

Construção do conceito de pensamento reflexivo computacional em experiências computacionais educativas construcionistas

Construction of the concept of computational reflective thinking in constructionist educational computational experiences

Luciana Leal da Silva Barbosa 

Instituto Federal de São Paulo (IFSP)

Brasil

luciana.leal@ifsp.edu.br

Marcus Vinícius Maltempi 

Universidade Estadual Paulista (UNESP)

Brasil

marcus.maltempi@unesp.br

Resumo. Nosso objetivo é compreender como são mobilizados e se coadunam os pensamentos reflexivo e computacional quando mobilizados e desenvolvidos em Experiências Computacionais Educativas Construcionistas (ExCEC) baseadas na construção de programas no Scratch. Adotamos a abordagem qualitativa *Design Based Research* para planejar e desenvolver as ExCEC num contexto naturalístico de sala de aula com uma turma de 11 crianças de 9 a 12 anos, que participam de cursos oferecidos por uma Organização Não Governamental (ONG) localizada na cidade de Birigui, em São Paulo, Brasil. A análise é feita sobre narrativas chamadas de histórias de aprendizagens, e sob as lentes de um constructo teórico que articula as ideias de pensamento reflexivo e de experiência educativa de John Dewey, com conceitos do construcionismo de Seymour Papert. Os resultados evidenciam a ação recíproca dos pensamentos reflexivo e computacional sobre o processo de aprendizagem por meio da construção de significados matemáticos, levando-nos a identificar a prevalência de um estilo de pensamento que chamamos de *pensamento reflexivo computacional*, mobilizado para formular e resolver situações problemáticas que surgem durante a construção dos projetos de programação.

Palavras-chave: pensamento reflexivo; pensamento computacional; matemática; experiência computacional; experiência educativa; programação.

Abstract. Our goal is to understand how reflective and computational thinking develop and align when mobilized and developed in Constructionist Educational Computational Experiences (ExCEC) based on building programs in Scratch. We adopted the qualitative approach of Design-Based Research to plan and develop the ExCEC in a naturalistic classroom context with a group of 11



children aged 9 to 12, who participate in courses offered by a Non-Governmental Organization (NGO) located in the city of Birigui, in the state of São Paulo, Brazil. The analysis is conducted on narratives called learning stories, through the lens of a theoretical construct that connects John Dewey's ideas of reflective thinking and educational experience with Seymour Papert's concepts of constructionism. The results highlight the reciprocal action of reflective and computational thinking on the learning process through the construction of mathematical meanings, leading us to identify the prevalence of a thinking style we call *computational reflective thinking*, mobilized to formulate and solve problematic situations that arise during the construction of programming projects.

Keywords: reflexive thinking; computational thinking; mathematics; computational experience; educational experience; coding.

Paulo e seus Planetas Malucos

Paulo cursa o quinto ano do ensino fundamental e não pôde frequentar as aulas da escola regular durante os dois anos que perdurou a pandemia de Covid-19. A escola pública que frequenta não ofereceu aulas no ambiente *online* e remoto, apenas atividades que eram disponibilizadas digitalmente e deveriam ser desenvolvidas e enviadas à sua professora. Ele gosta muito de música, de dançar e de jogar *Minecraft*. Está sempre muito alegre, demonstrando entusiasmo com seus projetos no Scratch. Frequentemente chama seus colegas para ver o que construiu. Ele gosta de explicar como fez, de falar sobre suas ideias, e também de ouvir as ideias de seus colegas. Não possui computadores em casa, nem celular próprio, por isso seu contato com as tecnologias digitais é esporádico, acontecendo nas aulas que frequenta na ONG, ou quando brinca com o celular de sua mãe. Por isso, sempre pede ajuda para realizar algo no computador, principalmente quando precisa pesquisar imagens ou músicas na Internet para seus projetos. Para isso, tem um fiel amigo que sempre o ajuda: o Vitor. Paulo aprende muito rápido, bastam algumas explicações para ser capaz de fazer tudo sozinho da próxima vez. Sobre suas aulas de matemática, diz que não consegue entender muito bem o que seu professor diz, e que é “muito mais legal e fácil” aprender matemática no Scratch.

Neste encontro, Paulo tem uma ideia inicial sobre seu projeto no Scratch: uma animação sobre o Universo. Incluiu nele um cenário e os atores Sol e planeta Terra. Ao explorar os comandos do Scratch, descobriu o comando *Gire x graus*, e o usou para fazer seu planeta girar em torno de si mesmo, simulando o movimento que a Terra faz de rotação. Percebeu que ao clicar sobre o comando, a Terra fazia um giro de x graus em torno de si, com x representando a quantidade de graus do seu giro. Surpreso com sua descoberta, decide chamar a professora para iniciar uma produtiva e prazerosa conversa matemática.

Introdução

A narrativa acima conta a história de Paulo, uma criança que tinha 10 anos à época em que participou de nossa pesquisa. Chamamos essa e outras narrativas apresentadas por Barbosa

(2024) de *histórias de aprendizagens*, as quais falam sobre o enredo, os fatos, as crianças e suas ideias, projetos e raciocínios desenvolvidos para compreender e resolver situações problemáticas que surgiram enquanto construía seus projetos de programação no Scratch. As histórias de aprendizagens foram construídas com o objetivo de apresentar todo o contexto naturalístico (Lincon & Guba, 1985) onde as Experiências Computacionais Educativas Construcionistas (ExCEC) (Barbosa, 2024) se desenvolveram. Além disso, durante a análise dos dados, as histórias foram organizadas em episódios para compor unidades de análise, identificadas por uma sigla e pelos sujeitos participantes.

Apresentar os episódios neste formato significa enriquecê-lo de detalhes de uma realidade que traz contribuições para os resultados da pesquisa, pois essa buscou compreender como o processo de aprendizagem de matemática e o desenvolvimento do pensamento computacional aconteceu e se transformou em um contexto de experiências reais junto ao computador e junto a pessoas. Assim, “contar histórias” é uma maneira de aproximar este texto e o leitor da realidade experienciada pelos sujeitos da pesquisa.

Das narrativas extraímos aquilo que saltou aos olhos dos pesquisadores por possuir relações com nossa pergunta de pesquisa: o pensamento computacional substitui o pensamento reflexivo em uma ExCEC, ou eles são articulados para compor um outro estilo de pensamento mobilizado quando experiências educativas são desenvolvidas em ambientes voltados à construção de programas? Dessa forma, apresentamos neste artigo um recorte da pesquisa de doutorado de Barbosa (2024), da qual extraímos e apresentamos aqui dois episódios da ExCEC *Planetas Malucos de Paulo*, identificados por E_{2a} e E_{2b}, os quais foram analisados sob as lentes de um constructo teórico que articula ideias John Dewey e de Seymour Papert.

Aspectos metodológicos da pesquisa

Adotamos a perspectiva de Creswell (2014), que contempla quatro conceitos nos pressupostos filosóficos que fundamentam um estudo qualitativo: ontológico, epistemológico, axiológico e metodológico, os quais podem assumir determinada visão de mundo a depender da estrutura interpretativa adotada na investigação.

Nossa visão epistemológica assume a concepção de conhecimento Construtivista de Piaget, que interpretada por Maltempi (2005, p. 2) afirma que “as pessoas constroem conhecimento na medida em que agem sobre o objeto de conhecimento (uma coisa, uma ideia ou uma pessoa) e sofrem uma ação deste objeto”. Isto implica afirmar que o conhecimento é uma produção coletiva e socialmente acordada, não podendo ser transmitido.

Partimos dessa visão de conhecimento para firmarmos nossa concepção de educação de acordo com a teoria de Papert (1985, 2008), que propõe que educar consiste em criar

situações para que os aprendizes se engajem num processo construtivo de um produto de significado pessoal que possa ser compartilhado em uma comunidade. Essa visão epistemológica e de educação está em harmonia com a teoria de aprendizagem pela experiência de Dewey (1976), na qual a aprendizagem acontece através de uma sequência contínua de experiências educativas que se atualizam e se ampliam mutuamente.

A visão ontológica assumida nesta pesquisa busca compreender os significados subjetivos produzidos pelos sujeitos enquanto estão inseridos em seu ambiente natural e engajados em suas experiências de aprendizagem. Esses significados podem ser variados, de modo que precisamos nos atentar para a complexidade das visões, sem reduzi-las a categorias. Além disso, entendemos que esses significados são negociados socialmente, o que está em consonância com a filosofia da experiência de Dewey e nossa visão construcionista de aprendizagem.

Os valores consistem na perspectiva axiológica assumida pelos pesquisadores, os quais reconhecem que sua investigação carrega valores e vieses, não sendo, portanto, neutra. É o que Goldenberg (2004) chama de *bias*¹, afirmando que o pesquisador precisa ter consciência da interferência de seus valores na seleção e no encaminhamento do problema estudado.

Lincoln e Guba (1985) apontam a necessidade de coerência entre procedimentos de pesquisa e visão de conhecimento. Dessa forma, para buscar essa sinergia escolhemos procedimentos metodológicos que nos levaram a produzir dados que contêm as vozes e perspectivas dos sujeitos envolvidos, suas subjetividades, e mais especificamente, suas compreensões, raciocínios e produções matemáticas.

Por acreditar que o contexto onde as situações de aprendizagem são desenvolvidas é importante, decidimos realizar nossa investigação no que Lincoln e Guba (1985) chamam de *natural setting*, o que traduzimos para contexto natural, corroborando a afirmação de que “realidades são um todo que não podem ser compreendidas isoladas de seus contextos, nem podem ser fragmentadas para um estudo separadas das partes” (Lincoln & Guba, 1985, p. 39). Seguindo esse pressuposto, construímos e desenvolvemos as ExCEC em um contexto natural onde se ensina e se aprende matemática. Participou da pesquisa de campo uma turma de 11 alunos que frequentam a ONG *Empreendedor Mirim* no período de contraturno escolar, formada por crianças de 9 a 12 anos de idade.

A fim de adequar nossa abordagem metodológica ao objeto de investigação, assumimos a perspectiva de Goldenberg (2004) sobre construir nossos próprios caminhos metodológicos, e optamos pela metodologia de pesquisa qualitativa *Design Based Research* (DBR). Barab e Squire (2004) compreendem a DBR como uma série de abordagens aplicadas com o objetivo de produzir novos artefatos, práticas e teorias que permitam compreender o processo de ensino e de aprendizagem em ambientes naturalísticos, e ao

mesmo tempo sobre ele agir. Envolve tanto projetar quanto investigar contextos naturalísticos de aprendizagem, testá-los e revisá-los (Cobb et al., 2003).

Neste sentido, a DBR foi escolhida como uma possibilidade metodológica para atender questões relacionadas à complexidade e dinamicidade contextual da nossa “sala de aula”, bem como nossos objetivos de pesquisa. Essa abordagem coaduna-se com a proposta das ExCEC de contemplar a complexidade e dinamicidade de um ambiente, com múltiplas variáveis que interagem entre si: aprendizes, professora, tecnologias, conceitos matemáticos e computacionais, estratégias de ensino e de mediação, pensamento computacional, pensamento reflexivo, pesquisadora e as relações sociais advindas de um processo coletivo de produção do conhecimento. Isso significa que os sujeitos participantes não são vistos como passivos em um processo de *design*, mas sim como coparticipantes tanto do projeto quanto da análise (Barab & Squire, 2004). Desta forma, o DBR nos permitiu:

1. Projetar e desenvolver as ExCEC contemplando o ambiente naturalístico onde se deu a investigação;
2. Caracterizar as situações que constituem uma ExCEC;
3. Investigar os processos de aprendizagem de matemática e a mobilização dos pensamentos computacional e reflexivo das crianças.

Neste artigo, apresentamos e analisamos dois episódios da ExCEC *Planetas Malucos de Paulo* (Barbosa, 2024), identificados por E_{2a} , E_{2b} e produzidos a partir de uma triangulação de fontes com os seguintes instrumentos:

1. Gravação de vídeos dos episódios das ExCEC;
2. Registros das crianças: relatos, auto-avaliação, programas, dispositivos robóticos, anotações, produções matemáticas por escrito;
3. Observações da pesquisadora (primeira autora deste artigo) registradas em seu diário de campo escrito e em áudio, contendo as ações e reflexões construídas em cada encontro.

Nosso percurso metodológico compreendeu também investigar e articular diversos conceitos advindos das teorias de Papert (1985, 2008) e de Dewey (1976, 1979), com o objetivo de tecer o constructo teórico sobre o qual nosso olhar se firmou durante a produção e análise dos dados desta pesquisa. Na próxima seção apresentamos como alguns desses conceitos são definidos por seus autores e articulados por nossa investigação.

Os conceitos de experiência educativa e de pensamento reflexivo

O conceito de experiência é concebido por Dewey como o dinamismo reativo de acontecimentos, de modo que cada ação vivida, experienciada, tem efeito para agir e reagir

sobre outras relacionadas, as quais podem ser humanas ou da natureza (Westbrook et al., 2010). No entanto, quando se refere às experiências humanas, “o agir e reagir ganham mais larga amplitude, chegando não só à escolha, à preferência, à seleção, possíveis no plano puramente biológico, como ainda à reflexão, ao conhecimento e à reconstrução da experiência” (Westbrook et al., 2010, p. 34).

Uma *experiência educativa* precisa ser guiada e organizada por um tipo de pensamento ou raciocínio que atribua um caráter inteligente à ação da pessoa. Isso é o que faz o *pensamento reflexivo* (PR), o qual se relaciona com os demais elementos de uma experiência para cumprir o seu papel de guiar as ações de modo inteligente e rumo ao cumprimento de um propósito pessoal do aprendiz (Dewey, 1979). Neste sentido, um processo de aprendizagem de matemática pela experiência precisa considerar o PR como elemento central a ser desenvolvido e mobilizado rumo à construção e execução de planos e projetos pessoais.

Neste contexto, o processo de aprendizagem de matemática através de experiências educativas começa com uma curiosidade ou interesse em desenvolver um projeto pessoal que engaja o estudante numa sequência de ações. Disso, surge um propósito, que é construído quando o desejo e o impulso por fazer algo dá lugar a um plano para alcançar um objetivo, o qual prevê tanto as ações quanto suas consequências (Dewey, 1976). Barbosa e Maltempi (2023) discutem uma correspondência entre o conceito de *propósito* de Dewey (1976) e de *projeto pessoal* de Papert (1985), concebendo um projeto de programação como um propósito de uma experiência matemática educativa.

Durante o desenvolvimento desse projeto podem surgir dúvidas ou problemas, pois o processo necessário para desenvolvê-lo pode vir acompanhado ou permeado por dificuldades ou problemas inesperados. Conforme surgem, interrompem o fluxo de ações previstas para alcançar o propósito. No entanto, a intenção de continuar persiste. O que fazer? Surge a necessidade de empenhar-se em um processo reflexivo, buscando compreender do que trata a dúvida ou o problema, cuja solução se faz necessária para permitir a continuação do percurso rumo ao propósito.

Logo, o pensamento reflexivo nasce quando uma pessoa, enquanto desenvolve seu projeto, se depara com dificuldades, dúvidas ou problemas que permeiam o processo, e para continuar precisa refletir para compreendê-los e resolvê-los. Para tanto, empreende um processo investigativo em que o PR servirá como elemento essencial para estabelecer ordem e consecutividade sobre a sequência de ideias. Assim, o PR consiste tanto na cadeia consecutiva de ideias que surgem à mente, quanto no processo investigativo iniciado a partir delas (Dewey, 1979).

O PR pode ser compreendido com mais detalhes em função das seis etapas que o constituem. A primeira delas é chamada de *sugestão*, durante a qual ideias de possíveis soluções ou explicações para a dúvida ou problema começam a brotar na mente de quem pensa. A segunda etapa consiste no processo de *intelectualização* do problema, pois os

desafios e problemas que permeiam o projeto não se apresentam de pronto, mas vão surgindo durante seu desenvolvimento e aos poucos sendo compreendidos quando se reflete sobre as condições observadas ou lembradas, e suas relações com os desafios. Desta forma, cada problema precisa ser mais bem estabelecido para ser compreendido. Isto é o que acontece na etapa da intelectualização (Dewey, 1979).

Uma vez instanciado, a reflexão sobre o problema e sobre a situação transforma as sugestões originais, ou faz nascer outras. Nesta etapa do pensamento, as sugestões de solução precisam ser relacionadas aos fatos e dados observados pela *inferência*, a qual toma as ideias sugeridas, os dados, fatos, conhecimentos e princípios já aprendidos como materiais, para construir mútuas relações entre si, gerando como resultado um conjunto de *hipóteses* para a solução (Dewey, 1979).

As hipóteses de solução precisam passar por uma etapa de *verificação* que pode acontecer em dois momentos: em pensamento e pela ação. Em pensamento, cada hipótese é submetida ao *raciocínio* da pessoa, o qual precisa selecionar aquela mais coerente como solução do problema. A verificação de uma hipótese em pensamento resulta numa resposta que pode confirmar ou rejeitar a hipótese como solução do problema. Se for confirmada, poderá ser submetida a mais uma etapa de validação, chamada de *verificação pela ação*, em que a solução é posta em prática por um experimento a fim de verificar se resolve ou não o problema a contento. Os resultados obtidos da validação em pensamento e pela ação são confrontados. Se ambos concordam, alcança-se uma conclusão (Dewey, 1979).

Uma vez validada em pensamento e pela ação, a hipótese se transformará em solução verificada, e poderá ser consolidada pelo aprendiz como um método disponível para ser aplicado em experiências futuras que possuam alguma relação com a atual. Todas as ações, raciocínio, observações, ideias e novos conhecimentos construídos poderão fazer parte do arsenal de conhecimentos e experiências do aprendiz, o qual estará disponível para ser apreendido sempre que algo dessa experiência surgir em experiências futuras em forma de uma sugestão. Essa etapa é chamada de *organização do conhecimento*, através da qual acontece a revisão de fatos e ideias experienciados na situação para relacioná-los mutuamente sobre uma nova base: a da conclusão (Dewey, 1979). Uma vez construída a conclusão, o aprendiz poderá fazer uso de uma linguagem formal, como a matemática, para construir sua representação formal através da aplicação do que Dewey (1979) chama de *pensamento formal* ou *raciocínio formal*.

O processo descrito sobre o surgimento, desenvolvimento e conclusão de um pensamento reflexivo evidencia possibilidades para um processo de aprendizagem de matemática voltado à construção de ideias e conceitos pelo próprio aprendiz, que parte de suas próprias ideias (sugestões) quando diante de um problema rumo a um processo investigativo de construção e teste de conjecturas, que culminará na construção de conclusões

matemáticas que poderão ser formalizadas em conceitos matemáticos, como evidenciado por Barbosa (2024).

O pensamento computacional e suas relações com as ideias de Papert

Encontramos o termo pensamento computacional (PC) em duas citações distintas feitas por Papert. A primeira foi feita dentro do contexto em que discutia sobre sua imagem de uma sociedade da aprendizagem do futuro, a qual deveria alcançar o equivalente a ter “uma escola de samba para matemática” (Papert, 1985, p. 216), o que poderia ser efetivado através do micromundo *Mathland* no Logo. Ao se referir às iniciativas de sua época, que tentavam construir ambientes computacionais para tornar essa ideia factível, concluiu que sua “visão de como integrar o pensamento computacional na vida diária estava insuficientemente desenvolvido” (Papert, 1985, p. 217), e devido a essa visão primitiva, tais iniciativas não vingaram. Disso, percebemos que Papert designa por pensamento computacional a sua perspectiva sobre como o computador pode ser integrado à vida diária de crianças com o objetivo de desenvolver suas ideias, sua maneira de pensar e de aprender. Chama de pensamento computacional toda a cultura computacional por ele concebida para suportar o aprender a aprender e o pensar sobre o pensar.

Num segundo momento, Papert (2008) cita o termo pensamento computacional ao se referir a John Von Neumann e Norbert Wiener, que trabalharam para desenvolver maneiras mais eficientes de realizar cálculos complexos, necessários para resolver diversos problemas militares durante a Segunda Guerra Mundial. Neste contexto, PC é o termo adotado por Papert para se referir a um tipo de pensamento necessário à resolução de problemas complexos, fazendo uso do que existia em termos de recursos computacionais para maximizar e ampliar a capacidade do ser humano de realizar cálculos. Os computadores surgiram neste contexto e para este propósito: estender a capacidade do ser humano para realizar cálculos mais precisos, complexos e com mais velocidade. Nesta perspectiva, o PC pode ser compreendido como o pensamento de um humano quando tem suas capacidades intelectuais estendidas pelo poder computacional de uma máquina ou computador, o que corrobora Phillips (2009, p. 2) quando afirma que o PC busca integrar “o poder do pensamento humano com as capacidades computacionais”.

Em ambos os momentos, Papert parece enfeixar todas as suas ideias sobre “pensar com” e “aprender com” um computador, e como essa cultura pode transformar a maneira como as pessoas pensam e aprendem, num único termo: o pensamento computacional. No entanto, não se apropriou desse termo para qualificar nem identificar esse estilo de pensamento e de aprendizagem, que buscava compreender quando aplicado ao desenvolvimento de programas por crianças usando a linguagem de programação Logo.

O termo pensamento computacional ganhou destaque com o artigo de Wing (2006), que teve grande repercussão entre educadores e pesquisadores da educação e da ciência da

computação por ser taxativa em afirmar que se trata de uma habilidade fundamental para todos, não apenas para cientistas da computação, e que, portanto, deveria ser incluído junto ao conjunto de habilidades básicas desenvolvidas na educação de uma criança: leitura, escrita, aritmética e pensamento computacional.

Muitas das definições de PC encontradas na literatura enfatizam alguns dos principais conceitos da Ciência da Computação, o que para Valente (2016, p. 867) se justifica “com base no argumento que atividades realizadas no âmbito dessa ciência desenvolvem habilidades do pensamento crítico e computacional, e permitem entender como criar com as tecnologias digitais”. Uma importante iniciativa na tentativa de conciliar as diferentes concepções de PC foi apresentada pelas *International Society for Technology in Education* (ISTE) e a *American Computer Science Teachers Association* (CSTA), com o objetivo de facilitar sua operacionalização por parte dos educadores. Nove conceitos foram identificados como relacionados ao PC: coleta, análise e representação de dados, decomposição, abstração, algoritmos, automação, paralelização e simulação. Além disso, conceberam o PC como um processo de resolução de problemas que contempla a sua formulação; identificação, análise e implementação de soluções; generalização; organização lógica e análise de dados; representação de dados; e automação (Valente, 2016).

Kahn (2017) mostra a maneira como os conceitos subjacentes ao pensamento computacional se encaixam nas ideias apresentadas por Papert mencionando que, embora existam muitas definições na literatura recente, elas são limitadas em comparação com as ideias que Papert desenvolveu. Para Kahan (2017), tudo o que se afirma atualmente se trata de um pequeno subconjunto daqueles que Seymour Papert e colegas construíram como fundamentais, há décadas: depuração, micromundo, reflexão e a noção de ideias poderosas.

Do exposto, corroboramos a afirmação de Baranauskas e Valente (2017, p. 2): “Quando ainda nos anos 80 se falava de Logo, Papert e construcionismo no uso de computadores em contextos educacionais, já se trabalhava com o que mais recentemente ressurgiu com a denominação de pensamento computacional”. Adotamos nesta pesquisa essa mesma perspectiva, o que nos leva a encontrar nas ideias de Papert nossa concepção para o PC, a qual contempla também os conceitos da ciência da computação indicados na literatura como pilares do PC: um estilo de pensamento aplicado para forjar e desenvolver ideias sendo orientado por um processo lógico e sistemático de pensamento, fazendo uso de diversas estratégias de pensamento como coleta, análise e síntese de dados, decomposição e composição, abstração, modularização, reconhecimento de padrões, generalização, com o objetivo de melhor compreender, formular, representar e solucionar problemas provenientes de diversas áreas do conhecimento, com vistas a aprender a pensar e aprender a aprender. Um estilo de pensamento que pode se apropriar do poder computacional das máquinas para estender a capacidade humana de pensar, representar e aplicar estratégias de pensamento, o que nos leva a ampliar as possibilidades para mobilizar o pensamento

computacional em função de alguns conceitos relacionados à ciência da computação, contemplando também a automação, paralelismo, simulação, depuração, e pensamento algorítmico, para tirar proveito das possíveis relações entre o aprendiz e a máquina através da programação, abrindo as portas para uma abordagem de aprendizagem que segue o modelo de “pensar com” e “aprender com” o computador.

O que nos contam as histórias de aprendizagens de nossa pesquisa?

Para buscar respostas em torno de nossa pergunta de pesquisa, construímos o conceito de *Experiência Computacional Educativa* fundamentados nos conceitos de Dewey (1976) para uma experiência educativa em que o aprendiz mobiliza e ao mesmo tempo desenvolve seu pensamento reflexivo. O conceito de propósito de Dewey (1976) é aplicado dentro do contexto da construção de programas de computador, de modo que um projeto de programação é concebido como um propósito de um aprendiz.

O fato de desenvolvermos nossas experiências educativas em um ambiente computacional de programação nos levou a relacionar as ideias de Dewey (1976, 1979) às ideias de Papert para uma aprendizagem construcionista de matemática. Disso, agregamos às experiências computacionais o termo *Construcionistas*, surgindo as *Experiências Computacionais Educativas Construcionistas (ExCEC)*: experiências educativas orientadas pelo pensamento reflexivo do aprendiz, desenvolvidas em um ambiente computacional de construção de programas com o objetivo de oportunizar uma aprendizagem de matemática através da construção de significados matemáticos. Assim, as ExCEC têm como objetivo desenvolver experiências computacionais para proporcionar experiências matemáticas.

Nossos estudos teóricos evidenciaram muitas relações entre os conceitos de pensamento reflexivo e de pensamento computacional, o que nos levou à seguinte interrogação: o pensamento computacional substitui o pensamento reflexivo em uma ExCEC, ou eles são articulados para compor um outro estilo de pensamento mobilizado quando experiências educativas são desenvolvidas em ambientes voltados à construção de programas? Dessa forma, a nossa análise busca compreensões sobre como são mobilizados os pensamentos reflexivo e computacional numa ExCEC desenvolvida para os propósitos de uma aprendizagem de matemática pela construção de significados matemáticos e computacionais.

Episódio E_{2a} - A ideia poderosa de ângulo

O primeiro episódio começa quando Paulo, ao desenvolver seu projeto, faz algumas descobertas, consegue resolver alguns problemas ou dúvidas sozinho, e prossegue rumo ao seu propósito, até que surge um problema que o impede de continuar. Neste momento, chama a professora para pedir ajuda, o que suscita uma interessante conversa matemática e computacional.

Paulo²: Como faço para a Terra girar mais, ela está girando pouco (Figura 1)

Luciana³: Você quer que ela gire uma volta toda sem parar, é isso?

Paulo: Sim, olha aqui ela gira um pouquinho e para.

Luciana: Por que você acha que ela gira só uma vez?

Paulo: Por que é pouco?

Luciana: A quantidade aqui? (aponta para o argumento do comando gire).

Aumenta então pra ver.

Paulo: Vou aumentar para 90.

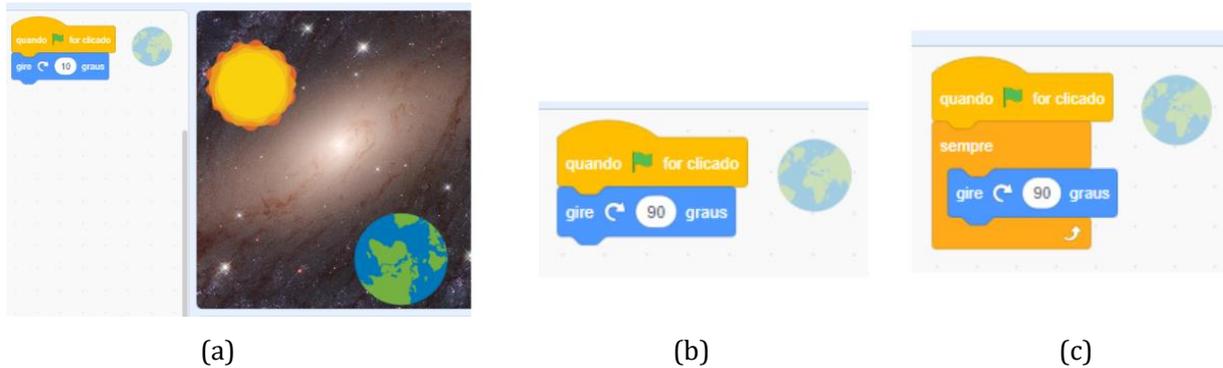


Figura 1. Projeto Planetas Malucos de Paulo. (a) versão inicial, quando Paulo se deparou com o problema de fazer o planeta Terra girar. (b) Momento em que Paulo tentou aumentar a velocidade do giro inserindo o número 90. (c) Versão final, quando Paulo constrói o significado para o comando Sempre.

A hipótese de Paulo é que o valor do número utilizado como argumento do comando *gire* (*x* graus) é baixo (Figura 1a), sugere então aumentar esse valor. Altera a quantidade de graus e testa (Figura 1b). Percebe que o planeta realiza um giro maior que o anterior e diz.

Paulo: Ele girou mais um pouco, mas não fez o que eu queria.

Luciana: Você quer que ela gire sem parar?

Paulo: Sim.

Luciana: Então, para ela girar sem parar, olha aqui para minha mão. Gira, gira, gira... O que está acontecendo aqui?

Paulo nem responde, vai direto ao comando de repetição *sempre* e o insere no local no programa (Figura 1c). Ao testar, a surpresa da descoberta.

Paulo: Aí (risos).

Luciana: Fez o que você queria?

Paulo: Aha. Mas acho que está muito rápida.

Luciana: Por que será?

Paulo: Por causa do 90. Vou colocar 20.

Luciana: Melhorou?

Paulo: Melhorou.

Paulo insere vários valores como argumento do comando *gire* para testá-los. Observa o movimento do giro e sua velocidade. Reflete sobre o resultado, se é o que deseja ou não.

Com o objetivo de levá-lo a retomar e refletir sobre suas ações e ideias até alcançar seu objetivo, a pesquisadora disse:

- Luciana: Então você pode controlar a velocidade do giro como?
Paulo: Mudando o número do gire.
Luciana: E você sabe o que significa esse número?
Paulo: Sim, o quanto ele vai girar mais rápido ou mais devagar. Se eu colocar o 1 vai girar mais lento, mas se eu colocar 10, vai girar um pouco mais rápido.
Luciana: Então você conseguiu o que queria?
Paulo: Aha. Vou continuar e colocar mais coisas.

Ao iniciar o diálogo com uma pergunta, a intenção da pesquisadora foi levá-lo a retomar os passos desenvolvidos para construir a solução de seu problema, levando-o a refletir sobre esse processo sob uma nova perspectiva, a da solução. Consiste na etapa do PR chamada de *organização do conhecimento* (Dewey, 1979), na qual acontece a revisão de fatos e ideias para relacioná-los mutuamente sob a perspectiva da conclusão.

Evidenciamos as fases do pensamento reflexivo de Paulo, mobilizado para construir suas compreensões e resolver seu problema. A Figura 2 ilustra esses momentos.

A *dúvida* de Paulo o fez paralisar suas ações rumo a seu propósito de fazer a Terra realizar um movimento de rotação ininterrupto. Neste momento, ele tinha uma ideia vaga sobre como formular seu problema ou questão, o que pode ser evidenciado pela diferença entre a sentença de sua *dúvida* (como fazer o planeta girar mais?) e a sentença dada pela *intelectualização* do problema (como fazer a Terra girar sem parar?). Para formalizar seu problema, a ideia vaga inicial precisou ser alvo de discussão e reflexão, para que as condições observadas pudessem ser mais bem compreendidas, e o problema tomasse uma forma mais precisa. Junto a sua formulação, as *sugestões* sobre como poderia ser resolvido foram surgindo em sua mente. Quando uma delas pareceu ser mais coerente com o que observava, decidiu escolhê-la como candidata à solução, construindo sua *hipótese*. Esta, o levou a *raciocinar* sobre como construir um programa para representá-la: quais comandos são necessários e como organizá-los numa sequência lógica que resolva o problema? A solução em pensamento foi elaborada e ganhou forma concreta através de seu programa, o que o permitiu testar e *observar* os resultados de suas escolhas. Quando sua hipótese é validada, foi alvo de um teste final ou *validação pela ação* através de novos testes, gerando sua solução final, a qual foi alvo de um processo de revisão em pensamento, com o objetivo de *organizar os conhecimentos* construídos.

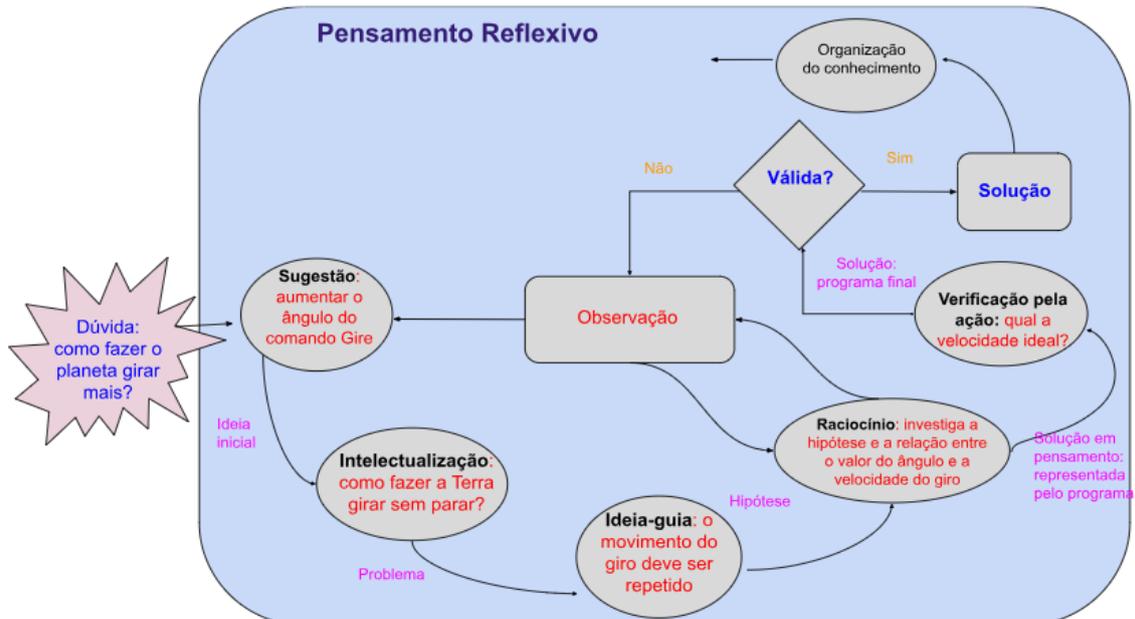


Figura 2. Etapas do pensamento reflexivo de Paulo

A afirmação de Paulo, “vou continuar e colocar mais coisas”, nos indica que o percurso necessário para iniciar e concluir um propósito se dá através de uma sequência de experiências que se sucedem, evidenciando a aplicação do princípio do continuum experiencial sobre o processo de aprendizagem (Dewey, 1976). Veremos na próxima experiência que esta versão parcial de seu projeto serviu para dar início a outras situações problemáticas que o levaram a mobilizar e desenvolver seu pensamento reflexivo, computacional e matemático em busca de compreensões e soluções.

Episódio E_{2b} - A ideia poderosa sobre o tempo

Paulo continua o seu projeto Planetas Malucos, e chama Luciana para ajudá-lo a resolver o seguinte problema: ele deseja que o planeta Terra gire e diga uma mensagem ao mesmo tempo. Para isso, insere o comando *diga () por x segundos* dentro do bloco *sempre*. Ele nota, então, que o movimento de giro do planeta é interrompido, como apresentado na Figura 3. Paulo não consegue perceber o porquê dessas interrupções e pergunta: “Por que o planeta parou de girar?”, o que suscita um novo diálogo.

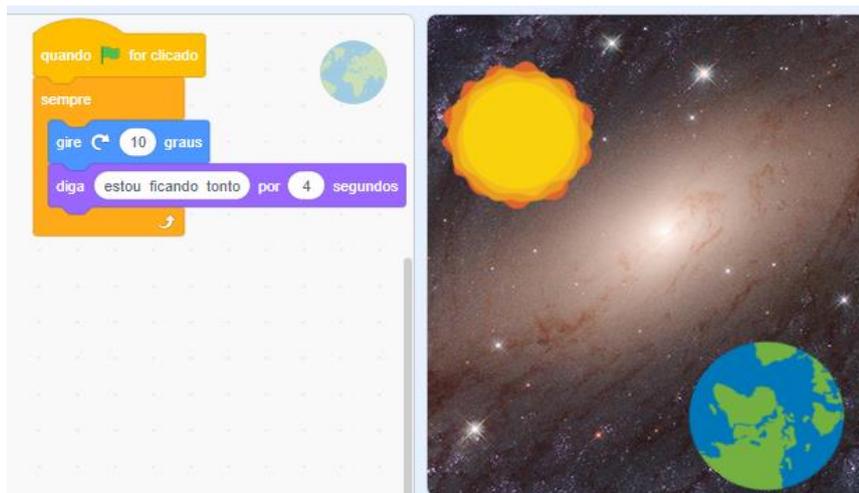


Figura 3. Código do ator planeta Terra e imagem da tela da animação Planetas Malucos.

- Luciana: Mas o planeta está ou não está girando?
 Paulo: Não. Quer dizer, tá sim. (Ele percebe que os giros aconteciam e eram intercalados por momentos de pausa no movimento).
 Luciana: Então está girando, só parou de girar rápido, certo?
 Paulo: É, será que é por causa do... (altera o valor do número no comando diga de 4 para 1 segundo).
 Luciana: Mudou alguma coisa?
 Paulo: Mais ou menos, ela está girando, mas bem lento.
 Luciana: Mas está mais rápido que antes?
 Paulo: Sim.
 Luciana: E o que você fez para ficar um pouco mais rápido?
 Paulo: Eu diminuí o tempo.

Ele tem, então, outra ideia, que envolve incluir outro comando no interior do loop: *gire 15 graus à esquerda* (Figura 4).

- Paulo: Vou fazer ela girar pro outro lado.
 Luciana: Por quê?
 Paulo: Porque eu pensei que depois que ela falasse, ela ia continuar girando, só que para o outro lado.
 Luciana: Mas é isso que você quer?
 Paulo: Não. Eu quero que ela faça assim (faz gestos com sua mão), e fica falando isso enquanto está girando.



Figura 4. Código do planeta Terra alterado

Na sequência, Paulo deixa apenas o comando *gire 10 graus à direita* dentro do loop *sempre*, e observa que o planeta volta a girar de forma ininterrupta (Figura 5a); insere o comando *diga*, e percebe que o giro do planeta acontece com pequenas interrupções (Figura 5b). Ele explica as suas ações seguindo a sequência definida para o seu programa, o que nos leva a perceber que começou a compreender o processo de execução serial do programa. Isso indica que ao organizar suas ações, teve a oportunidade de organizar as suas ideias para compreender a sequência e ordem dos comandos no programa (*algoritmo*). Enquanto o faz, mobiliza o seu PR para compreender e resolver um problema que o impedia de prosseguir com o seu propósito. Evidenciamos neste momento que Paulo mobilizou seu PR para desenvolver compreensões relacionadas com o conceito de *algoritmo*, o que significa mobilizar o seu PC em função do conceito de *algoritmo* para compreender e resolver seu problema, evidenciando relações entre PR e PC que surgem enquanto o aprendiz desenvolve a ExCEC com o propósito de construir o seu programa.

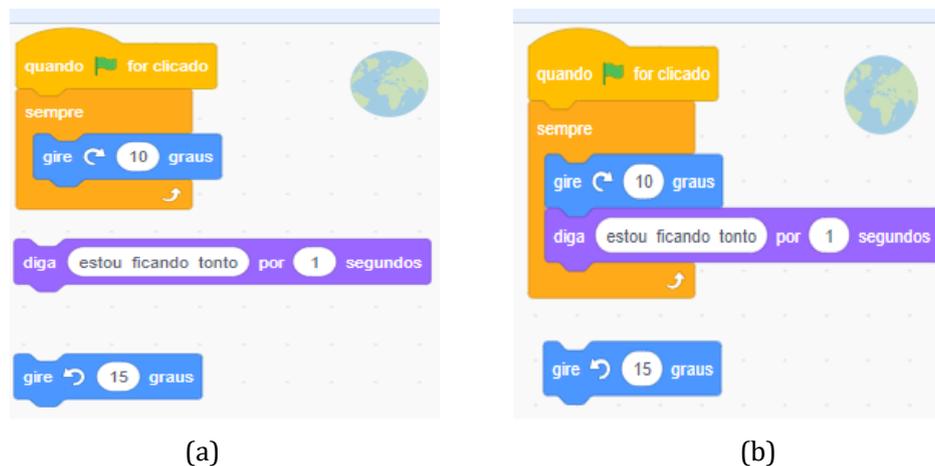


Figura 5. Processo de alteração do código: como fazer o planeta Terra girar ininterruptamente? (a) Paulo percebe que sua ideia não funciona e retira o comando *gire 15* para a esquerda. (b) Paulo reconstrói a versão inicial do código.

Ao reconstruir a versão anterior do código, Paulo teve a oportunidade de pensar sobre o que cada comando fazia e em que ordem fazia, confrontando o que era executado com seu propósito, enquanto percebia o que estava errado. Assim, empreendeu o seu pensamento reflexivo e pensamento computacional para realizar o *debugging*, a fim de procurar e corrigir os seus erros. Ele observou que inserir outro comando *gire* não resolveu seu problema, e voltou à versão inicial do código em que o problema surgiu. No entanto, ele já havia percebido algo interessante sobre o qual precisava refletir:

- Luciana: Mas deixa eu te perguntar: antes você alterou esse número de 4 para 1 e percebeu que o planeta girou mais rápido. Então, o que você pode fazer aqui?
- Paulo: Aumentar o tamanho do giro?
- Luciana: Pode ser. Ou?

Paulo: Deixa eu ver (ele troca o valor do grau de 10 para 20). Mas não aconteceu nada!

Na experiência anterior, Paulo percebeu que poderia controlar a velocidade de rotação do planeta alterando o valor do argumento do comando *gire*. Ao construir para si esse significado para o comando, pôde aplicá-lo na resolução de novos problemas, pois sua “capacidade de utilizar o passado para julgar e inferir o novo e o desconhecido subentende que [...] seu significado subsiste de tal modo, que é aplicável à determinação do caráter da nova” (Dewey, 1979, p. 231). Isso foi possível, pois a experiência em curso se conectou à anterior por ambas possuírem em comum o desejo de Paulo fazer o planeta girar ininterruptamente. A ideia de alterar o argumento do comando *gire* lhe vem à mente como sugestão de solução. Temos aqui a construção de um significado para o que é observado na situação: o comando *gire* altera a velocidade do giro do planeta, logo, se quero que o planeta gire mais rápido basta alterar o valor de seu argumento. Evidenciamos, assim, a importância do significado como fator central do pensamento reflexivo, o qual irá surgir sempre que os fatos observados e coletados servirem para construir um significado (Dewey, 1979).

A ideia sugerida foi transformada em *hipótese* pelo processo de inferência desenvolvido pela reflexão, em pensamento, rumo a uma conclusão, que pode confirmar ou rejeitar a sugestão original (Dewey, 1979). O próximo passo de Paulo foi testar a sua hipótese. Paulo percebeu que sua ideia inicial não satisfazia as condições de seu problema, de modo que essa hipótese foi descartada. A partir daí, acontece um movimento de revisitação da situação, em que Paulo precisou retroceder aos fatos, o que o levou a um ponto de vista diferente, e a novas observações e lembranças.

De fato, evidenciamos que a sugestão inicial serve como guia para as observações, enquanto “Os fatos recém-observados podem causar [...] o aparecimento de novas sugestões, que se tornam guias de ulteriores pesquisas a respeito das condições” (Dewey, 1979, p. 108). As ações em pensamento e na prática de Paulo corroboram essa afirmação, pois ele precisou realizar novas observações, coletar novos fatos, relacioná-los ao propósito, construir novas hipóteses, testá-las para validá-las ou não, ou seja, empreendeu um processo investigativo orientado por seu pensamento reflexivo e computacional rumo a um propósito, o que foi iniciado graças a existência de um problema ou incompreensão que pausou suas ações (Dewey, 1979).

Ao perceber que sua hipótese não funciona, Paulo afirma:

Paulo: Ele continua na mesma velocidade do de 10.
 Luciana: Então muda outra coisa. (A pesquisadora dá um tempo para ele pensar, mas logo percebe que estava paralisado e decide mediar o processo reflexivo através de questionamentos).
 Luciana: Então, se antes você mudou de 4 para 1 e o planeta ficou parado por menos tempo, por que você não altera esse valor para ver o que acontece?

Paulo apaga o valor de 1 segundo e, antes de digitar outro valor em seu lugar, percebe que o planeta começa a girar ininterruptamente. O *feedback* imediato do Scratch permitiu que novas observações fossem feitas antes mesmo de Paulo inserir um novo argumento no comando *diga*, evidenciando a importância das respostas emitidas pelo sistema para alimentar o processo reflexivo a partir da observação. Paulo aceitou a sugestão fornecida, a colocou em prática, testou enquanto possibilidade de solução, e verificou pela reflexão e pela ação que ela resolvia seu problema.

Paulo: Olha!
 Luciana: Era 1, e agora o que você pode colocar?
 Paulo: Aqui? Zero?
 Luciana: Tenta!
 Paulo: É, ficou girando do jeito que eu quero!
 Luciana: Tá do jeito que você quer?
 Paulo: Aha.
 Luciana: Então o que aconteceu quando você colocou o zero?
 Paulo: Mesmo que ele esteja girando sempre, ele não vai parar porque está zero segundos.
 Luciana: Zero segundos não para, exatamente, então ele espera algum tempo?
 Paulo: Não.
 Luciana: Mas continua falando, só não está esperando?
 Paulo: É.

Neste episódio da ExCEC, Paulo empreendeu uma investigação para descobrir como duas ações do ator Terra poderiam acontecer ao mesmo tempo: girar e dizer algo. Seu desejo consistia em produzir o efeito do paralelismo de procedimentos, em que dois ou mais blocos de comandos são executados em paralelo pelo sistema, simulando situações reais em que mais de uma ação acontece ao mesmo tempo, como por exemplo caminhar e falar, dançar e cantar, brincar e conversar etc. Isso significa que precisava conhecer e se apropriar de um dos conceitos relacionados ao PC, o *paralelismo*.

Ele não sabia como alcançar esse objetivo, o que se tornou para ele um problema a ser compreendido e resolvido. Encontrou uma solução que para nós foi inusitada: implementou o *efeito* do paralelismo de procedimentos alterando o tempo de espera que a mensagem fica visível na tela, enquanto o esperado seria a forma tradicional: construir dois ou mais blocos diferentes de comandos para serem executados em paralelo. Embora inusitada, a solução de Paulo produziu o efeito pretendido, o que lhe proporcionou o primeiro contato com a ideia de paralelismo de procedimentos.

Percebemos durante todo este episódio que Paulo fez uso dos recursos disponíveis pela plataforma para planejar suas ações, colocar o plano em prática, observar as consequências dessas ações, e refletir sobre essas consequências com o objetivo de verificar se alcançou ou não seu propósito. Nesse episódio da ExCEC identificamos diversas evidências relacionadas aos conceitos de experiência educativa, pensamento reflexivo e pensamento computacional,

que se coadunam entre si e com a prática de ação e de pensamento do sujeito investigado Paulo, culminando na construção do significado para a ideia de unidade de tempo e proporcionando um contato ainda vago e superficial com a ideia de paralelismo. Esta última ideia ressurge em episódios posteriores indicando um processo de transformação, que parte de uma intuição até alcançar a sua conceitualização (Barbosa, 2024), explicitando um processo de aprendizagem que se desenvolve por uma sequência de experiências que se sucedem, sobre as quais age o princípio do *continuum* experiencial (Dewey, 1979).

A relação entre o *feedback* imediato e o processo reflexivo

Os episódios 1 e 2 da ExCEC evidenciaram o importante papel do *feedback* imediato fornecido pelo ambiente de programação do Scratch para alimentar as percepções de Paulo sobre os resultados de suas ações. Paulo agiu sobre os comandos e recebeu imediatamente as respostas dessas ações, as quais foram percebidas e serviram como material para o surgimento e processamento de ideias pelo pensamento reflexivo, favorecendo a construção de significados para as ideias de ângulo, tempo, algoritmo e paralelismo.

Dewey (1979) destaca a importância da observação para o processo reflexivo, afirmando que o que é observado pelos sentidos é utilizado pelo processo de compreensão através da construção de significados. E quando se consegue relacionar as observações a seus significados, identificando e planejando as consequências resultantes das ações, dizemos que *a situação foi compreendida* (Dewey, 1979). Diante de situações ainda incomuns, Paulo precisou recorrer à memória buscando experiências anteriores para refletir sobre elas, procurando por similaridades entre elas e a experiência em curso, para a partir da reflexão construir a significação do que observava e as consequências relacionadas às possíveis ações na experiência atual (Dewey, 1979). Dessa forma, destacamos a importância do *feedback* imediato do Scratch para viabilizar as observações necessárias sobre a experiência em curso, favorecendo o processo reflexivo empreendido para construir as relações entre o que já se sabe e o que ainda se pretende compreender, assim como aconteceu quando Paulo aplicou o significado construído para si do comando *gire x graus* para resolver e compreender um novo problema em uma nova experiência.

Evidenciamos, portanto, uma importante característica das experiências computacionais que as distinguem das experiências desenvolvidas em ambientes não dinâmicos: o poder de ação do *feedback* imediato sobre o processo reflexivo. Experiências educativas em que o *feedback* imediato está presente proporcionam respostas às ações dos aprendizes que servirão como material intelectual para o surgimento de ideias, inferência e investigação de hipóteses, favorecendo a construção de significados matemáticos e computacionais pelo pensamento reflexivo do próprio aprendiz. Ao contrário, experiências matemáticas em ambientes não dinâmicos, como o fazer matemática com lápis e papel, geralmente demandam *feedback* de terceiros às ações do aprendiz, pois o ambiente em que são

desenvolvidas não são dotados de mecanismos para perceber e responder a essas ações, dependendo de outros (professor) para obter essas respostas e refletir sobre elas.

Discussão

Temos nestes dois episódios da ExCEC um movimento de aprendizagem construcionista e pela experiência que envolveu a construção de propósitos (Dewey, 1976) através de um projeto pessoal (Papert, 1985), permeado por problemas que surgiram durante o desenvolvimento da experiência, os quais levaram o aprendiz a desenvolver e pôr em prática seu pensamento reflexivo para compreender e resolver esses problemas (Dewey, 1979).

Diversas relações entre o pensamento reflexivo e o pensamento computacional podem ser identificadas nas experiências narradas e analisadas. Percebemos que o PR foi mobilizado para a formulação, compreensão e resolução de situações problemáticas através da construção de programas, correspondendo assim ao *PC em desenvolvimento*, pois durante o curso das experiências computacionais diversas habilidades relacionadas ao PC foram mobilizadas e desenvolvidas, o que discutimos a seguir.

Raciocínio Lógico

O raciocínio lógico foi necessário para impor ordem às ideias expressas através do programa. Sabe-se que um programa de computador é escrito em uma linguagem de programação, e precisa ser construído de tal forma que a sequência dos comandos seja organizada com vistas à resolução de um determinado problema. Para isso, aplica-se o raciocínio lógico necessário para ordenar a sequência de comandos (ideias, pensamentos) de modo a obter uma sequência consequencial que satisfaça as exigências do problema. Isto também evidencia a aplicação da lógica para organizar um conjunto de ideias sobre como resolver um problema, ou seja, a aplicação do pensamento reflexivo para compreender uma situação real que resultará numa conclusão a ser representada formalmente por um programa, o qual, de acordo com Dewey (1979), consiste no desenvolvimento do pensamento lógico como produto do pensamento reflexivo real.

Pensamento procedimental ou algorítmico

Um algoritmo é concebido como uma sequência de passos ordenados de tal forma a se alcançar um objetivo. Um programa consiste nesta sequência ordenada de comandos, a qual serviu para dar forma e expressão às ideias de Paulo sobre como resolveu os seus problemas. O primeiro contato de Paulo com o conceito de algoritmo aconteceu num contexto que exigiu dele um processo reflexivo para compreender e resolver um problema específico. Dessa forma, teve que mobilizar seu PR para compreender essa situação e construir uma conclusão, a qual, posteriormente, foi representada através de um algoritmo.

Assim, Paulo teve a oportunidade de construir um significado para a ideia de algoritmo ao longo de sua experiência computacional, desenvolvida para compreender e resolver um problema, durante a qual o seu PR também foi mobilizado para construir um significado para esse conceito. Assim, o PR foi mobilizado para construir significados para toda a situação experienciada, incluindo o conceito de algoritmo. Isso leva-nos a concluir que o PR foi mobilizado para desenvolver o PC em função de um de seus conceitos, o algoritmo.

Automação

A automação acontece sempre que determinada solução construída assume uma representação formal que pode ser compreendida e executada por uma máquina ou computador. De fato, os programas construídos pelas crianças puderam ser lidos, compreendidos e executados pelo computador. Temos aqui o produto do PR (Dewey, 1979), representado por um programa que automatiza uma solução de um problema, de modo que o PR é mobilizado para desenvolver o PC em função da automação.

Representar formalmente a conclusão do pensamento reflexivo através de um programa traz implicações para o processo reflexivo empreendido para construção de significados, uma vez que o programa poderá ser testado e os resultados dos testes poderão servir como material para novas reflexões. Os *feedback imediatos* emitidos pelos testes alimentam o processo de aprendizagem pela construção de significados construídos pelo próprio aprendiz, que pode refletir sobre os resultados de suas ações sobre o programa, se suas hipóteses sobre como resolver o problema estão corretas ou precisam ser corrigidas. Isso significa que mobilizar o PC em função da automação amplia as possibilidades de aprendizagem pela experiência educativa de Dewey (1976, 1979) à medida que o *feedback* da máquina amplia as possibilidades de observação do aprendiz sobre a situação, dando-lhe mais autonomia sobre o seu processo reflexivo. Dessa forma, entendemos que o PC em função do conceito de automação potencializa a ação do PR mobilizado para investigar, compreender e resolver uma situação problemática, impactando também o processo de aprendizagem pela construção de significados que depende do PR.

Paralelismo

O paralelismo é o processo caracterizado pela execução simultânea de dois ou mais procedimentos, ou seja, quando dois ou mais procedimentos são executados em paralelo. Tal natureza fazia parte do desejo inicial de Paulo, que queria que o planeta “girasse” e “falasse” ao mesmo tempo. Numa primeira versão, mesmo não implementando expressamente o paralelismo em seu código, pois os comandos *gire* e *diga* foram organizados e executados em série, ele alcançou o *efeito* do paralelismo que desejava atribuindo zero ao parâmetro do comando *diga*, o que foi suficiente para atingir seu propósito. O desejo de simular situações executadas em paralelo evidencia a afirmação de

Papert (1985) quando enfatiza sobre a necessidade de um sistema computacional ser capaz de implementar o paralelismo de procedimentos para assim atender a demandas provenientes da própria realidade das crianças, pois se movimentar e falar consistem em ações realizadas em paralelo que fazem parte do seu cotidiano, por exemplo.

Além disso, evidenciamos a relação entre PR e PC para desenvolver o paralelismo enquanto estratégia de pensamento e de resolução de problemas de Paulo, o qual mobilizou seu PR para observar a situação e formular seu problema, levando-o a compreender que o conhecimento novo que precisava aprender estava relacionado ao paralelismo de procedimentos. Temos novamente evidências da aplicação do PR para desenvolver o PC em função da ideia do paralelismo, o que também amplia nossas conclusões teóricas sobre esse tema.

Decomposição e Composição

Em diversos momentos precisamos dividir os nossos problemas em partes menores para compreender a totalidade da situação. Paulo assim o fez quando “montou” e “desmontou” seu código, testando cada comando em separado, incluindo outros, testando novamente, até perceber o que funcionava e o que não funcionava. Quando encontrou uma versão correta, pensou em como prosseguir a partir dali. Temos evidências de que a decomposição e a composição são estratégias de pensamento que favorecem a aprendizagem pela construção de significados (Maltempi, 2024), levando-nos a concluir que o PC possui natureza matemática⁴ em função dos conceitos de composição e decomposição.

Modularização

Paulo precisou dividir o seu código em partes para encontrar os erros que o impedia de funcionar. Ele aplicou a estratégia de dividir o seu problema em partes menores, cada uma das quais sendo responsável por resolver uma parte do problema total. A essa estratégia Papert (1985) chama de *modularização*, aplicada para construir programas estruturados em função de seus módulos, cada um dos quais sendo responsável por implementar uma das funções necessárias para construir a solução do problema.

Temos nas experiências de Paulo evidências do que Papert (1985) afirma sobre a importância da modularização para a aprendizagem a partir da identificação e correção de erros, pois ao dividir o seu código em partes menores foi capaz de identificar os erros e corrigi-los, ou seja, a modularização foi uma importante estratégia de pensamento para favorecer a depuração.

Paulo também aplicou a modularização o problema para dividi-lo em função das ações que deveriam ser executadas, com o objetivo de encontrar aquelas que deveriam ser executadas em paralelo. A estratégia da modularização facilitou a compreensão de que

alguns sub-procedimentos são executados ao mesmo tempo, o que poderia ser difícil de ser percebido sem ela (Papert, 1985).

Nossa concepção de PC contempla o conceito de modularização como concebido por Papert (1985). Dessa forma, temos evidências que relacionam PR e PC, quando o PR foi mobilizado para construir o significado para a ideia de modularização e assim desenvolver o PC de Paulo em função dessa estratégia de pensamento.

Conclusões

Nossa análise sobre os episódios narrados nos levou a concluir que a construção do significado para os conceitos do pensamento computacional aconteceu no decurso do pensamento reflexivo de Paulo mobilizado para a compreensão e resolução dos problemas que permearam seu projeto. Para compreender as ideias e conceitos relacionados com o PC e ser capaz de pô-los em prática, como estratégias de resolução de problemas, ele precisou empreender seu pensamento reflexivo no decurso de sua investigação rumo a resolução dos problemas, como por exemplo na situação problemática relacionada a fazer o planeta Terra girar e falar ao mesmo tempo.

Na narrativa sobre Paulo e seus Planetas Malucos, embora compreendesse a ideia do paralelismo de suas experiências reais de vida, inseri-la no contexto de seu micromundo exigiu dele uma pausa para a reflexão e uma busca por novos conhecimentos sobre como implementar o paralelismo de procedimentos. Assim, encontramos nesta ExCEC a existência de situações problemáticas no decurso de um projeto, paralisando suas ações até que a reflexão cumprisse seu papel. Além disso, evidenciamos a necessidade de empreender um processo investigativo para compreender e resolver os problemas através da reflexão, e a construção de novos significados a partir da apreensão de significados já conhecidos e identificados na situação, conforme assenta Dewey (1979). Por exemplo, o significado do comando *sempre* foi apreendido para construir o significado para o paralelismo.

Essas evidências indicam que Paulo precisou mobilizar e desenvolver seu PR para investigar, apreender significados conhecidos, construir novos significados e compreender os conceitos relacionados ao PC que surgiram em seu projeto, o que significa aprender a mobilizar seu PC para compreender e resolver situações problemáticas quando engajado em uma ExCEC voltada à construção de programas. Concluímos, então, que o PR foi desenvolvido e mobilizado para a construção de significados relacionados ao PC, e como consequência temos a aprendizagem de conceitos do PC através do PR.

Por outro lado, evidenciamos a natureza matética do PC mobilizado durante as ExCEC conforme concebido por Papert (2008), o qual apresenta a matética como uma área do conhecimento que se preocupa em compreender a *arte de aprender, definindo um conjunto de princípios norteadores* para iluminar o processo de aprendizagem desenvolvido de acordo com as ideias construcionistas (Papert, 2008). Afirmar que o PC possui natureza

matética significa reconhecer que mobilizar o PC para compreender e resolver situações problemáticas favorece o desenvolvimento das habilidades matemáticas do aprendiz, levando-o a aprender a aprender (Papert, 2008). Ao aplicar estratégias do PC para compreender e resolver seus problemas, Paulo se apropriou de alguns conceitos que são considerados por Papert (1985) como princípios matemáticos: a modularização, o paralelismo e o *debugging*. Nesta perspectiva, entendemos que o PC possui natureza matemática no sentido de favorecer o aprender a aprender à medida que desenvolve as habilidades matemáticas do estudante, pois contribui para desenvolver a consciência e a intencionalidade sobre seu processo de aprendizagem (Papert, 2008).

Evidenciamos também que o PR permeia todo o processo de aprendizagem pela construção de conceitos matemáticos e computacionais por ser desenvolvido através de experiências computacionais educativas repletas de problemas que demandam por um processo reflexivo para serem resolvidos. O PC também permeia todo o processo de aprendizagem por se tratar de um estilo de pensamento específico adotado sempre que suas estratégias de pensamento são solicitadas para a resolução de problemas através da programação, ao mesmo tempo em que favorece a compreensão e o aprender a aprender.

As evidências que apontam para a ação e desenvolvimento do PR e do PC nas ExCEC nos levam a identificá-los não mais de forma isolada, mas sim integrada, agindo e sofrendo uma ação de modo recíproco, originando o que chamamos de Pensamento Reflexivo Computacional (PRC). O PRC é, portanto, um estilo de *pensamento reflexivo* que age para desenvolver o pensamento computacional através da construção dos significados para seus conceitos relacionados, mas também sofre a ação do PC quando suas estratégias de pensamento são mobilizadas com o objetivo de oportunizar um processo de aprendizagem de matemática pela construção de significados, sobretudo quando potencializa o processo reflexivo ao ampliar as possibilidades de observação direta e construção e teste de hipóteses através do *feedback* imediato emitido pela máquina. Dessa forma, temos que em um processo de aprendizagem que se desenvolve num micromundo computacional pela construção de programas, PR e PC se coadunam formando o PRC, o estilo de pensamento mobilizado para a construção de significados matemáticos e computacionais pelo aprendiz. Dessa forma, reconhecemos a prevalência da reciprocidade de ação e reação entre PR e PC numa ExCEC, o que levou Barbosa (2024) a enfatizar as suas análises posteriores considerando a ação do PRC e de como é mobilizado e desenvolvido pelas crianças enquanto realizam suas experiências computacionais de programação no Scratch.

Agradecimentos

O segundo autor agradece ao CNPq (Processo 305264/2022-2) e Fapesp (Processo 2022/15578-7) pelo suporte.

Notas

¹ Termo em inglês aceito e muito utilizado pela comunidade de cientistas sociais, que pode ser traduzido como viés, parcialidade, preconceito.

² Nome fictício de uma das crianças. Os participantes da pesquisa assinaram um termo de autorização junto à ONG Empreendedor Mirim.

³ Nome da professora-pesquisadora, primeira autora deste artigo.

⁴ “A matemática, como tenho definido, é para a aprendizagem o que a heurística é para a solução de problemas: princípios de matemática são idéias que iluminam e facilitam o processo de aprendizagem” (Papert, 1985, p.148).

Referências

- Barbosa, L. L. S. da. (2024). Construção de Significados Matemáticos em Experiências Computacionais Educativas Construcionistas orientadas pelos pensamentos reflexivo e computacional. (Tese de Doutorado). UNESP – Rio Claro.
- Barbosa, L. L. S. da, & Maltempi, M. V. (2023). Educação pela experiência: projetos de programação entendidos como um propósito em uma experiência matemática educativa. *PROMETEICA - Revista de Filosofia y Ciencias*, 27(1), 783–792. <https://doi.org/10.34024/prometeica.2023.27.15377>
- Barab, S, & Squire, K. (2004). Design-based research: Putting a stake in the ground. *Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 1–14. https://www.doi.org/10.1207/s15327809jls1301_1
- Baranauskas, M. C. C, & Valente, J. A. (2017). Editorial: Edição temática sobre Pensamento Computacional. *Tecnologias, Sociedade e Conhecimento*, 4(1), 1-6. <https://doi.org/10.20396/tsc.v4i1.14481>
- Cobb, P., Disessa, A., Lehrer, R., & Schauble, L. (2003). Design experiments in educational research. *Educational Researcher*, 32(1), 9–13. <https://www.jstor.org/stable/3699928>
- Creswell, J. W. (2024). *Investigação Qualitativa e Projeto de Pesquisa: escolhendo entre cinco abordagens*. Penso.
- Dewey, J. (1976). *Experiência e educação*. Nacional.
- Dewey, J. (1979). *Como pensamos: como se relaciona o pensamento reflexivo com o processo educativo, uma reexposição*. Nacional.
- Goldenberg, M. (2004). *A Arte de Pesquisar: como fazer pesquisa qualitativa em Ciências Sociais*. Record.
- Kahn, K. (2017). A half-century perspective on Computational Thinking. *Tecnologias, Sociedade e Conhecimento*, 4(1), 23-42. <https://doi.org/10.20396/tsc.v4i1.14483>
- Lincoln, Y, & Guba, E. (1985). *Naturalistic Inquiry*. Sage Publications.
- Maltempi, M. V. (2024, July). Unveiling Connections Between Computational Thinking and Thinking Processes. Paper presented at the 15th International Congress on Mathematical Education (ICME-15), Sydney, Australia.
- Maltempi, M. V. (2005, July). Novas Tecnologias e Construção de Conhecimento: Reflexões e Perspectivas. Paper presented at the V Congresso Ibero-Americano de Educação Matemática. Porto, Portugal.
- Papert, S. (1985). *LOGO: Computadores e Educação*. Brasiliense.
- Papert, S. (2008). *A Máquina das Crianças: repensando a escola na era da informática*. Artmed.
- Phillips, P. (2009). *Computational Thinking: A problem-solving tool for every classroom*. <https://computationalthinkingk12.files.wordpress.com/2014/04/comptthinking.pdf>
- Valente, J. A. (2016). Integração do pensamento computacional no currículo da educação básica: diferentes estratégias usadas e questões de formação de professores e avaliação do aluno. *Revista e-Curriculum*. 14(03), 864-897. <http://educa.fcc.org.br/pdf/curriculum/v14n3/1809-3876-curriculum-14-03-00864.pdf>
- Westbrook, R. B, Teixeira, A, Romão, J. E, & Rodriguês, V. L. (2010). *John Dewey*. Fundação Joaquim Nabuco, Editora Massangana.
- Wing, J. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>