

Relações entre o Pensamento Computacional e a Matemática através da construção de Jogos Digitais

Thiago Schumacher Barcelos
Orientador: Prof. Dr. Ismar Frango Silveira

Universidade Cruzeiro do Sul – Brasil
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática

Resumo—Vários trabalhos indicam que pode haver uma correlação entre os conhecimentos de Matemática obtidos no ensino básico e o sucesso acadêmico de alunos em cursos introdutórios na área de Computação. Por outro lado, defende-se que competências relacionadas à Computação, denominadas como Pensamento Computacional, deveriam ser desenvolvidas desde o ensino básico. Este projeto de pesquisa visa investigar de que forma as competências relacionadas à Matemática são mobilizadas por estudantes do ensino médio no processo de desenvolvimento do Pensamento Computacional através de atividades práticas de desenvolvimento de jogos digitais. Os métodos de pesquisa utilizados são descritos, e os resultados parciais obtidos até o momento são apresentados.

Palavras-chave—Pensamento Computacional; Matemática; jogos digitais; jogabilidade

I. INTRODUÇÃO

A maioria das atividades econômicas da sociedade contemporânea está intimamente ligada ao avanço científico e tecnológico da Computação e da Tecnologia da Informação (TI). Por outro lado, sérios desafios se apresentam à formação de recursos humanos nessas áreas. No Brasil, já há alguns anos verifica-se um déficit na formação de profissionais. Em um recente estudo da Associação Brasileira de Empresas de Tecnologia de Informação e Comunicação (BRASSCOM) estima-se que, em 2014, a demanda por profissionais de TI nos oito principais mercados nacionais chegará a 78 mil profissionais, mas apenas 33 mil concluirão os cursos superiores em TI [1]. Soma-se a este quadro a diminuição na procura por cursos superiores em Computação e TI e o alto índice de evasão nesses cursos.

A falta do domínio adequado de conhecimentos matemáticos pelos alunos é um possível fator explicativo para a falta de interesse e evasão em cursos da área. Uma revisão da literatura permite apontar que diversos pesquisadores [2]–[4] indicam possíveis correlações entre o conhecimento matemático prévio dos alunos e seu desempenho em cursos introdutórios de Computação, bem como a relevância de tópicos do conhecimento matemático para uma melhor compreensão e modelagem dos processos computacionais.

Neste projeto de pesquisa, pretendemos explorar as relações entre o conhecimento matemático prévio dos alunos ingressantes em cursos superiores na área de Computação e o desenvolvimento de habilidades e competências básicas para o domínio da tecnologia, denominadas como *pensamento computacional*, e as possíveis interações entre ambos no

contexto de uma oficina de desenvolvimento de jogos digitais elaborada e oferecida dentro da estrutura curricular de um curso técnico em Informática.

II. JUSTIFICATIVA

Vários estudos pretenderam identificar fatores que potencialmente influenciariam a retenção e o sucesso acadêmico de estudantes de graduação em Computação. Dentre esses fatores, o conhecimento matemático prévio dos alunos parece estar relacionado ao desempenho acadêmico. Campbell e McCabe [2], analisando uma amostra de 256 estudantes do primeiro ano da graduação de uma universidade do meio-oeste americano, concluíram que o desempenho em matemática no ensino médio e seu desempenho nos exames SAT tem forte correlação estatística com a continuidade no curso de Computação. Mais recentemente, Wilson e Shrock [3] encontraram correlação entre a quantidade de disciplinas de matemática cursadas pelos alunos no ensino médio e o seu desempenho em um curso introdutório de Computação.

Contudo, tais estudos de base quantitativa podem não indicar precisamente quais conteúdos matemáticos da formação prévia dos estudantes fornecem subsídios para a formação inicial em Computação. Entretanto, há indícios que a contribuição da formação prévia em Matemática pode ser mais difusa e, inclusive, ser identificada mais tardiamente. Assis [5] ambienta sua pesquisa em uma equipe de desenvolvimento de software formada por profissionais já graduados e com experiência na área, onde identifica que os profissionais que afirmam ter tido melhor desempenho acadêmico em Matemática utilizam nas atividades de manutenção de sistemas de software algumas estratégias cognitivas próprias da resolução de problemas matemáticos. Noss et al. [6] identificam em um estudo etnográfico com profissionais de outras áreas que a utilização de estratégias matemáticas para a resolução de problemas do ambiente de trabalho pode acontecer de forma não-convencional; ou seja, a Matemática está presente, seja na forma de estratégias mentais de aproximação ou algoritmos específicos para o domínio, mas sua forma e linguagem não são aquelas da Matemática escolar.

Dentre os conteúdos introdutórios da Computação, a Lógica de Programação é um dos mais críticos para a continuidade com sucesso dos estudos na área; dessa forma, identificar como os novos conhecimentos em programação se ancoram nos conceitos matemáticos já presentes (ou que deveriam estar presentes) pode constituir-se em uma contribuição para aperfeiçoar o ensino de Computação e

Matemática. Não há consenso na literatura sobre essa relação. Por outro lado, também há evidências que a programação de computadores possa atuar como um reforço para a compreensão de alguns conceitos matemáticos, constituindo-se como uma narrativa matemática [7]. No contexto da Educação Matemática, essa narrativa se constituiria como uma transição mais “suave” da imprecisão da linguagem coloquial para o formalismo matemático.

O domínio de competências e habilidades da Computação que podem ser aplicadas à compreensão de conteúdos de outras áreas da ciência (por exemplo, a Matemática) vem sendo denominado como pensamento computacional (*computational thinking*). Defende-se que, em um mundo permeado pela tecnologia computacional, a educação em todos os níveis deveria prover subsídios para que os indivíduos possam não apenas utilizar a tecnologia, mas também compreendê-la e serem capazes de implementar soluções para problemas utilizando recursos computacionais [8].

A resolução de problemas utilizando recursos computacionais é uma abordagem do pensamento computacional que tem estreita ligação com as competências e habilidades a serem desenvolvidas por alunos em uma disciplina de Lógica de Programação. Na literatura, encontramos vários relatos de atividades com alunos onde a programação de computadores foi utilizada como apoio para a compreensão de conceitos matemáticos. Mor e Noss [7] descrevem como alunos de ensino fundamental identificam o padrão de formação de sequências matemáticas utilizando uma ferramenta computacional de programação visual. Mais recentemente, Lewis e Shah [9] reportam correlação entre as notas de alunos de 6º ano em testes de Matemática padronizados e o seu desempenho em testes aplicados em uma oficina de programação. Os autores apresentam alguns pontos de intersecção do currículo oficial de Matemática e tópicos abordados na oficina de programação, porém a metodologia adotada pelo estudo não permite demonstrar como ocorreria a associação entre esses conteúdos. Por outro lado, Setti [4] apresenta em sua tese uma atividade com alunos cursando uma disciplina introdutória em programação, onde muitos alunos conseguiram identificar a regra matemática de formação de uma sequência, produzindo um algoritmo que implementasse a criação da sequência.

Em trabalhos anteriores [10], [11] foi proposta uma primeira sistematização das competências e habilidades comuns ao pensamento computacional e à Matemática. Confrontando as diretrizes curriculares para o ensino médio do Brasil e do Chile com uma revisão da literatura, foram identificadas três grupos de competências comuns: alternar a representação de problemas e suas soluções entre diferentes representações semióticas (verbal, algorítmica, matemática); identificar regularidades e padrões; elaborar e interpretar modelos que descrevem e representam problemas a serem resolvidos.

Por sua vez, o uso de jogos digitais no desenvolvimento de competências relacionadas ao raciocínio lógico [12] e à Lógica de Programação [13] é uma estratégia que vem sendo bastante discutida, devido ao forte apelo desse tipo de sistema interativo

junto à geração que hoje frequenta a educação superior e técnica, caracterizada por Prensky [14] como *nativos digitais*. A popularização de ferramentas de programação visual tais como Scratch, Alice, Gamemaker e Greenfoot, entre outros, permite que um aluno possa desenvolver seus próprios jogos no processo de ensino-aprendizagem dos fundamentos de programação.

Denner et al. [15] apresentam os resultados de uma atividade extracurricular de desenvolvimento de jogos; a partir da análise de 108 jogos produzidos por alunas, concluem que a necessidade de incorporar aspectos de interação nos jogos pode ter contribuído para o uso mais intenso de algumas estruturas de programação, como eventos, execução condicional e paralelismo. Resultados semelhantes são identificados por Maloney et al. [16], que identificam a aprendizagem de conceitos de programação fundamentais, mesmo na ausência da instrução e de intervenções por mentores experientes.

III. OBJETIVO

Frente ao exposto, este projeto de pesquisa visa investigar de que forma as competências relacionadas à Matemática são mobilizadas por estudantes do ensino médio no processo de desenvolvimento do pensamento computacional através de atividades práticas de desenvolvimento de jogos digitais segundo uma perspectiva construcionista [17].

IV. MÉTODOS DE PESQUISA

O ambiente da pesquisa é um curso técnico em Informática predominantemente oferecido a alunos que concluíram ao menos o primeiro ano do Ensino Médio. Os objetivos específicos do curso envolvem o aprendizado de noções gerais de manutenção de computadores e redes, bem como do desenvolvimento de sistemas. Verifica-se que há uma estreita ligação entre esses objetivos e aqueles preconizados para o desenvolvimento do pensamento computacional na educação básica. A ACM Computer Science Teachers Association (CSTA) define em seu currículo de referência para esse nível [8] habilidades relacionadas a conhecimentos básicos de hardware, redes de computadores, construção de algoritmos para automação de processos e programação.

No escopo deste projeto, serão analisadas essas duas últimas habilidades que, no curso técnico, são desenvolvidas em uma disciplina introdutória à Lógica de Programação. A disciplina é oferecida aos alunos ingressantes no curso e prevê em sua ementa a introdução dos conceitos fundamentais da programação estruturada: variáveis, estruturas condicionais e de repetição e sub-rotinas. Essa ementa corresponde ao objetivo 5 do nível 2 na categoria *Computer Practice and Programming* do currículo de referência da CSTA [8]. Devido a um histórico de baixo aproveitamento e retenção de alunos na disciplina, optamos por reformular sua abordagem didática. O planejamento das primeiras doze semanas da disciplina foi reestruturado no formato de uma oficina de desenvolvimento de jogos digitais, onde os tópicos da ementa da disciplina passam a ser desenvolvidos pelos alunos em uma perspectiva construcionista [17].

A. Estrutura da Oficina de Produção de Jogos

Consonante com uma proposta construcionista, em que a construção de artefatos digitais pelos estudantes demanda uma postura razoavelmente autônoma, as atividades da oficina seguem a abordagem de aprendizagem baseada em problemas [18]. Em cada atividade da oficina, os estudantes recebem instruções sobre os objetivos propostos para o jogo; além disso, são apresentados a um exemplo do jogo proposto sendo executado e a partir daí iniciam o trabalho. O professor atua como um facilitador, observando o trabalho e intervendo quando os alunos solicitam esclarecimentos.

Na Tabela I apresentamos um resumo das atividades definidas para a Oficina a partir dos tópicos a serem cobertos pela ementa da disciplina. Para cada atividade, é apresentado o tópico relacionado à Lógica de Programação que é introduzido pela primeira vez é apresentado em negrito.

Tabela I. Programação da Oficina de Produção de Jogos

| Semana | Atividade / conteúdo | Novos conceitos introduzidos |
|--------|--------------------------------------|--|
| 1 | Criar uma colisão entre dois sprites | Algoritmo, comando, condicional, condição lógica |
| 2 | Pesca - O sonho do gato | Variáveis e operações Repetição – “loop infinito” |
| 3 | Advinhe o número | Repetição com teste lógico Expressões relacionais |
| 4 | Pedra, papel e tesoura | Sincronização via mensagens |
| 5-6 | Simulação de Guerra | Operador booleano OU Estrutura condicional se...senão |
| 7-8 | Breakout | -- |
| 9-11 | Pacman | Operador booleano E |
| 12 | Apresentação dos projetos finais | -- |

Mesmo os conceitos fundamentais de programação são introduzidos nas primeiras semanas na forma da mecânica de pequenos jogos. Os conceitos de variáveis e estruturas de repetição são introduzidos através do jogo *Pesca - O sonho do gato*, em que o jogador deve clicar em *sprites* representando peixes na tela para somar pontos. O conceito de execução condicional de comandos é explorado através do jogo *Advinhe o número*, em que o jogador deve adivinhar um número “pensado” pelo personagem – quando o conceito de aleatoriedade, bastante relevante nos jogos a serem desenvolvidos posteriormente, também é apresentado.

No jogo de Pedra-Papel-Tesoura os estudantes definem teclas para cada ação possível de ambos os jogadores e também como o resultado (vitória ou empate) será exibido na tela. Na *Simulação de Guerra* os estudantes constroem um algoritmo de trajetória linear para um projétil que pode ser disparado contra um inimigo ao pressionar de uma tecla, e as possíveis condições para a sua explosão – a colisão contra o inimigo ou contra os limites do cenário. No *Breakout*, novamente é necessário definir uma trajetória linear, mas agora de uma bola, que deve ricochetear quando tocar em um obstáculo ou na barra controlada pelo jogador. O *Pacman* é o projeto final da oficina, onde os alunos devem definir controles para os movimentos do personagem principal, restritos aos caminhos do labirinto. Ainda, devem definir a movimentação de dois fantasmas inimigos, sendo que um deles deve obrigatoriamente perseguir o *Pacman*.

A partir da definição das atividades da oficina, procuramos identificar que conceitos matemáticos possivelmente seriam

mobilizados pelos alunos para produzirem suas soluções. Esse mapeamento é apresentado na Tabela II.

Tabela II. Mapeamento de conceitos matemáticos

| Jogo | Conceito matemático |
|------------------------|---|
| O sonho do gato | Proporcionalidade e expressões algébricas Intervalos numéricos (números reais) Pontos no plano cartesiano |
| Advinhe o número | Intervalos numéricos (números inteiros) |
| Pedra, papel e tesoura | Princípio fundamental da contagem |
| Simulação de Guerra | Intervalos no plano cartesiano Variação de posições nos eixos x e y |
| Breakout | Círculo trigonométrico Ângulo suplementar e expressões algébricas |
| Pacman | Resto da divisão Distância entre pontos no plano cartesiano |

B. Avaliação diagnóstica e identificação do perfil dos alunos

Em seu contexto de aplicação, a Oficina de Produção de Jogos não se constitui como um ambiente formal de ensino e aprendizagem de Matemática. Porém, apoiados em Noss et al. [6], pretendemos identificar qual a familiaridade prévia dos alunos com os conceitos matemáticos que poderiam ser mobilizados, formalmente ou não. Dessa forma, foi definida uma avaliação diagnóstica dos conceitos identificados na Tabela II. Para tanto, foram utilizadas questões relativas a cada conceito já aplicadas nos exames oficiais Prova Brasil e ENEM. O uso de questões do ENEM se mostrou necessário, apesar de se tratar de uma avaliação aplicada ao final do Ensino Médio, devido à carência de questões relacionadas à combinatória na Prova Brasil, mesmo sendo o Princípio Fundamental da Contagem um tópico recomendado para o Ensino Fundamental [19]. A avaliação é repetida ao final da oficina com o intuito de identificar se alguma alteração no processo de resolução dos problemas pelos alunos pode ser identificada.

Um questionário para identificar a experiência prévia dos alunos com o uso de jogos digitais também foi definido. Adicionalmente, dezenove aspectos de jogabilidade foram avaliados pelos alunos em função do grau de influência de cada aspecto na sua experiência como jogadores. Os aspectos de qualidade foram derivados das heurísticas de jogabilidade descritas em [20] e foram apresentados em uma linguagem não-técnica.

C. Coleta de dados

A cada encontro da Oficina, foi solicitado que os alunos respondessem a questões relacionadas às funcionalidades dos jogos, tanto aquelas previamente fornecidas quanto aquelas a serem implementadas, com o objetivo de identificar parcialmente as estratégias utilizadas para a resolução dos problemas, bem como a forma que os conceitos matemáticos e computacionais envolvidos são verbalizados. Ainda, foram obtidas gravações em áudio de todos os encontros, com o consentimento prévio dos participantes, de forma a identificar as dúvidas e comentários dos alunos em cada atividade. Foram feitas transcrições do áudio para análise posterior.

Todos os jogos produzidos a cada encontro foram coletados. A partir desse e dos demais instrumentos de coleta, pretende-se utilizar uma estratégia de triangulação dos dados

para compreender como os produtos finais produzidos pelos alunos refletem o processo de aprendizagem.

Na 12ª semana da Oficina, a apresentação dos projetos finais foi feita no formato de uma entrevista semi-estruturada com cada equipe de alunos. As perguntas direcionadoras da entrevista referem-se a: como as funcionalidades do Pacman foram implementadas; quais dificuldades foram encontradas; e se, na visão dos alunos, foi necessário algum conceito matemático para resolver os problemas propostos.

V. RESULTADOS PARCIAIS

A oficina foi inicialmente oferecida para quarenta alunos, divididos em duas turmas, no primeiro semestre de 2013. Na avaliação diagnóstica inicial, foi possível identificar que os participantes apresentaram maiores dificuldades nas questões relacionadas à identificação da distância entre pontos no plano cartesiano, utilização do resto da divisão inteira, e contagem de permutações. Confrontando esses dados com os registros de aula, os jogos produzidos e os questionários respondidos, identificamos que essas dificuldades com os conceitos matemáticos parecem ter limitado as soluções desenvolvidas pelos alunos nos jogos Pedra, Papel e Tesoura, onde a correta definição de todas as permutações dos possíveis resultados de jogo era fundamental para exibir o resultado final na tela, e do Pacman, onde o conceito de resto de divisão auxilia na definição da movimentação do personagem em uma grade regular, e o cálculo da distância entre dois pontos no plano define a movimentação de um dos fantasmas inimigos.

Por outro lado, nossa análise preliminar mostra que os alunos parecem demonstrar facilidade em identificar padrões de problemas durante o desenvolvimento de jogos e utilizar esses padrões para contornar dificuldades conceituais. Na avaliação matemática aplicada ao final da oficina, verificou-se uma significativa melhora dos acertos em uma questão relacionada à identificação do padrão de crescimento de uma sequência, indício de uma possível transferência de habilidades entre os domínios de construção de jogos e da Matemática.

Quanto às concepções prévias dos alunos sobre a jogabilidade, foi identificado em [21] que os aspectos mais relevantes para os alunos são incorporados nos jogos que eles constroem. Algumas vezes, novas funcionalidades são adicionadas para superar limitações dos jogos não previstas inicialmente no planejamento da oficina. Para isso, os alunos tiveram que explorar conceitos de programação que eram novos para eles no momento em que foram necessários, tais como uso de mensagens, paralelismo e laços.

A oficina está sendo oferecida atualmente a uma terceira turma, formada por alunos ingressantes de um curso universitário em Informática de Valparaíso, Chile. Os resultados obtidos por essa turma serão também incorporados às nossas análises.

DADOS DOS PESQUISADORES ENVOLVIDOS

| | |
|--------------------|--|
| Aluno | Thiago Schumacher Barcelos – tsbarcelos@gmail.com |
| Lattes | http://lattes.cnpq.br/0179728954543082 |
| Título da pesquisa | Relações entre o Pensamento Computacional e a Matemática através da construção de jogos digitais |

| | |
|-------------|---|
| Orientador | Ismar Frango Silveira – ismarfrango@gmail.com |
| Lattes | http://lattes.cnpq.br/3894359521286830 |
| Instituição | Universidade Cruzeiro do Sul – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (M/D) |
| Link | http://dr.ensinodocienciasmatematica.cruzeirodosul.edu.br/ |

REFERÊNCIAS

- [1] Associação Brasileira de Empresas de Tecnologia de Informação e Comunicação, “Tecnologia sofre com evasão universitária,” 2011. [Online]. Available: <http://www.brasscom.org.br/brasscom/content/view/full/5155>. [Accessed: 03-Feb-2012].
- [2] P. F. Campbell and G. P. McCabe, “Predicting the success of freshmen in a computer science major,” *Communications of the ACM*, vol. 27, no. 11, pp. 1108–1113, Nov. 1984.
- [3] B. C. Wilson and S. Shrock, “Contributing to success in an introductory computer science course: a study of twelve factors,” in *Proc. SIGCSE '01*, New York, 2001, pp. 184–188.
- [4] M. de O. G. Setti, “O Processo de Discretização do Raciocínio Matemático na Tradução para o Raciocínio Computacional: Um Estudo de Caso no Ensino/Aprendizagem de Algoritmos,” Tese (Doutorado em Educação), UFPR, Curitiba, 2009.
- [5] L. S. de Assis, “Uma aproximação prática no ambiente de trabalho: resolução de problemas em matemática e manutenção de sistemas computacionais,” Tese (Doutorado em Educação Matemática), PUC/SP, São Paulo, 2011.
- [6] R. Noss, C. Hoyles, and S. Pozzi, “Working knowledge: mathematics in use,” in *Education for Mathematics in the Workplace*, Hingham, USA: Kluwer Academic Publishers, 2000.
- [7] Y. Mor and R. Noss, “Programming as mathematical narrative,” *International Journal of Continuing Engineering Education and Lifelong Learning*, vol. 18, no. 2, pp. 214–233, 2008.
- [8] The CSTA Standards Task Force, “CSTA K-12 Computer Science Standards,” ACM Computer Science Teachers Association, New York, 2011.
- [9] C. M. Lewis and N. Shah, “Building Upon and Enriching Grade Four Mathematics Standards with Programming Curriculum,” in *Proc. SIGCSE '12*, New York, 2012.
- [10] T. S. Barcelos and I. F. Silveira, “Pensamento Computacional e Educação Matemática: relações para o ensino de Computação na educação básica,” in *Anais do XXXII CSBC*, Curitiba, 2012.
- [11] T. S. Barcelos and I. F. Silveira, “Teaching computational thinking in initial series,” in *Proceedings of CLEI 2012*, Medellín, 2012.
- [12] P. R. de A. Souza and L. R. Dias, “Kodu Game Labs: Estimulando o Raciocínio Lógico através de Jogos,” in *Anais do 23º SBIE*, Rio de Janeiro, 2012.
- [13] C. C. Hernandez, L. Silva, R. A. Segura, J. Schimiguel, M. F. P. Ledon, L. N. M. Bezerra, and I. F. Silveira, “Teaching Programming Principles through a Game Engine,” *CLEI Electronic Journal*, pp. 1–8, 2010.
- [14] M. Prensky, “Digital natives, digital immigrants,” *On the horizon*, vol. 9, no. 5, Oct-2001.
- [15] J. Denner, L. Werner, and E. Ortiz, “Computer games created by middle school girls: Can they be used to measure understanding of computer science concepts?,” *Computers & Education*, vol. 58, no. 1, pp. 240–249, Jan. 2012.
- [16] J. H. Maloney, K. Pepler, Y. Kafai, M. Resnick, and N. Rusk, “Programming by choice: urban youth learning programming with scratch,” in *Proc. SIGCSE '08*, New York, 2008, pp. 367–371.
- [17] Y. Kafai, “Playing and making games for learning: Instructionist and Constructionist Perspectives for Game Studies,” *Games and Culture*, vol. 1, no. 1, pp. 36–40, 2006.
- [18] D. Merrill, “A Pebble-in-the-Pond Model For Instructional Design,” *Performance Improvement*, vol. 41, pp. 41–46, 2002.
- [19] Brasil. Ministério da Educação, *Parâmetros Curriculares Nacionais - Matemática: 1º e 2º ciclos*. Brasília: SEB/MEC, 1997.
- [20] T. S. Barcelos, T. Carvalho, J. Schimiguel, and I. F. Silveira, “Análise comparativa de heurísticas para avaliação de jogos digitais,” in *Proc. IHC+CLHC 2011*, Pernambuco, Brazil, 2011, pp. 187–196.
- [21] G. Costa, T. Barcelos, C. Oliveira, R. Muñoz, R. Noël, and I. F. Silveira, “Construindo jogabilidade: como a percepção dos jogadores afeta o desenvolvimento de jogos em um contexto escolar,” in *Anais do XII SBGAMES*, São Paulo, 2013 (aceito para publicação).