizada por Chevallard (1991) ao discutir a epistemologia do regime didático do saber. De modo geral, as noções matemáticas seriam os conteúdos de saber; as noções paramatemáticas são vistas como objetos de saber “auxiliares”, que são vistos como essenciais para o ensino e a aprendizagem dos objetos de saber, como, por exemplo, a noção de parâmetro, de equação e de demonstração; e as noções protomatemáticas podem ser compreendidas como as capacidades desenvolvidas, como a criação e o teste de hipóteses ou a análise de dados.

No caso do Mankala Colhe Três Digital, destacamos a *divisibilidade* como conhecimento matemático de base do jogo, caracterizando-a como noção matemática. Como noções paramatemáticas elencamos as capacidades de: quantificar mentalmente, dividir por cálculo mental; mapear possibilidades mentalmente; reconhecer divisores e múltiplos de um número; reconhecer números primos e números compostos. Sobre as noções protomatemáticas, listamos as capacidades de: reconhecimento de padrões;

formulação; e testes de estratégias.

Sobre o público-alvo a quem se destina o jogo, destacamos que a versão digital do Mankala Colhe Três não se limitará a anos escolares específicos, tanto por considerarmos o grande potencial educativo que o jogo possui em sua versão física quanto pela expectativa de novas possibilidades de uso idealizadas para sua versão digital, que visa uma ampliação em seu potencial didático e pedagógico.

Finalizamos a etapa de especificação definindo a composição da equipe de desenvolvimento do jogo, que considera uma perspectiva transdisciplinar e inclui pesquisadores da área de Educação Matemática, da área de Engenharia de Softwares Educativos e membros do grupo de pesquisa “Atelier Digitas: concepção e desenvolvimento de uma plataforma-suporte à produção de material didático com recursos ativos” - CAC/UFPE/CNPq.

A etapa de Análises Prévia da EDI se baseia nos saberes delimitados na Especificação para a realização de um estudo analítico, que envolve a compreensão dos encaminhamentos didáticos, epistemológicos, cognitivos e informáticos para o software educativo.

No nosso caso, ao considerar o olhar mais amplo do potencial educativo do Mankala Colhe Três Digital, decidimos realizar as Análises Prévia por meio de seções temáticas que integram as dimensões epistemológica, cognitiva, didática, informática, entre outras. Sendo assim, nosso estudo analítico foi realizado a partir de quatro seções: os jogos matemáticos na Educação Matemática; o Mankala Colhe Três; a Teoria das Situações Didáticas e a análise do potencial educativo do Mankala Colhe Três; e a Transposição Didático-Informática do Mankala Colhe Três. Esse estudo abrangente realizado nas Análises Prévia subsidiam o levantamento de requisitos, etapa seguinte do modelo de processo da EDI.

A etapa de Levantamento de Requisitos da EDI é direcionada por quatro fases: (1) análise de questionamentos envolvendo o favorecimento do ensino e da aprendizagem de conhecimentos matemáticos pelo uso do software educativo; (2) análise de questionamentos envolvendo uma análise externa do software a ser desenvolvido; (3) produção de um documento de requisitos em formato de quadro, contendo os requisitos levantados pelas informações coletadas das etapas anteriores e categorizados nas dimensões epistemológica, cognitiva, didática e, caso se adeque, de outras naturezas; (4) verificação dos requisitos quanto à pertinência, consistência e integralidade.

Para as duas primeiras fases do levantamento de requisitos do Mankala Colhe Três Digital consideramos os resultados das pesquisas envolvendo o jogo em sua versão original (física) (Andrade et al., 2013; Santos, 2014) como principais elementos para avaliar o favorecimento do ensino e da aprendizagem de conhecimentos matemáticos pelo uso do jogo e sobre os diferenciais que a versão digital do jogo trará.

Para a terceira fase do levantamento de requisitos, elaboramos dois documentos. O primeiro deles segue a proposição da EDI, através da produção de um quadro de requisitos educativos classificados por dimensões, apresentado abaixo:

Quadro 1

Documento de requisitos educativos do Mankala Colhe Três Digital

Bloco Cognitivo-Epistemológico	• Permitir a quantificação mental; • Permitir a resolução de problemas com situações mistas; • Permitir a divisão por cálculo mental; • Permitir o mapeamento de possibilidades; • Permitir o reconhecimento de divisores de um número; • Permitir a identificação de múltiplos de um número; • Permitir o reconhecimento de números primos e compostos; • Permitir a manipulação direta das sementes do jogo
Bloco Didático-Informático	• Permitir o uso do jogo por diferentes modelos de interação; • Permitir o equilíbrio entre ludicidade e intencionalidade didática; • Permitir o mapeamento completo das jogadas; • Possibilitar variações da configuração do jogo (número de covas, sementes, novas regras etc.); • Permitir o uso do jogo por um número grande de estudantes simultaneamente; • Permitir a realização de partidas de maneira mais ágil, de modo a favorecer a criação de sequências de ensino mais longas.
Dimensão Sociocultural	• Enfatizar o viés da Etnomatemática para explorar melhor o aspecto cultural do jogo, associando-o a sua provável origem africana.

Como pode ser observado no Quadro 1, decidimos integrar em blocos algumas dimensões na classificação dos requisitos educativos, devido a articulação percebida nos requisitos dessas dimensões, além de incluirmos a dimensão sociocultural, relacionada à origem do jogo.

De maneira complementar ao quadro de requisitos educativos, utilizamos o Modelo de Casos de Uso, documento proposto pelo modelo de processo unificado RUP², que

² Sigla da expressão em inglês “Rational Unified Process”.

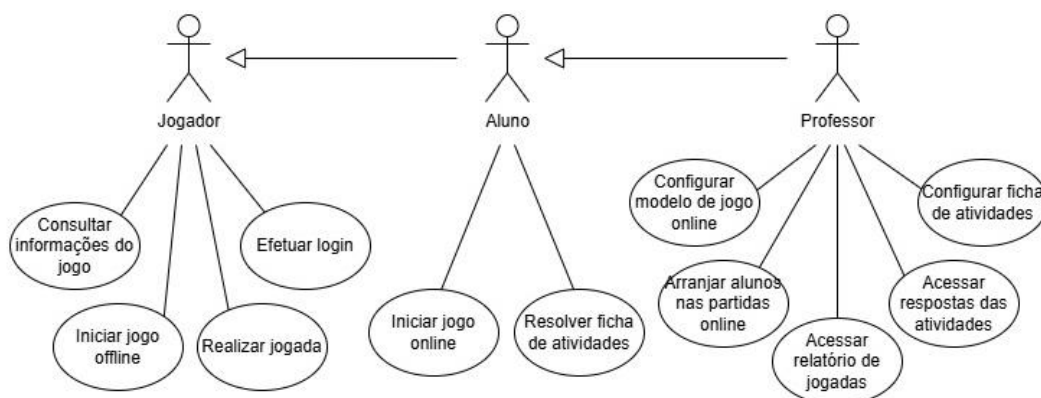
apresenta detalhadamente todos os requisitos funcionais e não funcionais do sistema e que, por também incluir todos os aspectos do quadro de requisitos educativos (Quadro 1), representa a sistematização da etapa de Concepção e Análise a Priori do Mankala Colhe Três Digital.

Para contemplar alguns dos requisitos apresentados, principalmente os que tratam de diferentes modelos de interação, de variações da configuração do jogo e de equilíbrio entre ludicidade e intencionalidade didática, foi considerado o olhar da Teoria das Situações Didáticas no que se refere às *situações*, como modelos de interação entre um sujeito e um *meio* reativo (tabuleiro e regras do jogo), como veremos mais adiante neste trabalho. Em relação ao meio, ele deve fornecer retroações imediatas às ações do aluno para mobilizar noções matemáticas como a divisibilidade. Esse meio também precisa ser configurado para possibilitar uma exploração de forma *adidática* pelos alunos, que se caracteriza por momentos em que o professor não intervém diretamente, permitindo que o estudante aprenda por adaptação e teste estratégias de forma autônoma para vencer as partidas.

Ainda sobre ao olhar da Teoria das Situações Didáticas na concepção e análise a priori do Mankala Colhe Três Digital, para que o aluno assuma o protagonismo, a *devolução* é essencial, consistindo no ato pelo qual o professor faz o estudante aceitar a responsabilidade pelo desafio matemático através de instruções claras e padronizadas. No jogo, a devolução bem-sucedida garante que o sujeito "entre no jogo" e aceite as consequências de suas escolhas, transformando a busca pela colheita de sementes em uma oportunidade para a construção de saberes. Apresentaremos a seguir um importante elemento do modelo de casos de uso do Mankala Colhe Três Digital, que é seu Diagrama de Casos de Uso, a ser detalhado mais adiante:

Figura 2

Diagrama de Casos de Uso do Mankala Colhe Três Digital



O Diagrama de casos de uso é um elemento da Linguagem de Modelagem Unificada (UML) (Booch et al., 2006) e mostra os casos de uso (requisitos funcionais) do sistema, representados visualmente por elipses, atores, representados por “bonecos palito”, e seus relacionamentos, representados por linhas e setas, conforme ilustrado na Figura 2.

Sobre os elementos do diagrama de casos de uso, destacamos que, na UML, os relacionamentos entre ator e caso de uso são sempre de *associação*, que significa a definição de uma funcionalidade do sistema do ponto de vista do usuário (Booch et al., 2006). Já os relacionamentos entre atores são sempre de *generalização*, que considera que um ator herda os casos de uso que estão relacionados com o outro ator e são representados por uma seta contínua de ponta triangular. Sendo assim, podemos perceber, por exemplo, que:

- O ator jogador se relaciona com quatro funcionalidades do sistema;
- O ator aluno herda do ator jogador quatro funcionalidades e possui outras duas;
- O ator professor herda os casos de uso do aluno e, por possuir os outros cinco casos de uso específicos, se relaciona com todos os casos de uso do sistema.

Apresentaremos, a seguir, os detalhes de cada caso de uso do Mankala Colhe Três Digital, representando os requisitos funcionais do sistema, compondo, deste modo o modelo de casos de uso do Mankala Colhe Três Digital, que, por sua vez, representa o marco da realização da etapa de concepção e análise a priori do jogo digital.

3.1. Casos de Uso do Mankala Colhe Três

A funcionalidade *consultar informações do jogador* (ator *jogador*) foi pensada para permitir que o usuário acesse as informações relacionadas às regras e aos aspectos culturais do jogo por meio de imagens, vídeos, textos e links de acesso páginas na Web. A partir dessa funcionalidade, o jogador poderá explorar as origens dos jogos mankala e toda a riqueza presente em suas raízes culturais, além de permitir ao professor um trabalho fundamental acerca desse resgate com a Etnomatemática.

Sobre a disponibilização das regras do jogo, nos guiamos pela maneira como Santos (2014) propôs essas instruções, visando contribuir com o processo de devolução das situações e, com isso, favorecer a vivência de situações adidáticas pelos sujeitos. Munidos das regras do jogo, o Mankala Colhe Três também poderá ser explorado pelos

sujeitos de forma autônoma e independente do ambiente escolar, enfatizando seu aspecto lúdico.

O caso de uso *iniciar jogo offline* (ator *jogador*) permitirá que o usuário dê início a realização de uma partida *offline*, que poderá ser do tipo “jogador 1 contra jogador 2” ou do tipo “jogador contra computador”. Apresentaremos a seguir o fluxo principal de eventos desse caso de uso:

1. O usuário seleciona o início de jogo offline dentre as opções do menu principal;
2. O sistema demandará ao usuário, por mensagem, a seleção da modalidade do jogo offline dentre as opções “jogador 1 contra jogador 2” e “jogador contra computador”;
 - a. No caso da seleção da modalidade “jogador contra computador”, o sistema demandará do usuário, por mensagem, a seleção do nível de dificuldade da partida, entre as opções “fácil”, “médio” e “difícil”, baseadas no nível de sofisticação das jogadas pelo computador ao considerar possibilidades de colheita de sementes na posição do jogo e uma rodada à frente.
3. O sistema demandará do usuário a inserção do(s) nome(s) dos jogadores, para identificar os adversários de partida, de forma personalizada.

Com o caso de uso realizado, o sistema exibirá o tabuleiro do Mankala Colhe Três Digital na forma da sua versão tradicional (cinco covas e cinco sementes por cova) pronto para a realização da primeira jogada.

No caso de uso *realizar jogada* (ator *jogador*), o usuário deverá realizar uma das jogadas possíveis a partir de uma cova pré-selecionada. Para realizar esta funcionalidade, o usuário deverá ter realizado o caso de uso “iniciar jogo offline” ou o caso de uso “realizar jogo online”. Segue seu fluxo principal de eventos:

1. Selecionar cova: o usuário deverá selecionar uma cova do tabuleiro que contenha, ao menos, uma semente, através de um clique sob a cova;
2. Selecionar uma quantidade de sementes da cova: ação que efetiva a realização da jogada, por meio dos passos: a) manipulação de sementes, b) determinação do tipo de jogada e c) confirmação e registro do tipo de jogada realizada.
 - a) O sistema exibe uma ampliação da cova selecionada com suas sementes manipuláveis em uma região da interface do usuário, para permitir uma livre exploração das sementes dessa cova antes da determinação do tipo de jogada a ser realizada. O sistema permitirá a movimentação das sementes por ações de clicar e arrastar cada semente;

- b) O usuário deverá clicar sob um botão denominado “selecionar semente(s)” e, em seguida, selecionar uma quantidade de sementes da cova pré-selecionada que seja divisor do número total de sementes dessa cova, representando a quantidade de sementes que irão compor cada grupo a ser redistribuído nas covas seguintes, seguindo o sentido horário do tabuleiro, que caracteriza a realização do tipo de jogada. Essa seleção se dará por cliques sob as sementes individualmente ou por seleção de várias sementes simultaneamente, ao clicar e arrastar o ponteiro do *mouse* sob uma região da cova que cubra várias sementes;
- c) O usuário deverá clicar no botão “realizar jogada” para confirmar a sua escolha de tipo de jogada. Com essa ação, o sistema exibirá a realização da jogada dinamicamente e fará o registro da jogada.

Este caso de uso possui alguns eventos secundários, apresentados a seguir:

- Erro de escolha de cova: se o usuário selecionar uma cova sem sementes para a realização de uma jogada, o sistema deverá exibir uma mensagem de erro e possibilitará uma nova escolha. Caso esse tipo de erro aconteça por três vezes em uma mesma partida, o jogo será finalizado e o sistema exibirá as regras do jogo;
- Erro de seleção de quantidade de sementes: caso o usuário selecione uma quantidade de sementes da cova pré-selecionada que não seja divisor do número total de sementes e clique em “realizar jogada”, o sistema exibirá uma mensagem de erro e o jogador terá a opção de realizar uma nova seleção de quantidade de sementes. Se esse procedimento se repetir por três vezes em uma mesma partida, o jogo será finalizado e o sistema exibirá as regras do jogo.

Após a confirmação e o registro do tipo de jogada realizada, o sistema fornecerá umas das possíveis saídas:

- Passar a vez para o adversário, permitindo a seleção de cova pelo outro jogador;
- Realizar uma colheita de sementes e, em seguida, passar a vez para o adversário, permitindo a seleção de cova pelo outro jogador;
- Realizar uma colheita de sementes e, em seguida, finalizar a partida, pelo critério de número total de sementes no tabuleiro;
- Finalizar a partida pelo critério de número de rodadas sem colheita de sementes.

Gostaríamos de enfatizar que, seguindo as regras do jogo, a colheita de sementes é realizada quando, após a realização de uma jogada, restam exatamente três sementes

na última cova da redistribuição. Neste caso, o sistema deverá retirar as três sementes dessa cova e adicionar três sementes à pontuação do jogador que realizou a colheita.

Os dois critérios de finalização de partida serão detalhados a seguir, considerando que há distinção entre as partidas online e offline.

- Finalização de partida pelo número total de sementes no tabuleiro: caso restem apenas “x” semente(s) no tabuleiro após uma colheita de sementes, o sistema deverá: (1) encerrar a partida; (2) informar o número de sementes que cada jogador colheu na partida; (3) informar o vencedor do jogo ou se houve um empate.
 - No modelo de jogo offline, $x = 1$;
 - No modelo de jogo online, o valor de x é definido pelo professor na configuração do modelo de jogo online (caso de uso a ser detalhado posteriormente) e informado ao jogador antes do início da partida.
- Finalização de partida pelo número de rodadas sem colheita de sementes: caso não haja colheita de sementes por “y” rodadas consecutivas, o sistema deverá: (1) encerrar a partida; (2) informar o número de sementes que cada jogador colheu na partida; (3) informar o vencedor do jogo ou se houve um empate.
 - No modelo de jogo offline, $y = 5$.
 - No modelo de jogo online, o valor de y é definido pelo professor na configuração do modelo de jogo online e informado ao jogador antes do início da partida.

No caso de uso *efetuar login* (ator *jogador*), o usuário realiza o login para acessar funcionalidades destinadas ao seu perfil (professor ou aluno). Para isso, é preciso que o usuário esteja cadastrado no sistema. Segue o fluxo principal de eventos do caso de uso:

1. O sistema exibirá um formulário solicitando o login e a senha do usuário;
2. O usuário deverá informar os dados solicitados e clicar em “Entrar”;
3. O sistema efetiva o login do usuário, exibindo mensagem de sucesso e oferecendo as funcionalidades adicionais correspondentes ao perfil do ator (aluno ou professor).

Este caso de uso possui alguns eventos secundários, como detalhados a seguir:

- Usuário não cadastrado: caso o usuário ainda não esteja cadastrado, ele poderá acessar a opção de cadastro no sistema;
- Senha inválida: se a senha digitada pelo usuário não for válida, o sistema deverá apresentar uma mensagem solicitando a inserção da senha correta;

- Login inexistente: se o usuário inserir um login inexistente, o sistema deverá apresentar uma mensagem solicitando a inserção do login correto;
- Esquecimento de senha e/ou login: caso o usuário esqueça seu login ou sua senha, o sistema deverá fornecer uma opção para que o usuário receba essas informações por e-mail.

Para a realização do caso de uso *iniciar jogo online* (ator *aluno*), os atores aluno e professor precisam estar logados no sistema e o professor deverá ter realizado os casos de uso “configurar modelo de jogo online” e “arranjar alunos nas partidas online”. Segue o fluxo principal de eventos do caso de uso:

1. O usuário deverá clicar no botão “iniciar jogo online” do menu principal;
2. O usuário deverá consultar as mensagens informativas sobre as regras de finalização de jogo e se deverá permanecer em seu computador, para jogar individualmente contra outro aluno, ou se será necessário se juntar a outro colega em uma mesma máquina para a realização de partidas do tipo “dupla contra dupla”. Essas informações serão configuradas pelo professor, como detalharemos em outro caso de uso desse documento;

Com o caso de uso realizado, o sistema exibirá o tabuleiro do jogo em sua versão configurada pelo professor, preparado para a realização da primeira jogada.

Sobre o caso de uso *resolver ficha de atividades* (ator *aluno*), o aluno resolve a ficha de atividades configurada e disponibilizada pelo professor, que, por sua vez, deverá ter realizado o caso de uso “configurar ficha de atividades”. Segue o fluxo principal de eventos do caso deste caso de uso:

1. O aluno deverá clicar no botão “resolver ficha de atividades”, presente no menu principal do sistema. Essa ação fará a ficha de atividades configurada pelo professor ser exibida, contendo espaços de inserção de texto nas respostas de cada atividade;
2. O aluno deverá responder as atividades por meio da inserção de informações numéricas (atividades 1 e 3) e textuais (atividades 2 e 4), devido às características das atividades, como detalharemos mais adiante na discussão do caso de uso “configurar ficha de atividades”.

Destacamos que o sistema deverá registrar as respostas das atividades, para posterior consulta do professor.

O caso de uso *configurar modelo de jogo online* (ator *professor*) representa um dos casos de uso restritos ao professor e possui a função de configurar o tipo de jogo a ser

realizado pelos alunos em termo do controle das seguintes variáveis: número de covas do tabuleiro; número de sementes por cova no início do jogo; e, como regras de finalização de partida, o número de rodadas sem colheita de sementes e o número de sementes restantes no tabuleiro. Para que essa funcionalidade seja realizada, é necessário que o professor esteja logado no sistema. Segue o fluxo principal de eventos deste caso de uso:

1. O professor deverá clicar no botão do menu principal denominado “configurar modelo de jogo online”.
2. O professor deverá inserir no sistema o número “c” de covas do tabuleiro, que pode variar entre 4, 5 ou 6; o número “s” de sementes por cova no início da partida, que pode variar entre 4, 5 ou 6; e a definição do encerramento das partidas, que, por sua vez, possui como variáveis o número “x” de rodadas consecutivas sem colheita de sementes, que pode variar entre 3 e 10 e o número “y” de sementes restantes no tabuleiro, que pode variar conforme detalhado a seguir:
 - a. O jogo é finalizado quando o número de sementes do tabuleiro impossibilitar a colheita de sementes, que implica nos valores possíveis 0, 1 ou 2, a depender da quantidade de covas e de sementes por cova configuradas;
 - b. O jogo é finalizado quando o tabuleiro contiver o menor número possível de sementes para a possibilidade de colheita, ou seja, três a mais do que no caso do tópico anterior, o que implica nos valores 3, 4 ou 5, a depender da quantidade de covas e de sementes por cova configuradas.

A realização desse caso de uso resultará na explicitação das regras de finalização do jogo, por meio de uma mensagem na tela dos alunos, além da exibição do tabuleiro de jogo, contendo o número de covas e o número inicial de sementes por cova de acordo com a configuração do professor.

Destacamos que, em nossa pesquisa, decidimos escolher os valores das variáveis de forma intuitiva, considerando o favorecimento da presença de posições de jogo que permitam a colheita de sementes e, com isso, prezar pela manutenção do aspecto lúdico do jogo. Essa escolha foi feita porque nosso objetivo com esse caso de uso é permitir que o professor possua alternativas de modificações de jogo, visando a ampliação de seu potencial didático, principalmente ao considerar a evolução das situações didáticas vivenciadas pelos sujeitos ao interagir com o meio preparado pelo professor.

No caso de uso *arranjar alunos nas partidas online* (ator professor), o professor seleciona a maneira como os alunos deverão se distribuir para a realização das partidas, que pode ser do tipo “um aluno contra um aluno”, “dupla contra dupla”, ou casos

adaptáveis de “equipe contra equipe”, sempre considerando dois computadores adversários. Para a realização desse caso de uso, é necessário que os atores “aluno” e “professor” estejam logados no sistema e que o caso de uso “configurar modelo de jogo online” tenha sido realizado pelo professor.

Esse caso de uso tem o objetivo de permitir diferentes modelos de interação entre os alunos, favorecendo a evolução das situações didáticas a partir de cenários em que os alunos, inicialmente, joguem sozinhos e atuem sobre o jogo de forma mais livre e, posteriormente, possam realizar partidas com companheiros de equipe, estimulando o uso de linguagem na troca de informações sobre estratégias de jogo. Segue o fluxo de eventos principal deste caso de uso:

1. Com acesso à lista de alunos logados, o professor deverá demandar ao sistema o sorteio dos alunos em grupos, conforme detalhado a seguir:
 - a. Grupos de dois adversários para as partidas do tipo “um aluno contra um aluno” em computadores distintos. Caso esse número total de alunos seja ímpar, o sistema formará aleatoriamente uma dupla de alunos para jogarem juntos em um computador contra um dos alunos da turma;
 - b. Grupos de quatro alunos, divididos por pares, para definir os adversários em partidas do tipo “dois alunos contra dois alunos”, em que cada dupla de jogo divide um computador. Caso o número total de alunos não seja múltiplo de quatro, o sistema deverá formar um ou mais trios de alunos para permitir a realização de partidas com interações entre companheiros de jogo.
2. Após o sorteio realizado pelo sistema, o professor terá a opção de editar manualmente os integrantes de cada uma das partidas.

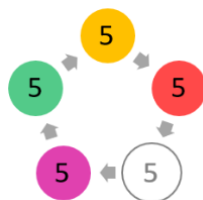
Ao ser realizado este caso de uso, o sistema fornecerá aos alunos uma mensagem de indicação sobre a permanência do aluno em sua máquina, para a realização de partidas do tipo “um aluno contra um aluno” ou se ele precisará se juntar a outro(s) colega(s) em uma mesma máquina, para a realização de partidas do tipo “dupla contra dupla” ou “equipe contra equipe”.

Este caso de uso atende diretamente a um dos encaminhamentos de Santos (2014) ao viabilizar, de forma prática e eficiente, diferentes modelos de interação entre os alunos. Sob o olhar da TSD, tal funcionalidade amplia o alcance pedagógico do recurso, permitindo ao professor um monitoramento mais preciso da evolução das estratégias dos alunos. Dessa forma, favorece-se a configuração de um meio adequado para a vivência das dialéticas de ação, formulação e validação, facilitando o posterior processo de

institucionalização dos saberes mobilizados.

O caso de uso *acessar relatório de jogadas* (ator *professor*) representa uma funcionalidade do professor. O registro obtido das partidas dos alunos fornece importantes informações para o professor no acompanhamento e controle da produção dos alunos. Segue o fluxo principal de eventos deste caso de uso:

1. O usuário deverá clicar na opção “acessar relatório de jogadas” disponível no menu principal do professor;
2. O sistema demandará ao professor a escolha da forma desse relatório, entre as opções “acessar relatório de uma partida” e “acessar relatório de um aluno”;
3. O sistema fornecerá o relatório solicitado pelo professor por meio da sequência ordenada das posições de jogo em cada jogada realizada pelos alunos. A representação ilustrativa utilizada pelo sistema para cada posição de jogo se inspira na utilizada por Santos (2014) em sua pesquisa, como segue:



em que os círculos representam as covas do tabuleiro e os números das covas representam a quantidade de sementes presentes.

Após a realização deste caso de uso, o sistema fornecerá o relatório de jogadas dos alunos, por partidas e por alunos, para visualização e download.

No caso de uso *configurar ficha de atividades* (ator *professor*), o professor realizará a edição da ficha de atividades a ser disponibilizada aos alunos. A ficha de atividades se baseia nos testes realizados por Santos (2014) na etapa de entrevistas do dispositivo experimental central de sua pesquisa e é composta por quatro categorias de atividades:

- 1) Realização de jogadas favoráveis a partir de determinadas posições de jogo;
- 2) Argumentação sobre escolhas de jogadas hipoteticamente realizadas por um companheiro de dupla de jogo a partir de determinada posição de jogo;
- 3) Mapeamento das possibilidades de jogadas a partir de determinada posição de jogo;
- 4) Argumentação a respeito de noções da Matemática que avaliam ter sido mobilizadas em situações envolvendo o jogo.

Apresentaremos a seguir o fluxo principal de eventos deste caso de uso:

1. O usuário deverá clicar na opção “configurar ficha de atividades”, disponível no

menu principal do professor;

2. O professor deverá, inicialmente, configurar o modelo de jogo que será levado em consideração nas atividades da ficha (número de covas, número de sementes por cova no início do jogo e as regras de finalização do jogo) e, a partir de então, deverá escolher as posições de jogo que comporão as três primeiras atividades da ficha, utilizando ilustrações semelhantes as utilizadas nos relatórios das jogadas dos alunos, e a pergunta a ser trazida na última atividade.

O conceito de jogada favorável no Mankala Colhe Três foi apresentado por Santos (2014) e consiste na análise local da possibilidade de colheita de sementes entre as opções de jogada disponíveis a partir de uma posição de jogo e a análise da jogada seguinte, a ser realizada pelo adversário.

Após a realização deste caso de uso, o sistema deverá disponibilizar aos alunos a visualização e resolução da ficha de atividades.

No caso de uso *acessar respostas das atividades* (ator *professor*), o professor acessa as respostas das fichas de atividades dos alunos por meio de visualização e download das respostas, que podem ser categorizadas por aluno ou por atividade. Segue o fluxo de eventos do caso de uso:

1. O usuário deverá clicar na opção “acessar respostas das atividades” disponível no menu principal do professor;
2. O sistema permitirá a visualização e o download das respostas das atividades, categorizadas por atividade e por aluno.

Da mesma forma como acontece no caso de uso “acessar relatório de jogadas”, a disponibilização automática das respostas das atividades representa uma importante funcionalidade do Mankala Colhe Três Digital quando comparado ao jogo físico, em termos de viabilização de um melhor acompanhamento das produções dos alunos.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Partindo dos encaminhamentos para pesquisas futuras de Santos (2014), que investigou o potencial pedagógico do jogo físico Mankala Colhe Três, concebeu-se a sua versão computacional denominada Mankala Colhe Três Digital. Essa transposição foi fundamentada no primeiro ciclo do modelo de processo da Engenharia Didático-Informática (EDI), metodologia que articula princípios da Engenharia de Software e da

Engenharia Didática para superar as limitações de ambos os campos quando aplicados de forma isolada na produção de recursos educativos, com o intuito de superar as fragilidades de abordagens que privilegiam o desenvolvimento de apenas uma dessas áreas, negligenciando a mútua dependência entre os aportes didáticos e tecnológicos (Bellemain, Bellemain & Gitirana, 2014).

O percurso metodológico envolveu as etapas de especificação, análises prévias e levantamento de requisitos, culminando na concepção e análise *a priori* das situações de uso. Os requisitos educativos foram classificados nos blocos Cognitivo-Epistemológico, Didático-Informático e na dimensão Sociocultural, garantindo que o design do software respeitasse as características do saber matemático e as necessidades cognitivas dos alunos. Estes requisitos foram traduzidos em um Modelo de Casos de Uso, fundamentado no Processo Unificado da Rational (RUP) e ilustrado por diagramas da Linguagem de Modelagem Unificada (UML), permitindo detalhar as interações dos atores (aluno, professor e jogador) sob a ótica da Teoria das Situações Didáticas (TSD).

A metodologia da EDI sustenta satisfatoriamente o potencial educativo do recurso ao prover os subsídios necessários para a sua futura validação interna. Esse processo, herdado da Engenharia Didática, dispensa a necessidade de pré-testes ou pós-testes externos, baseando-se na confrontação rigorosa entre a análise *a priori*, onde as hipóteses e comportamentos esperados são idealizados nesta fase de concepção, e a análise *a posteriori*, fundamentada nos dados e observações coletados durante a etapa futura de experimentação. Tal abordagem permite verificar se as funcionalidades implementadas efetivamente mobilizam as noções esperadas, transformando o jogo digital em um meio adidático capaz de promover a autonomia do estudante e o progresso das estratégias de "teoremas-em-ato".

Embora a presente contribuição foque na etapa de concepção, ela abre caminho para perspectivas de validação empírica. Futuras investigações envolvendo testes com estudantes e professores são essenciais para indicar a viabilidade prática da proposta em cenários reais de ensino. Essas experimentações permitirão realizar análises aprofundadas sobre o impacto pedagógico, a usabilidade da interface e o engajamento dos usuários, elementos cruciais para o aperfeiçoamento contínuo do software através da etapa de evolução da EDI.

Em conclusão, o desenvolvimento do Mankala Colhe Três Digital atendeu aos direcionamentos de Santos (2014) e permitiu a ampliação de seu potencial educativo através da inserção do ente informático. O uso da EDI como guia metodológico

possibilitou a transformação de requisitos didáticos complexos em funcionalidades técnicas precisas, oferecendo à Educação Matemática um recurso robusto para a construção de saberes em ambientes digitais.

REFERÊNCIAS

- Andrade, J. P. G., Leal, Y., Monteiro, A., Andre, R., Maclyne, D., Teles, R., & Gitirana, V. (2013). Mankala Colhe Três. In Gitirana, V., Teles, R., Bellemain, P., Castro, A., Campos, I., Lima, P., & Bellemain, F. (Orgs), *Jogos com Sucata na Educação Matemática*. (pp. 25-38). 1 ed. Recife: Editora UFPE.
- Artigue, M., (1996). Engenharia Didática. In Brun, J. *Didáctica das Matemáticas*. (pp. 193-217). 1 ed. Lisboa: Instituto Piaget.
- Bellemain, F., Bellemain, P. M. B., & Gitirana, V. (2014). Elementos de engenharia de software educativos para a concepção de ferramentas computacionais para o CSCL. Em M. Rosa, M. A. Bairral, & R. B. Amaral (Orgs.), *Educação Matemática, Tecnologias Digitais e Educação a Distância: pesquisas contemporâneas* (pp. 115-138). Natal: Livraria da Física.
- Booch, G., Rumbaugh, J., & Jacobson, I. (2006). *UML – Guia do usuário*. Rio de Janeiro, RJ: Campus.
- Brousseau, G. (1997). *La théorie des situations didactiques* [Curso ministrado por ocasião da concessão do título de Doutor Honoris Causa, Université de Montréal]. <https://guy-brousseau.com/wp-content/uploads/2011/06/MONTREAL-archives-GB1.pdf>.
- Chevallard, Y. (1991). *La transposición didáctica: Del saber sabio al saber enseñado*. Tradução: Gilman, C. Buenos Aires: Editora Aique.
- D'Ambrosio, U. (2005). Sociedade, cultura, matemática e seu ensino. *Educação e Pesquisa*, v. 31 (1), 99-120.
- Gitirana, V., Teles, R., Bellemain, P., Castro, A., Campos, I., Lima, P., & Bellemain, F. (Orgs). (2013). *Jogos com sucata na Educação Matemática*. Recife: Editora UFPE.
- Santos, C. J. (2008). *Jogos africanos e a educação matemática: semeando com a família mancala* [Material Didático]. Secretaria de Estado da Educação do Paraná; Universidade Estadual do Paraná. <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/121-2.pdf>.
- Santos, T. R. (2014). *Mankala Colhe Três: jogando e explorando conhecimentos matemáticos por meio de situações didáticas*. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil.

Tiburcio, R. S. (2020). *A Engenharia Didático-Informática: uma metodologia para a produção de software educativo* (Tese de Doutorado). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil.

NOTAS

TÍTULO DA OBRA

Concepção de uma versão digital do jogo Mankala Colhe Três: idealização de situações de uso.

Tarcisio Rocha dos Santos

Doutorado

Universidade Federal de Pernambuco, Colégio de Aplicação, Professor EBTT (Nível 3, Classe D III), Recife, Brasil

tarcisio.rsantos@ufpe.br

 <https://orcid.org/0000-0002-2005-6437>

Franck Gilbert René Bellemain

Pós-Doutorado

Universidade Federal de Pernambuco, Professor associado IV, Departamento de Expressão Gráfica - CAC, Recife, Brasil

franck.bellemain@ufpe.br

 <https://orcid.org/0000-0001-5358-2057>

Péricles de Lima Sobreira

Pós-Doutorado

Université du Québec en Outaouais (UQO), Professor associé d'informatique, Département d'ingénierie, Gatineau, Canadá

pericles.delimasobreira@uqo.ca

 <https://orcid.org/0000-0002-4869-3155>

Endereço de correspondência do principal autor

Rua Ester Foigel, 72, Edifício Praça das Castanheiras, apto 1102, bloco B, 50721-440, Recife, PE, Brasil.

AGRADECIMENTOS

Aos coautores deste trabalho, que contribuíram para a realização desse artigo.

CONTRIBUIÇÃO DE AUTORIA

Concepção e elaboração do manuscrito: T. R. Santos

Revisão e aprovação: F. G. R. Bellemain, P. L. Sobreira

CONJUNTO DE DADOS DE PESQUISA

O conjunto de dados que dá suporte aos resultados deste estudo foi publicado no próprio artigo.

FINANCIAMENTO

Não se aplica.

CONSENTIMENTO DE USO DE IMAGEM

Não se aplica.

APROVAÇÃO DE COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

Não se aplica.

CONFLITO DE INTERESSES

Não se aplica.

LICENÇA DE USO – uso exclusivo da revista

Os autores cedem à **Revemat** os direitos exclusivos de primeira publicação, com o trabalho simultaneamente licenciado sob a [Licença Creative Commons Attribution](#) (CC BY) 4.0 International. Esta licença permite que **terceiros** remixem, adaptem e criem a partir do trabalho publicado, atribuindo o devido crédito de autoria e publicação inicial neste periódico. Os **autores** têm autorização para assumir contratos adicionais separadamente, para distribuição não exclusiva da versão do trabalho publicada neste periódico (ex.: publicar em repositório institucional, em site pessoal, publicar uma tradução, ou como capítulo de livro), com reconhecimento de autoria e publicação inicial neste periódico.

PUBLISHER – uso exclusivo da revista

Universidade Federal de Santa Catarina. Grupo de Pesquisa em Epistemologia e Ensino de Matemática (GPEEM). Publicação no [Portal de Periódicos UFSC](#). As ideias expressadas neste artigo são de responsabilidade de seus autores, não representando, necessariamente, a opinião dos editores ou da universidade.

EQUIPE EDITORIAL – uso exclusivo da revista

Dr. Mércles Thadeu Moretti

Dra. Rosilene Beatriz Machado

Dra. Débora Regina Wagner

Dr. Eduardo Sabel

Dra. Karina Zolia Jacomelli Alves

Dra. Barbara Cristina Pasa

HISTÓRICO – uso exclusivo da revista

Recebido em: 11-12-2024 – Aprovado em: 29-04-2026

