

InCircle: uma versão planar do jogo da Torre de Hanoi na aprendizagem de conceitos matemático-computacionais

Rosiane de Freitas, Victória Guimarães, Jackson Fernandes
Instituto de Computação
Universidade Federal do Amazonas - UFAM
Manaus-AM, Brasil
{rosiane,vsg}@icompu.ufam.edu.br

Lia Martins
Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia do Amazonas - IFAM
Parintins-AM, Brasil
liaalessandra@gmail.com

Abstract—In this paper, InCircle game is presented as a new version of the classic Tower of Hanoi game of mathematical and logical reasoning, presented here as a way of working on learning processes of mathematical and computational concepts. The process of creating the game structure from the elaboration and implementation of the algorithms, which provide the parameters for manual construction of the tangible game and also provide 2D and 3D objects for the construction of digital versions of the game. Either way, it was possible to design the game for 3D printing using the TinkerCAD 3D modeling tool, followed by 3D printing to construct the tangible object of the game. This process, developed by *design thinking*, enables the automatic generation of InCircle game design of different dimensions. Action research involving undergraduate students in Computing indicated that the proposal to build the game was challenging and motivating, providing a form of immersion and collaboration of actors in the act of learning.

Resumo—Neste trabalho é apresentado o jogo InCircle, como uma nova versão do jogo clássico da Torre de Hanoi, de lógica matemática e raciocínio lógico, aqui apresentado como uma forma de se trabalhar processos de aprendizagem de conceitos matemáticos e computacionais. O processo de criação da estrutura do jogo, desde a elaboração dos algoritmos, que fornecem os parâmetros para construção manual do jogo tangível e que fornecem também objetos 2D e 3D para a construção das versões digitais do jogo. De ambas as formas, foi possível projetar o jogo para impressão 3D, através da ferramenta de modelagem 3D TinkerCAD, seguida de impressão 3D para a construção do objeto tangível do jogo. Tal processo, desenvolvido por *design thinking*, possibilita a geração automática do projeto do jogo InCircle de diferentes dimensões. Uma pesquisa-ação envolvendo alunos de graduação em Computação indicou que a proposta de construção do jogo foi desafiante e motivadora, propiciando uma forma de imersão e colaboração dos atores no ato de aprender.

Keywords—algoritmos, geometria computacional, jogos sérios, pensamento computacional, tangíveis, torre de Hanoi.

I. INTRODUÇÃO

Envolver os alunos de graduação em atividades lúdicas extracurriculares mas, ao mesmo tempo, agregar bastante valor do ponto de vista acadêmico-científico pode ser considerado um grande desafio educacional. Neste sentido, propor atividades que mesclam o raciocínio lógico, capacidade

de abstração e estruturação algorítmica com codificação e que resulte em algo tangível fruto deste processo, é uma hipótese defendida neste trabalho e apoiada pela teoria do Construcionismo proposta por Papert, que afirma que a construção do objeto de aprendizagem potencializa habilidades e competências, garantindo uma maior imersão no processo de aprendizagem como um todo. Deste modo, neste artigo são apresentados os resultados da aplicação da teoria de aprendizagem construcionista envolvendo a construção da estrutura do jogo InCircle.

A abordagem teórica do Construcionismo foi proposta por Seymour Papert (1994 e 1986), discípulo de Piaget e criador da linguagem LOGO precursora da ferramenta Scratch [1]. Segundo Papert, a criança é um ser pensante e criadora de suas próprias estruturas cognitivas, mesmo sem ser ensinada. O construcionismo se baseia na hipótese de que as crianças farão melhor descobrindo por si mesmas o conhecimento específico de que precisam, onde a educação formal poderá ajudar mais se garantir que elas estarão sendo apoiadas moral, psicológica, material e intelectualmente em seus esforços. O tipo de conhecimento de que se mais precisa é o que ajudará a obter mais conhecimento e este é um dos fortes argumentos dados para a necessidade de se desenvolver a matemática e conceitos relacionados, como o pensamento computacional [2], que envolve a habilidade de resolver problemas de quaisquer tipos, se trabalhando pilares como capacidade de abstrair detalhes e extrair a essência do problema, de reconhecer padrões (reconhecer que o problema vigente é similar a outro já estudado), de decompor o problema em problemas menores e mais fáceis de se resolver e de estabelecer um passo-a-passo de etapas para a resolução adequada do problema (um algoritmo).

Atualmente, o jogo não é mais considerado por grande parcela dos professores como algo que gera vícios e alienação, mas sim como um recurso para proporcionar ludicidade, entretenimento e raciocínio [3]. Como benefícios da aprendizagem baseada em jogos, podem ser citados [4]: efeito motivador, facilitação do aprendizado, desenvolvimento de habilidades cognitivas, aprendizagem por descobertas e no-

vas identidades e socialização.

Na literatura há várias propostas de uso de jogos no processo ensino-aprendizagem, em um dos trabalhos [3], a metodologia envolve a elaboração de dois produtos: um jogo de tabuleiro e um jogo digital, os quais possuem um design similar, de modo a possibilitar uma proposta de ensino integrada entre alunos nativos digitais e professores imigrantes digitais. Com essa prerrogativa, o jogo proporcionou para os adolescentes do Ensino Médio não só o conhecimento cultural, mas também a interação com obras artísticas que fazem parte do meio em que vivem e a noção espacial de geolocalização. Sobre o planejamento na resolução do jogo [2], foi feita uma pesquisa com alunos dos anos iniciais do ensino fundamental, utilizando o jogo da torre de Hanói virtual para verificar se os alunos conseguiam resolver com maior facilidade jogos que envolvam lógica, obtendo como resultado que os alunos em anos escolares mais avançados apresentam maior facilidade para resolver fases mais complexas do jogo e os de anos iniciais resolvem com maior facilidade as fases mais simples, mas cuja análise proposta não embasa adequadamente os resultados e, também, diferem do que foi constada no presente trabalho.

Assim, o InCircle, é um jogo de raciocínio lógico, que possui estrutura e regras simples, mas diferente de outros artigos, que geralmente analisam os benefícios da jogabilidade do objeto desenvolvido, neste caso, a construção do jogo em si é o enfoque, envolvendo a elaboração de um algoritmo de geometria computacional que, dado um conjunto de parâmetros de entrada, gera todas as medidas necessárias para preparar a estrutura do jogo, de determinado tamanho e quantidade de círculos. Fornece ainda, objetos 2D e 3D para a versão digital ou para o projeto 2D/3D da impressão tangível. Um processo baseado em design thinking é proposto, sendo validado por meio de uma pesquisa envolvendo o trabalho colaborativo de um grupo de estudantes de graduação em Computação. No restante deste trabalho, a proposta é detalhada e a análise de sua aplicação é apresentada.

II. O JOGO DE RACIOCÍNIO LÓGICO INCIRCLE

Neste artigo está sendo proposto um jogo de raciocínio lógico, que possui regras simples e um grande potencial para se trabalhar conteúdos de matemática e de computação, além de naturalmente envolver o desenvolvimento dos quatro pilares do pensamento computacional (abstração, reconhecimento de padrão, decomposição e algoritmo). Está sendo chamado de **InCircle** e, na verdade, é uma releitura do jogo clássico da Torre de Hanoi.

Desta forma, o jogo InCircle possui uma base circular (um grande círculo) com 3 pontos de referências, sendo que em um deles estão n círculos concêntricos, onde cada círculo menor fica dentro do maior, como na Figura 1.

O objetivo do jogo é mover todos os círculos do ponto de referência inicial para um dos outros pontos, seguindo

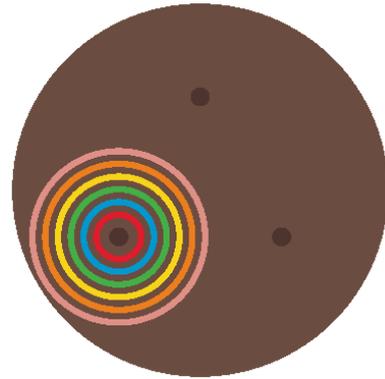


Figura 1. O jogo InCircle: estrutura com base circular e 6 círculos. Fonte própria.

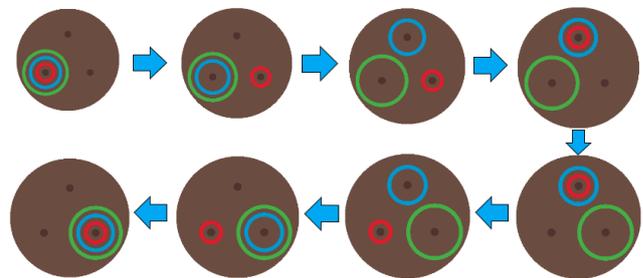


Figura 2. Passos da resolução do jogo InCircle para 3 círculos (7 movimentos). Fonte própria.

duas regras: somente um círculo pode ser movido por vez e um círculo só pode ser colocado dentro de outro, nunca por fora. A Figura 2 apresenta a solução do jogo para 3 círculos, no melhor caso, realizando 7 movimentos.

A. O processo de construção da estrutura do jogo

Através de *design thinking*, foi realizado o planejamento e desenvolvimento da construção do InCircle (estrutura do jogo), envolvendo as fases de imersão, ideação e prototipação.

Na fase de imersão, a concepção da proposta foi trabalhada, onde se definiu o objetivo de construir estruturas de tamanhos variados e num processo automatizado desde a elaboração dos algoritmos até a criação tangível da estrutura do jogo. Na fase de ideação, se estruturou as etapas principais para estudo e definição de: (1) geometria envolvida; (2) algoritmos de geometria computacional e complementares; (3) linguagens de programação adequadas; (4) geração de objetos 2D e 3D; impressão 3D; (4) e, confecção manual com base nos modelos 2D e 3D gerados. Na fase de prototipação, se desenvolveu as várias etapas propostas.

Os pseudo-códigos a seguir resumem a estratégia algorítmica principal necessária para a geração automática da estrutura do jogo *InCircle*, dados pelos Algoritmo 1 (geração de n círculos concêntricos), Algoritmo 2 (geração da base

circular do jogo) e Algoritmo 3 (algoritmo principal que usa os anteriores), além do algoritmo para criação dos pontos de referência (pinos) da base, que foi omitido por ser de mais fácil elaboração e assim poder se detalhar pontos mais importantes.

Algoritmo 1: Algoritmo para geração dos círculos.

Entrada: número de círculos, diâmetro da haste, altura padrão dos círculos, fator de incremento

Saída: dimensões dos círculos

início

o primeiro círculo deve ter diâmetro igual ao dobro do diâmetro da haste + fator de incremento;
 o furo do primeiro círculo deve ter diâmetro igual ao dobro do diâmetro da haste;
 altura do primeiro círculo deve ser a altura padrão do círculo;

repita

o furo do círculo deve ser igual ao diâmetro do círculo anterior + fator de incremento;
 o diâmetro do disco deve ser igual ao diâmetro do furo do mesmo círculo + fator de incremento;
 a altura do círculo deve ser a altura padrão dos círculos;

até o último círculo;

retorna dimensão dos círculos

fim

Algoritmo 2: Algoritmo para a geração da base circular.

Entrada: disco maior

Saída: dimensões da base

início

o diâmetro da base deve ser 2*diâmetro do disco maior;
 a altura da base deve ser 25% maior que a altura do disco maior;

retorna dimensão da base

fim

Algoritmo 3: Algoritmo para a geração do inCircle.

Entrada: número de círculos, diâmetro da haste, altura do círculo, fator de incremento

Saída: dimensões do inCircle

início

leia(número de círculos, diâmetro da haste, altura do círculo, fator de incremento);
 use o algoritmo de gerar círculos;
 use o algoritmo de gerar base;
 use o algoritmo de gerar as hastes;

retorna círculos, base, hastes

fim

B. Modelagem e Projeto 3D

A modelagem e projeto 3D do InCircle foi realizada através da ferramenta TinkerCAD [5], um software online de design colaborativo. O modelo criado seguiu as medidas fornecidas pela estratégia algoritma de geração da estrutura do jogo InCircle, cujos dados são exemplificadas na Tabela I.

Tabela I
 MEDIDAS DOS CÍRCULOS, BASE E HASTE 3D.

	Círculo 1	Círculo 2	Círculo 3	Círculo 4	Círculo 5	Base	Haste
Diâmetro(mm)	5,0	7,0	9,0	11,0	13,0	36,1	2,0
Altura(mm)	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	5,0

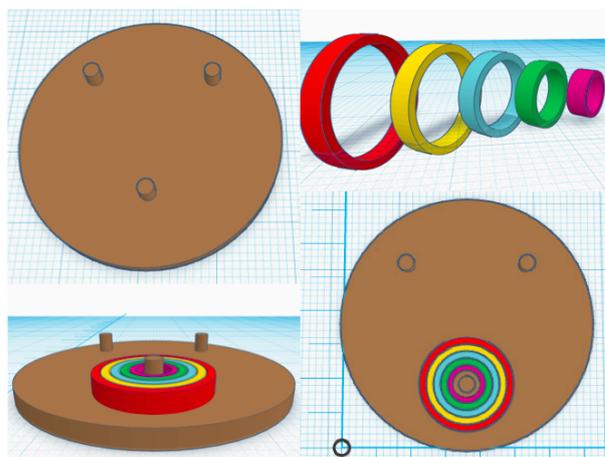


Figura 3. InCircle no ambiente de modelagem 3D. Fonte própria.

C. Geração da estrutura tangível: impressão 3D do jogo InCircle

Para a impressão 3D do InCircle “SuperMini” e “Mini”, conforme apresentado na Figura 4, foi utilizada a impressora Makerbot, que fornece a estimativa total do tempo de impressão, com base no projeto 3D, e propiciou a alteração da densidade e acurácia padrão do objeto. Pois tratava-se da impressão de um objeto muito pequeno, que com a

configuração padrão ficaria muito frágil, mas com a alteração em 25% da acurácia e densidade ficou bem resistente.



Figura 4. Processo de impressão da versão tangível do jogo InCircle, nos tamanhos "Mini" e "SuperMini". Fonte própria.

III. ANÁLISE DA PESQUISA-AÇÃO COM GRADUANDOS DE COMPUTAÇÃO

O estudo envolveu cerca de 12 alunos de graduação em Engenharia da Computação e Software. Todos foram envolvidos no processo de prototipar um jogo, seguindo os passos estipulados anteriormente em um processo de *design thinking* e validado por uma abordagem metodológica de pesquisa-ação. Em resumo, os pontos positivos e negativos são apresentados a seguir.

Pontos positivos do processo: todos se sentiram desafiados e apesar das etapas iniciais (e primeiros dias) terem sido complicados, a medida que foram se envolvendo houve um processo colaborativo e envolvente na missão de vencer os desafios e conseguir entender a geometria envolvida (depois de inúmeros rabiscos no papel e lousa), se estruturar os algoritmos, manipular a ferramenta de projeto 3D e o processo de impressão 3D. O processo de construção do InCircle foi muito colaborativo e propiciou ajustes no projeto 3D para que, então, como ápice, culminasse com a concretização do jogo, com uma miniatura impressa 3D.

Pontos de dificuldade do processo: houve muita dificuldade por parte dos alunos principalmente na concepção inicial da ideia (para a maioria foi difícil sair do conceito clássico de jogar o jogo, e não de construir sua estrutura como sendo um desafio computacional), bem como dificuldades teóricas na concepção dos algoritmos de geometria computacional (o que foi sendo sanado sob orientação e com trabalho colaborativo com o docente envolvido) e da parametrização do algoritmo (para generalizar a construção do InCircle para quaisquer tamanhos e mesmo dimensões 2D e 3D).

Mesmo os pontos de dificuldade se revelaram positivos, pois, de um modo geral, todos se envolveram no processo, se motivaram e ao final, se mostraram engajados e determinados a aperfeiçoar todo o processo e gerar versões variadas do jogo.

IV. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo de desenvolvimento da estrutura do jogo InCircle, como uma variação do jogo da Torre de Hanoi, se mostrou uma atividade desafiadora e instigante para os alunos de graduação em Computação, onde se obteve um grande envolvimento e imersão no processo como um todo, desde o estudo e elaboração e implementação dos algoritmos de geometria computacional até a impressão 3D, bem como a manipulação e aplicação do jogo em si.

A modelagem e projeto 3D colocou em prática a manipulação precisa do espaço tridimensional, simulado na ferramenta. Assim, tanto na elaboração do algoritmo de criação do jogo, quanto na construção do objeto tangível, percebe-se um aprendizado significativo, indo muito além do saber adquirido com a resolução do jogo. Dessa forma, a construção da versão tangível do InCircle possibilitou a extensão do conhecimento dos alunos e professores envolvidos no processo.

REFERÊNCIAS

- [1] M. Resnick, "Fulfilling papert's dream: Computational fluency for all," 03 2017, pp. 5–5.
- [2] V. Silva, A. Souza, and D. Morais, "Pensamento computacional no ensino de computação em escolas: Um relato de experiência de estágio em licenciatura em computação em escolas públicas," vol. 16, 2016, pp. 324 – 325.
- [3] M. S. dos Santos, É. A. Castro, M. A. R. Schmitt, A. Peres, K. G. Santos, R. N. Pinheiro, and R. Vasconcelos, "A combinação de jogos de tabuleiro com jogos digitais no processo de aprendizagem," *Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital (SBGames)*, 2016.
- [4] C. A. Paiva and R. Tori, "Jogos digitais no ensino: processos cognitivos, benefícios e desafios," *SBGames, Paraná*, 2017.
- [5] J. F. Kelly, *3D Modeling and Printing with Tinkercad: Create and Print Your Own 3D Models*. Que Publishing, 2014.