Habilidade de Computar e o Desempenho de Crianças na Educação Infantil

Gustavo Abreu Caetano

Outubro / 2015

Dissertação de Mestrado em Ciência da Computação

Habilidade de Computar e o Desempenho de Crianças na Educação Infantil

Esse documento corresponde à dissertação apresentada à Banca Examinadora no curso de Mestrado em Ciência da Computação da Faculdade Campo Limpo Paulista.

Campo Limpo Paulista, 28 de Outubro de 2015.

Gustavo Abreu Caetano

Osvaldo Luiz de Oliveira (Orientador)

Faculdade Campo Limpo Paulista

Programa de Mestrado em Ciência da Computação

"Habilidade de Computar e o Desempenho de Crianças na Educação Infantil"

Gustavo Abreu Caetano

Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Mestrado em Ciência da Computação da Faculdade Campo Limpo Paulista, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação.

Membros da Banca:

Prof. Dr. Osvaldo Luiz de Oliveira
(Orientador –FACCAMP)

Prof. Dr. Fuad Gattaz Sobrinho
(UNASP)

Prof. Dr. Rodrigo Bonacin
(FACCAMP)

Campo Limpo Paulista, 28 de outubro de 2015.

FICHA CATALOGRÁFICA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Câmara Brasileira do Livro, São Paulo, Brasil.

Caetano, Gustavo Abreu

Habilidade de computar e o desempenho de crianças na educação infantil / Gustavo Abreu Caetano. Campo Limpo Paulista, SP: FACCAMP, 2015.

Orientador: Profº. Dr. Osvaldo Luiz de Oliveira

Dissertação (mestrado) – Faculdade Campo Limpo Paulista – FACCAMP.

1. Habilidade de computar. 2. Educação infantil. 3. Modelo de computação. I. Oliveira, Osvaldo Luiz de. II. Campo Limpo Paulista. III. Título.

CDD-371.3078

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado condições de lutar e de me fornecer a oportunidade de alcançar os objetivos pretendidos.

A minha preciosa família, Tércio e Neila, minha irmã Carolina e minha noiva Maitê. Aqueles pelos quais acordo toda manhã e sigo em frente sem medo, pois sei que, mais que quaisquer outras pessoas, me fizeram acreditar que eu posso ter tudo aquilo que quiser, basta não desistir. As pessoas pelas quais eu posso dizer que tenho verdadeiro amor.

Ao professor Osvaldo Luiz de Oliveira, pela orientação e, principalmente, pela dedicação, ensinamentos e incentivo durante o desenvolvimento desta dissertação.

Aos professores, funcionários e colegas mestrandos do programa de mestrado em Ciência da Computação da Faculdade Campo Limpo Paulista, em especial ao Sérgio Santos Silva Filho por sua amizade.

Aos professores membros das bancas examinadoras pela disposição e contribuições ao trabalho examinado.

Agradeço ao Prof. Dr. Fuad Gattaz Sobrinho e ao Prof. Dr. Oscar Ivan Palma Pacheco pelo brilhantismo científico e principalmente por me incentivar a produzir esta dissertação.

Ao Centro Universitário Adventista de São Paulo pela oportunidade, incentivo e confiança em meu trabalho.

Àqueles que de um modo ou de outro contribuíram para a realização deste trabalho.

Resumo: *A habilidade de computar tem sido vista como uma atividade fundamental assim como ler, escrever e realizar cálculos matemáticos, por isso deve ser estudado desde a Educação Infantil. Ao invés de trabalhar com uma determinada concepção de computação, este trabalho baseia-se na generalidade de funções matemáticas universalmente necessárias para conceitos computacionais serem aplicados a vários domínios. Esta dissertação de Mestrado tem por objetivos: (1) propor um modelo de computação que possa ser utilizado por crianças da Educação Infantil e (2) investigar a correlação entre a habilidade de computar e o desempenho de crianças na Educação Infantil. Para isso, foram realizados testes utilizando o modelo de computação proposto para medir a habilidade de computar de cada criança. A verificação da existência de correlação significativa entre a habilidade de computar no modelo proposto e do desempenho das crianças em uma escola de Educação Infantil reforça a validade do princípio de que a habilidade de computar é fundamental.*

Palavras-chave: Habilidade de Computar, Educação Infantil, Modelo de Computação.

Abstract*: Computational Thinking (CT) has been promoted as a fundamental activity as been able to read, write and do arithmetic, so it should be studied from kindergarten. Instead of working with a certain conception of computing, this work is based on the generality of mathematical functions universally needed for computational concepts be applied to various fields. This Master's dissertation aims to: (1) propose a computational model that can be used by children from kindergarten and (2) to investigate the correlation between the ability to compute and the children performance in kindergarten. For this, tests were performed using the computing model proposed to measure the ability to compute for each child. Verification of the existence of a significant correlation between the ability to compute in the proposed model and the performance of children in a school of early childhood education reinforces the validity of the principle that the ability to compute is fundamental.*

Keywords: Computational Thinking (CT), Kindergarten, Computational Model.

Sumário

Capítulo 1: Introdução 1
1.1 O que é Computational Thinking? 2
1.2 CT no Contexto deste Trabalho 4
1.3 Organização deste Trabalho 5
Capítulo 2: Trabalhos Anteriores e Relacionados 6
2.1 CT na Educação Infantil 7
2.2 CT em Outros Níveis Acadêmicos 10
Capítulo 3: O Modelo de Computação "Mundo do Tesouro" 14
3.1 Visão Geral do Modelo de Computação "Mundo do Tesouro" 15
3.2 Modelo Computacional para Geração de Jogos Educacionais 18
3.3 Funções Matemáticas e Atividades Computacionais 19
3.4 Habilidades que as Crianças Devem Possuir Para Computar no "Mundo do Tesouro" 22
Capítulo 4: Objetivos e Metodologia 24
4.1 Objetivos 25
4.2 Teste de Habilidade de Crianças Computarem 26
4.2.1 Crianças Participantes 28
4.2.2 Ambiente do Experimento 29
4.2.3 Procedimentos Experimentais 30
Capítulo 5: Resultados e Conclusões 32
5.1 Resultados 33
5.2 Discussão e Conclusões 35
5.3 Trabalhos Futuros 36
Referências 38
Apêndice I: Atividades do Teste 42
Apêndice II: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido 51
Apêndice III: Modelo Para Geração de Jogos Educacionais 55
Apêndice IV: Artigo Publicado 80

Capítulo 1:
Introdução

Este Capítulo apresenta uma introdução desta dissertação de mestrado. A Seção 1.1 aborda o conceito de *Computational Thinking* (CT), elemento central a este trabalho. Considerando que CT hoje em dia possui uma variedade grande de conceituações e perspectivas sobre o qual é estudado, a Seção 1.2 demonstra o que é CT para esta dissertação de mestrado bem como a questão de pesquisa e hipótese. A Seção 1.3 apresenta como este trabalho está organizado nos demais capítulos.

1.1 O que é Computational Thinking?

Computational Thinking (habilidade de computar) tem uma longa história dentro da Ciência da Computação. Nos anos 1950 e 1960 era conhecido como "Pensamento Algorítmico" (*Algorithmic Thinking*), que significa uma orientação mental para a formulação de problemas através de conversões de algumas entradas em uma saída utilizando-se algoritmos para realizar as conversões (Denning, 2009).

O termo *Computational Thinking* (CT) foi introduzido por Wing (2006), para englobar desde a estruturação do raciocínio lógico, até o comportamento humano para a ação de resolução de problemas.

Wing entende que CT envolve:

- *Conceituar ao invés de programar*. Resolver um problema aplicando CT significa reduzir problemas grandes e aparentemente insolúveis em problemas menores e mais simples de resolver. Isso exige a capacidade de pensar de forma abstrata e em múltiplos níveis, e não a mera aplicação de técnicas de programação;
- *É a maneira na qual as pessoas pensam, e não os computadores.* A resolução de problemas através de CT é um tratamento específico do problema de forma que ele possa ser resolvido, e não uma redução do raciocínio para simular o processamento do computador;
- *Gera ideias e não artefatos.* CT não deve ter necessariamente como resultado final a produção de software e hardware e reconhece que os conceitos fundamentais da Computação estarão presentes para resolver problemas em vários contextos;
- *Para todos, em qualquer lugar.* CT pode ser útil para todas as pessoas, em diversas aplicações.

Posteriormente, Qin (2009) apresenta CT como uma maneira de pensar que utiliza conceitos e metodologias da computação para resolver questões em uma ampla gama de assuntos, oferecendo, então, um conjunto de habilidades importantes para qualquer das ciências modernas.

Segundo Yadav *et al.* (2014), CT pode ser definido de forma ampla como a atividade mental de abstrair problemas e formular soluções que podem ser automatizadas.

De acordo com Cuny *et al.* (2010) CT são processos envolvidos na formulação de problemas e suas soluções, de tal maneira que as soluções são representadas em uma forma que podem ser efetivamente trabalhadas por agentes de processamento de informação. Estes agentes podem ser computadores, humanos ou uma combinação dos dois.

Bundy (2007) sugeriu que os conceitos de CT têm sido utilizados em outras disciplinas por meio de técnicas de resolução de problemas, e que a capacidade de pensar computacionalmente é essencial para todas as disciplinas. Por exemplo, os conceitos centrais de CT poderiam ser incorporados em estudos sociais, identificando tendências na população (análise) e deduzir os princípios gerais a partir de fatos (abstração) (Barr e Stephenson, 2011). CT também tem o potencial de promover a criatividade em sala de aula, permitindo que os alunos passem de consumidores de tecnologia para construtores de ferramentas para beneficiar a sociedade (Mishra *et al.* 2013).

Wing (2006) defende a necessidade de CT desde a Educação Infantil[1], afirmando que para a leitura, escrita e realização de operações aritméticas, é necessário o uso de CT (Wing, 2006). Um relatório recente sobre CT realizado pelo *National Research Council* demonstra uma ideia semelhante: CT é uma habilidade cognitiva que se espera que uma pessoa comum possua (NRC, 2010). O relatório do NRC destacou " (1) que alunos podem aprender maneiras de pensar estratégias de como estudar uma disciplina através de CT, (2) que os professores e o currículo podem modelar as estratégias para os alunos, e (3) que a orientação adequada pode permitir que os alunos aprendam a usar essas estratégias de forma independente".

O conceito de computação está centrado na produção de modelos representativos de um determinado domínio, modelos esses que devem ser expressos em uma determinada linguagem e que podem ser manipulados, interpretados e modificados por uma máquina. Os conceitos chave que permeiam CT são: modelos, interpretação (de dados ou padrões), escala e limites para o processamento, simulação de sistemas a partir de modelos e possibilidade de automação dos modelos.

[1] A Educação Infantil no Brasil compreende o atendimento escolar às crianças de 3 a 6 anos de idade.

CT não tem como objetivo fazer seres humanos pensarem como computadores, mas desenvolver um conjunto de habilidades necessárias para usar computação na solução de problemas complexos. CT não é desenvolver códigos em uma determinada linguagem de programação, é compreender processos computacionais e estimular a habilidade de computar.

Pesquisas indicam que existe correlação entre a habilidade de computar sobre um modelo e o desempenho acadêmico de alunos do ensino fundamental e superior, o que sugere que a habilidade de computar é fundamental (Oliveira, 2012; Oliveira, Nicoletti e Cura, 2014).

1.2 CT no Contexto deste Trabalho

Existe uma grande preocupação em ensinar crianças a ler, escrever, somar, subtrair. Essa preocupação é necessária e existe um enorme volume de pesquisas sobre estes tópicos. E, claro, não há quem discorde que saber ler e escrever é fundamental.

O problema, entretanto, é que o mundo atual exige muito mais do que ler, escrever, realizar adição e subtração. Nesse trabalho, vamos discutir aquela que talvez seja a mais importante e menos compreendida dessas habilidades, a habilidade de computar.

A aplicação da habilidade de computar em larga escala é uma proposta que vem sendo bastante discutida em universidades norte-americanas. Mais do que ajudar a criar ferramentas para a área de TI (Tecnologia da Informação), esse tipo de habilidade é uma maneira computacional de se modelar e propor soluções para problemas de qualquer área. Podem se beneficiar desta habilidade profissionais e pesquisadores de segmentos variados, das ciências exatas às sociais. Este trabalho parte do princípio de que da mesma forma que devemos saber ler, escrever e calcular, precisamos ser capazes de aplicar técnicas baseadas no uso de abstração e planejar a execução passo a passo de tarefas através da habilidade de computar.

De modo geral, existem diversas definições para CT. Para nós, CT é a habilidade de computar, e está relacionado com conceitos de computação tão básicos que estão presentes em uma variedade de atividades reconhecidamente como computacionais ou não. Em essência qualquer atividade computacional pode ser descrita por meio de modelos

computacionais tais como a Máquina de Turing (Turing, 1936) ou o conceito de função computável. A habilidade de computar no sentido usado neste trabalho refere-se à habilidade de lidar com funções computáveis para abstrair, calcular, projetar, ler e escrever fatos de um domínio. Esta conceituação é propositalmente básica para poder ser reconhecida como uma atividade que está presente em variados assuntos da agenda da educação, especialmente na Educação Infantil.

Assumindo a premissa de que a habilidade de computar é fundamental, este trabalho propõe um modelo computacional bem definido e investiga se a habilidade de computar se correlaciona com o desempenho acadêmico de alunos da Educação Infantil.

Pesquisas vêm sendo realizadas visando estudar formas de se estimular a habilidade de computar para melhorar a Educação Infantil, e nós suspeitamos que o envolvimento de crianças com conceitos computacionais possa ajudar a formar cidadãos mais criativos e produtivos.

1.3 Organização deste Trabalho

O texto desta dissertação de mestrado está organizado da seguinte maneira. O Capítulo 2 aborda trabalhos anteriores em CT, dedicando uma atenção especial a trabalhos de CT com foco na Educação Infantil. O Capítulo 3 descreve o Modelo de Computação "Mundo do Tesouro". Este Modelo de Computação, parte de nossas contribuições, foi desenvolvido especialmente para ser utilizado por crianças da Educação Infantil. Pensamos que a importância deste modelo para esta proposta justifica, para clareza, a sua descrição no Capítulo 3, antes mesmo da declaração dos objetivos. O Capítulo 4 descreve os objetivos e discorre sobre a metodologia utilizada. Os resultados e trabalhos futuros desta dissertação de mestrado estão descritos no Capítulo 5. Os apêndices complementam esta dissertação de mestrado oferecendo uma referência adicional ao texto principal, em especial o Apêndice IV que reproduz um artigo publicado com o conteúdo desta dissertação.

Capítulo 2:
Trabalhos Anteriores e Relacionados

A fim de oferecer maior contextualização e clareza acerca do objeto de estudo, este Capítulo apresenta trabalhos anteriores e relacionados com esta dissertação de Mestrado.

Trabalhos utilizando CT na Educação Infantil são abordados na Seção 2.1 e em outros níveis acadêmicos na Seção 2.2.

2.1 CT na Educação Infantil

Segundo o *CSTA K-12 Computer Science Standards* (CSTA, 2011), a grande maioria das profissões do século XXI exige uma compreensão da Ciência da Computação. Profissionais de entretenimento, comunicação, saúde, entre outros, precisam ter conhecimentos de computação para auxílio na busca por soluções de problemas em suas áreas, bem como na construção de soluções. Também ressalta a necessidade de desenvolvimento de habilidades computacionais na Educação Infantil, auxiliando no desenvolvimento de capacidades de resolução de problemas, dando suporte e se relacionando com outras ciências, além de atuar como um elemento motivador para os estudantes. Estas habilidades sugerem a capacitação de alunos da Educação infantil em conceitos computacionais de acordo com uma abordagem que contempla conceitos, habilidades e competências.

Wing (2006) argumenta que introduzir CT na Educação Infantil também significa fomentar o interesse pela área de Computação, mostrando sua importância para o mundo atual, porque assim como ler, escrever e realizar operações aritméticas, CT é um conhecimento básico para todos.

Resnick (2007) diz que em suma, a Educação Infantil é cada vez mais parecida com o restante da escola. Resnick argumenta que exatamente o oposto é necessário:

> *Em vez de fazer a Educação Infantil como o resto da escola, nós precisamos fazer o resto da escola (na verdade, o resto da vida) mais como a Educação Infantil. A meu ver, a abordagem tradicional para a Educação Infantil de aprendizagem é ideal para as necessidades do século XXI* (Resnick, 2007).

Para Resnick, em escolas ideais, as crianças estão constantemente projetando, criando, experimentando e explorando. Resnick cita o seguinte exemplo: Imagine duas crianças brincando com blocos de madeira. Ao longo do tempo eles constroem um conjunto de torres. Um colega de classe vê as torres e começa a brincar com seu carrinho de brinquedo entre elas. Mas as torres estão muito próximas, por isso as crianças começam a mover as torres para dar espaço para os carrinhos. No processo, uma das torres cai. Depois de uma

breve discussão sobre quem foi o culpado, eles começam a falar sobre como construir uma torre mais alta e mais forte. A professora mostra-lhes imagens de arranha-céus do mundo real, e eles percebem que as bases dos edifícios são mais largas do que os topos. Então, eles decidem reconstruir as torres com bases maiores do que antes. Este tipo de processo é repetido várias vezes na Educação Infantil. Os materiais variam (pintura a dedo, lápis de cor, sinos) e as criações variam (imagens, histórias, músicas), mas o processo central é o mesmo.

Resnick pensa nisso como um processo em espiral em que as crianças imaginam o que elas querem fazer, criando um projeto com base em suas ideias, brincando com as suas criações, partilhando as suas criações com os outros e refletindo sobre suas experiências. Segundo Resnick, tudo o que os leva a imaginar novas ideias e novos projetos vem através de Imaginar, Criar, Brincar, Compartilhar e Refletir (Figura 1). O processo de Resnick pode ocorrer sem ou com a presença de computadores.

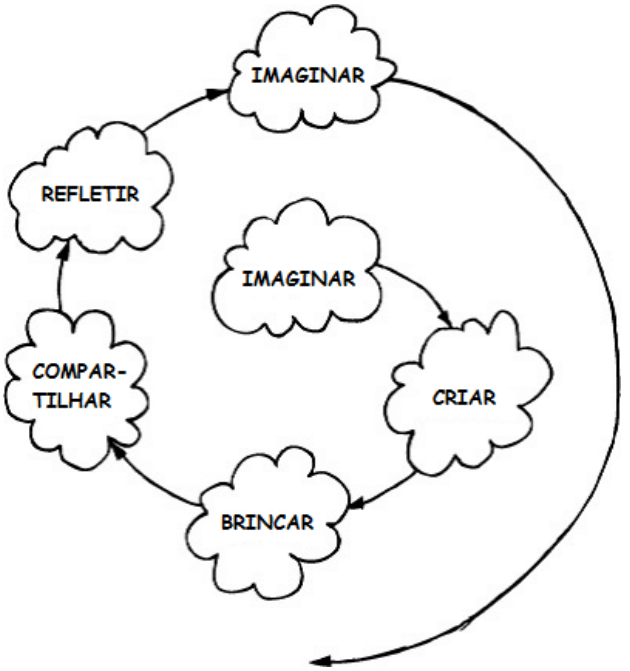


Figura 1. Abordagem ideal de aprendizagem na Educação Infantil segundo Resnick (2007).

Na mesma linha deste pensamento, Dwyer *at al.* (2014) desenvolveu uma atividade com crianças baseando-se na habilidade de dar instruções passo a passo, que está relacionada com projetar algoritmos. Esta atividade foi baseada nas propostas do *Computer Science*

Unplugged (2006), onde uma criança recebe uma imagem e deve dar instruções a outra criança que deverá desenhar a imagem de acordo com as instruções recebidas.

> *Computer Science Unplugged consiste em uma coleção de atividades desenvolvidas com o objetivo de ensinar os fundamentos da Ciência da Computação sem a necessidade de computadores. Uma grande vantagem dessa abordagem reside na sua independência de recursos de hardware ou software* (Edição Brasileira, Bell, Witten e Fellows (2006), p. i).

O objetivo da atividade é mostrar às crianças a importância de fornecer instruções precisas para os outros, bem como o desafio de tal tarefa. Ao aplicar esta atividade, foram avaliados alguns fatores como: a) o estabelecimento de direções iniciais, b) análise de pontos fortes e fracos de um conjunto de instruções e c) melhora a partir da tentativa inicial. Os trabalhos de Dwyer e de Resnick se alinham com a teoria construcionista de aprendizagem proposta por Papert, que afirma que as pessoas aprendem melhor num contexto em que o aluno é conscientemente empenhado na construção de qualquer coisa para o qual está motivado (Papert, 1993). Ou seja, as pessoas aprendem construindo coisas.

Sysło e Kwiatkowska (2014) também tem o objetivo de introduzir conceitos de ciência da computação às crianças. Este trabalho foi realizado na Universidade Infantil na Polônia, que é uma iniciativa sem fins lucrativos que se concentra na organização de atividades educativas para crianças assemelhando-se a aulas em universidades (palestras e workshops). As abordagens de conceitos computacionais ocorrem em duas etapas: em primeiro lugar as crianças são envolvidas em jogos cooperativos e quebra-cabeças (torre de Hanói, sequência Fibonacci, busca binária) que utilizam objetos concretos e em seguida, eles são estimulados a utilizar CT sobre os objetos e conceitos que estão aprendendo, utilizando-se de abstração. Este trabalho conclui que é possível crianças da Educação Infantil utilizarem conceitos computacionais e abstratos através de CT.

Apostolellis *et. al.* (2014) acredita que para introduzir CT a crianças é importante que as atividades sejam envolventes, pedagógicas e sejam bem estruturadas. Jogos tradicionais como palavras-cruzadas e xadrez são exemplos de veículos adequados para estimular as habilidades de ordem superior que são necessárias para a eficaz resolução de problemas. Além disso, os jogos são motivadores para as crianças e promovem a aprendizagem de uma forma envolvente e divertida. Apostolellis *et. al.* (2014) desenvolveu um jogo de

tabuleiro físico com peças de madeira para estimular CT, chamado RabBit EscApe, que tem como objetivo ajudar um coelho a fugir dos macacos em seu caminho. Através deste jogo, as crianças são estimuladas a utilizar conceitos de CT como abstração e cálculo.

Com o mesmo objetivo de explicitar conceitos de CT em crianças através de jogos também pode ser citado o trabalho de Berland e Lee (2011) que explora o uso de CT no jogo de tabuleiro comercializado Pandemic. Talvez o jogo mais famoso com a mesma abordagem é o LEGO/Logo (Resnick *et. al.*, 1998), onde alunos aprendem conceitos de CT como programação controlando estruturas de LEGO.

O desenvolvimento e aperfeiçoamento de pesquisas sobre CT, utilizando modelos baseados no *Computer Science Unplugged* (2006), LEGO Mindstorms, *SCRATCH* (Imberman, Sturm e Azhar, 2014), *Alice e APP Inventor* (Turbak, Pokress e Sherman, 2014) têm amadurecido em seus objetivos e avaliações ao longo do tempo, onde testes iniciais são aplicados para avaliar as habilidades dos alunos, e testes posteriores para determinar o que os alunos sabiam ao final. Estes têm sido muito úteis para dar um vislumbre do que os alunos são capazes de realizar e em diferentes idades.

2.2 CT em Outros Níveis Acadêmicos

A Educação Básica[2] é um momento chave para introduzir CT segundo Hill (2014). Hill afirma que incluir CT como parte do currículo da Educação Básica daria a todos os alunos uma introdução ao assunto e, em conjunto com as ideias de Lu e Fletcher (2009), CT também forma uma base sólida para o desenvolvimento de habilidades.

Estudos têm fornecido argumentos quantitativos para a premissa de que a capacidade de computar é fundamental. Partindo deste princípio, Oliveira, Nicoletti e Cura (2014) apresentam um estudo experimental que demonstra uma correlação estatisticamente

[2] A Educação Básica no Brasil engloba a Educação Infantil (3 a 6 anos), Ensino Fundamental (6 a 14 anos) e Ensino Médio (14 a 17 anos).

significativa entre a habilidade de um aluno da Educação Básica computar e seu desempenho acadêmico.

Usar o termo "computação" sem qualificação muitas vezes gera muita confusão. Parte do problema é que a natureza dos sistemas que apresentam um comportamento computacional é variada e o termo computação significa coisas diferentes para pessoas diferentes, dependendo dos tipos de sistemas computacionais que estão estudando e os tipos de problemas que eles estão investigando.

Ao invés de falar de uma vaga noção de "computação", Aho (2011) sugere usar o termo em conjunto com um modelo bem definido de computação cuja semântica é clara e que coincide com o problema a ser investigado. A Ciência da Computação já possui uma série de modelos claramente definidos e úteis de computação cujos comportamentos e capacidades são bem compreendidos. Aho também diz que devemos usar esses modelos como parte de qualquer definição do conceito de computação. No entanto, para novos domínios de investigação onde não existem modelos apropriados, pode ser necessário inventar novos formalismos para representar os sistemas em estudo.

Garrido (2013) com base em suas próprias observações e análises, concluiu que há uma necessidade de prover pesquisas e alunos com conceitos, princípios, técnicas e ferramentas para o desenvolvimento de modelos computacionais para lhes permitir resolver uma variedade de problemas complexos. Também sugere que os princípios fundamentais da modelagem computacional devem ser introduzidos o mais cedo possível na educação, antes mesmo de cálculos matemáticos, devendo-se incluir ênfase em computação multidisciplinar e interdisciplinar.

Admitindo esta hipótese, Oliveira, Nicoletti e Cura (2014) propõe um modelo de computação, baseado na clássica Máquina de Turing (Turing, 1936), porém adaptada à faixa etária da Educação Básica.

Contribuindo com Sistemas Complexos Sociais, Sobrinho, Gattaz e Pacheco (2011) propõe um modelo computacional contextual, baseado em hipergrafos, contextuais para a modelagem e especificação de jogos e sistemas complexos dependente de contexto. Este modelo de computação contextual foi utilizado em testes para medir a habilidade de computar dos alunos. Os resultados sugerem que a habilidade de computar é fundamental.

Assumindo a premissa de que a habilidade de computar é fundamental, pesquisadores têm considerado formas de reformular currículos escolares, adicionando uma grande ênfase em conceitos computacionais (Guzdial, 2009; Qualls e Sherrell, 2010; Settle *et. al.*, 2012; Werner *et. al.*, 2012).

Em 2006, a *Carnegie Mellon University* deu início a um programa de extensão chamado Ciência da Computação para a Educação Básica (CS4HS), descrito por Blum e Cortina (2007). Um dos objetivos deste programa é gerar uma maior consciência entre os professores para integrar a habilidade de computar entre diferentes áreas. Em sua primeira oficina, o programa apresentou uma pesquisa que revelou que a maioria dos professores da Educação Básica acreditava que Ciência da Computação era apenas sinônimo de programação.

Adicionar CT ao currículo da Educação Básica é possível, como relata Settle *et. al.* (2012). Barr e Stephenson (2011) utiliza exemplos de CT em disciplinas não ofertadas para cursos de Computação. Settle *et. al.* aplica mudanças de currículo adicionando CT em disciplinas como história e inglês, reforçando as ideias de Barr e Stephenson. Settle *et. al.* também conclui que utilizar CT no currículo da Educação Básica não impacta somente os alunos, mas também os professores, onde é possível enxergar maneiras diferentes de se ensinar determinadas disciplinas.

CT também possui importância interdisciplinar, onde pode ser observada na área da bioinformática. Qin (2009) relata experiências no desenvolvimento de um curso introdutório de bioinformática na Universidade de Tuskegee. Ele afirma que para que os alunos se tornem produtivos no século XXI, eles precisam desenvolver CT.

Hambrusch *et. al.* (2009) argumenta que a computação se tornou parte integrante de investigação dentro da comunidade científica, pois os seres humanos não podem mais processar a quantidade de dados gerados de uma forma eficiente.

Em colaboração com os vários departamentos de ciências, um curso foi desenvolvido para utilizar uma abordagem baseada em solução de problemas, enfatizando descobertas científicas com os princípios de CT. Hambrusch *et. al.* relata que o principal objetivo deste curso é criar uma sólida compreensão de CT para que os alunos possam aplicar em suas próprias pesquisas científicas.

Claramente ainda há muito a ser feito para ajudar a desenvolver uma compreensão teórica e prática melhor do uso de CT por crianças, jovens e adultos.

Capítulo 3:
O Modelo de Computação “Mundo do Tesouro”

Este capítulo apresenta parte de nossa contribuição. Ele descreve o Modelo de Computação “Mundo do Tesouro” que criamos e que é dirigido a crianças da Educação Infantil. Este modelo é central ao pensamento desta dissertação de Mestrado, e por isto decidimos dedicar a ele um capítulo exclusivo. A Seção 3.1 apresenta uma visão geral do modelo computacional proposto para este estudo, chamado “Mundo do Tesouro”. A Seção 3.2 apresenta um modelo de geração de jogos educacionais através de uma gramática contextual. A Seção 3.3 apresenta funções matemáticas e suas relações com as atividades computacionais envolvidas no modelo de computação “Mundo do Tesouro”. A Seção 3.4 descreve as habilidades que a criança deve possuir para computar no “Mundo do Tesouro”, o modelo utilizado.

3.1 Visão Geral do Modelo de Computação "Mundo do Tesouro"

Modelos de computação mostram que as representações são mais fundamentais do que os computadores porque as representações aparecem em muitas situações em que nenhum computador está presente. Segundo Denning (2009), modelos de computação abandonam a ideia inicial de que ciência da computação é o estudo dos fenômenos que cercam computadores e enfatizam que ciência da computação é o estudo dos processos de informação. Os computadores são um meio para implementar alguns processos de informação, mas nem todos os processos de informação são implementados por computadores, por exemplo, a tradução do DNA.

A definição de computação através de modelos também suporta uma definição de CT.

Para Denning (2009) CT é uma abordagem para a resolução de problemas que representa o problema como um processo de informação relativo a um modelo computacional e procura uma solução algorítmica.

Para esta dissertação de mestrado, foi desenvolvido um modelo lúdico de computação chamado "Mundo do Tesouro". Este modelo foi inspirado nos testes apresentados em Oliveira, Nicoletti e Cura (2014) para medir a habilidade de computar de alunos de Ensino Fundamental, porém, foi adaptado para crianças da Educação Infantil.

O "Mundo do Tesouro" é composto por personagens, cenários e objetos característicos de jogos de *videogame*, visando familiaridade e afetividade das crianças.

O personagem principal do "Mundo do Tesouro" é o personagem Joe (Figura 2).

Figura 2 – Personagem Joe do "Mundo do Tesouro".

Outros personagens e objetos também fazem parte do “Mundo do Tesouro” como, por exemplo, o cogumelo, o espinho, a estrela, a princesa e o baú de moedas de chocolate (Figura 3).

Figura 3 – Exemplos de personagens e objetos que compõem o “Mundo do Tesouro”.

O enredo principal do “Mundo do Tesouro” é ajudar o personagem Joe a chegar até o castelo da princesa e encontrar o baú de moedas de chocolate, mas para isso, terá que desviar de “bombas”, espinhos e obstáculos em seu caminho e recolher moedas de chocolate que estão espalhadas pelo chão. Este enredo se passa através de atividades que estão descritas no Apêndice I.

O “Mundo do Tesouro” é representado de duas formas:

1) Impresso em papel, de forma mais abstrata;
2) De forma mais concreta, como em um teatro, com cenários reais e atores interpretando personagens.

Personagens no “Mundo do Tesouro” podem executar ações como pular, andar, correr, girar, aumentar e diminuir de tamanho. Os objetos podem causar alterações nos personagens ou podem ser capturados por eles. Por exemplo, a Figura 4 mostra o personagem Joe e os objetos cogumelo e espinho em um ambiente rural. O personagem Joe executa a ação de andar. Ao passar pelo objeto cogumelo, o objeto provoca uma transformação que aumenta o tamanho do personagem. Ao passar pelo objeto espinho, o objeto provoca uma transformação que reduz o tamanho do personagem. Estes exemplos representam as atividades impressas em papel.

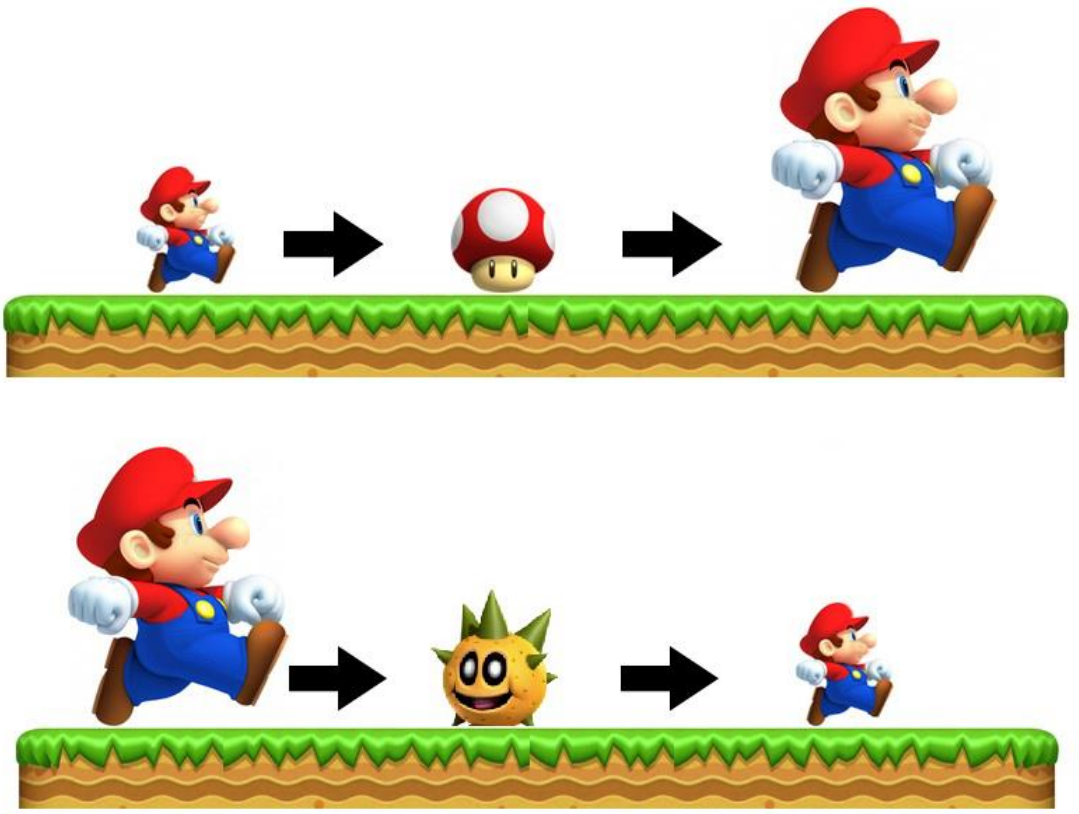


Figura 4 – Exemplos de atividades impressas em papel.

A Figura 5 mostra um ator interpretando o personagem Joe em um cenário composto por um tapete quadriculado (3mx3m) e objetos que são moedas de chocolate. O personagem pode andar no tapete e capturar as moedas de chocolate. Este exemplo representa as atividades de forma mais concreta, como em um teatro, com cenários reais e atores interpretando personagens.

Figura 5 – Exemplo de atividade de forma mais concreta, com atores interpretando personagens, objetos inanimados e itens de cenário como em um teatro.

3.2 Modelo Computacional para Geração de Jogos Educacionais

O modelo de computação "Mundo do Tesouro" pode ser representado utilizando o método VBPMN[3] - *Value based Business Process Management Network* (Sobrinho, Gattaz e Pacheco, 2011), que define gramáticas contextuais. O modelo de computação "Mundo do Tesouro" também pode ser visto como um modelo para geração de jogos educacionais. Pelo fato deste modelo ser contextual, os processos dos jogos com todas as regras explicitadas (axiomas dos jogos) nas referências, transições (critérios de aceite e planos de ação), com as infraestruturas humanas e ambientais definidas (que definem o contexto além das referências) mostram um modelo computacional e contextual. O modelo é contextual pois apesar do conjunto de referências, transições, infraestruturas humanas e

[3] Uma apresentação da plataforma de processos VBPMN pode ser encontrada no link: http://plataformadeprocessos.serpro.gov.br/artefatos/Apresentacao%20VBPMN.ppt/at_download/file

ambientais serem as mesmas, cada criança pode ter um resultado diferente da outra. Estes eixos ou dimensões definem a explicitação da sincronia requerida no contexto e a motivação é que a flexibilidade pode ser mudada conforme a necessidade (de qualificação e/ou de quantificação) da realidade, a rastreabilidade ou assinalamento entre os estados finais, intermediários e iniciais, e finalmente, o ajuste da sincronia conforme as flexibilizações das qualificações e quantificações dos elementos do modelo. O modelo de computação "Mundo do Tesouro" representado utilizando o método VBPMN pode ser visto no Apêndice III.

3.3 Funções Matemáticas e Atividades Computacionais

Objetos no "Mundo do Tesouro" podem causar transformações nos personagens como foi descrito na Seção 3.1. Estas transformações podem ser vistas como funções matemáticas. Em geral, um objeto pode induzir uma função $f : \mathrm{P} \rightarrow \mathrm{P}$, onde P é o conjunto de personagens. Assim, por exemplo, o cogumelo na Figura 6(a) induz uma função f que recebe um personagem do conjunto P (domínio) e produz um personagem maior no conjunto P (imagem). Da mesma forma, o espinho na Figura 6(b) induz uma função g que recebe um personagem do conjunto P e produz um personagem menor no conjunto P. A Figura 6(c) mostra o diagrama de Venn correspondente a uma função g composta $g\,(\,f\,(p)\,)$ para $p \in \mathrm{P}$.

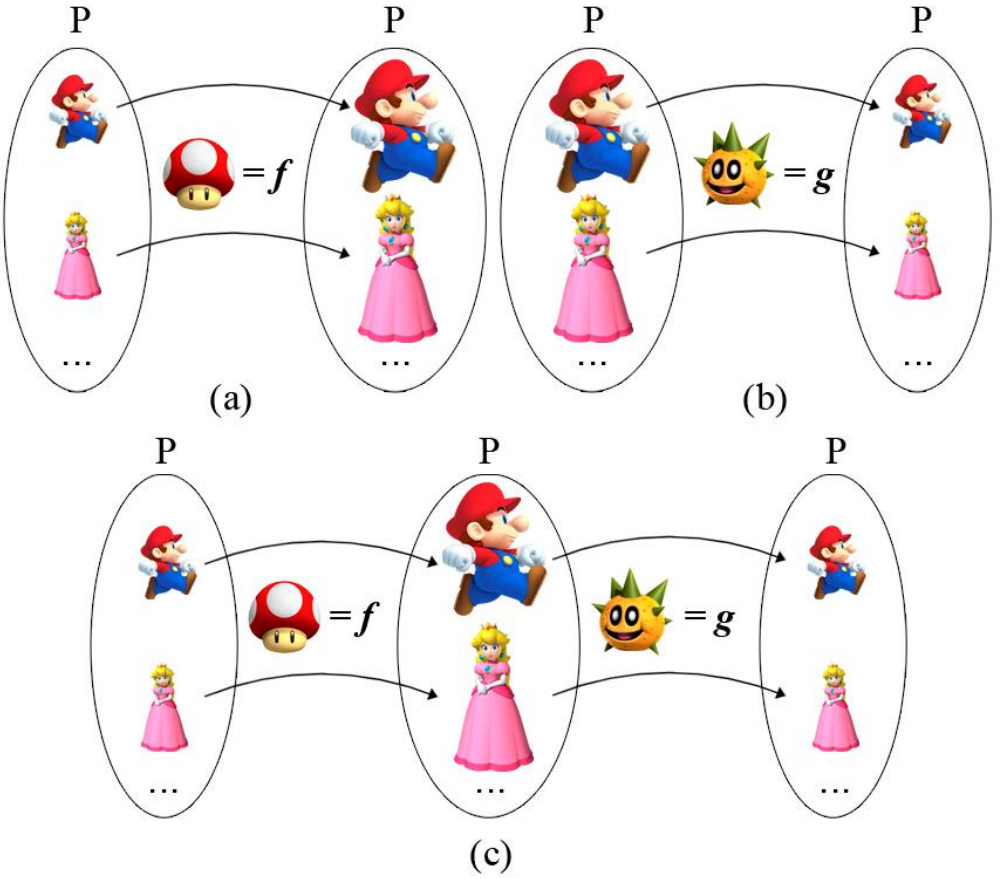


Figura 6. Transformações produzidas por objetos em "Mundo do Tesouro" podem ser vistas como funções matemáticas, aqui representadas por diagramas de Venn: (a) a função *f* expressa a transformação realizada pelo objeto cogumelo. (b) a função *g* expressa a transformação realizada pelo objeto espinho. (c) representação da função *g* composta *g* (*f* (*p*)). As reticências (...) fazem subtender a presença de outros elementos no conjunto P.

Vários tipos de atividades de computação podem ser realizados no "Mundo do Tesouro", dentre as quais destacamos as seguintes:

- **Atividades Tipo 1**: A criança deve inferir o que uma função faz com base em elementos do domínio e suas imagens correspondentes. Por exemplo, observando-se o tamanho do personagem Joe antes que ele passe pelo cogumelo (elemento do domínio) e o aumento do tamanho do personagem Joe depois que ele passa pelo cogumelo (imagem), a atividade consiste em deduzir qual é a transformação que o cogumelo produz (função) (Figura 7(a)).

- **Atividades Tipo 2**: A criança deve calcular o valor de uma função (imagem) com base em um elemento do domínio e o conhecimento do que a função faz. Por exemplo, a criança deve calcular o que vai acontecer com o personagem Joe depois que ele passa pelo cogumelo. Este cálculo pode ser feito com base em (1) a transformação feita pelo cogumelo e (2) quem e como é o personagem antes de ele passar pelo objeto cogumelo (domínio) (Figura 7(b)).

Figura 7. Atividades computacionais Tipo 1 e Tipo 2 no "Mundo do Tesouro": (a) Tipo 1 – Inferir o que a função faz; (b) Tipo 2 – Calcular a imagem de uma função.

- **Atividades Tipo 3**: Outro tipo de atividade que pode ser realizada no "Mundo do Tesouro" é o projeto ("programação") de uma função para executar uma tarefa (ou transformação). Por exemplo, considere o cenário concreto que consiste em um tapete quadriculado com quadrantes de cores diferentes, um ator interpretando o personagem Joe e sendo inicialmente posicionado no quadrante central da fileira inferior, e o baú de moedas de chocolate perto do quadrante superior direito. Um mapa impresso em papel (Figura 8) mostra a posição inicial do personagem e quadrantes contendo "bombas". Se o personagem ocupar um quadrante contendo uma "bomba", ele morre. Tendo a habilidade de dar instruções verbais para um ator ("virar", "mover para o quadrante da cor <nome da cor>"), uma tarefa a ser projetada é desenvolver uma trajetória que faz o personagem passar, quadrante por quadrante, a partir de sua posição inicial, para a posição onde o baú de moedas de chocolate está.

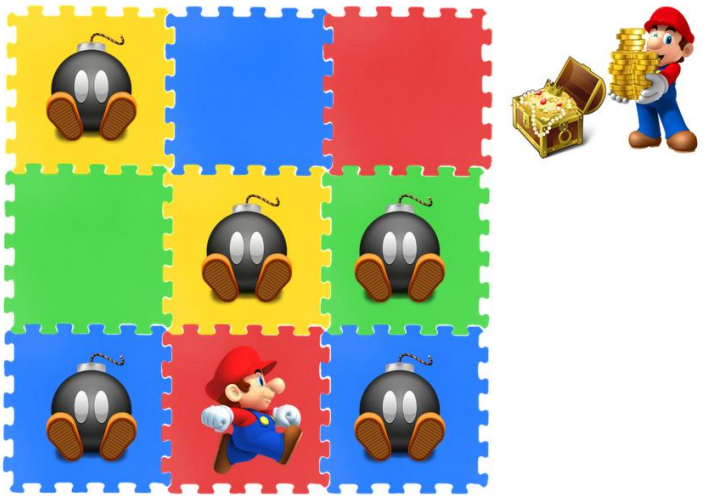


Figura 8. Atividade computacional Tipo 3 no "Mundo do Tesouro": Projetar uma função para um ator realizar uma tarefa em um cenário concreto através de um mapa. A criança deve "ler" o mapa e dar instruções verbais para um ator.

3.4 Habilidades que as Crianças Devem Possuir Para Computar no "Mundo do Tesouro"

Diferentes tipos de atividades no "Mundo do Tesouro" demandam diferentes habilidades da criança. Algumas habilidades podem ser destacadas:

- ***Abstração***: Essa habilidade é necessária principalmente nas atividades Tipo 1. O processo de analisar o domínio e a imagem de uma função, identificar regularidades e generalizar para inferir o que uma função faz exige a habilidade de abstrair.
- ***Cálculo***: Essa habilidade é necessária principalmente nas atividades Tipo 2. As atividades Tipo 2 requerem calcular o valor de uma função conhecida, tendo também o conhecimento de um elemento do domínio da função.
- ***Projeto ("Programação") e Verbalização***: Essas habilidades são necessárias principalmente nas atividades Tipo 3. A atividade que leva a uma descrição de como a tarefa deve ser executada requer a capacidade de projetar. No "Mundo do

Tesouro", a descrição da tarefa não está escrita, mas é falada, portanto a habilidade de verbalizar também é necessária.

- ***Leitura e Compreensão***: As atividades Tipo 1, 2 e 3 exigem as habilidades de leitura e compreensão. Isso ocorre porque, para realizar uma atividade, a criança deve "ler" e entender os elementos do "Mundo do Tesouro", impressos em papel ou representados concretamente.

Capítulo 4:
Objetivos e Metodologia

Neste Capítulo serão abordados os objetivos e a metodologia utilizada nesta dissertação de Mestrado.

Na Seção 4.1 são apresentados os objetivos e na Seção 4.2 é abordado o teste de habilidade de crianças computarem dividida em três subseções. Na subseção 4.2.1 são descritas as crianças participantes, na subseção 4.2.2 o ambiente do experimento e na subseção 4.2.3 os procedimentos experimentais.

4.1 Objetivos

De forma geral, as propostas existentes possuem foco no emprego de diferentes artefatos computacionais tais como desenvolvimento de instruções passo a passo (Dwyer, 2014). Espera-se que estes artefatos sejam uma ferramenta que auxilie os estudantes nas suas atividades. Como exemplo, Resnick (2006), propõe o uso do computador como meio para desenvolver modelos, executá-los e compartilhá-los numa rede virtual. Alguns trabalhos têm até mesmo um caráter político-ideológico na medida em que subtendem que os estímulos ao uso destes artefatos computacionais possam atrair crianças para o ingresso, no futuro, em carreiras da Computação.

Esta dissertação de mestrado tem como objetivos:

1) Objetivo 1: Propor um modelo de computação aplicável a crianças da Educação Infantil.
2) Objetivo 2: Investigar a correlação entre a habilidade de computar e o desempenho de crianças na Educação Infantil.

4.2 Teste de Habilidade de Crianças Computarem

Usamos a capacidade de computar o tempo todo, escolhendo a refeição que iremos comer, procurando um nome em ordem alfabética em uma lista, montando um quebra-cabeça, escolhendo o que vestir. Para realizarmos estas atividades precisamos abstrair, pensar e realizar cálculos para escolher a melhor solução dentro de cada contexto. E para que isso aconteça, precisamos desenvolver habilidades.

Como um dos objetivos desse trabalho, foi desenvolvido um teste com base no modelo computacional "Mundo do Tesouro" para medir a habilidade de uma criança computar. O teste completo está apresentado no Apêndice I.

O teste consiste de oito questões e é dividido em três partes. As partes 1 e 2 possuem questões impressas em papel e a Parte 3 possui questões representadas concretamente.

- **Parte 1** (questões 1, 2 e 3) – As questões desta parte possuem o objetivo de medir a habilidade de abstração e cálculo das crianças (Figura 9). Cada questão desta parte possui uma ou duas atividades do Tipo 1 seguidas por atividades do Tipo 2. A classificação de atividades por tipo é descrita no Capítulo 3. A criança deve ser capaz de abstrair o que os objetos cogumelo, espinho e estrela fazem para o personagem Joe. Considerando o que foi abstraído, a criança tem de calcular a transformação do personagem Joe depois que ele passa, em sequência, pelo objeto cogumelo e espinho ou cogumelo e estrela. A resposta é determinada pela escolha de um cartão representando uma alternativa entre três alternativas possíveis. O cartão escolhido como a resposta deve ser colado no espaço reservado para a resposta.
- **Parte 2** (questões 4 e 5) – As questões desta parte possuem o objetivo de medir a habilidade de projetar e verbalizar, que são atividades do Tipo 3. Cada questão nesta parte envolve o projeto e a verbalização de instruções para fazer o personagem Joe realizar um percurso em um labirinto, desviando de obstáculos, para alcançar a meta de chegar ao castelo da princesa. A criança deve verbalizar a sequência de instruções ("andar" e "saltar") para o personagem realizar uma tarefa.

- **Parte 3** (questões 6, 7 e 8) – As questões desta parte também possuem o objetivo de medir a habilidade de projetar e verbalizar, que são atividades do Tipo 3. Enquanto as questões da Parte 2 se referem ao "Mundo do Tesouro" impresso em papel, as questões desta parte referem-se ao "Mundo do Tesouro" concretamente representado. Cada questão desta parte envolve o cenário concreto, composto de um tapete quadriculado com cores diferentes, um ator interpretando o personagem Joe e um mapa contendo quadrantes que estão vazios ou que contenham objetos, como uma "bomba" ou uma moeda de chocolate. A criança deve projetar e verbalizar instruções ("virar", "mover-se para o quadrante de cor <nome da cor>", "pegar a moeda de chocolate" e "colocar a moeda de chocolate no baú") que faz com que o personagem ande de quadrante em quadrante, desviando das "bombas" e coletando as moedas de chocolate ao longo do caminho. A tarefa das questões 6 e 7 é desenvolver uma trajetória que faz o personagem Joe sair da sua posição inicial, desviando de "bombas", e atingir a meta de chegar ao baú de moedas de chocolate. A trajetória da Questão 6 é mais simples do que a trajetória da Questão 7, que pode ser respondida usando uma sequência única de instruções. A Questão 8 é um pouco mais complicada do que as questões 6 e 7 porque impõe o planejamento de repetição de três blocos de sequências de instruções. A criança deve instruir o personagem para pegar moedas de chocolate no tapete e trazê-las para o baú de moedas de chocolate. No entanto, existe a restrição de que o personagem deve pegar uma moeda de cada vez, o que induz a criança a pensar e projetar três blocos de sequências de instruções, um para cada moeda de chocolate.

Figura 9. Uma criança realizando a Parte 1 do teste.

4.2.1 Crianças Participantes

Foi desenvolvido um termo de consentimento livre e esclarecido contendo os objetivos da pesquisa, confidencialidade e qual seria a participação das crianças e foi enviado para os pais das crianças para que os mesmos autorizassem a participação de seus filhos na pesquisa (Apêndice II).

Os participantes do estudo foram selecionados aleatoriamente. Participaram 41 crianças entre 3 e 6 anos de idade da Educação Infantil do Centro Universitário Adventista de São Paulo (UNASP) situado no município de São Paulo.

As 41 crianças que participaram da pesquisa foram divididas por idade em dois grupos:

- Grupo I – Crianças com idade de 3.0 a 4.5 (quatro anos e seis meses) anos.
- Grupo II – Crianças com idade de 4.5 (inclusive) a 6.0 anos.

A Tabela 1 mostra o perfil dos participantes da pesquisa divididos por idade em dois grupos.

Tabela 1 – Perfil dos participantes do experimento.

Grupo	Sexo, n (%)		Idade, anos		
	F	M	Faixa	Média	Mediana
I	12 (55)	10 (45)	3.0 ├ 4.5	3.9	3.9
II	10 (53)	09 (47)	4.5 ├ 6.0	5.4	5.2

4.2.2 Ambiente do Experimento

Uma sala foi especialmente preparada para o experimento. A sala foi inteiramente decorada e produzida de acordo com os objetos, personagens e ambientação do modelo lúdico "Mundo do Tesouro" (Figura 10).

Encontravam-se na sala:

- Bonecos dos personagens distribuídos pelo ambiente, incluindo o personagem principal Joe, cogumelo e espinho;
- Música ambiente;
- Um baú com moedas de chocolate;
- Um tapete quadriculado colorido para a execução das atividades 6, 7 e 8;
- Um ator vestido à caráter do personagem Joe.

Todos esses cuidados foram tomados visando a familiarização com os objetos e o conforto das crianças na realização do experimento.

Figura 10 – Parte da decoração da sala do experimento.

4.2.3 Procedimentos Experimentais

Os testes foram previamente validados em experimentos piloto que contaram com crianças que não participaram do experimento final.

Em um primeiro experimento piloto, as crianças foram colocadas todas juntas em uma mesma sala para realizarem o teste. Notou-se que os resultados não foram válidos pois as crianças tinham uma grande tendência de copiarem as respostas dos demais. Também houve uma grande dificuldade de disciplina entre as crianças.

No segundo experimento piloto, os testes foram aplicados individualmente, uma criança por vez, resolvendo o problema de disciplina. Houve uma tentativa de aplicar todos os oito testes em sequência, no mesmo dia para as crianças, o que gerou desgaste e desinteresse, pois era longo e cansativo.

Após várias tentativas para se encontrar uma melhor forma de se aplicar os testes, chegamos à conclusão de que os testes deveriam ser aplicados individualmente e em duas etapas, sendo cada etapa em um dia diferente e que deveria se fazer presente no ambiente alguém do convívio das crianças, como a professora, pois isso trazia um maior conforto e tranquilidade às crianças.

No experimento final, as crianças, uma a uma, participaram em sessões individuais, destinadas a evitar algum viés causado pela comunicação entre elas. Além disso, para evitar os erros causados pela fadiga da criança, as sessões experimentais foram realizadas em duas etapas, uma envolvendo as questões da Parte 1 e 2 (dia 1) e a outra envolvendo as questões da Parte 3 (dia 2).

Dois experimentadores participaram de todas as sessões experimentais, sendo um deles uma professora. Cada sessão experimental foi realizada em aproximadamente 5 minutos e seguiu o seguinte procedimento:

1. Os experimentadores acolheram a criança na sala, dedicando um tempo para a criança se integrar com o meio ambiente e se motivar a jogar com o modelo "Mundo do Tesouro". Objetos concretos e bonecos foram usados para auxiliar no cenário e na motivação da criança conforme citado na Seção 4.2.2.
2. As questões foram aplicadas uma a uma. Para cada uma, um experimentador descreveu a questão e solicitou uma resposta da criança. O outro experimentador observou a interação da criança e coletou as respostas para análise futura.
3. Ao final do teste, os experimentadores ofereceram uma moeda de chocolate para cada criança como presente de participação.

Com o objetivo de minimizar a interferência na rotina das crianças e da escola, as sessões experimentais ocorreram durante três semanas do terceiro bimestre de 2014.

Capítulo 5:
Resultados e Conclusões

Este capítulo apresenta os resultados e as conclusões desta dissertação. A Seção 5.1 se refere aos resultados obtidos nos experimentos e a Seção 5.2 trata da discussão e conclusões. A Seção 5.3 aborda as propostas de trabalhos futuros.

5.1 Resultados

Uma pontuação de 0 (completamente errado) a 8 (completamente correto) foi estabelecido como resultado do teste realizado por cada criança. A Tabela 2 mostra a média e o desvio padrão obtidos pelos grupos de crianças de 3 anos (inclusive) até 4.5 anos (4 anos e 6 meses) e 4.5 (inclusive) até 6 anos de idade.

Foi usado o teste-*t* de Student a 1% de significância como medida estatística de significância da diferença entre as médias obtidas pelos dois grupos. Para a população estudada, o teste-*t* sugere que há uma diferença significativa entre as médias obtidas pelos dois grupos (t (39) = 2.75, valor-$p \leq 0.01$). Neste caso, a média obtida pelo grupo de idade mais avançada (Grupo II) foi significativamente maior do que a média obtida pelo grupo de idade mais jovem (Grupo I). Este resultado indica que, para a população estudada a habilidade de computar sobre o modelo proposto, varia de acordo com a idade da criança da Educação Infantil estudada.

Tabela 2. Média (0−8) e desvio padrão dos resultados obtidos pelos dois grupos de crianças.

Grupo	Variação (idade)	*n*	Média (0−8) ± DP
I	3.0 ├ 4.5	22	6.20 ± 1.20
II	4.5 ├ 6.0	19	7.20 ± 1.12

Uma análise de correlação foi feita entre a pontuação do teste e o desempenho das crianças na Educação Infantil. As pontuações do desempenho escolar das crianças foram atribuídas pelas professoras da Educação Infantil. As pontuações foram descritas na escala de Likert, tendo sido atribuído 2 (muito fraco), 4 (fraco), 6 (regular), 8 (bom) e 10 (muito bom). Como medida estatística de correlação, utilizamos o coeficiente de correlação de Pearson, também conhecido como *r* de Pearson. Este coeficiente é uma medida de correlação linear entre duas variáveis. Para a população estudada, o teste *t* a 1% de significância, usado como uma medida de significância estatística para *r* de Pearson sugere uma forte

correlação positiva entre o desempenho acadêmico das crianças e da pontuação obtida por elas no teste. A Tabela 3 apresenta os valores de *r* de Pearson em cada grupo para as correlações entre as pontuações acadêmicas e os resultados dos testes. A Figura 11 mostra os gráficos de dispersão das correlações obtidas. Estes resultados indicam que para a população estudada, há uma correlação entre a habilidade de computar no modelo proposto e o desempenho das crianças na Educação Infantil.

Tabela 3. Coeficiente *r* de Pearson para a correlação entre o desempenho acadêmico e os resultados dos testes.

Grupo	Pares	*r* de Pearson	*t*	*valor-p*
I	22	0.86 (forte)	7.44	0.0001
II	19	0.74 (forte)	4.51	0.0003

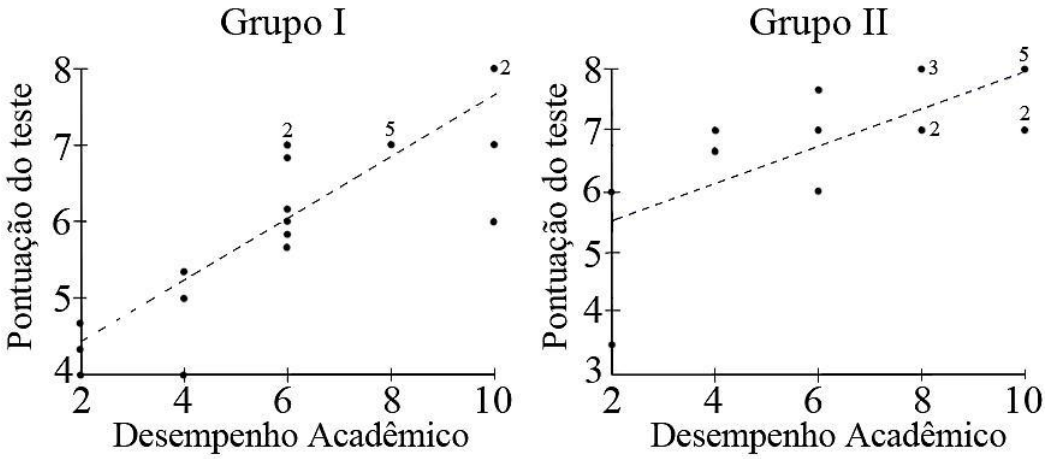


Figura 11. Gráfico de dispersão da correlação entre os desempenhos acadêmicos e as pontuações dos testes. Os números indicam a quantidade de pontos coincidentes.

Por fim, destaca-se o seguinte resultado. Observou-se uma diferença estatisticamente significativa na porcentagem de acertos no "Mundo do Tesouro" impresso em papel (questões 1 a 5, com média de 78%, DP = 19) e o "Mundo do Tesouro" concretamente representado (questões 6 a 8, média = 91%, DP = 22) (t (39) = 2,82, valor-$p \leq 0.01$).

5.2 Discussão e Conclusões

Muitos educadores têm relatado que quando se utilizam de técnicas não padronizadas, elas simplesmente não funcionam, podendo refletir nos alunos fazerem pouco esforço para participar, não entenderem o objetivo do exercício ou os próprios professores perderem o controle da atividade. Nós acreditamos que estes problemas são inerentes apenas ocasionalmente usando técnicas que desafiam diretamente a experiência de sala de aula tradicional, porque não é claro que todos os estudantes vão responder positivamente a uma mudança na dinâmica da sala de aula. Enquanto alguns alunos são relutantes em participar, fornecendo motivação como prêmios e uma atmosfera sem pressão incentivam todos a se envolverem e tornam as atividades mais bem-sucedidas. Em nosso trabalho, podemos concluir que o uso de um ambiente preparado especialmente para os testes, contendo personagens em pelúcia, atores vestidos com os trajes dos personagens, cenários decorados e coloridos e prêmios como as moedas de chocolate, serviram de motivação para as crianças realizarem as atividades e entenderem o modelo computacional proposto.

Atividades realizadas sobre um modelo computacional não são apenas uma maneira poderosa para introduzir e medir habilidades computacionais de crianças, eles também são uma forma poderosa de introduzir esses conceitos para professores e adultos. Em particular, conceitos de CT podem ser introduzidos com sucesso deste modo. Assim, nós fornecemos evidências de que esta abordagem de usar atividades com conceitos de computação, sem o uso do computador, incorporado em histórias contextualmente ricas é uma forma eficaz de introduzir explicitamente conceitos de CT, bem como temas de computação mais tradicionais para crianças da Educação Infantil.

Este trabalho assume o princípio de que a computação é uma atividade básica necessária para os processos de todos os domínios e coisas. Em vez de trabalhar com uma determinada concepção de computação, este trabalho baseia-se na generalidade de funções matemáticas universalmente necessárias para conceitos computacionais serem aplicados a vários domínios. O modelo de computação “Mundo do Tesouro”, empregado neste trabalho, é um ambiente agradável que convida a criança a trabalhar com funções matemáticas para calcular, razão para inferir significados e resolver problemas. A grade

da Educação Infantil abrange vários conceitos e áreas como Linguagem, Matemática, Movimento, Natureza, Sociedade, a percepção da identidade, bem como a noção de autonomia. A concepção, a partir da perspectiva computacional, é de que métodos de aprendizagem nestes conceitos têm o potencial de melhorar a Educação Infantil. As atividades propostas no modelo de computação "Mundo do Tesouro" são um exemplo de como explicitar a perspectiva computacional na educação e no mundo em geral. Esta é uma contribuição deste trabalho.

A porcentagem de acertos no teste, 77% para o grupo mais jovem e 90% para o grupo mais velho, indica que as crianças da Educação Infantil têm uma boa capacidade de computar com modelos de computação, como o "Mundo do Tesouro", que tem certo nível de abstração. Mesmo em atividades consideradas mais complexas, como a repetição de blocos de sequências de instruções, o grupo mais jovem obteve uma boa porcentagem de acertos (81%).

Houve um maior percentual de respostas corretas no "Mundo do Tesouro" concretamente representado do que no "Mundo do Tesouro" em papel, e a constatação de que a capacidade de computar no modelo proposto varia de acordo com a idade da criança reflete a Teoria Cognitiva de Piaget (Piaget, 1972). Estes resultados devem ser levados em consideração na concepção de abordagens que explicitam a perspectiva computacional sobre conceitos aprendidos na grade da Educação Infantil.

A verificação da existência de correlação significativa entre a habilidade de computar no modelo proposto e do desempenho das crianças em uma escola de Educação Infantil reforça a validade do princípio de que a habilidade de computar é fundamental.

5.3 Trabalhos Futuros

A existência de correlação entre a habilidade de computar e do desempenho acadêmico de crianças, nos leva a crer na hipótese de que se houver uma concentração de esforços para desenvolver meios que auxiliem no aumento da habilidade de computar, teremos alunos com um maior desempenho acadêmico. Uma das propostas de trabalhos futuros é o desenvolvimento de um método de aprendizagem de assuntos da agenda da Educação

Infantil com foco na habilidade de computar. Também se propõe a explicitação dos conceitos de computação que supomos estarem presentes em qualquer assunto e atividades abordadas na agenda da Educação Infantil. Uma vez explicitados, estes conceitos podem ser intensivamente estudados como forma de tentar contribuir para melhoria da aprendizagem de assuntos ou atividades práticas na Educação Infantil.

Referências

Aho, A. V. (2011) Computation and Computational Thinking. *Ubiquity*, January, nº 1, pp. 1-8.

Apostolellis, P., Stewart, M., Frisina, C. and Kafura, D. (2014) RaBit EscApe: A Board Game for Computational Thinking. In *Proceedings of the 2014 Conference on Interaction Design and Children*, Aarhus, Denmark, June, pp. 349-352.

Barr, V. and Stephenson, C. (2011) Bringing computational thinking to K-12: What is involved and what is the role of the computer science education community? *ACM Inroads*, March, v. 2, nº 1, pp. 48-54.

Berland, M. and Lee, V. R. (2011) Collaborative Strategic Board Games as a Site for Distributed Computational Thinking. In *International Journal of Game-Based Learning*, v. 1, nº 2, pp. 65-81.

Blum, L. and Cortina, T. L. (2007) CS4HS: An outreach program for high school CS teachers. In *Proceedings of the 38th SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education*, Covington, Kentucky, USA, March, pp. 19-23.

Bundy, A. (2007) Computational thinking is pervasive. *Journal of Scientific and Practical Computing Noted Reviews*, v. 1, nº 2, pp. 67-69.

Cuny, J., Snyder, L. and Wing, J. (2010) Demystifying computational thinking for non-computer scientists. *Unpublished manuscript in progress*. Disponível em: [http://www.cs.cmu.edu/~CompThink/resources/TheLinkWing.pdf].

C. S. T. Force. CSTA K-12 (2011) Computer Science Standards. *Association for Computing Machinery.* Disponível em: [http://csta.acm.org/Curriculum/sub/CurrFiles/CSTA_K-12_CSS.pdf].

Denning, P. J. (2009) The Profession of IT – Beyond Computational Thinking. *Communications of the ACM*, June, v. 52, nº 6, pp. 28-30.

Dwyer, H., Hill, C., Carpenter, S., Harlow, D. and Franklin, D. (2014) Identifying Elementary Students' Pre-instructional Ability to Develop Algorithms and Step-by-Step Instructions. In *Proceeding of the 45th ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, Atlanta, Georgia, USA, March, pp. 511-516.

Garrido, J. (2013) Developing Computational Models: Some Aspects of Conceptualization and Implementation. In *Proceeding of the 51st ACM Southeast Conference*, Savannah, GA, USA, April, Article nº 12.

Guzdial, M. (2009) Teaching Computing to Everyone. *Communications of the ACM*, May, v. 52, nº 5, pp. 31-33.

Hambrusch, S., Hoffmann, C., Korb, J. T., Haugan, M. and Hosking, A. L. (2009) A multidisciplinary approach towards computational thinking for science majors. In *Proceedings of the 40th ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, Chattanooga, Tennessee, USA, March, pp. 183-187.

Hill, C. (2014) Computational Thinking Curriculum Development for Upper Elementary School Classes. In *Proceedings of the Tenth Annual Conference on International Computing Education Research*, Glasgow, Scotland, UK, August, pp. 151-152.

Imberman, S. P., Sturm, D. and Azhar, M. Q. (2014) Computational Thinking: expanding the toolkit. *Journal of Computing Sciences in Colleges*, June, v. 29, nº 6, pp. 39-46.

Lu, J. J. and Fletcher, G. H. L. (2009) Thinking about Computational Thinking. In *Proceedings of the 40th ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, Chattanooga, Tennessee, USA, March, pp. 260-264.

Mishra, P., Yadav, A. and the Deep-Play Research Group (2013) Rethinking technology and creativity in the 21st century: Of art and algorithms. *Tech Trends*, October, v. 57, nº 5, pp. 10-14.

National Research Council (2010) Report of a workshop on the scope and nature of computational thinking. The National Academies Press, Washington, USA.

Oliveira, O. L. (2012) Statistical Evidence of the Correlation between Mental Ability to Compute and Student Performance in Undergraduate Courses. In *Proceedings of the*

17th Annual Joint Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education, Haifa, Israel, July, pp. 111-115.

Oliveira, O. L., Nicoletti, M. C. and Cura, L. M. (2014) Quantitative Correlation between Ability to Compute and Student performance in a Primary School. In *Proceeding of the 45th ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, Atlanta, Georgia, USA, March, pp. 505-510.

Papert. S. (1993) *Mindstorms: children, computers, and powerful ideas*. 2nd ed. Basic Books, New York, USA.

Piaget, J. and Inhelder, B. (1972) *The Psychology of the Child*. Basic Books, New York, USA.

Qin, H. (2009) Teaching Computational Thinking through Bioinformatics to Biology Students. In *Proceeding of the 40th ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, Chattanooga, Tennessee, USA, March, pp. 188-191.

Qualls, J. A. and Sherrell, L. B. (2010) Why Computational Thinking Should be Integrated into the Curriculum. *Journal of Computing Sciences in Colleges*, v. 25, nº 5, pp. 66-71.

Resnick, M., Martin, F., Berg, R., Borovoy, R., Colella, V., Kramer, K. and Silverman, B. (1998) Digital Manipulatives: New Toys to Think With. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Los Angeles, CA, USA, April, pp. 281-287.

Resnick, M. (2007) All I Really Need to Know (About Creative Thinking) I Learned (By Studying How Children Learn) in Kindergarten. In *Proceedings of the 6th ACM SIGCHI conference on Creativity & Cognition*, Washington, DC, USA, June, pp. 1-6.

Settle, A., Franke, B., Hansen, R., Spaltro, F., Jurisson, C., Rennert-May, C. and Wildeman, B. (2012) Infusing Computational Thinking into the Middle- and High-School Curriculum. In *Proceedings of the 17th ACM Annual Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education*, Haifa, Israel, July, pp. 22-27.

Sobrinho, F. G., Gattaz, C. C. and Pacheco, O. I. P. (2011) A Value Based Business Process Management Network Model. In *Journal of Integrated Design and Process Science*, December, v. 15, nº 4, pp. 85-94.

Sysło, M. M., Kwiatkowska, A. B. (2014) Playing with Computing at a Children´s University. In *Proceedings of the 9th Workshop in Primary and Secondary Computing Education*, Berlin, Germany, November, pp. 104-107.

Bell, T., Witten, I. H. and Fellows, M. (2006) Computer Science Unplugged. Disponível em: [http://csunplugged.org/].

Turbak, F., Pokress, S. C. and Sherman, M. (2014) Mobile Computational Thinking with APP Inventor 2. *ACM Journal of Computing Sciences in Colleges* v. 29, nº 6, pp. 15-17.

Turing, A. M. (1936) On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungs problem. In *Proceedings of the London Mathematical Society*, v. 42, nº 2, pp. 230-265.

Werner, L., Denner, J., Campe, S. and Kawamoto, D. C. (2012) The Fairy Performance Assessment: Measuring Computational Thinking in Middle School. In *Proceedings of the 43rd ACM technical symposium on Computer Science Education*, Raleigh, North Carolina, USA, March, pp. 215-220.

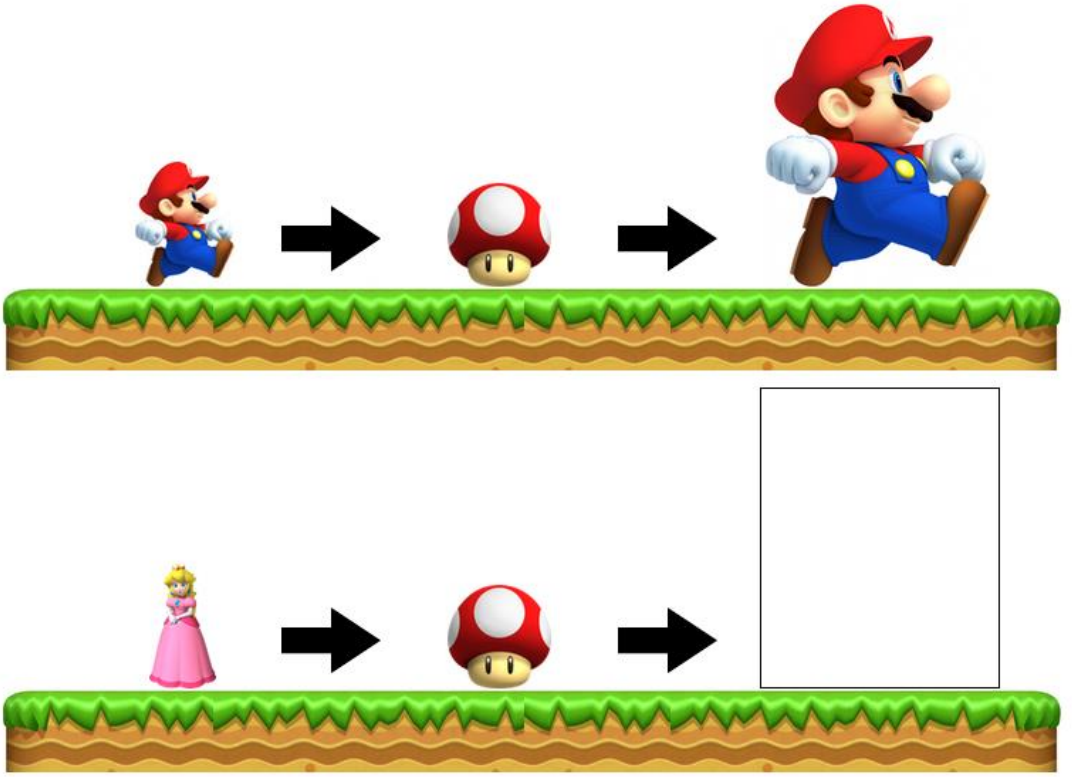
Wing, J. (2006) Computational Thinking. *Communications of the ACM*, March, v. 49, nº 3, pp. 33-36.

Yadav, A., Mayfield, C., Zhou, N., Hambrusch, S. and Korb, J. T. (2014) Computational Thinking in Elementary and Secondary Teacher Education. In *ACM Transactions on Computing Education (TOCE)*, March, v. 14, nº 1, Article 5, pp. 1-16.

Apêndice I:
Atividades do Teste

Este Apêndice descreve todas as atividades do teste utilizando o modelo de computação "Mundo do Tesouro". O enredo principal do "Mundo do Tesouro" é ajudar o personagem Joe a chegar até o castelo da princesa e encontrar o baú de moedas de chocolate, mas para isso, terá que desviar de "bombas", espinhos e obstáculos em seu caminho e recolher moedas de chocolate que estão espalhadas pelo chão.

Atividade 1



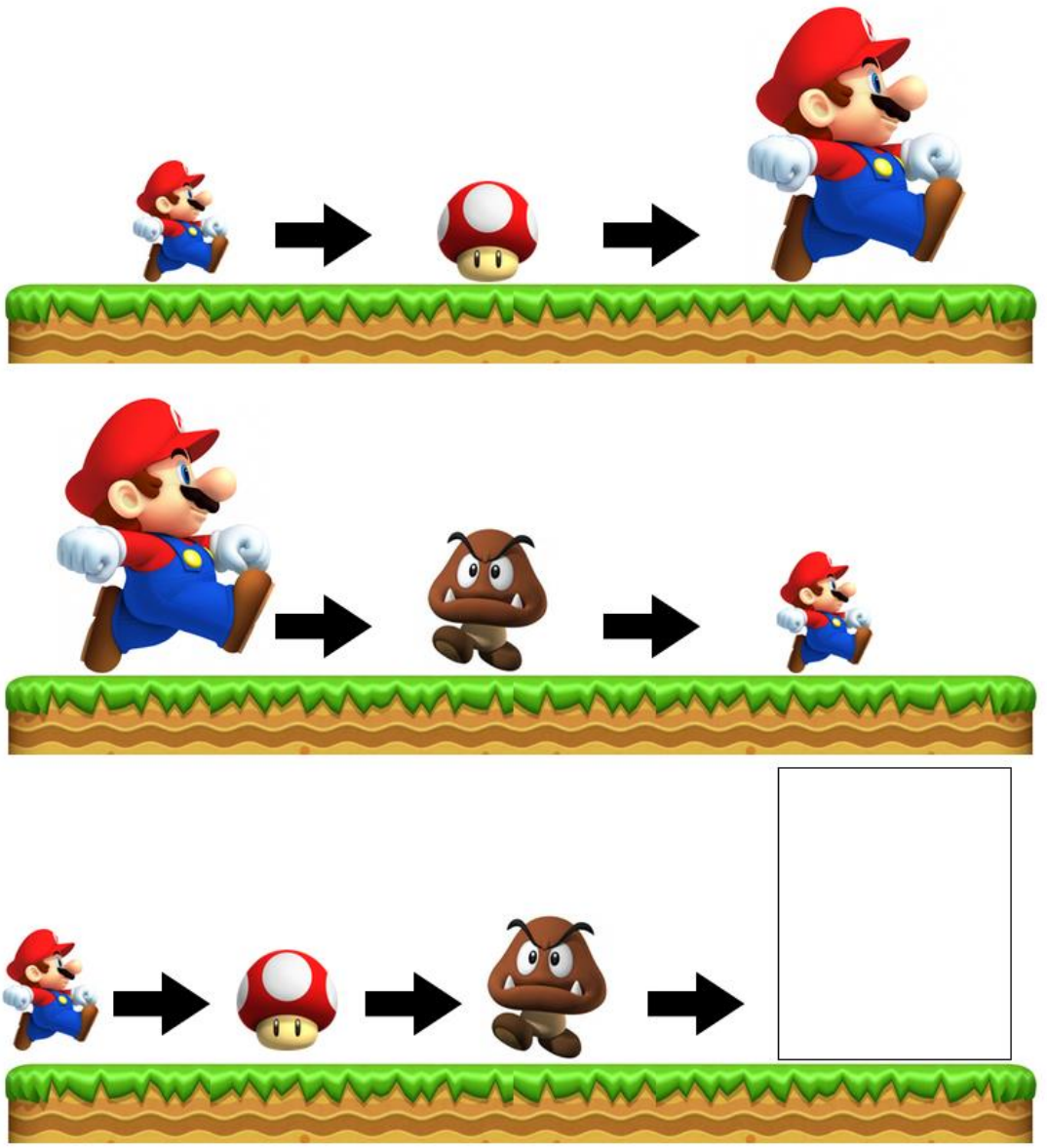
Habilidades computacionais envolvidas:

- Abstração
- Cálculo

Descrição da Atividade:

Abstrair qual é a função do objeto cogumelo através do exemplo. Depois, calcular qual será o resultado da sentença e colar a opção correta no local indicado.

Atividade 2



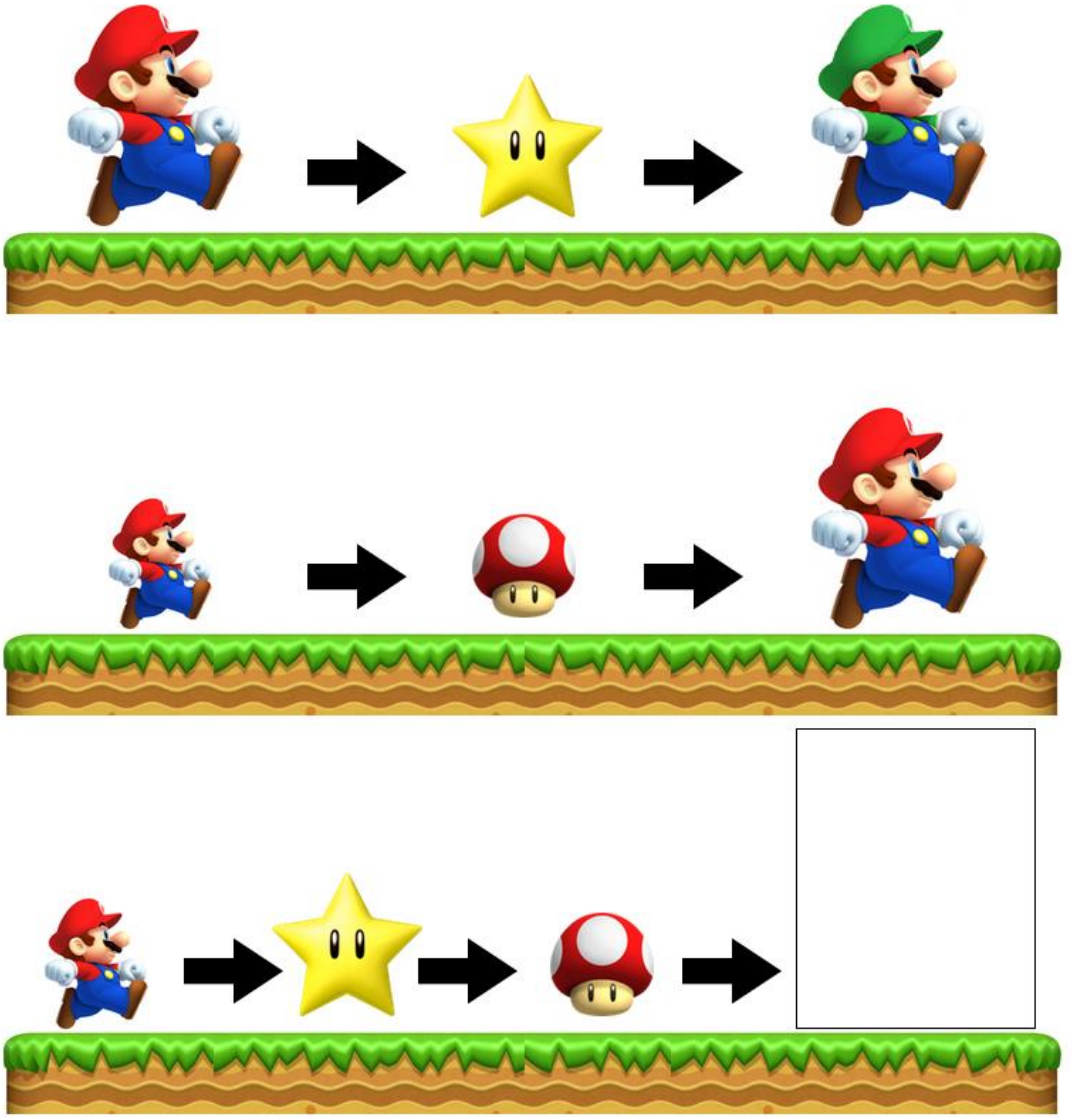
Habilidades computacionais envolvidas:

- Abstração
- Cálculo

Descrição da Atividade:

Abstrair qual é a função do objeto cogumelo e do objeto espinho através dos exemplos. Depois, calcular qual será o resultado da sentença e colar a opção correta no local indicado.

Atividade 3



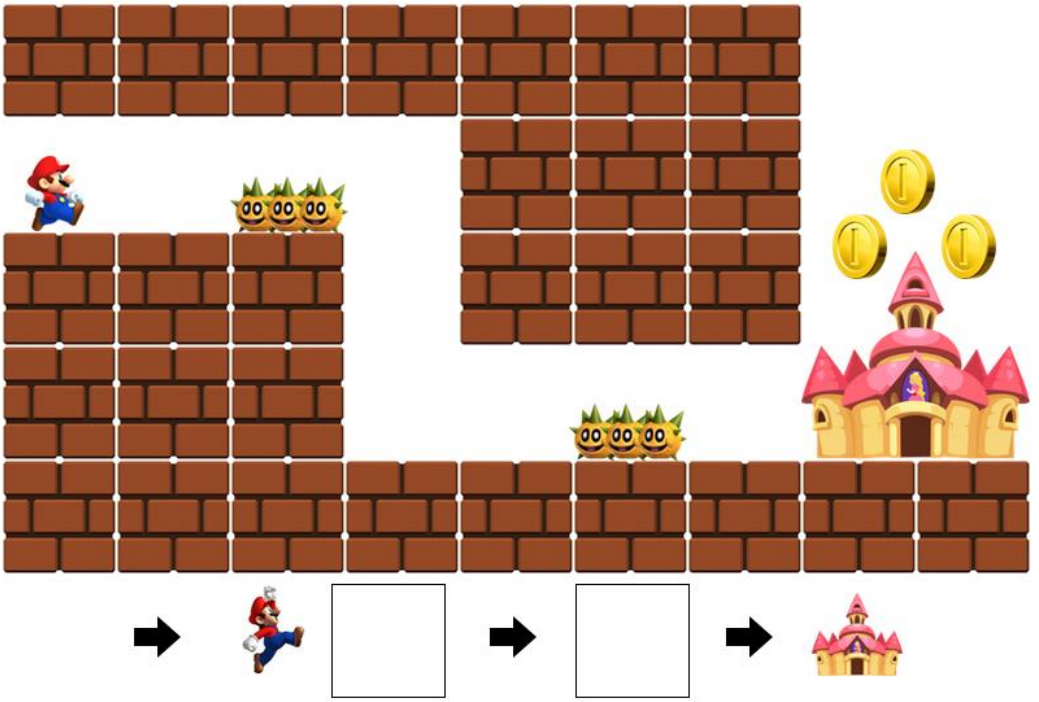
Habilidades computacionais envolvidas:

- Abstração
- Cálculo

Descrição da Atividade:

Abstrair qual é a função do objeto estrela e do objeto cogumelo através dos exemplos. Depois, calcular qual será o resultado da sentença e colar a opção correta no local indicado.

Atividade 4



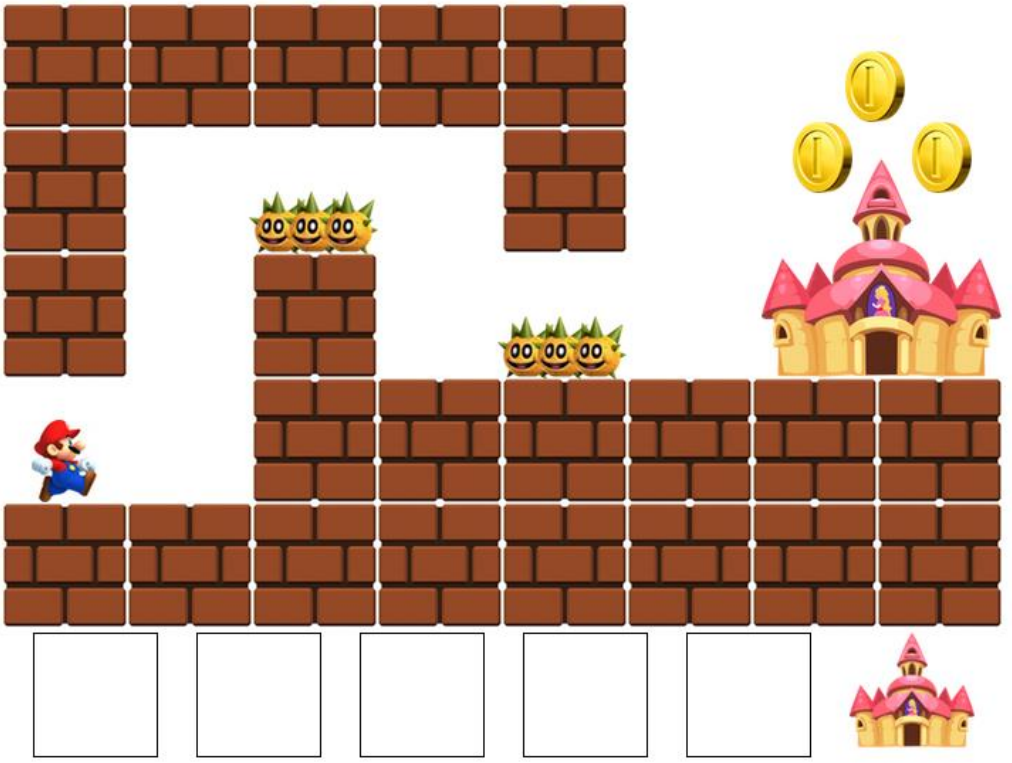
Habilidades computacionais envolvidas:

- Leitura e Compreensão
- Cálculo
- Projeto e Verbalização

Descrição da Atividade:

Compreender a sequência lógica de movimentos pré-estabelecidos e “ler” os movimentos do personagem. Depois, calcular os passos que estão faltando, verbalizar e projetar (com o dedo indicador) qual é a solução de caminho para o personagem chegar até o castelo da princesa.

Atividade 5



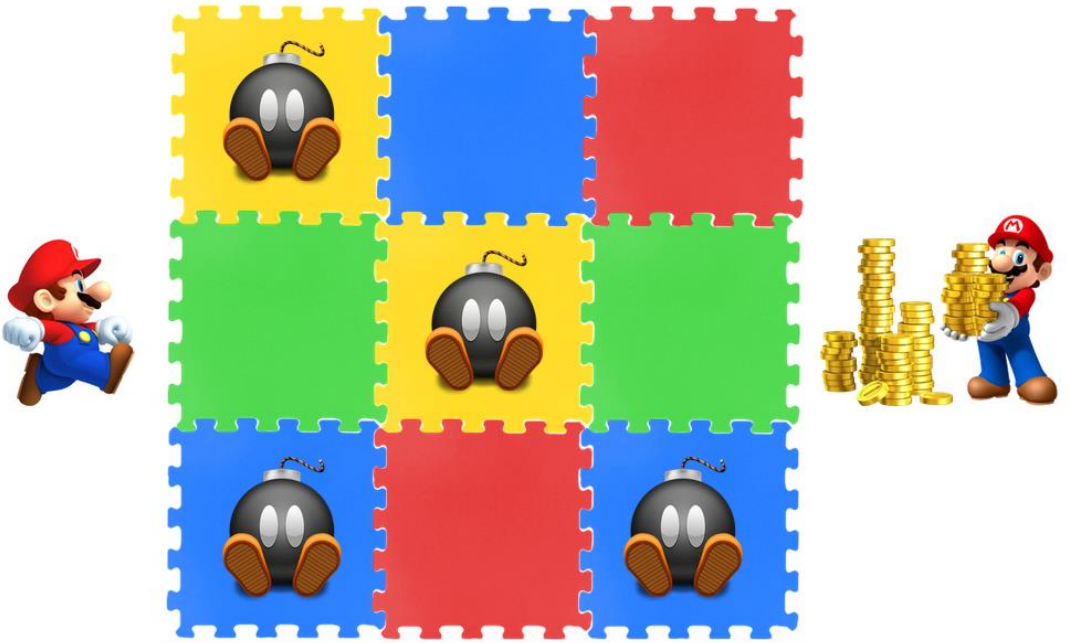
Habilidades computacionais envolvidas:

- Leitura e Compreensão
- Cálculo
- Projeto e Verbalização

Descrição da Atividade:

"Ler" e compreender o cenário da atividade. Depois, calcular os passos que deverão ser feitos, verbalizar e projetar (com o dedo indicador) qual é a solução de caminho para o personagem chegar até o castelo da princesa.

Atividade 6



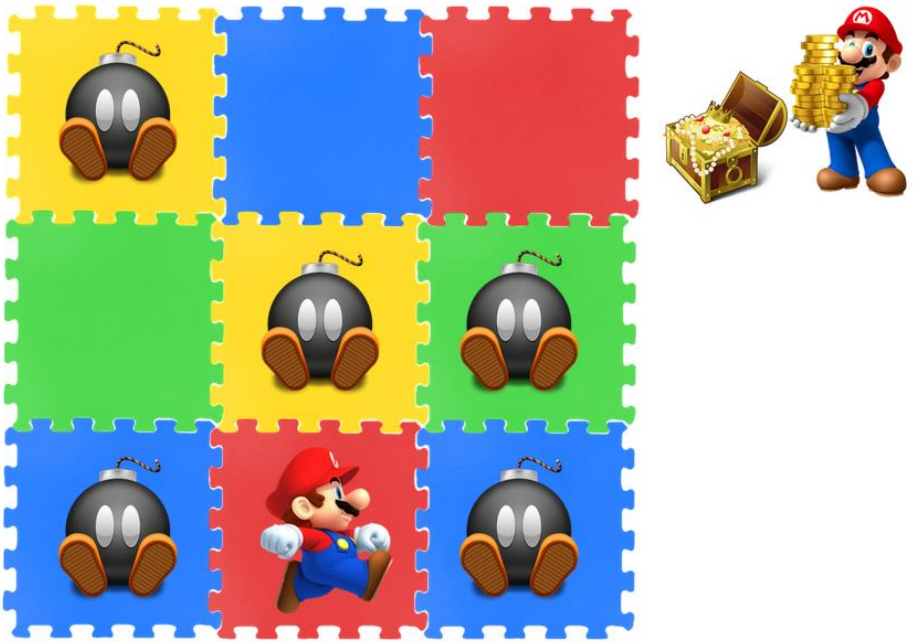
Habilidades computacionais envolvidas:

- Leitura e Compreensão
- Cálculo
- Projeto e Verbalização
- Abstração

Descrição da Atividade:

A criança deverá instruir, através da fala, o personagem Joe a chegar ao baú de moedas de chocolate desviando das bombas em seu caminho. A instrução que a criança deverá dar será apenas a cor que o personagem deverá se movimentar, seguindo a regra de que o personagem apenas pode se movimentar fileira por fileira.

Atividade 7



Habilidades computacionais envolvidas:

- Leitura e Compreensão
- Cálculo
- Projeto e Verbalização
- Abstração

Descrição da Atividade:

A criança deverá instruir, através da fala, o personagem Joe a chegar ao baú de moedas de chocolate desviando das bombas em seu caminho. A instrução que a criança deverá dar será apenas a cor que o personagem deverá se movimentar, seguindo a regra de que o personagem apenas pode se movimentar fileira por fileira.

Atividade 8

Habilidades computacionais envolvidas:

- Leitura e Compreensão
- Cálculo
- Projeto e Verbalização
- Abstração

Descrição da Atividade:

A criança deverá instruir, através da fala, o personagem Joe a recolher as moedas de chocolate e levá-las ao baú. A instrução que a criança deverá dar será apenas a cor que o personagem deverá se movimentar, seguindo a regra de que o personagem apenas pode se movimentar fileira por fileira e que as moedas devem ser recolhidas na ordem estabelecida e uma de cada vez (após recolher uma moeda, o personagem deve depositar a moeda no baú e seguir para a próxima).

Apêndice II:
Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Foi desenvolvido um termo de consentimento livre e esclarecido contendo os objetivos da pesquisa, confidencialidade e qual seria a participação das crianças e foi enviado para os pais das crianças para que os mesmos autorizassem a participação de seus filhos na pesquisa.

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Título da pesquisa: *Computational Thinking* na Educação Infantil

Pesquisador: Gustavo Abreu Caetano

Orientador: Prof. Dr. Osvaldo Luiz de Oliveira

Local de realização da pesquisa: UNASP – Centro Universitário Adventista de São Paulo.

Endereço: Estrada de Itapecerica, 5859 – São Paulo – SP

Telefone: (11) 2128-6000

A) INFORMAÇÕES AO REPRESENTANTE DO PARTICIPANTE

1. Apresentação da pesquisa.

Atualmente muito têm se falado sobre pensamento computacional no mundo científico. Várias pesquisas vêm sendo feitas neste tema, e o intuito desta pesquisa é atingir o público de educação infantil (3 a 6 anos). Para realização desta, serão aplicadas atividades para as crianças realizarem, e em cima dos resultados, medir o nível de pensamento computacional que ela possui através de itens como: abstração, cálculo, leitura, compreensão, desenho e escrita.

2. Objetivos da pesquisa.

Este estudo tem como objetivo medir o nível de pensamento computacional de cada criança envolvida para posteriormente melhorar o nível de ensino.

3. Participação na pesquisa.

A criança realizará atividades de colagem em papel e atividades onde ela instruirá um executor a realizar atividades. Todas as atividades terão como temática o personagem o Mundo do Tesouro e sua turma, através de imagens, sons, bonecos e objetos a fim de tornar mais atrativo e divertido o experimento às crianças. O experimento acontecerá em horário de aulas normais e não afetará o andamento do planejamento da professora e da escola.

4. Confidencialidade.

Haverá absoluta confidencialidade e sigilo quanto aos dados pessoais das crianças envolvidas.

5. Desconfortos, Riscos e Benefícios.

Não haverá qualquer desconforto ou risco às crianças participantes.

Por meio das atividades, as crianças estarão exercitando seu raciocínio lógico, poder de tomada de decisão, abstração e cálculos matemáticos, trazendo assim muitos benefícios para a aprendizagem.

6. Critérios de inclusão.

Crianças de 3 a 6 anos de idade cursando o Jardim I, Jardim II e Pré.

7. Direito de sair da pesquisa e a esclarecimentos durante o processo.

O representante da criança participante poderá retirar a criança do estudo a qualquer momento e também terá o direito a receber esclarecimentos em qualquer etapa da pesquisa. Terá liberdade de recusar ou retirar o consentimento sem nenhuma penalização.

B) CONSENTIMENTO

Eu declaro ter conhecimento das informações contidas neste documento e permito a participação do meu/minha filho(a), menor de idade, no projeto de dissertação de mestrado em Ciência da Computação, na condição de sujeito de pesquisa, que fui devidamente esclarecido sobre tal trabalho, desenvolvido pelo mestrando Gustavo Abreu Caetano sob orientação do prof. Dr. Osvaldo Luiz de Oliveira da Faculdade de Campo Limpo Paulista – Campo Limpo Paulista – SP.

Declaro ter compreendido o objetivo, a natureza, os riscos e benefícios deste estudo e estou consciente que posso deixar o projeto a qualquer momento, sem nenhum prejuízo.

Dados da Criança

Nome Completo:_____

Data de Nascimento:_____/_____/_____

Dados do Responsável

Nome Completo:_____

Data de Nascimento:_____/_____/_____ RG:_____

Grau de Parentesco:_____

Assinatura:_____ Data: _____/_____/_____

Apêndice III:
Modelo Para Geração de Jogos Educacionais

Este Apêndice tem por objetivo demonstrar o modelo de computação "Mundo do Tesouro" representado utilizando a metodologia VBPMN (*Value based Business Process Management Network),* que define linguagens contextuais.

O modelo de computação “Mundo do Tesouro” é um sistema de produção onde temos os seguintes elementos:

a) Conjunto de valores de entrada e saída com variáveis de estado finais, intermediárias e iniciais;
b) Conjunto de valores de axiomas, com suas variáveis de estado finais, intermediárias e finais que serão obedecidas por cada função de transição nas transformações no sistema de produção;
c) Conjunto de funções de transição que são utilizadas nas transformações dos valores de entrada e saída, de axiomas e contextos de infraestruturas;
d) Contextualização do sistema de produção por meio de valores contextuais de infraestruturas ambientais e humanas;
e) Conectores múltiplos ("E") e exclusivos ("OU") de entrada ou saída.

Esses elementos interagem entre si utilizando-se de regras explicitadas em Gattaz (2010) e Sobrinho, Gattaz e Pacheco (2011). Estas regras são sintetizadas as seguir:

1. As funções de transição podem se comunicar apenas por meio dos conectores múltiplos ou exclusivos, com os valores de entrada e saída, valores de axiomas e valores contextuais de infraestrutura se, e somente se, estes valores são sincronicamente válidos e estão disponíveis;
2. Todos os valores podem se comunicar apenas por meio das transformações com suas funções de transição ou por meio de conectores múltiplos ou exclusivos;
3. Uma transformação pode se decompor em transformações simples ou compostas, desde que a comunicação com os valores de entrada e saída e valores de axiomas sejam absorvidos isomorficamente pelas transformações pertencentes à sua composta correspondente;
4. As transformações compostas não têm comunicação com os valores contextuais de infraestrutura, apenas as transformações simples têm a comunicação com os valores contextuais de infraestrutura;
5. Qualquer transformação, seja simples ou composta, tem que ter pelo menos uma comunicação com valores de axiomas;

6. Os conectores múltiplos e exclusivos de entrada e de saída não se comunicam com transformações compostas;
7. Os conectores de entrada não se comunicam entre si e se comunicam com os conectores de saída e vice-versa.

O modelo computacional "Mundo do Tesouro" foi especificado utilizando-se VBPMN através do software PArchitect. Os elementos VBPMN utilizados em nosso modelo foram especificados bem como os processos como se segue.

Elementos de comunicação a serem compartilhados (valores, referências e insumos)

Na linguagem do VBPMN, este é o tipo mais genérico de elemento. Pode ser utilizado para representar um insumo (valor de entrada), um produto (valor de saída) ou uma referência de uma decisão.

Elemento especial para representar documentos criados, modificados ou referenciados em um processo.

Elemento especial para representar mensagens enviadas ou recebidas.

Elementos de infraestruturas a serem compartilhados

Representa o tipo de recurso humano, um perfil com habilidades específicas (por exemplo uma criança, instrutor ou ator).

Representa o tipo de ambiente onde ocorre o processo (por exemplo uma sala de aula).

Operadores lógicos de compartilhamento múltiplos (inclusivo e exclusivo)

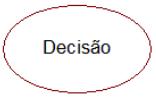
Permite a conexão de vários elementos de comunicação de entrada. A decisão será executada quando houver pelo menos uma unidade disponível de cada entrada.

Permite a conexão de vários elementos de comunicação de entrada. A transição será executada quando houver pelo menos uma unidade em qualquer uma das entradas.

Permite a união de vários elementos de comunicação de saída quando todos os caminhos têm sequência em cada execução de uma decisão.

Permite a união de vários elementos de comunicação de saída quando apenas um caminho é seguido.

Elementos de transformação a serem compartilhados



Também chamada de decisão folha, representa tarefas executadas por uma ou mais pessoas. A decisão é executada sempre que os insumos e infraestruturas estiverem disponíveis.

Representa uma decisão complexa que contém um sub-grafo composto por decisões, insumos, produtos, referências e infraestruturas.

Elementos de protocolo

Associa elementos de comunicação, na forma de valores e insumos, a decisões. Uma vez executada uma decisão, seus insumos são marcados para indicar que foram transformados e que precisam ser disponibilizados novamente.

Associa elementos de comunicação a decisões na forma de referência. Uma referência nunca é consumida e, portanto, está

sempre disponível. Associa um recurso de infraestrutura a uma decisão ou um recurso de protocolo a um elemento de comunicação.

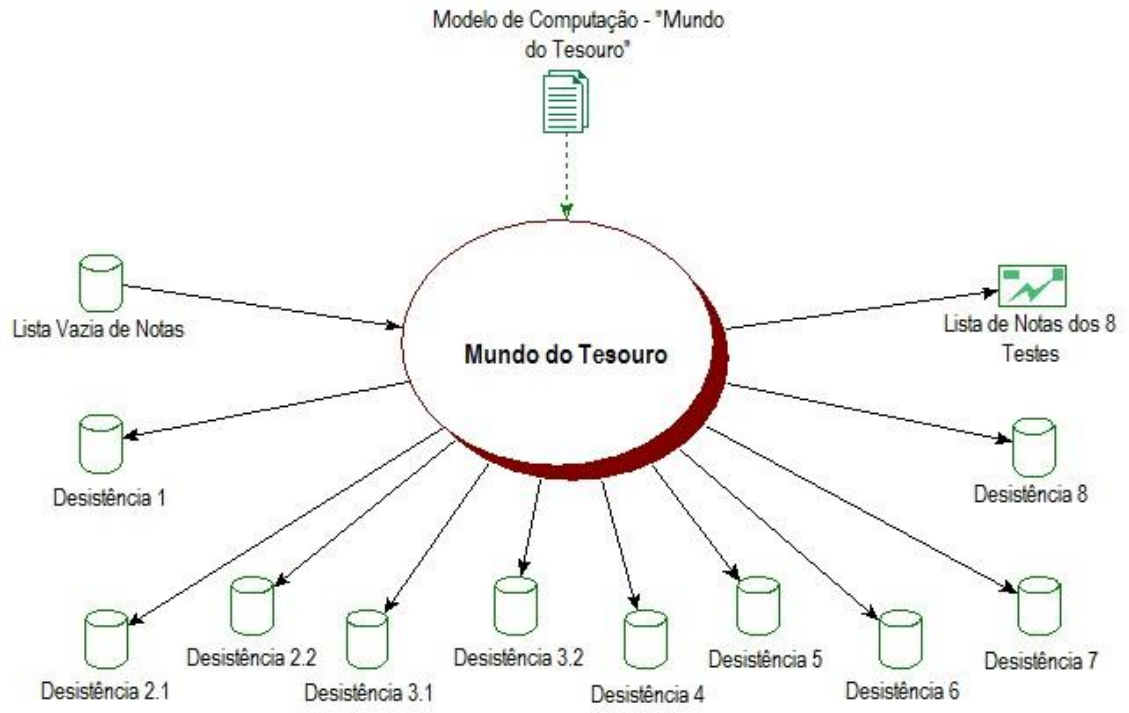


Figura 6 – Elementos do processo do modelo de computação "Mundo do Tesouro".

Transição composta:

- **Mundo do Tesouro:** Representação do modelo de computação "Mundo do Tesouro".

Variável de estado inicial:

- **Lista Vazia de Notas:** No início do processo, a lista de notas da criança é vazia por ainda não ter sido realizado nenhuma atividade.

Variáveis de estado finais:

- **Desistência 1:** Possibilidade de desistência da criança na Atividade 1, encerrando-se o processo.
- **Desistência 2.1:** Possibilidade de desistência da criança na primeira parte da Atividade 2, encerrando-se o processo.
- **Desistência 2.2:** Possibilidade de desistência da criança na segunda parte da Atividade 2, encerrando-se o processo.
- **Desistência 3.1:** Possibilidade de desistência da criança na primeira parte da Atividade 3, encerrando-se o processo.
- **Desistência 3.2:** Possibilidade de desistência da criança na segunda parte da Atividade 3, encerrando-se o processo.
- **Desistência 4:** Possibilidade de desistência da criança na Atividade 4, encerrando-se o processo.
- **Desistência 5:** Possibilidade de desistência da criança na Atividade 5, encerrando-se o processo.
- **Desistência 6:** Possibilidade de desistência da criança na Atividade 6, encerrando-se o processo.
- **Desistência 7:** Possibilidade de desistência da criança na Atividade 7, encerrando-se o processo.
- **Desistência 8:** Possibilidade de desistência da criança na Atividade 8, encerrando-se o processo.
- **Lista de notas dos 8 testes:** Ao realizar todos os oito testes, é contabilizado a pontuação da criança de 0 a 8.

Figura 7 – Elementos do processo "Mundo do Tesouro" – Parte 1.

Transição composta:

- **Mundo do Tesouro – Parte 1:** Representação da Parte 1 do modelo de computação "Mundo do Tesouro".

Variável de estado inicial:

- **Lista Vazia de Notas:** No início do processo, a lista de notas da criança é vazia por ainda não ter sido realizado nenhuma atividade.

Variáveis de estado finais:

- **Desistência 1:** Possibilidade de desistência da criança na Atividade 1, encerrando-se o processo.
- **Desistência 2.1:** Possibilidade de desistência da criança na primeira parte da Atividade 2, encerrando-se o processo.
- **Desistência 2.2:** Possibilidade de desistência da criança na segunda parte da Atividade 2, encerrando-se o processo.

- **Desistência 3.1:** Possibilidade de desistência da criança na primeira parte da Atividade 3, encerrando-se o processo.
- **Desistência 3.2:** Possibilidade de desistência da criança na segunda parte da Atividade 3, encerrando-se o processo.

Variável de estado intermediário:

- **Lista de notas de 3 testes:** Ao realizar os três primeiros testes, é contabilizado a pontuação da criança de 0 a 3.

Referência:

- **Parte abstrata:** Referência a parte abstrata do modelo de computação "Mundo do Tesouro".

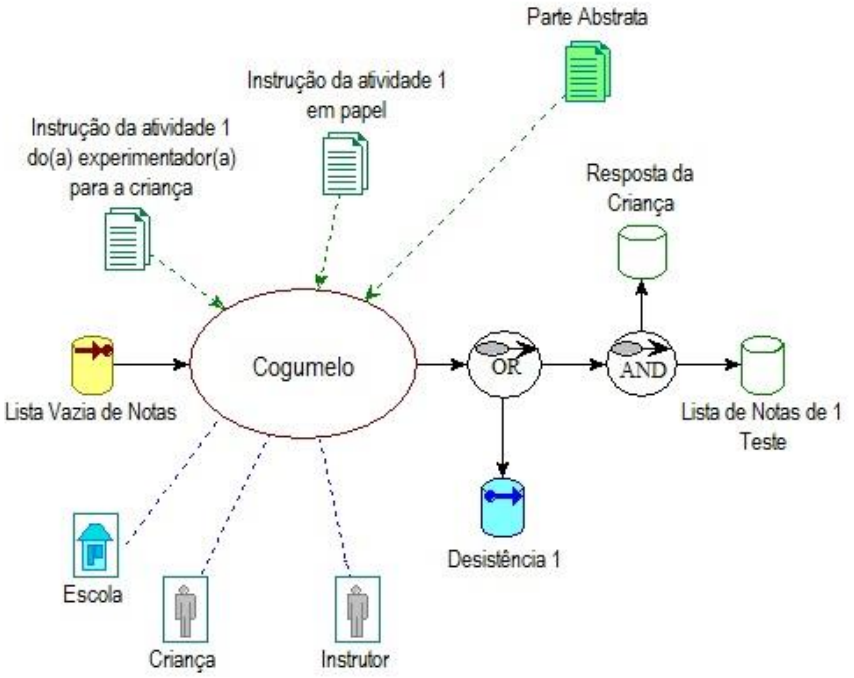


Figura 8 – Elementos do processo "Mundo do Tesouro" – Parte 1 – Cogumelo (Atividade 1).

Função de transição:

- **Cogumelo:** Representação da função cogumelo da Atividade 1.

Variável de estado inicial:

- **Lista Vazia de Notas:** No início do processo, a lista de notas da criança é vazia por ainda não ter sido realizado nenhuma atividade.

Variável de estado final:

- **Desistência 1:** Possibilidade de desistência da criança na Atividade 1, encerrando-se o processo.

Variáveis de estado intermediárias:

- **Resposta da criança:** Registro da resposta da criança na Atividade 1.
- **Lista de notas de 1 teste:** Registro da nota da criança na Atividade 1, podendo ser 0 ou 1.

Variáveis intermediárias contextuais:

- **Infraestrutura ambiental – Escola:** Ambiente agradável e preparado para a execução dos testes.
- **Infraestrutura humana – Criança:** Aluno da Educação Infantil.
- **Infraestrutura humana – Instrutor:** Experimentador capacitado a instruir a criança no que for preciso.

Referências:

- **Parte abstrata:** Referência a parte abstrata do modelo de computação "Mundo do Tesouro".
- **Instrução da atividade 1 em papel:** Instrução em papel para a compreensão da função da Atividade 1.
- **Instrução da atividade 1 do(a) experimentador(a) para a criança:** Um(a) experimentador(a) deverá instruir a criança para a realização da Atividade 1.

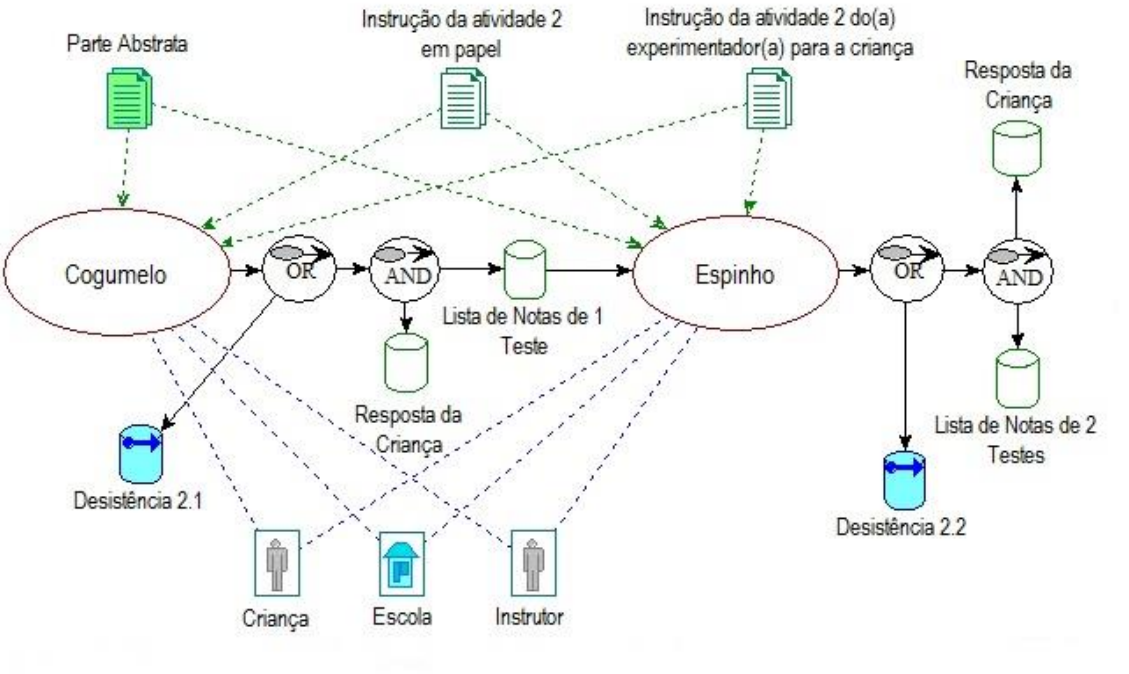


Figura 9 – Elementos do processo "Mundo do Tesouro" – Parte 1 – Cogumelo e Espinho (Atividade 2).

Função de transição:

- **Cogumelo:** Representação da função cogumelo da Atividade 2.

Variáveis de estado iniciais:

- **Lista de notas de 1 teste:** A variável de estado inicial Lista de notas de 1 teste indica que a criança realizou a Atividade 1 e poderá prosseguir para a Atividade 2.

Variáveis de estado finais:

- **Desistência 2.1:** Possibilidade de desistência da criança na primeira parte da Atividade 2, encerrando-se o processo.

Variáveis de estado intermediárias:

- **Resposta da criança:** Registro da resposta da criança.

Variáveis intermediárias contextuais:

- **Infraestrutura ambiental – Escola:** Ambiente agradável e preparado para a execução dos testes.

- **Infraestrutura humana – Criança:** Aluno da Educação Infantil.
- **Infraestrutura humana – Instrutor:** Experimentador capacitado a instruir a criança no que for preciso.

Referências:

- **Parte abstrata:** Referência a parte abstrata do modelo de computação "Mundo do Tesouro".
- **Instrução da atividade 2 em papel:** Instrução em papel para a compreensão das funções da Atividade 2.
- **Instrução da atividade 2 do(a) experimentador(a) para a criança:** Um(a) experimentador(a) deverá instruir a criança para a realização da Atividade 2.

Função de transição:

- **Espinho:** Representação da função espinho da Atividade 2.

Variáveis de estado iniciais:

- **Lista de notas de 1 teste:** A variável de estado inicial Lista de notas de 1 teste indica que a criança realizou a Atividade 1 e poderá prosseguir para a Atividade 2.

Variáveis de estado finais:

- **Desistência 2.2:** Possibilidade de desistência da criança na segunda parte da Atividade 2, encerrando-se o processo.

Variáveis de estado intermediárias:

- **Resposta da criança:** Registro da resposta da criança.

Variáveis intermediárias contextuais:

- **Infraestrutura ambiental – Escola:** Ambiente agradável e preparado para a execução dos testes.
- **Infraestrutura humana – Criança:** Aluno da Educação Infantil.
- **Infraestrutura humana – Instrutor:** Experimentador capacitado a instruir a criança no que for preciso.

Referências:

- **Parte abstrata:** Referência a parte abstrata do modelo de computação "Mundo do Tesouro".
- **Instrução da atividade 2 em papel:** Instrução em papel para a compreensão das funções da Atividade 2.
- **Instrução da atividade 2 do(a) experimentador(a) para a criança:** Um(a) experimentador(a) deverá instruir a criança para a realização da Atividade 2.

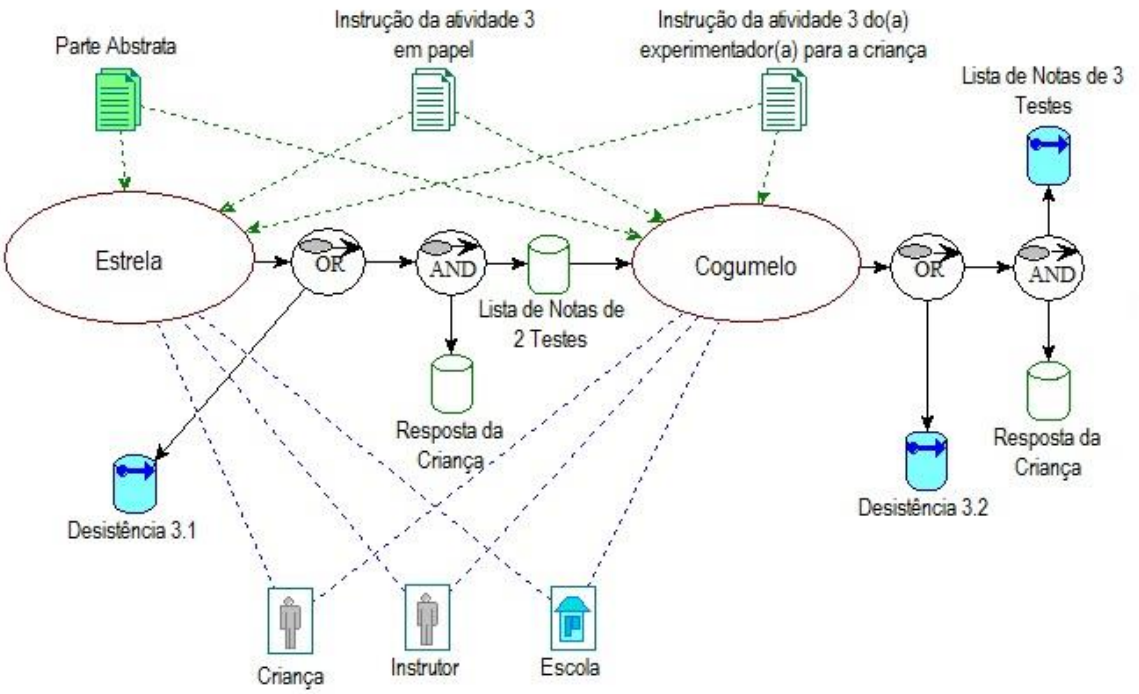


Figura 10 – Elementos do processo "Mundo do Tesouro" – Parte 1 – Estrela e Cogumelo (Atividade 3).

Função de transição:

- **Estrela:** Representação da função estrela da Atividade 3.

Variável de estado inicial:

- **Lista de notas de 2 testes:** A variável de estado inicial Lista de notas de 2 testes indica que a criança realizou a Atividade 2 e poderá prosseguir para a Atividade 3.

Variável de estado final:

- **Desistência 3.1:** Possibilidade de desistência da criança na primeira parte da Atividade 3, encerrando-se o processo.

Variável de estado intermediário:

- **Resposta da criança:** Registro da resposta da criança.

Variáveis intermediárias contextuais:

- **Infraestrutura ambiental – Escola:** Ambiente agradável e preparado para a execução dos testes.
- **Infraestrutura humana – Criança:** Aluno da Educação Infantil.
- **Infraestrutura humana – Instrutor:** Experimentador capacitado a instruir a criança no que for preciso.

Referências:

- **Parte abstrata:** Referência a parte abstrata do modelo de computação "Mundo do Tesouro".
- **Instrução da atividade 3 em papel:** Instrução em papel para a compreensão das funções da Atividade 3.
- **Instrução da atividade 3 do(a) experimentador(a) para a criança:** Um(a) experimentador(a) deverá instruir a criança para a realização da Atividade 3.

Função de transição:

- **Cogumelo:** Representação da função cogumelo da Atividade 3.

Variável de estado inicial:

- **Lista de notas de 2 testes:** A variável de estado inicial Lista de notas de 2 testes indica que a criança realizou a Atividade 2 e poderá prosseguir para a Atividade 3.

Variável de estado final:

- **Desistência 3.2:** Possibilidade de desistência da criança na segunda parte da Atividade 3, encerrando-se o processo.

Variável de estado intermediário:

- **Resposta da criança:** Registro da resposta da criança.

Variáveis intermediárias contextuais:

- **Infraestrutura ambiental – Escola:** Ambiente agradável e preparado para a execução dos testes.
- **Infraestrutura humana – Criança:** Aluno da Educação Infantil.
- **Infraestrutura humana – Instrutor:** Experimentador capacitado a instruir a criança no que for preciso.

Referências:

- **Parte abstrata:** Referência a parte abstrata do modelo de computação "Mundo do Tesouro".
- **Instrução da atividade 3 em papel:** Instrução em papel para a compreensão das funções da Atividade 3.
- **Instrução da atividade 3 do(a) experimentador(a) para a criança:** Um(a) experimentador(a) deverá instruir a criança para a realização da Atividade 3.

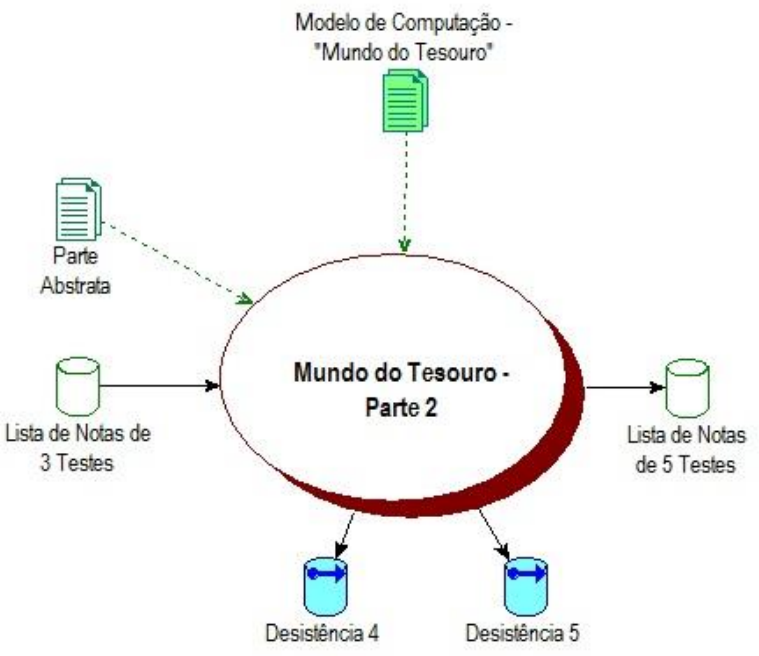


Figura 11 – Elementos do processo "Mundo do Tesouro" – Parte 2.

Transição composta:

- **Mundo do Tesouro – Parte 2:** Representação da Parte 2 do modelo de computação “Mundo do Tesouro”.

Variável de estado inicial:

- **Lista de notas de 3 testes:** A variável de estado inicial Lista de notas de 3 testes indica que a criança realizou a Atividade 3 e poderá prosseguir para a Atividade 4.

Variável de estado intermediário:

- **Lista de notas de 5 testes:** Ao realizar as atividades 4 e 5, é contabilizado a pontuação da criança de 0 a 5.

Variáveis de estado finais:

- **Desistência 4:** Possibilidade de desistência da criança na Atividade 4, encerrando-se o processo.
- **Desistência 5:** Possibilidade de desistência da criança na Atividade 5, encerrando-se o processo.

Referência:

Parte abstrata: Referência a parte abstrata do modelo de computação “Mundo do Tesouro”.

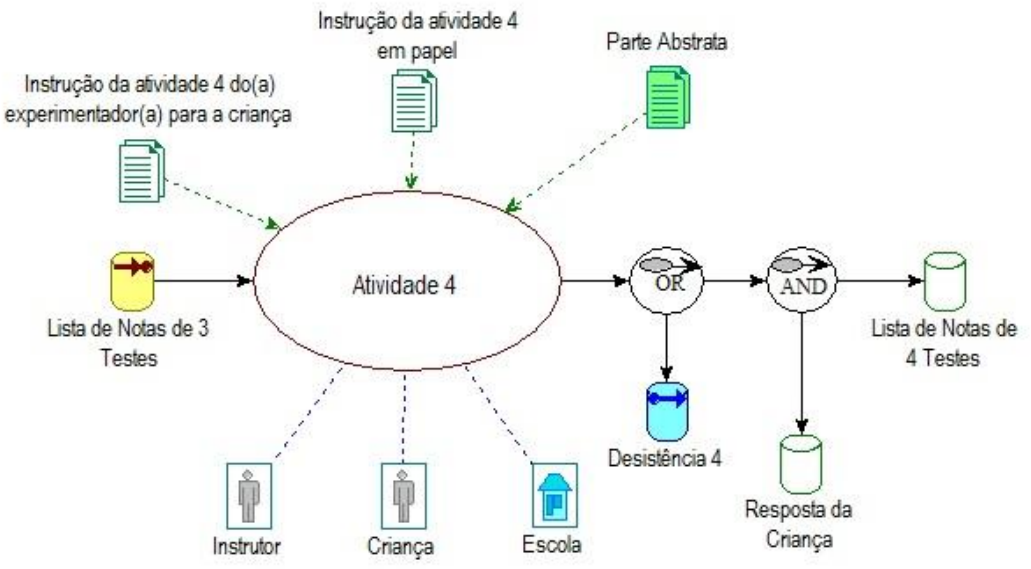


Figura 12 – Elementos do processo "Mundo do Tesouro" – Parte 2 – Atividade 4.

Função de transição:

- **Atividade 4:** Representação da Atividade 4.

Variável de estado inicial:

- **Lista de notas de 3 testes:** A variável de estado inicial Lista de notas de 3 testes indica que a criança realizou a Atividade 3 e poderá prosseguir para a Atividade 4.

Variável de estado final:

- **Desistência 4:** Possibilidade de desistência da criança na Atividade 4, encerrando-se o processo.

Variáveis de estado intermediárias:

- **Resposta da criança:** Registro da resposta da criança na Atividade 4.
- **Lista de notas de 4 testes:** Registro da nota da criança na Atividade 4, podendo ser 0 a 4.

Variáveis intermediárias contextuais:

- **Infraestrutura ambiental – Escola:** Ambiente agradável e preparado para a execução dos testes.
- **Infraestrutura humana – Criança:** Aluno da Educação Infantil.
- **Infraestrutura humana – Instrutor:** Experimentador capacitado a instruir a criança no que for preciso.

Referências:

- **Parte abstrata:** Referência a parte abstrata do modelo de computação "Mundo do Tesouro".
- **Instrução da atividade 4 em papel:** Instrução em papel para a compreensão da função da Atividade 4.
- **Instrução da atividade 4 do(a) experimentador(a) para a criança:** Um(a) experimentador(a) deverá instruir a criança para a realização da Atividade 4.

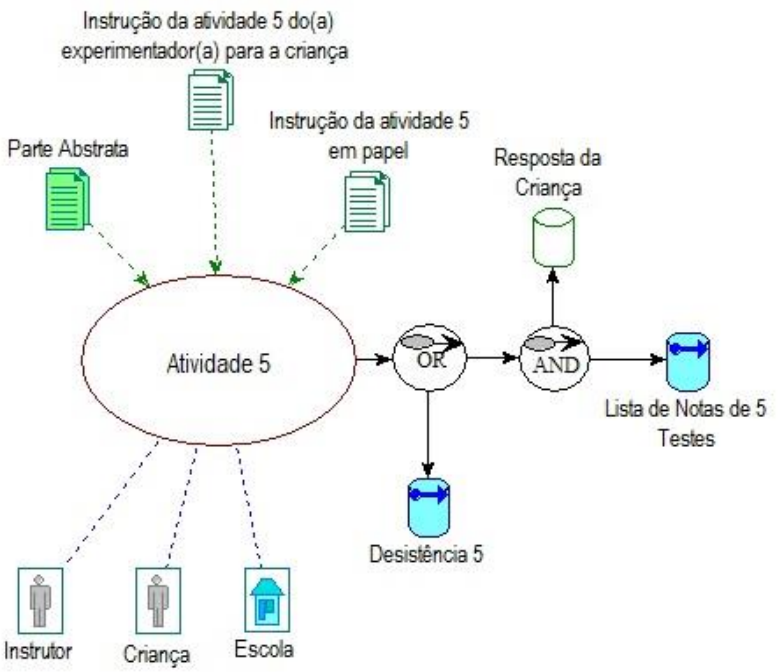


Figura 13 – Elementos do processo "Mundo do Tesouro" – Parte 2 – Atividade 5.

Função de transição:

- **Atividade 5:** Representação da Atividade 5.

Variável de estado inicial:

- **Lista de notas de 4 testes:** A variável de estado inicial Lista de notas de 4 testes indica que a criança realizou a Atividade 4 e poderá prosseguir para a Atividade 5.

Variável de estado final:

- **Desistência 5:** Possibilidade de desistência da criança na Atividade 4, encerrando-se o processo.

Variáveis de estado intermediárias:

- **Resposta da criança:** Registro da resposta da criança na Atividade 5.
- **Lista de notas de 5 testes:** Registro da nota da criança na Atividade 5, podendo ser 0 a 5.

Variáveis intermediárias contextuais:

- **Infraestrutura ambiental – Escola:** Ambiente agradável e preparado para a execução dos testes.
- **Infraestrutura humana – Criança:** Aluno da Educação Infantil.
- **Infraestrutura humana – Instrutor:** Experimentador capacitado a instruir a criança no que for preciso.

Referências:

- **Parte abstrata:** Referência a parte abstrata do modelo de computação "Mundo do Tesouro".
- **Instrução da atividade 5 em papel:** Instrução em papel para a compreensão da função da Atividade 5.
- **Instrução da atividade 5 do(a) experimentador(a) para a criança:** Um(a) experimentador(a) deverá instruir a criança para a realização da Atividade 5.

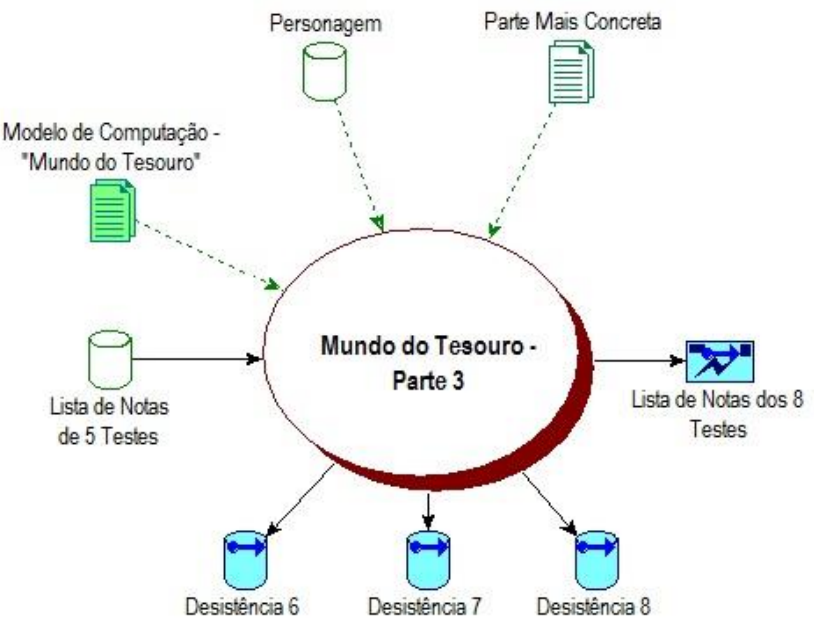


Figura 14 – Elementos do processo "Mundo do Tesouro" – Parte 3.

Transição composta:

- **Mundo do Tesouro – Parte 3:** Representação da Parte 3 do modelo de computação "Mundo do Tesouro".

Variável de estado inicial:

- **Lista de notas de 5 testes:** A variável de estado inicial Lista de notas de 5 testes indica que a criança realizou a Atividade 5 e poderá prosseguir para a Atividade 6.

Variáveis de estado finais:

- **Desistência 6:** Possibilidade de desistência da criança na Atividade 6, encerrando-se o processo.
- **Desistência 7:** Possibilidade de desistência da criança na Atividade 7, encerrando-se o processo.
- **Desistência 8:** Possibilidade de desistência da criança na Atividade 8, encerrando-se o processo.

Referência:

Parte mais concreta: Referência à parte mais concreta do modelo de computação "Mundo do Tesouro".

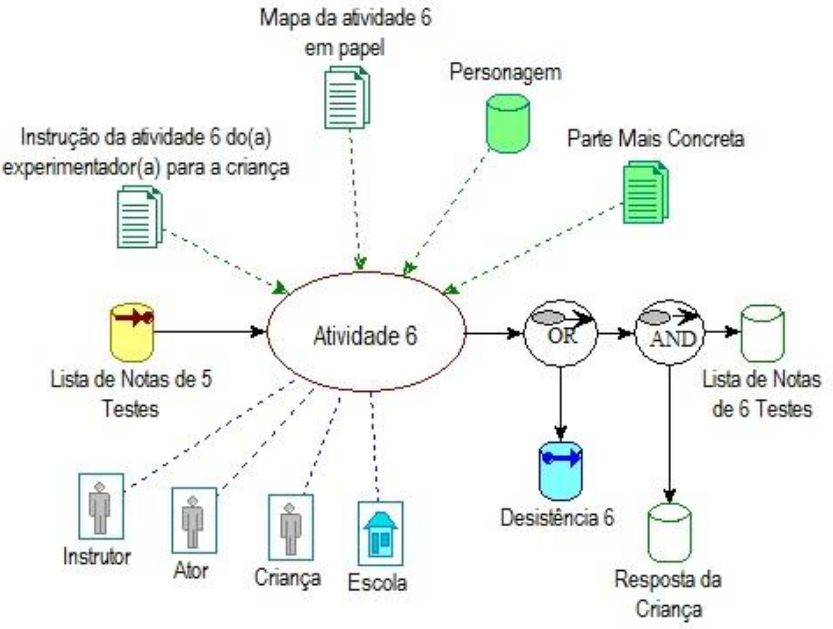


Figura 15 – Elementos do processo "Mundo do Tesouro" – Parte 3 – Atividade 6.

Função de transição:

- **Atividade 6:** Representação da Atividade 6.

Variável de estado inicial:

- **Lista de notas de 5 testes:** A variável de estado inicial Lista de notas de 5 testes indica que a criança realizou a Atividade 5 e poderá prosseguir para a Atividade 6.

Variável de estado final:

- **Desistência 6:** Possibilidade de desistência da criança na Atividade 6, encerrando-se o processo.

Variáveis de estado intermediárias:

- **Resposta da criança:** Registro da resposta da criança na Atividade 6.

- **Lista de notas de 6 testes:** Registro da nota da criança até a Atividade 6, podendo ser 0 a 6.

Variáveis intermediárias contextuais:

- **Infraestrutura ambiental – Escola:** Ambiente agradável e preparado para a execução dos testes.
- **Infraestrutura humana – Criança:** Aluno da Educação Infantil.
- **Infraestrutura humana – Instrutor:** Experimentador capacitado a instruir a criança no que for preciso.
- **Infraestrutura humana Ator:** Experimentador caracterizado de personagem Joe interpretando as instruções da criança.

Referências:

- **Parte mais concreta:** Referência a parte mais concreta do modelo de computação "Mundo do Tesouro".
- **Instrução da atividade 6 em papel:** Instrução em papel para a compreensão da função da Atividade 6.
- **Instrução da atividade 6 do(a) experimentador(a) para a criança:** Um(a) experimentador(a) deverá instruir a criança para a realização da Atividade 6.

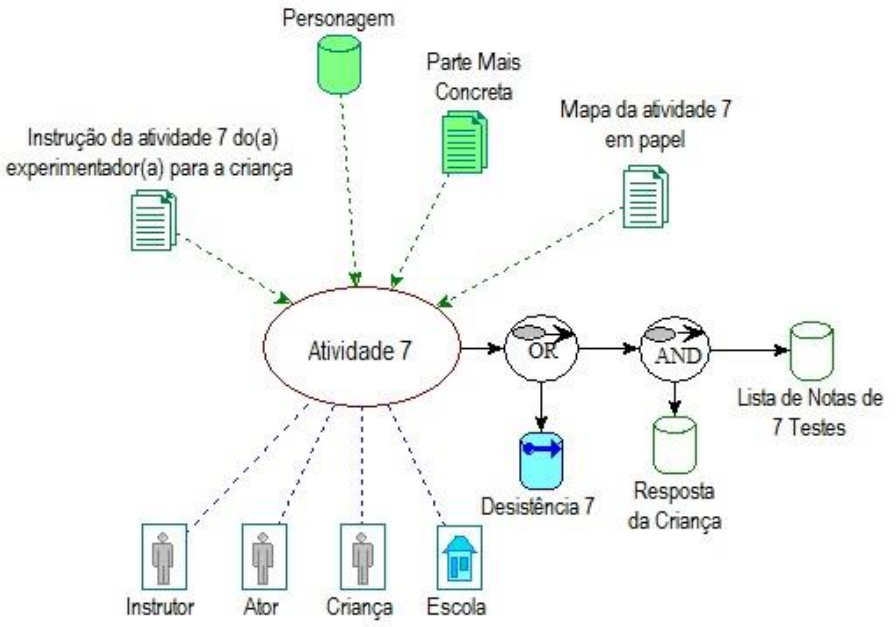


Figura 16 – Elementos do processo "Mundo do Tesouro" – Parte 3 – Atividade 7.

Função de transição:

- **Atividade 7:** Representação da Atividade 7.

Variável de estado inicial:

- **Lista de notas de 6 testes:** A variável de estado inicial Lista de notas de 6 testes indica que a criança realizou a Atividade 6 e poderá prosseguir para a Atividade 7.

Variável de estado final:

- **Desistência 7:** Possibilidade de desistência da criança na Atividade 7, encerrando-se o processo.

Variáveis de estado intermediárias:

- **Resposta da criança:** Registro da resposta da criança na Atividade 7.
- **Lista de notas de 7 testes:** Registro da nota da criança até a Atividade 7, podendo ser 0 a 7.

Variáveis intermediárias contextuais:

- **Infraestrutura ambiental – Escola:** Ambiente agradável e preparado para a execução dos testes.
- **Infraestrutura humana – Criança:** Aluno da Educação Infantil.
- **Infraestrutura humana – Instrutor:** Experimentador capacitado a instruir a criança no que for preciso.
- **Infraestrutura humana – Ator:** Experimentador caracterizado de personagem Joe interpretando as instruções da criança.

Referências:

- **Parte mais concreta:** Referência a parte mais concreta do modelo de computação "Mundo do Tesouro".
- **Instrução da atividade 7 em papel:** Instrução em papel para a compreensão da função da Atividade 7.
- **Instrução da atividade 7 do(a) experimentador(a) para a criança:** Um(a) experimentador(a) deverá instruir a criança para a realização da Atividade 7.

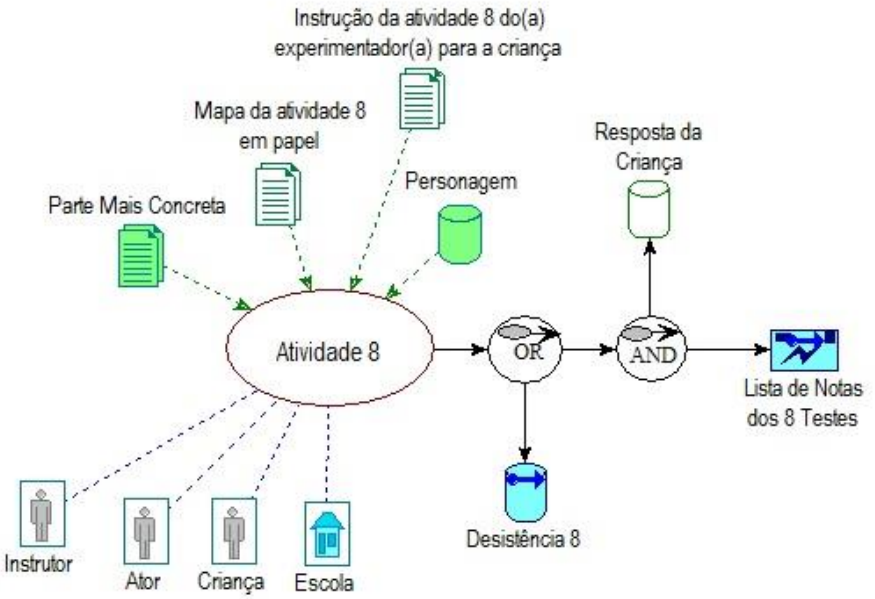


Figura 17 – Elementos do processo "Mundo do Tesouro" – Parte 3 – Atividade 8.

Função de transição:

- **Atividade 8:** Representação da Atividade 8.

Variável de estado inicial:

- **Lista de notas de 7 testes:** A variável de estado inicial Lista de notas de 7 testes indica que a criança realizou a Atividade 7 e poderá prosseguir para a Atividade 8.

Variável de estado final:

- **Desistência 8:** Possibilidade de desistência da criança na Atividade 8, encerrando-se o processo.
- **Lista de notas dos 8 testes:** Lista contendo todas as notas dos 8 testes, encerrando-se o processo.

Variáveis de estado intermediárias:

- **Resposta da criança:** Registro da resposta da criança na Atividade 8.
- **Lista de notas de 8 testes:** Registro da nota da criança até a Atividade 8, podendo ser 0 a 8.

Variáveis intermediárias contextuais:

- **Infraestrutura ambiental – Escola:** Ambiente agradável e preparado para a execução dos testes.
- **Infraestrutura humana – Criança:** Aluno da Educação Infantil.
- **Infraestrutura humana – Instrutor:** Experimentador capacitado a instruir a criança no que for preciso.
- **Infraestrutura humana – Ator:** Experimentador caracterizado de personagem Joe interpretando as instruções da criança.

Referências:

- **Parte mais concreta:** Referência a parte mais concreta do modelo de computação "Mundo do Tesouro".
- **Instrução da atividade 8 em papel:** Instrução em papel para a compreensão da função da Atividade 8.

- **Instrução da atividade 8 do(a) experimentador(a) para a criança:** Um(a) experimentador(a) deverá instruir a criança para a realização da Atividade 8.

Apêndice IV:
Artigo Publicado

O artigo *Computational Thinking and Child Performance in a Preschool*, foi aceito e publicado nos *Proceedings of the 2015 ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education* (ITiCSE), Qualis-CAPES B1 em Ciência da Computação.

Computational Thinking and Child Performance in a Preschool

Gustavo Abreu Caetano
FACCAMP & UNASP
R. Guatemala, 167, Jardim América
Campo Limpo Paulista, SP, Brazil
55 11 4812-9400
gustavo.caetano13@gmail.com

Osvaldo Luiz de Oliveira
FACCAMP
R. Guatemala, 167, Jardim América
Campo Limpo Paulista, SP, Brazil
55 11 4812-9407
osvaldo@faccamp.br

ABSTRACT
Computing has been viewed as a basic activity and should be studied starting in preschool. This work investigates (1) the ability of children attending preschool (3 to 6 years old) to compute with a ludic model of computation and (2) whether there is a correlation between the ability to compute and the performance of children in preschool. The ludic computing model, specially designed for children, is proposed and used in experiments with 41 children attending preschool. The results indicate that the ability to use the proposed model to compute varies with the age of the child and that there is a correlation between this ability and the school performance of the child.

Categories and Subject Descriptors
K.3.2 [**Computers and Education**]: Computer and Information Science Education - *Computer Science Education*.

Keywords
Computational Thinking, Preschool, Kindergarten.

1. INTRODUCTION
Similar to reading, writing, and performing arithmetic operations, the ability to compute has been considered as a basic, fundamental, and essential ability of people [15]. Assuming the principle of the fundamental nature of the activity of computing, studies have been proposed to understand what it means and to analyze the practices derived from it [5].

The term Computational Thinking (CT) has been associated with studies reporting experiments that examine the educational advantages of using computational tools and concepts to think about various domains of knowledge. CT has also been associated with studies not necessarily directed toward formal education but to all people, encompassing ideas and tools, such as CS Unplugged, LEGO Mindstorms, SCRATCH and APP Inventor [6, 13]. In general, studies on CT employ an intuitive notion of computation and aim to export to other domains of knowledge artifacts well known and studied in the field of Computer Science: problem solving, programming, simulation, modeling, game design etc.

Since CT is associated with many contexts and activities, the term CT needs to be defined to avoid possible misunderstandings regarding the sense in which we use it. In this study CT refers to the mental activities required to deal with a model of computation. As will be seen in Section 4 these activities involve abstraction, calculation, design and reading.

This study develops and uses a ludic model of computation, called World of the Treasure, consisting of characters, scenarios and objects. Objects in the model of computation World of the Treasure cause transformations in characters. These transformations are understood as functions in the sense of mathematical functions. A child computes something in World of the Treasure operating with functions. The model of computation World of the Treasure is designed in a way that the child deals with mathematical functions, but need not be aware of the mathematical formalities and procedures of functions.

he aim of this study is to investigate the ability of children attending preschool (3 to 6 years old) to compute and verify whether there is a correlation between the ability to compute on the proposed model and the performance of children in preschool.

The remainder of this paper is organized as follows. Section 2 describes the elements that comprise the model of computation, World of the Treasure. Section 3 shows the relation between World of the Treasure, mathematical functions and possible computational activities to be performed. Section 4 shows what ability a child should have to use the proposed model to compute. The conducted experiment to test the child's ability to use the model to compute is detailed in Section 5. Section 6 presents the results, and Section 7 describes related works. Section 8 highlights the main conclusions, summarizes a few of our views on the work performed and notes directions for further research.

2. MODEL OF COMPUTATION: WORLD OF THE TREASURE
World of the Treasure (WT) was inspired by the Mario video games of the Japanese company Nintendo. WT consists of characters, objects and scenarios and is represented in two ways: (1) printed on paper, as illustrated in Figure 4(a–b) and (2) more concretely, as in theater, with scenarios, real objects and actors playing characters, as illustrated in Figure 6(a).

Characters in WT can perform actions such as jump, walk, run, rotate, and increase and decrease in size. Objects can cause changes in the characters or can be captured by them. Scenario items are used in WT to compose an "atmosphere" for the environment. For example, Figures 4(a–b) shows the character Joe, a mushroom and a thorn object in a countryside scenario. The character Joe performs the action of running. When passing by the mushroom object, the object causes a transformation that

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. Copyrights for components of this work owned by others than ACM must be honored. Abstracting with credit is permitted. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee. Request permissions from permissions@acm.org.
ITICSE '15, July 04 - 08, 2015, Vilnius, Lithuania
Copyright 2015 ACM 978-1-4503-3440-2/15/07…$15.00
http://dx.doi.org/10.1145/2729094.2742592

increases the character's size. When passing by the thorn object, the object causes a transformation that reduces the character size. Figure 6(a) shows an actor playing the character Joe, a scenario consisting of a checkerboard carpet and objects that are chocolate coins. The character can walk on the carpet and capture chocolate coins.

3. FUNCTIONS, WORLD OF THE TREASURE AND COMPUTATIONAL ACTIVITIES

Objects in WT can cause transformations in the characters. These transformations can be seen as mathematical functions. In general, an object can induce a function $f : P \rightarrow P$, where P is the set of characters. Thus, for example, the mushroom in Figure 4(a) induces a function f that takes a character of the set P (domain) and produces a larger character in the set P (image). Similarly, the thorn in Figure 4(b) induces a function g that takes a character of the set P and produces a smaller character in the set P. Figures 1(a) and 1(b) use Venn diagrams to illustrate the functions f and g. Figure 1(c) shows the Venn diagram corresponding to the composite function $g\ (f(p))$ for $p \in P$.

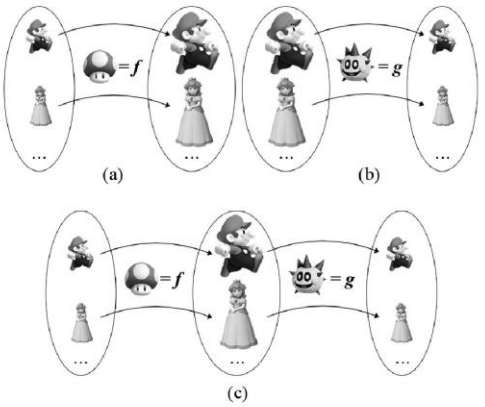


Figure 1. Transformations produced by objects in WT can be seen as mathematical functions, represented here by Venn diagrams: (a) The function f expresses the transformation performed by the mushroom object. (b) The function g expresses the transformation performed by the thorn object. (c) Representation of the composite function $g\ (f(p))$. The ellipsis (...) indicate the presence of other elements in the set P that are not shown here due to a lack of space.

Several types of computing activities can be performed in WT, among which we highlight the following:

- *Type 1 Activity*: The child must infer what a function does based on elements of the domain and their corresponding images. For example, observing the size of the character Joe before he passes by the mushroom (domain element) and the increase in the size of the character Joe after he passes by the mushroom (image), the activity consists of inferring what is the transformation that the mushroom produces (function) (Figure 2(a)).
- *Type 2 Activity*: The child must calculate the value of a function (image) based on an element of the domain and the knowledge of what the function does. For example, the child must calculate what will happen to the character Joe after he passes by the mushroom. This calculation can be made based on (1) the transformation made by the mushroom and (2) who and how is the character before he passes the object mushroom (domain) (Figure 2 (b)).

Figure 2. Type 1 and Type 2 computational activities in WT: (a) Type 1 − Infer what a function does; (b) Type 2 − Calculate the image of a function.

Another type of computing activity that can be performed in WT is the designing ("programming") of a function to perform a task (or transformation). For example, consider the concrete scenario consisting of a checkerboard carpet with quadrants of different colors, with one actor playing the character Joe and being initially placed at the center front quadrant, and chocolate coins in the treasure chest near the right rear quadrant (Figure 3(a)). A map printed on paper (Figure 3(b)) shows the initial position of the character and quadrants containing "bombs". If the character occupies a quadrant containing a bomb, he dies. Having the ability to give verbal instructions to an actor ("turn", "move to the quadrant of the color <color name>"), a task to be designed is to develop a trajectory that makes the character pass, quadrant by quadrant, from its initial position to the position where the treasure chest of chocolate coins is.

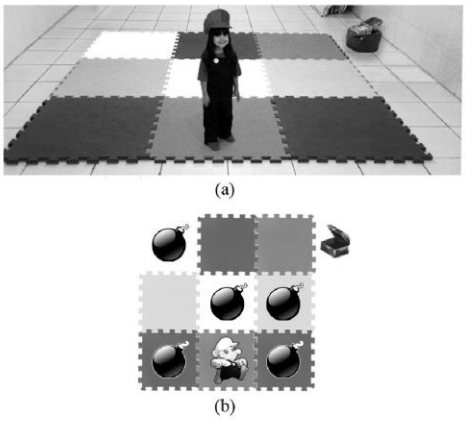


Figure 3. Type 3 computational activity in WT: Design a function for an actor performing a task in a concrete scenario: (a) the concrete scenario and (b) a map. The child should read the map and give verbal instructions to an actor.

4. ABILITY THAT A CHILD SHOULD HAVE TO COMPUTE IN THE WORLD OF THE TREASURE

Different types of activities in WT demand different abilities in a child. Four abilities can be highlighted:

- *Abstraction*: This ability is mainly required in Type 1 activities. The process of analyzing the domain and the image of a function, discovering regularities, and generalizing to infer what a function does demands the ability to abstract.
- *Calculation:* This ability is mainly required in Type 2 activities. Type 2 activities require calculating the value of a known function, also having knowledge of an element of the domain of the function.
- *Designing ("programming") and Verbalization*: This ability is mainly required in Type 3 activities. The activity that leads to a description of how a task should be performed requires the ability to design. In WT, the task description is not written but is spoken; hence, the ability to verbalize is also required.
- *Reading*: Type 1, 2 and 3 activities require the abilities of reading. This occurs because to perform an activity, the child must read and understand the elements of WT, printed on paper or represented concretely.

5. MATERIALS AND METHODS

5.1 Test of Child's Ability to Compute

We developed a test based on the WT activities to measure a child's ability to compute. The test was previously validated in a pilot experiment applied to five children who did not participate in the final experiment. Small problems were fixed in the test, and it was improved. The test consists of eight questions and is divided into three parts. Parts 1 and 2 have questions concerning WT printed on paper, and Part 3 has questions concerning WT represented concretely.

Part 1 (questions 1–3) mainly evaluates the child's ability to abstract and to calculate. Each question in this part has one or two Type 1 activities followed by a Type 2 activity. Figure 4 illustrates a question in this part of the test. Analyzing Figures 4(a) and 4(b), the child must be able to abstract what the mushroom and thorn objects do to the character Joe (Type 1 activity). Considering what has been abstracted and the situation proposed in Figure 4(c), the child has to calculate the transformation of the character Joe after he passes, in sequence, by the mushroom and thorn objects (Type 2 activity). The answer is given by the choice of a card among five possible alternatives. The card chosen as the answer should be pasted in the space reserved for the response (Figure 4(c)).

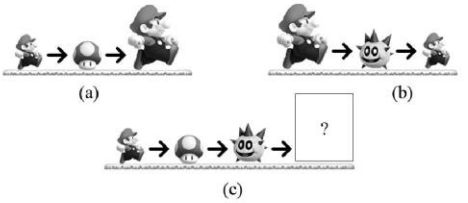


Figure 4. Example of a question from Part 1 of the Test: (a)–(b) The child must abstract what the mushroom and thorn objects do to the character Joe. (c) The child has to calculate the transformation of the character Joe.

Part 2 (questions 4–5) mainly evaluates the child's ability to design and verbalize (Type 3 activities). Each question in this part involves the design and verbalization of instructions to make the character Joe perform a route in a maze, deviating from obstacles, to achieve the goal of arriving at the castle. Figure 5 illustrates a question in this part of the test. The child must verbalize the sequence of instructions (run, jump, and squat) for the character to accomplish the task. The experimenter should note the child's answer.

Part 3 (questions 6–8) also evaluates the child's ability to design and verbalize. While the questions in Part 2 referred to WT printed on paper, the questions in this part refer to WT concretely represented. Each question in this part involves the concrete scenario, consisting of checkerboard carpet with different colors, one actor playing the character Joe, and a map containing quadrants that are empty or that contain objects, such as a "bomb" or a chocolate coin. The child must design and verbalize instructions ("turn", "move to the quadrant of color <color name>", "get a chocolate coin", "drop a chocolate coin") that make the character walk quadrant by quadrant, deviating from "bombs" and collecting chocolate coins along the way.

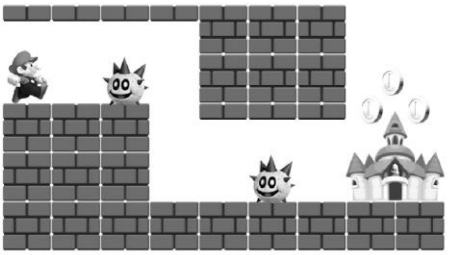


Figure 5. Example of a question from Part 2 of the Test. The child must design and verbalize a sequence of instructions (run, jump, and squat) to make the character Joe move through the maze, deviating from obstacles, to reach the goal of arriving at the castle.

The task of questions 6 and 7 is to develop a trajectory that makes the character come out of its initial position, deviating from "bombs", and achieve the goal of reaching a treasure chest of chocolate coins. The trajectory of Question 6 is simpler than the trajectory of Question 7, and these questions can each be answered by a single block sequence of instructions. Question 8,

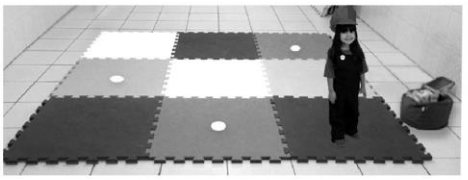
illustrated in Figure 6, is slightly more complicated than questions 6 and 7 because it imposes the design of the repetition of three blocks of instruction sequences. The child should instruct the character to obtain chocolate coins on the carpet and to bring them to the treasure chest. However, there is the restriction that the character must take one coin at a time, which requires the child to think and design three blocks of instruction sequences, one for each chocolate coin.

5.2 Subjects

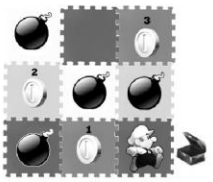
A total of 41 children attending a preschool participated in the survey. Table 1 shows the profile of participants organized into two groups by age. The number of participants represented 13% of the preschool population of the school surveyed. The participants were randomly selected among children whose parents expressed written consent for them to participate in the experiment.

Table 1. Profile of the experiment participants. Ages are shown in decimal notation (e.g., 4.5 represents the age of four years and six months).

Group	Gender, n (%)		Age, years		
	Female	Male	Range	Mean	Median
I	12 (55)	10 (45)	3.0 ├ 4.5	3.9	3.9
II	10 (53)	09 (47)	4.5 ├ 6.0	5.4	5.2



(a)



(b)

Figure 6. Example of the question from Part 3 of the Test. The child must design and verbalize a sequence of instructions ("turn", "move to the quadrant of color <color name>", "get a chocolate coin", and "drop a chocolate coin") to repeat the action to collect chocolate coins and to bring it to the treasure chest one coin at a time.

5.3 Experimental Setup

One room was specially prepared for the experiment to be conducted in. The children, one by one, took part in the experiment in individual sessions designed to avoid bias caused by communication between children. Additionally, to avoid bias caused by the fatigue of the child, the experimental sessions were conducted in two phases, one involving the questions in Parts 1 and 2 and the other phase involving the questions in Part 3. Two experimenters attended all experimental sessions. Each experimental session was performed in approximately 5 minutes and followed the procedure outlined below: (1) the experimenters welcomed the child into the room, dedicating time for the child to integrate with the environment and to be motivated to compute in the WT. Concrete objects and dolls were used to assist in the setting and in the motivation of the child. (2) The questions were submitted one by one. For each question, an experimenter described the question and requested a response from the child. The other experimenter observed the interaction of the child and noted the answers. (3) The experimenters performed a debriefing and offered chocolate coins as a gift for the child.

Aiming to minimize interference in the routine of the children and of the school, the experimental sessions took place over three weeks in the summer of 2014.

6. RESULTS

A score from 0 (completely wrong) to 8 (completely correct) was assigned as result of the test done by a child. Table 2 shows the mean and standard deviation obtained by the groups of children aged 3 (inclusive) up to 4.5 years old and 4.5 (inclusive) up to 6 years old.

Student's *t*-test at 1% significance was used as a statistical measure of the significance of the difference between of the means obtained by the two groups. For the population studied, the *t*-test suggests that there is a significant difference between the means obtained by the two groups (t (39) = 2.75, $p\text{-value} \leq 0.01$). In this case, the mean obtained by the older age group (Group II) were significantly higher than the mean obtained by the younger age group (Group I).

Table 2. Mean (0−8) and standard deviation of the results obtained by the two groups of children.

Group	Range (age)	*n*	Mean (0−8) ± SD
I	3.0 ├ 4.5	22	6.20 ± 1.20
II	4.5 ├ 6.0	19	7.20 ± 1.12

A score to the academic performance of the child was assigned by teachers of the preschool. The scores were described in the Likert scale, having been assigned 2 (very weak), 4 (weak), 6 (regular), 8 (good) and 10 (very good). A correlation analysis was performed between the test score and performance of children in the preschool. As a statistical measure for correlation, was used the Pearson product-moment correlation coefficient, also known as Pearson's *r*. This coefficient is a measure of the linear correlation between two variables. For the population studied the *t*-test at 1% significance, used as a statistical measure of significance for Pearson's *r*, suggests a strong positive correlation between the academic performance of the children and the score obtained by them in the test. Table 3 lists values of Pearson's *r* in each group for correlations between the academic scores and the test scores. Figure 7 shows the scatter plots of the obtained correlations.

Table 3. Pearson's *r* coefficient for correlation between academic scores and test scores.

Group	Pairs	Pearson's *r*	*t*	*p*-value
I	22	0.86 (strong)	7.44	0.0001
II	19	0.74 (strong)	4.51	0.0003

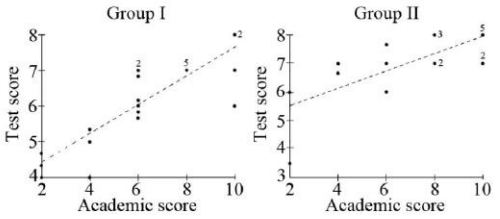


Figure 7. Scatter plot of the correlation between academic scores and test scores. The numbers indicate the amount of coincident points.

Finally, we highlight the following result. We observed a statistically significant difference in the percentage of correct answers in the World of the Treasure printed on paper (questions 1−5, mean = 78%, SD = 19%) and the World of the Treasure concretely represented (questions 6−8, mean = 91%, SD = 22%) (t (39) = 2.82, *p-value* $\leq$ 0.01).

7. RELATED WORK

The idea that computers and various computational artifacts can be used as a tool for thinking about non-computational domains is old and has roots in the work of Papert [9]. The term Computational Thinking (CT), first used by Wing [15], has been used in this sense today. Research in this field has been intense and include studies to investigate what CT is and what we can do with it [5], analyze students' pre-instructional ability to develop algorithms [1], investigate CT in elementary [2, 4, 12], middle [14, 16] and high schools [11]. A review of the state of the art of CT in K-12 is presented in [3]. This work differs from previous ones by the fact of using a model of computation to explicit and to delimit what is understood by CT in context of this study.

Two works are closely related to this study. It is reported in [7] a statistical evidence of a correlation between mental ability to compute and student performance in four undergraduate courses at a university. It is reported in [8] an experimental study that shows a significant correlation between the student's ability to compute and his/her academic performance in a primary school. The main difference of this work to [7] and [8] is the type of model of computation used. While [7] and [8] use a model of computation based on Turing Machines, this study presents a ludic model of computation in which computing activities are activities involving computation of mathematical functions, without that the children are aware that they are dealing with mathematical functions.

8. CONCLUSION

This work assumes the principle that computing is a basic activity required to the processes of all domains and things. This work relies on the generality of mathematical functions to achieve the universality necessary to a computational concept be applied to various domains. The World of the Treasure, employed in this study, is an enjoyable environment that invites the child to work with functions to calculate, reason to infer meanings and solve problems. The agenda of preschool education covers various subjects and areas such as Language, Mathematics, Movement, Nature, Society, perception of identity, and the notion of autonomy. The development of a learning method that exercises the computational aspects present in various subjects has the potential to improve preschool education.

The percentage of correct answers in the test, 77% for the younger group and 90% for the older group, indicates that the child from the preschool has good ability to compute with computing models like World of the Treasure, which has a certain level of abstraction. Even in activities considered more complex, as the repetition of blocks of instruction sequences, the younger group had a good percentage of correct answers (81%).

The highest percentage of correct answers in World of the Treasure concretely represented than in the World of the Treasure in paper, and the finding that the ability to compute on the proposed model vary with the age of the child reflect the Cognitive Theory of Piaget [10]. These results should be taken into consideration when designing approaches that make explicit the computational perspective on learning subjects from the preschool agenda.

The verification of the existence of significant correlation between the ability to compute on the proposed model and the performance of child in a preschool reinforces the validity of the principle that the ability to compute is fundamental. Future studies are needed to determine the cause of this correlation and to verify if teaching-learning methods that make explicit the computational perspective can improve the performance of children in preschool.

Finally, we observe that this paper presents statistical evidence regarding the population studied. The results presented motivate check whether they remain valid for other groups of children attending preschool.

9. ACKNOWLEDGMENTS

We would like to thank all subjects who volunteered for the experiment for their invaluable contribution to this work.

10. REFERENCES

[1] Dwyer, H., Hill, C., Carpenter, S., Harlow, D. and Franklin, D. 2014. Identifying Elementary Students' Pre-instructional Ability to Develop Algorithms and Step-by-Step Instructions. *Proceeding of the 45th ACM Technical Symposium on Computer Science Education* (Atlanta, Georgia, USA, March 05 - 08, 2014). SIGCSE'14. ACM, New York, NY, 511-516. DOI= 10.1145/2538862.2538905.

[2] Feaster, Y., Ali, F., Zhai, J. and Hallstrom, J. O. 2014. Serious Toys: three years of teaching computer science concepts in K-12 classrooms. In *Proceedings of the 2014*

Conference on Innovation & Technology in Computer Science Education (Uppsala, Sweden, June 23 - 25). ITiCSE'14. ACM, New York, NY, 69-74. DOI=10.1145/2591708.2591732.

[3] Grover, S. and Pea, R. 2013. Computational Thinking in K–12: A Review of the State of the Field. *Educational Researcher* 42, 1, 38-43.

[4] Hill, C. 2014. Computational Thinking Curriculum Development for Upper Elementary School Classes. In *Proceedings of the Tenth Annual Conference on International Computing Education Research* (Glasgow, Scotland, UK, August 11 - 13, 2014). ICER'14. ACM, New York, NY, 151-152. DOI=10.1145/2632320.2632327.

[5] Hu, C. 2011. Computational Thinking: what it might mean and what we might do about it. In *Proceedings of the 16th Annual Joint Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education* (Darmstadt, Germany, June 27 - 29, 2011). ITiCSE'11. ACM, New York, NY, 223-227. DOI=10.1145/1999747.1999811.

[6] Imberman, S. P., Sturm, D. and Azhar, M. Q. 2014. Computational Thinking: expanding the toolkit. *Journal of Computing Sciences in Colleges* 29, 6 (Jun. 2014), 39-46.

[7] Oliveira, O. L. 2012. Statistical Evidence of the Correlation between Mental Ability to Compute and Student Performance in Undergraduate Courses. In *Proceedings of the 17th Annual Joint Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education* (Haifa, Israel, July 03 - 05, 2012). ITiCSE'12. ACM, New York, NY, 111-115. DOI=10.1145/2325296.2325326.

[8] Oliveira, O. L., Nicoletti, M. C. and Cura, L. M. 2014. Quantitative Correlation between Ability to Compute and Student performance in a Primary School. In *Proceeding of the 45th ACM Technical Symposium on Computer Science Education* (Atlanta, Georgia, USA, March 05 - 08, 2014). SIGCSE'14. ACM, New York, NY, 505-510. DOI=10.1145/2538862.2538890.

[9] Papert. S. 1993. *Mindstorms: children, computers, and powerful ideas*. 2nd ed. Basic Books, New York, USA.

[10] Piaget, J. and Inhelder, B. 1972. *The Psychology of the Child*. Basic Books, New York, USA.

[11] Settle, A., Franke, B., Hansen, R., Spaltro, F., Jurisson, C., Rennert-May, C. and Wildeman, B. 2012. Infusing Computational Thinking into the Middle- and High-School Curriculum. In *Proceedings of the 17th Annual Joint Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education* (Haifa, Israel, July 03 - 05, 2012). ITiCSE'12. ACM, New York, NY, 22-27. DOI=10.1145/2325296.2325306.

[12] Touretzky, D. S., Marghitu, D., Ludi, S., Bernstein, D. and Ni, L. 2013. Accelerating K-12 Computational Thinking using Scaffolding, Staging, and Abstraction. In *Proceeding of the 44th ACM Technical Symposium on Computer Science Education* (Denver, Colorado, USA, March 06 - 09, 2013). SIGCSE'13. ACM, New York, NY, 609-614. DOI= 10.1145/2445196.2445374.

[13] Turbak, F., Pokress, S. C. and Sherman, M. 2014. Mobile Computational Thinking with APP Inventor 2. *ACM Journal of Computing Sciences in Colleges 29*, 6 (Jun. 2014), 15-17.

[14] Werner, L., Denner, J., Campe, S. and Kawamoto, D. C. 2012. The Fairy Performance Assessment: Measuring Computational Thinking in Middle School. In *Proceedings of the 43rd ACM technical symposium on Computer Science Education* (Raleigh, North Carolina, USA, February29–March 3, 2012). SIGCSE'12. ACM, New York, NY, 215-220. DOI=10.1145/2157136.2157200.

[15] Wing, J. 2006. Computational Thinking. *Communications of the ACM* 49, 3 (Mar. 2006), 33-35. DOI=10.1145/1118178.1118215.

[16] Yadav, A., Mayfield, C., Zhou, N., Hambrusch, S. and Korb, J. T. 2014. Computational Thinking in Elementary and Secondary Teacher Education. *ACM Transactions on Computing Education 14*, 1 (Mar. 2014), 1-16.