



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO DE COMPUTAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA**

**PROCESSO DE DESIGN PARA UM OBJETO DE
APRENDIZAGEM TANGÍVEL**

Isomar Lima da Silva

Manaus - Amazonas
Agosto de 2016

ISOMAR LIMA DA SILVA

**PROCESSO DE DESIGN PARA UM OBJETO DE
APRENDIZAGEM TANGÍVEL**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Informática da Universidade Federal do Amazonas, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Informática. Área de concentração: Inteligência Artificial.

Orientadora: Prof^a. D.Sc. Thaís Helena Chaves de Castro

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

S586p SILVA, Isomar Lima
Processo de design para um objeto de aprendizagem tangível /
Isomar Lima SILVA. 2016
135 f.: il. color; 31 cm.

Orientadora: Thaís Helena Chaves de Castro
Dissertação (Mestrado em Informática) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Processo de design. 2. Ensino da matemática. 3. Objeto de aprendizagem tangível. 4. Design multicamadas. I. Castro, Thaís Helena Chaves de II. Universidade Federal do Amazonas III. Título



PODER EXECUTIVO
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO DE COMPUTAÇÃO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA



FOLHA DE APROVAÇÃO

"Processo de Design para um Objeto de Aprendizagem Tangível"

ISOMAR LIMA DA SILVA

Dissertação de Mestrado defendida e aprovada pela banca examinadora constituída pelos Professores:

Profa. Thaís Helena Chaves de Castro - PRESIDENTE

Prof. Alberto Nogueira de Castro Junior - MEMBRO INTERNO

Profa. Elaine Harada Teixeira de Oliveira - MEMBRO INTERNO

Prof. Crediné Silva de Menezes - MEMBRO EXTERNO

Manaus, 26 de Agosto de 2016

Aos meus pais e meus irmãos.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente A DEUS, pelo dom da vida.

À Profa.^a Dra.^a Thais Helena de Castro Chaves, minha orientadora e exemplo profissional, pelo apoio, pela confiança compreensão em momentos difíceis e por é claro acreditar em meu potencial de uma forma a que eu não acreditava ser capaz de corresponder. Quando “crescer”, eu quero ser como você.

À meus pais, meu infinito agradecimento. Sempre acreditaram em minha capacidade e me acharam O MELHOR de todos, mesmo não sendo. Isso só me fortaleceu e me fez tentar, não ser O MELHOR, mas a fazer o melhor de mim. Obrigado pelo amor incondicional!

Agradeço de forma especial aos amigos Oziel Antunes, Rayol Neto, Michel Yvano, amigos fieis que estiveram ao meu lado em momentos cruciais da elaboração dessa dissertação. Agradeço também aos amigos Caio Gregoratto e Bernardo Gatto, pela incrível disponibilidade oferecida. Vocês foram simplesmente essenciais.

À meus irmãos, o meu agradecimento especial, pois, a seu modo, sempre se orgulharam de mim e confiaram em meu trabalho. Obrigada pelo o apoio e confiança!

À Nayara Abreu que compartilhou comigo momentos de angustia e preocupações em grande parte dessa jornada com palavras de apoio e incentivo incondicional.

À FAPEAM Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas pelo apoio financeiro e ao programa de pós graduação em informática PPGI- IComp-UFAM.

“Se não puder voar, corra. Se não puder correr, ande. Se não puder andar, rasteje. Mas continue em frente de qualquer jeito”.

(Martin Luther King)

Resumo

Manipular objetos físicos é uma prática utilizada como complemento à aprendizagem de matemática de crianças e adolescentes no contexto escolar. Materiais concretos, ou manipuláveis, são recursos muito usados por professores das séries iniciais do ensino fundamental como auxílio para aprendizagem de conceitos matemáticos mais abstratos.

No entanto quando falamos não apenas do uso desses objetos (manipuláveis) mas também da criação para essa finalidade, não há uma variedade de conteúdo (especificidades) ou processo que auxiliem na junção de um material manipulável e a tecnologia em si.

No caso da matemática, como os objetos concretos já estão presentes na escola, propomos como alternativa apresentar o processo de design que possibilita a integração entre técnicas computacionais e objetos concretos conhecidos para desenvolver um novo tipo de recurso didático, objetos de aprendizagem tangíveis (com recursos computacionais agregados), enriquecendo ainda mais a experiência de aprendizagem. Dessa forma, o estudante cria um interesse pela manipulação dos objetos de aprendizagem tangíveis através das diversas possibilidades de interação e passa a se tornar construtor de seu conhecimento.

Nesta dissertação, portanto, apresentamos um processo de design para objetos de aprendizagem tangíveis para matemática. Apresentamos também especificações para criação desses objetos para apoiar o ensino de Matemática, exemplificada através de um *design* multicamadas para o objeto de aprendizagem “Tangram Tangível”.

Palavras-chave

Processo de design, ensino da matemática, objeto de aprendizagem tangível.

Abstract

Manipulating physical objects is a practice used to supplement Mathematics learning for children and adolescents in the school context. Concrete materials, or manipulatives, are resources often teachers use from early grades of elementary school until basic education the last grades as an aid to improve learning of more abstract mathematical concepts.

However, when mentioning not only use of these manipulatives but also their creation for learning purpose, there is a variety of content (specificities) or a hidden process to assist in the addition of a manipulative and the technology itself.

In the specific case of geometry (a branch of Mathematics), as the manipulatives are already part of most schools' materials, we propose a design process that enables the integration of computational techniques and current manipulatives creating a new type of teaching resource, called tangible learning objects, further enriching student's' learning experience. Thus, the student creates an interest in the tangible learning object through the various possibilities of interaction with it and goes on to become builder of his own knowledge.

In this thesis, therefore, we present a design process for tangible learning objects for mathematics (geometry). We also present specifications to create these objects to support the teaching of mathematics, exemplified by a multi-layer design for the learning object "Tangible Tangram".

Keywords

Design process, Mathematics teaching, tangible learning object.

Lista de abreviaturas e siglas

LEGO *Leg Godt*

TIC Tecnologia da Informação e Comunicação

IDE *Integrated Development Environment*

TA Tecnologia Assistiva

ASD *Autism spectrum disorder*

PCN Parâmetros Curriculares Nacionais

DV Deficientes Visuais

IHC Interação Humano-Computador

TUI *Tangible User Interfaces*

NCTM *National Council of Teachers of Mathematics*

P2P *Peer-To-Peer*

ASD *Autism Spectrum Disorders*

UCD *User-Centered Design*

PCN Parâmetros Curriculares Nacionais

KNN K-Nearest Neighbor

OA Objetos de Aprendizagem

OAF Objetos de Aprendizagem Funcionais

Lista de figuras

Figura 1 Pilares para desenvolvimento de um projeto de computação física.	16
Figura 2 Tabuleiro do jogo resta um. Fonte: Fabiano, 2010.	24
Figura 3 Micro controlador Arduino. Fonte:	59
Figura 4 Descrição geral sobre a revisão sistemática da literatura..	25
Figura 5 Total de publicações retornadas pela Sting de busca.	26
Figura 6 Dados Gerais . Gomes et al, 2005.	46
Figura 7 Processo de Design em BPMN. Fonte: Autor, 2016.	50
Figura 8 Componentes da elicitação de requisitos.....	51
Figura 9 IHC: ciclo de design centrado no usuário ISO 13407.	54
Figura 10 Metodologia. Fonte: Autor, 2016.	55
Figura 11 Camadas de design.	57
Figura 12 Casa formada com peças do Tangram. Fonte: Autor, 2016.	66
Figura 13 Marcações dos sensores na figura casa. Fonte: Autor, 2016.	66
Figura 14 (a) Circuitos das peças. Fonte: Autor, 2016.	67
Figura 15 (b) Circuitos das peças. Fonte: Autor, 2016.	67
Figura 16 (c) Circuitos das peças. Fonte: Autor, 2016.	68
Figura 17 Desenho da Figura 1 em uma folha de cartolina.	68
Figura 18 Recorte das peças em uma folha de emborrachado.	69
Figura 19 Peça de papelão com o circuito. Fonte: Autor, 2016.	69
Figura 20 Peça do tangram com o tecido inteligente. Fonte: Autor, 2016.	70
Figura 21 Circuito da base do tangram. Fonte: Autor, 2016.	70
Figura 22 Circuito montado na folha de papel. Fonte: Autor, 2016.	70
Figura 23 Circuito montado na folha de papel. Fonte: Autor, 2016.	71
Figura 24 Base com tecido inteligente para reconhecimento das peças.	71
Figura 25 Peças do tangram sendo reconhecida no circuito.....	71
Figura 26 Teste Tangram com o App. Fonte: Autor, 2016.	72
Figura 27 Telas do AppTangram. Fonte: Autor, 2016.	74
Figura 28 Circuito conectando módulo bluetooth HC-06 ao Arduino.....	76
Figura 29 Microcontrolador Arduino. Fonte: Autor, 2016.....	77
Figura 30 ChuangZhuo Male to Male. Fonte: dx.com, 2016.	77
Figura 31 Super-Strong Race-Earth RE Magnets. Fonte: dx.com, 2016.	77
Figura 32 Sensor de efeito Hall. Fonte: dx.com, 2016.	78
Figura 33 ESP-202 ESP8266 Serial Wi-Fi Module. Fonte: dx.com, 2016.	78
Figura 34 Módulo NRF24L01- WiFi e Arduino. Fonte: Autor, 2016.	79
Figura 35 Visão geral do protótipo (Rede de Arduinos). Fonte: Autor, 2016.	80
Figura 36 Marcações para os sensores hall.	81
Figura 38 Peça triangulo com sensores.....	81
Figura 37 Peças triângulos e quadrado finalizadas. Fonte: Autor, 2016.	81

Lista de tabelas

Tabela 1 Tabela de trabalhos relacionados	34
Tabela 2 Materiais concretos para o ensino de matemática	40
Tabela 3 Conteúdos alcançados com o Tangram.....	43
Tabela 4 Estrutura básica do programa em linguagem C	84
Tabela 5 Matriz operador Sobel.....	88
Tabela 6 Descrição e disposição técnicas dos protótipos	98
Tabela 7 Média dos questionamentos	103

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1- INTRODUÇÃO	11
1.2 Motivação	12
1.3 Objetivos	13
1.4 Hipótese	14
1.5 Metodologia.....	14
1.5.2 Locus da Pesquisa	16
1.5.3 Sujeitos da Pesquisa	17
1.6 Organização da dissertação	17
CAPÍTULO 2- FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
2.1. Especificidades da Aprendizagem Matemática.....	20
2.1.1 O Lúdico como ferramenta de auxílio na aprendizagem da matemática	20
2.1.2 O ensino da matemática nas escolas.....	23
2.2 Trabalhos relacionados	24
2.3.1 Resultados da RSL	26
2.4 Considerações	33
CAPÍTULO 3- OBJETOS DE APRENDIZAGEM PARA MATEMÁTICA	35
3.1 Definições	35
3.2 Objetos concretos e possibilidades de objetos de aprendizagem tangíveis na matemática.....	39
3.3 Dificuldades em Geometria Plana	42
3.4 Especificação de objetos de aprendizagem funcionais.....	45
CAPÍTULO 4- PROCESSO DE DESIGN DE ARTEFATOS TANGÍVEIS PARA CRIANÇAS	48
4.1 Processos e métodos para o desenvolvimento de OAs Tangíveis para Matemática.....	48
CAPÍTULO 5 – PROTOTIPAÇÃO	56
5.1 Objetos de Aprendizagem Tangíveis	56
5.2 O Protótipo e o Design Multicamadas	56
5.3 Micro controlador Arduino.....	59

5.2.1 Arduino como ferramenta educacional	60
5.2.1 Primeiro Protótipo.....	65
5.2.2 Segundo Protótipo.....	76
5.2.3 Terceiro Protótipo.....	83
5.3 Especificação para Objetos de Aprendizagem Tangíveis	93
5.3.1 Características dos protótipos	97
5.4 Conclusão do Capítulo	99
CAPÍTULO 6- AVALIAÇÃO	100
6.1 Avaliação Formativa do Protótipo 1	100
6.1.1 Instrumentos	100
6.1.2 População	101
6.1.3 Tarefas.....	101
6.1.4 Aplicando a técnica <i>Think Aloud Protocol</i> (App)	101
6.1.5 Resultados observados	102
6.2 Avaliação Somativa do Protótipo 2	105
6.2.1 Instrumentação	106
6.2.2 População	106
6.2.3 Tarefas.....	106
6.2.4 Aplicando a técnica <i>Think aloud Protocol</i> (App)	107
6.2.5 Resultados observados	107
6.3 Avaliação de Validação do Protótipo 3	108
6.3.1 Instrumentação	109
6.3.2 População	110
6.3.4 Tarefas.....	110
6.3.5 Aplicando a técnica <i>Think-aloud Protocol</i> (Software).....	110
6.3.6 Resultados observados	110
CAPÍTULO 7 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	114
7.1 Conclusão	114
7.2 Contribuições	115
7.3 Trabalhos futuros	116
REFERÊNCIAS	117
APÊNDICE	126

CAPÍTULO 1- INTRODUÇÃO

Neste capítulo serão apresentados o contexto do trabalho, a motivação da pesquisa e a questão da investigação. Também serão apresentados os objetivos, a justificativa e a estrutura desta dissertação.

Os processos de *design* de IHC, em sua maioria, não seguem de forma obrigatoriamente seriada, podendo ser que após ter passado por uma determinada fase, o *designer* volte a alguma fase anterior para alterar algo ou analisar novamente e então continue o projeto, o que caracteriza a iteração ou *design* de interação.

O *Design* de interação é um fator indispensável ao se desenvolver *softwares* interativos ou produtos [OLIVEIRA, 2013] como: celular, videogame, impressora, guichê eletrônico, entre outros. Define aspectos essenciais dos produtos interativos e preocupações que surgem durante os processos de *design* de criação. Seu objetivo em redirecionar estas preocupações é trazer um olhar crítico sobre avaliação utilizando as perspectivas de uso e comunicação para dentro do processo de *design*. Por este motivo, o *Design* de Interação tem sido objeto de estudo de diversas pesquisas relatadas na literatura.

O foco da pesquisa e do estudo em *design* de interação são as relações humanas tecidas através dos artefatos interativos, que funcionam também como meios de comunicação interpessoal, além de aspectos centrais referentes ao uso real e como são utilizados para a avaliação de produtos interativos [BARBOSA; SILVA, 2010]. É importante, então, que durante todo o processo de desenvolvimento do *software* ou artefato tangível, seja observado o comportamento e a intenção dos diversos níveis de usuários e da própria equipe de *design*, confrontando e revendo os objetivos.

Este trabalho apresenta o processo de *design* para objetos educacionais tangíveis e propõe especificidades para esses objetos, incorporando as características de objetos concretos para apoiar o ensino da Matemática, concretizada através de um *design* multicamadas do artefato “Tangram Tangível”. Esse processo de *design* [LIMA et al, 2016] utiliza um

processo baseado em “*Human Centred Design*”, HCD (Design Centrado no Ser Humano) [EVAN, 1999] o qual é resultante da experiência de cinco anos do grupo de pesquisa em Acessibilidade no IComp/UFAM com *design* de artefatos para crianças autistas, esboçada no processo de *design* inclusivo descrito em [LUCKE AND CASTRO, 2016]. Em HCD os usuários dos artefatos são considerados humanos, com desejos, mudanças de humor, variação na criatividade, atenção e etc. [EVAN, 1999]. Os métodos utilizados em HCD envolvem tanto os *stakeholders* quanto as pessoas que irão de fato utilizar os artefatos. Para isso, são utilizados diversos métodos para capturar as opiniões e desejos dos envolvidos no processo. Desses métodos, o que mais se aproxima ao nosso processo de *design* de artefatos para crianças é o *Design Participativo* (DP) [ROSEMBERG et al, 2008].

Dessa forma, o processo de *design* utilizado segue o *design* participativo, em escala menor e com menos pessoas envolvidas, considerando fatores específicos do contexto de adaptação de objetos concretos para ensino de matemática. Nossa proposta, portanto, é voltada para crianças e adolescentes, que não poderiam participar dos *workshops* típicos do DP como construtores de protótipos, uma vez que os objetos concretos já existem. O DP, neste caso, é concretizado através do processo de *design* proposto.

A utilização do DP para o projeto de artefatos para crianças é discutida neste trabalho com base nos resultados de experimentos aplicados a um cenário real de *design* de um objeto de aprendizagem tangível para auxiliar na aprendizagem de matemática.

1.2 Motivação

A motivação principal para este trabalho apoia-se, em primeiro lugar nas poucas especificações de *design* para objetos tangíveis, especialmente utilizando o conceito de objetos de aprendizagem para apoiar o ensino da matemática. Na revisão sistemática da literatura realizada para esta pesquisa constatamos que os docentes de ensino fundamental costumam recorrer a dois tipos de recursos didáticos: os materiais manipulativos ou concretos que ajudam a tornar mais compreensíveis as abstrações matemáticas; e os

computadores pessoais disponíveis nos laboratórios de informática para ajudar na realização de tarefas que envolvam conceitos matemáticos.

O problema recorrente é que nem todas as escolas possuem laboratórios que oferecem esses recursos aos alunos por diversos fatores como: custo de aquisição e manutenção, número de computadores limitados por aluno, burocracia escolar e falta de preparação por parte dos professores [KAMII et al., 2001], [FIORENTINI and MIORIM, 2004].

Pesquisas mostram que os materiais manipulativos há muito vêm despertando o interesse dos alunos, pois esses recursos trazem ludicidade ao aprendizado o tornando mais interessante e menos maçante, e com isto as discussões que envolvem o ensino de matemática, independente da metodologia utilizada, fazem referência a esse recurso [COSTA; GUEDES; MIRANDA, 2016].

Já que os materiais manipuláveis possuem uma grande aceitação por parte de professores e alunos, surge a motivação de combinar tecnologia a manipuláveis presentes em salas de aulas do ensino fundamental, gerando assim, especificações de design para uma nova forma de objetos de aprendizagem, os objetos de aprendizagem tangíveis para o ensino de matemática. Isso possibilita que outros manipuláveis possam ser prototipados usando tecnologia e assim transformar esses objetos em interfaces tangíveis para educação, possibilitando a expansão das possibilidades oferecidas pelos mesmo.

1.3 Objetivos

O objetivo desta pesquisa é definir, especificar um processo de design de objetos de aprendizagem tangíveis no contexto de aprendizagem de matemática (geometria plana) para crianças e adolescentes de 7 a 12 anos cursando o ensino fundamental. Para isso, os seguintes objetivos específicos serão também atingidos:

- Descrever técnicas que enfatizam como incorporar recursos computacionais aos elementos físicos;
- Apoiar os designers no projeto de interfaces tangíveis com prototipação colaborativa de tangíveis;

- Testar e validar aspectos e partes específicas do protótipo durante e após seu desenvolvimento;
- Observar o efeito da interação e aprendizagem entre as crianças participantes dos testes para utilização e validação do protótipo desenvolvido.

1.4 Hipótese

Seguindo um processo de *design* específico para adaptação de material concreto para apoiar o ensino de matemática é possível definir estratégias de uso da tecnologia existente para transformá-los em objetos de aprendizagem tangíveis.

1.5 Metodologia

Para a elaboração deste trabalho utilizou-se uma pesquisa bibliográfica com base em materiais elaborados sobre o assunto, em conjunto com uma metodologia de pesquisa qualitativa, cujo objetivo foi explicar o porquê das coisas, explorando o que necessitava ser feito sem identificar os valores que impedissem a prova de dados, porque os dados analisados por este método não estão baseados em números [YIN, 2010].

Utilizou-se também, em momentos diferentes, o método quantitativo, à medida que se tornou necessário buscar resultados que pudessem ser quantificados, por meio da coleta de dados com instrumentos formais e estruturados de uma maneira mais organizada e intuitiva [YIN, 2010].

Dentro da metodologia quali-quantitativa este trabalho utilizou aspectos de pesquisa exploratória e pesquisa experimental, onde segundo Pimentel [2011], a pesquisa exploratória busca constatar algo em um organismo ou em determinado fenômeno de maneira a se familiarizar com o fenômeno investigado de modo que o próximo passo da pesquisa pode ser melhor compreendido e com maior precisão. Já a escolha da pesquisa experimental foi feita por a mesma envolver experimentos que auxiliam no desenvolvimento da pesquisa.

1.5.1 Procedimentos metodológicos

Como parte da metodologia deste trabalho os procedimentos metodológicos visam seguir um conjunto de etapas listadas neste capítulo para atingir os objetivos propostos.

Coleta de dados- Preparação de instrumentos de coleta de dados: Aqui foram elaboradas atividades como a confecção dos instrumentos de coleta de dados e o protocolo de procedimentos além da coleta de informações necessárias para o desenvolvimento do protótipo com pesquisas exploratórias com profissionais da área pedagógica com intuito de extrair informações sobre o público alvo crianças de 7 a 12 anos. Ainda relacionado à coleta de dados foram realizadas pesquisas bibliográficas em busca de trabalhos relacionados ao tema. Quanto a este método, Severino afirma que:

Consiste em selecionar a bibliografia referente à problemática abordada, fazendo resumos, fichamentos, análises e sínteses, de fontes que possibilitem a nós o embasamento para confirmar a fundamentação do problema [Severino 2002, p. 78].

Para a coleta de dados, foi utilizada a entrevista estruturada. Este tipo de entrevista foi escolhido por permitir ao pesquisador observar o entrevistado, suas reações ao responder as perguntas, além do fato de as pessoas, em geral, preferirem se manifestar por meio da fala [GOLDEMBERG, 2001]. Outro fator que motivou a escolha desse tipo de entrevista (coleta de dados) foi o fato de a mesma permitir uma maior interação entre entrevistador e entrevistado facilitando o esclarecimento das questões abordadas [CHIZZOTTI, 2001, p. 45].

Análise de dados – coleta de dados e análise de requisitos são essenciais para se obter uma pesquisa experimental bem-sucedida. A análise e interpretação dos dados tenta evidenciar as relações existentes entre o assunto estudado e outros fatores além de analisar correlações entre os dados obtidos nos instrumentos de coleta, como questionários e entrevistas e as hipóteses formuladas [MARCONI, 2007].

Ciclo de desenvolvimento do projeto – nesta fase a solução proposta foi implementada, ou seja, foram realizadas a modelagem do

ambiente, construção dos objetos em Arduino, implementação e a implantação em si.

Através de uma metodologia voltada para pesquisas e desenvolvimentos de projetos em computação física descrita por Nedic [2003], no artigo “*Remote Laboratories Versus Virtual And Real Laboratories*” se estabelece cinco pilares que compõem o desenvolvimento metodológico de um projeto de computação física, mostrados na Figura 1.

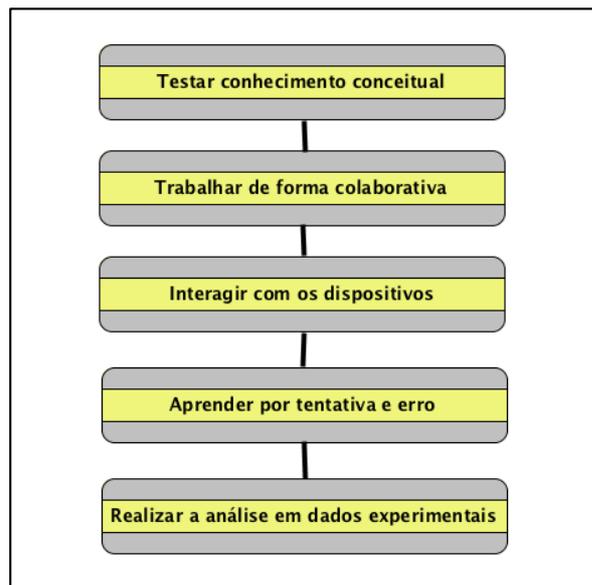


Figura 1 Pilares para desenvolvimento de um projeto de computação física. Fonte: Nedic, 2013 adaptada pelo autor.

Esses cinco pilares possibilitam o desenvolvimento das habilidades práticas, pois estimulam a metodologia do passo-a-passo que por sua vez, instiga a prática das repetições necessárias para o amadurecimento no contexto da prototipagem com micro controladores [NEDIC et al, 2003].

1.5.2 Locus da Pesquisa

A experimentação com o artefato resultante da pesquisa foi realizada com 2 crianças de 7 e 8 anos cursando o primeiro ciclo do ensino fundamental e 4 crianças de 12 anos de uma escola pública, de tempo integral, cursando o 7º. ano do ensino fundamental. Os testes foram realizados em um laboratório da universidade, onde o objeto de aprendizagem tangível poderia ser melhor calibrado e o registro das interações realizados com maior precisão.

1.5.3 Sujeitos da Pesquisa

Crianças de 7 a 12 anos cursando o ensino fundamental.

1.5.4 Instrumentos de Medida

Além da metodologia de Nedic [2003] usada como apoio, o instrumento de medida foi observacional procurando coletar o desempenho dos alunos no ensino da matemática formal e depois através da utilização de interfaces tangíveis. Outro instrumento de coleta foi a aplicação de questionários conduzidos em forma de entrevistas estruturadas.

1.6 Organização da dissertação

Acompanhando o processo de design de artefatos tangíveis para apoiar a aprendizagem de crianças em Matemática [LIMA et al, 2016], essa dissertação está estruturada da seguinte forma:

Capítulo 2

Aborda os principais conceitos sobre ensino de Matemática, relacionados a algumas teorias de aprendizagem e ao papel que elas desempenham no ensino fundamental, aliando essa prática ao uso da plataforma eletrônica Arduino como ferramenta de apoio ao ensino de matemática.

Capítulo 3

Este capítulo aborda o uso dos objetos de aprendizagem, materiais concretos e sua tangibilização para aprendizagem de matemática no Ensino Fundamental, assim como sua utilidade como ferramenta de apoio à aprendizagem de conceitos de geometria.

Capítulo 4

Neste capítulo é apresentado o processo de design de artefatos tangíveis, utilizando as abordagens design centrado no ser humano (HCD) e *Design Participativo*.

Capítulo 5

Este capítulo aborda o desenvolvimento do protótipo do objeto de aprendizagem tangível “Tangram Tangível” bem como o desenvolvimento do App que compõe este protótipo.

Capítulo 6

Este capítulo aborda as avaliações dos protótipos desenvolvidos e os respectivos métodos usados em cada avaliação.

Capítulo 7

Neste capítulo são apresentadas as conclusões obtidas no decorrer do trabalho bem como as principais contribuições e sugestões que o mesmo oferece para trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2- FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo contextualiza os principais conceitos sobre matemática e teoria da aprendizagem na educação infantil.

O conceito de aprendizagem emergiu das investigações empiristas em psicologia, ou seja, de investigações levadas a termo com base no pressuposto de que todo conhecimento provém da experiência. Isso significa afirmar o primado absoluto do objeto e considerar o sujeito como uma tábula rasa, uma cera mole, cujas impressões do mundo, fornecidas pelos órgãos dos sentidos, são associadas umas às outras, dando lugar ao conhecimento, ou seja, os sentidos são uma importante ferramenta de interação para aprendizagem [GARDNER, 1990].

Aprendizagem por ser um processo pelo qual as competências, habilidades, conhecimentos, comportamento ou valores são adquiridos ou modificados, como resultado de estudo, experiência, formação, raciocínio e observação. Este processo pode ser analisado a partir de diferentes perspectivas, de forma que há diferentes teorias de aprendizagem tais como: Behaviorismo e Epistemologia Genética de Piaget que consiste em parte numa combinação em experiências com crianças a partir do nascimento até a adolescência [SILVA, 2004].

Aprendizagem é uma das funções mentais mais importantes em humanos e animais e também pode ser aplicada a sistemas artificiais. Para o ser humano está relacionada à educação e desenvolvimento pessoal. Deve ser devidamente orientada e é favorecida quando o indivíduo está motivado. O estudo da aprendizagem utiliza os conhecimentos e teorias da neuropsicologia, psicologia, educação e pedagogia [GARDNER, 1990].

A aprendizagem como um estabelecimento de novas relações entre o ser e o meio ambiente tem sido objeto de vários estudos empíricos em animais e seres humanos. O processo de aprendizagem pode ser medido através das curvas de aprendizagem, que mostram a importância da repetição de certas predisposições fisiológicas, de "tentativa e erro" e de períodos de descanso, após o qual se acelera o progresso. Esses estudos

também mostram o relacionamento da aprendizagem com os reflexos condicionados. [SILVA, 2004].

2.1. Especificidades da Aprendizagem Matemática

No ambiente escolar, o ensino da matemática ainda acontece de forma tradicional dificultando o desenvolvimento dos sentidos, da afetividade, da linguagem, da motricidade e da inteligência que se integram e se completam num processo contínuo de interação [SANTOS, 2016]. O ensino da matemática não deve ser um instrumento disciplinador e excludente, mas sim um ato lúdico.

Nessa visão, a criança sente prazer ao brincar, sendo a mesma que reproduz a realidade, expressa sentimentos, cria seu próprio mundo e desenvolve a interação com o seu outro social [PEREIRA, 2013]. Mas, a construção desse conhecimento pelos alunos ainda está muito longe porque a prática desenvolvida por muitos professores ainda é arcaica [SANTOS, 2016].

Na escola, desde o início da educação formal, a criança deve envolver-se com atividades matemáticas que a eduquem e que ao manipular os objetos concretos, ela construa a aprendizagem de forma significativa, pois o conhecimento matemático se revela como uma estratégia para elaborar as intermediações criadas pelo homem, entre sociedade e natureza.

As crianças estabelecem relações que as aproximam de alguns conceitos, descobrem procedimentos simples e desenvolvem atitudes perante a matemática.

2.1.1 O Lúdico como ferramenta de auxílio na aprendizagem da matemática

O lúdico está relacionado diretamente aos jogos e com o ato de brincar, logo, na perspectiva da educação é aprender brincando ou jogando, através de atividades direcionadas e com suas intencionalidades predefinidas [RIZZI, 1997].

O trabalho com ferramentas lúdicas no processo de ensino e aprendizagem tem sua importância na colaboração para a melhor assimilação dos conceitos, uma vez que a criança desenvolve o raciocínio e constrói seu conhecimento de forma simples. Sendo assim, o professor vê este tipo de ferramenta como uma alternativa positiva para auxiliar no melhor desenvolvimento da criança.

Vygotsky, um grande pensador da educação, afirma que o brinquedo tem intrínseca relação com o desenvolvimento da criança, especialmente na idade pré-escolar. O lúdico colabora enormemente para o desenvolvimento da criança, pois é através da interação que a criança aprende a agir, sua curiosidade é estimulada, adquire iniciativa e autoconfiança, proporciona o desenvolvimento da linguagem, do pensamento e da concentração.

Para Vygotsky, a estimulação é interna, e depende do lúdico/brinquedo/jogo para se desenvolver o primeiro estímulo ao aprendizado [VYGOTSKY, 1989]. O jogo naturalmente contribui para a prosperidade do grupo social, visto que a criança joga e brinca dentro da mais perfeita seriedade. Hoje sabemos que brincando se aprende e, se essas ações não forem adequadas com o foco de aprendizagem, não ocorrerá à promoção satisfatória do desenvolvimento da criança [MONTEIRO, 2015].

É importante destacar ainda, que o trabalho com os recursos lúdicos colabora para uma maior interação entre alunos, professores e demais envolvidos no processo, pois há um estímulo nas relações dos envolvidos. Em uma esfera maior, a criança que está em constante evolução e aprendizado, vê nas ferramentas de auxílio à aprendizagem uma melhor possibilidade de interagir com os demais colegas, uma vez que com objetos concretos ela é convidada a expressar, assimilar e construir a sua realidade, o que acontece de maneira natural [RIZZI, 1997].

Ensinar Matemática para alunos do Ensino Fundamental é desenvolver o raciocínio lógico, estimular o pensamento independente, a criatividade e a capacidade de resolver problemas. A matemática está presente nas mais diferentes formas, tanto na música, arte, histórias, na forma como a criança organiza o seu pensamento, enfim é importante que o professor saiba como utilizar e explorar todos os recursos de maneira positiva

e significativa. Os objetos concretos e a tecnologia computacional, na matemática, passam a ter um caráter de ferramenta para auxiliar o ensino, quando considerado promotor do processo de aprendizagem [VYGOTSKY, 1989].

A ferramenta lúdica é importante no processo ensino aprendizagem, ainda que seja utilizada no segundo ciclo do Ensino Fundamental (6º ao 9º ano), pois em um ambiente mais relaxado as aprendem como os outros pensam e agem, uma vez que interagem com seus pares, descobrindo assim uma forma prazerosa e estimulante ao desenvolvimento de diversas competências e aprendizados. Enquanto aprendem brincando também ensinam algo de sua vivência, resultando na interação do aprender e ensinar, algo que deve ser constantemente estimulado na criança e no adolescente, especialmente nas séries iniciais [RIZZI, 1997].

O objetivo do ensino da matemática é desenvolver o raciocínio lógico, estimular o pensamento independente, a criatividade e a capacidade de resolver problemas. O recurso dos jogos é essencial, porque estando mais descontraídas, fazem pequenos cálculos e resolvem problemas. O trabalho pedagógico passa a ser então, de forma intencional, promovendo mais atividades dessa natureza, sistematizando o conhecimento construído [PNAIC MAT, 2014].

As tecnologias de auxílio à aprendizagem estão diretamente ligadas a algum tipo de objetivo específico inter-relação, respeito a regras, competição, cooperação, emoção, autocontrole, autoestima, valorização e respeito com o próximo, capacidade de realizar e transpor obstáculos. Com isso, é preciso que o professor busque ainda alternativas para aumentar sempre a motivação de seus alunos neste processo de aprendizagem.

Não basta propor uma ferramenta, é preciso saber exatamente o que se propõe. Dessa forma, o objetivo de inclusão da tecnologia computacional em sala de aula deve estar claro ao aluno e o mesmo deve se sentir estimulado pelo recurso lúdico, para que o conhecimento possa ser alcançado através do uso de tal recurso pedagógico.

Estas atividades despertam o interesse da criança e do adolescente, sendo um desafio para o educador, uma vez que não basta transmitir

informações, é preciso criar formas para que o conhecimento possa ter significado para os mesmos. Ferramentas de auxílio à aprendizagem vêm para somar, no auxiliar do ensino da matemática, e para isto é preciso desde já, permitir que o aluno compreenda como esta disciplina está inserida no cotidiano das pessoas.

O uso do Tangram, Cuisinaire, Material Dourado e outros objetos concretos como material lúdico em sala de aula é útil desde que o professor utilize-o em suas aulas como um material lúdico pedagógico, enriquecendo o conhecimento do aluno, encorajando a sua curiosidade, reflexão, paciência e criatividade, ou seja, a eficácia deste jogo em sala de aula está nas mãos dos professores [GANGI; MILLÉO, 2009]. É importante também a escolha do conteúdo a ser trabalhado com cada material, como formas geométricas, simetria, frações, divisão, área, perímetro, medidas, congruência, semelhança, ângulos da figura, de acordo com o ano escolar [GANGI; MILLÉO, 2009].

2.1.2 O ensino da matemática nas escolas

Segundo os PCNs (Parâmetros Curriculares Nacionais) de matemática, recursos didáticos como jogos, livros, vídeos, calculadoras, computadores e outros materiais têm um papel importante no processo de ensino e aprendizagem. Contudo, eles precisam estar integrados a situações que levem ao exercício da análise e da reflexão, constituindo-se na base da atividade matemática moderna [MEC, 2015]. No Brasil, a matemática moderna foi influenciada pelo - NCTM "*National Council of Teachers of Mathematics*", que apresentou na década de 80 recomendações para o ensino de matemática no documento "Agenda para Ação".

Essas recomendações influenciaram as reformas que ocorreram mundialmente, no período 1980/1995. Em vários países, essas ideias apresentaram pontos similares [MEC, 2015]. Um desses pontos é necessidade de levar os alunos a compreenderem a importância do uso da tecnologia e a acompanharem sua permanente renovação.

Nas escolas do ensino fundamental são aplicados alguns jogos educativos que contribuem para aprendizagem de matemática como o "Resta

Um” um jogo matemático que tem o objetivo de deixar apenas uma peça no tabuleiro. No início do jogo, há 32 peças no tabuleiro, deixando vazia a posição central. Um movimento consiste em pegar uma peça e fazê-la "saltar" sobre outra peça, sempre na horizontal ou na vertical. O jogo termina quando só restar uma peça [FABIANO, 2010].

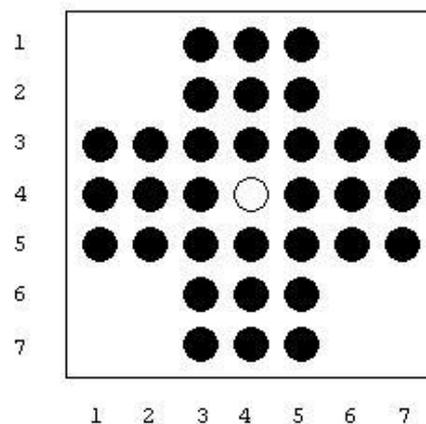


Figura 2 Tabuleiro do jogo resta um. Fonte: Fabiano, 2010.

Outro recurso utilizado é o material idealizado pela educadora Maria Montessori que tem como foco o trabalho com a matemática. Apesar de ter sido elaborado para o trabalho com aritmética, seguiu os mesmos princípios montessorianos sobre a educação sensorial [FREITAS, 2004].

Essas ferramentas aliadas com tecnologias computacionais com o seu caráter lógico-matemático podem colaborar no desenvolvimento cognitivo dos alunos, principalmente na medida em que ele permite um trabalho que obedece a distintos ritmos de aprendizagem [FREITAS, 2004].

2.2 Trabalhos relacionados

Esta Seção descreve os principais trabalhos relacionados com esta pesquisa, selecionados através de uma Revisão Sistemática na Literatura (RSL), realizada logo após a definição do escopo da pesquisa e artigos obtidos em bases de dados não indexadas e revisões bibliográficas. Especificamente, os trabalhos foram agrupados por assuntos da área de aprendizagem de matemática e ferramentas tangíveis que facilitam o aprendizado.

O objetivo dessa RSL foi o de identificar os artefatos ou dispositivos computacionais que auxiliam na aprendizagem de matemática cursando o Ensino Fundamental. O protocolo completo da RSL e o relatório gerado está no Apêndice A. A revisão foi conduzida seguindo as etapas descritas pela Figura 4.

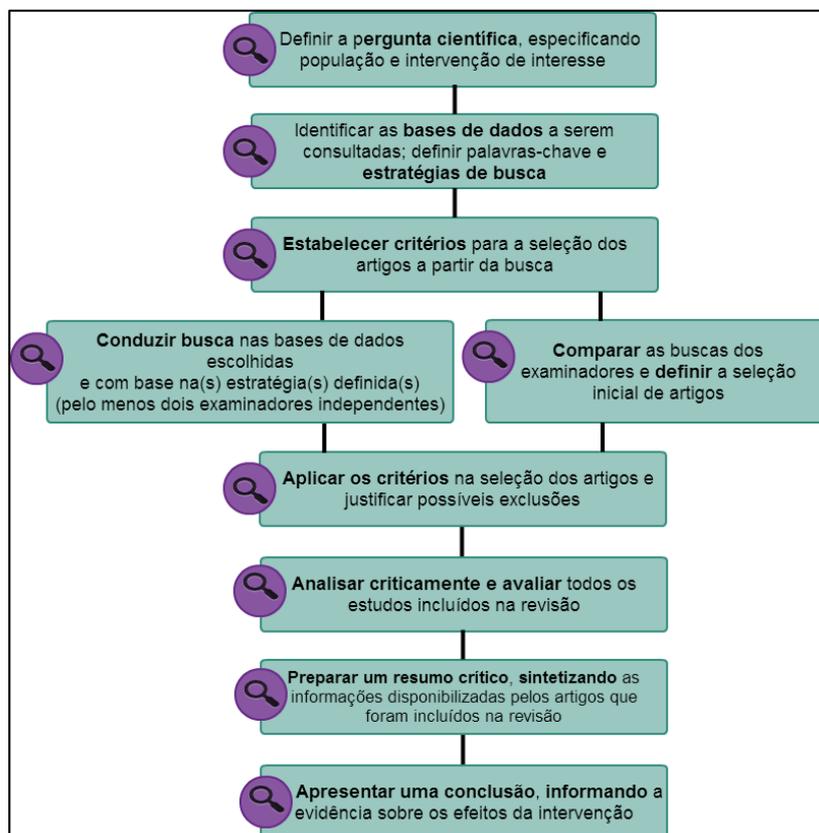


Figura 3 Descrição geral sobre a revisão sistemática da literatura. Fonte: Sampaio; Mancini, 2007.

Após o processo de planejamento da revisão, realizou-se a fase de execução. Os estudos preliminares foram identificados através da execução da expressão de busca. Ao todo, foram retornados 511 artigos, sendo 321 artigos da base da SCOPUS e 190 da base da ACM. Os 11 trabalhos duplicados foram identificados posteriormente via revisão manual, permanecendo 500 publicações para análise para o primeiro filtro. Assim, tem-se a distribuição de trabalhos como exibido na Figura 5.

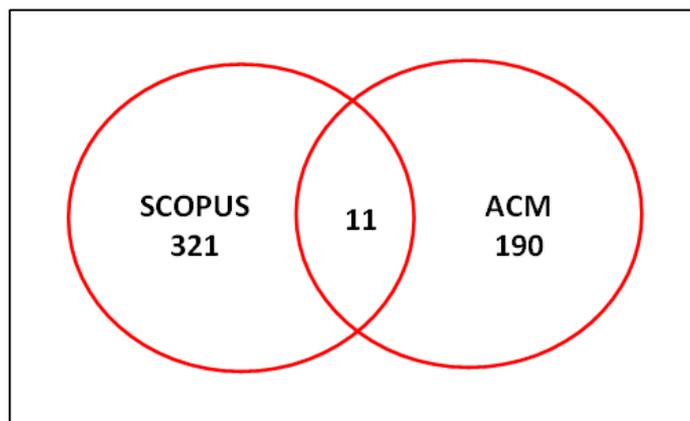


Figura 4 Total de publicações retornadas pela String de busca. Fonte: Autor, 2016

Em seguida os trabalhos foram classificados conforme critérios de exclusão e inclusão estabelecidos na fase de planejamento, para posteriormente ser aplicado o segundo filtro nos 42 que permaneceram. Sendo destes 31 da biblioteca digital SCOPUS e 11 da biblioteca ACM.

2.3.1 Resultados da RSL

Os estudos selecionados mostram que a maioria das pesquisas abordam objetos tangíveis e discutem aspectos relacionados a abordagens de aprendizagem de matemática. Além disso, verificou-se que os estudos apresentam ferramentas, software, aplicativo, ou sistema desenvolvido para apoio à aprendizagem de matemática para crianças e adolescentes.

As ferramentas tecnológicas apresentadas nos trabalhos extraídos oferecem apoio para o aprendizado, com recursos pedagógicos eficazes para a construção do conhecimento matemático, apresentando a matemática de uma forma mais fácil de compreender, possibilitando assim que as crianças ao brincar possam também aprender, de uma forma lúdica e prazerosa.

Há também um crescente aumento de pesquisas que utilizam técnicas e ferramentas que apoiam o aprendizado. Muitas interfaces propostas são anunciadas como um facilitador para o aprendizado, porém os conteúdos selecionados devem ser adaptados para a faixa etária de idade da criança.

Em seguida, está a descrição sobre os principais trabalhos encontrados e sua relevância para esta pesquisa. Trabalhos como os de autores como: Blikstein, P [2013]; Bujak, K.R, et al [2013]; Marco, J; Cerezo, E; Baldassarri, S [2013] e Cicconi, M [2014].

a) O uso de jogos como estratégia de ensino e aprendizagem da matemática no 1º ano do ensino médio

Neste trabalho Strapason [2011], verificou se a utilização dos jogos como estratégia de ensino facilitou a aprendizagem dos alunos referente ao conceito de função e de funções polinomiais do 1º e do 2º grau.

Quatro jogos são apresentados como estratégia de ensino e aprendizagem. No primeiro jogo, foram programadas atividades para o aluno reconhecer as diferentes representações de funções, tais como: a forma escrita; a forma numérica, expressa por meio de tabelas; visual, expressa por meio de gráficos; algébrica, representada por meio de fórmulas e que utilizam diferentes representações para tornar mais claro o conceito de função. No segundo jogo, foram elaboradas diferentes situações-problema sobre a função polinomial de 1º grau. No terceiro jogo, foram programadas atividades sobre a função polinomial de 2º grau e, no quarto jogo, foram apresentadas situações-problema envolvendo a função polinomial do 2º grau com o propósito de explorar suas propriedades.

O autor concluiu que os jogos podem e devem ser usados como metodologia de ensino e aprendizagem da matemática. Seu uso poderá tornar a aprendizagem dos conteúdos matemáticos interessante, deixando de lado um pouco o quadro-negro, o giz e o livro-didático, ou seja, podem-se trocar as atividades habituais por outras que possam motivar a aprendizagem do aluno e, conseqüentemente, o ensino do professor. Este trabalho contribui para nossa pesquisa com discussões sobre jogos como estratégia de ensino e aprendizagem de conceitos matem

b) A meta-analysis of the efficacy of teaching mathematics with concrete manipulative.

Neste artigo foram analisadas evidências empíricas sobre o uso de materiais concretos manipuláveis para o ensino da matemática, totalizando 55 estudos que compararam a instrução com manipuláveis a uma condição de controle,

onde o ensino de matemática foi fornecido apenas com a matemática abstrata de símbolos.

O público alvo foram crianças das séries iniciais a universitários de universidades norte americana, com objetivo de estudar técnicas de instrução que possuem base em manipuladores matemáticos junto a abordagens que incluem oportunidades para os alunos interagirem fisicamente com objetos tangíveis.

Alguns dos resultados obtidos nessa pesquisa indicam que a utilização de materiais manipuláveis no ensino da matemática produz um efeito na aprendizagem dos alunos quando comparados com a instrução que usa símbolos abstratos sozinhos. Além disso, resultados revelaram que a intensidade deste efeito é dependente de outras variáveis de instrução. Variáveis de instrução, tais como a riqueza de percepção de um objeto, nível de orientação oferecida aos alunos durante o processo de aprendizagem, e o estado de desenvolvimento do aluno influenciam na eficácia do uso de manipuláveis. Isso sugere que simplesmente incorporando manipulativos na matemática, a instrução pode não ser suficiente para auxiliar o aprendizado dos alunos em matemática. Neste contexto variáveis, devem ser consideradas ao se planejar instruções.

Os autores esperam que o resultado da meta-análise será ainda mais estimulante para a pesquisa sobre manipuláveis em matemática, ajudando outros trabalhos na geração de novas e mais específicas hipóteses além de investigação instrucional sobre manipuláveis.

Este trabalho apresenta uma grande contribuição para nossa pesquisa pois o mesmo discute aspectos relacionados a abordagens de aprendizagem de matemática, incluindo apoio ferramental e uso de materiais concretos manipuláveis para o ensino da matemática.

c) Tecnologias assistivas para alunos cegos na educação matemática.

Este artigo apresenta um recorte da proposta de mestrado de ensino em ciência e matemática, que tem como pergunta central: Quais estratégias de ensino podem ser empregadas junto a alunos com deficiência visual? Através

de intervenções pedagógicas mediadas por tecnologias assistivas, visando aos processos de ensino e aprendizagem de conceitos matemáticos necessários à sua inclusão social. Nesta pesquisa o autor objetivou, além do estudo e emprego das tecnologias assistivas como recurso no ensino de matemática nas séries iniciais do ensino fundamental, um diagnóstico de quais intervenções pedagógicas são mais apropriadas para trabalhar com esses alunos.

A metodologia empregada pelo autor foi qualitativa realizada através de observações, intervenções pedagógicas e entrevistas com os alunos deficientes visuais, com os professores das turmas regulares e das salas de recursos que atendem alunos cegos e/ou com baixa visão, também conhecidas como Atendimento Educacional Especializado.

O autor pretendeu, por meio do seu estudo e das intervenções pedagógicas que foram realizadas com o auxílio das TA, fornecer ao aluno um melhor aproveitamento do conhecimento matemático exigido na escola e na vida diária, bem como oferecer, aos professores das classes regulares e do atendimento educacional especializado, um maior entendimento do uso das tecnologias junto a alunos com DV.

A contribuição deste trabalho para nossa pesquisa está no uso de tecnologias assistivas como recurso no ensino de matemática nas séries iniciais do ensino fundamental. E também contribui com estratégias de ensino que podem ser empregadas junto aos alunos através de intervenções pedagógicas.

d) Experiências física e lógico-matemática em espaço e forma: uma arquitetura pedagógica de uso integrado de recursos manipulativos digitais e não-digitais.

Este artigo apresenta uma arquitetura pedagógica de uso integrado de recursos manipulativos digitais e seus similares não digitais em situações de ensino aprendizagem de matemática. A implementação dessa proposta, ancorada na teoria piagetiana de construção de conhecimentos, resultou num

conjunto de dados que nos permitem concluir quanto à sua adequação didática em diferentes âmbitos educativos.

Apresenta também uma análise de aprendizagens apoiadas na exploração de tais recursos, registradas em ambiente virtual. Perspectivas de continuação e expansão da elaboração de materiais são colocadas como fechamento do texto. Foram também apresentados dados que constituem em argumentos favoráveis ao uso integrado de recursos digitais e não digitais nos processos de ensino e aprendizagem de Matemática.

Os resultados obtidos em três situações de ensino-aprendizagem nas quais foi empregada a proposta foram similares. Na primeira, em larga escala, um público formado por cerca de 300 professores leigos que tiveram experiência com a proposta descrita e, posteriormente, a utilizaram em suas próprias salas de aula; na segunda, aplicada em classes regulares formadas por estudantes do 6º e 7º ano do ensino fundamental. No segundo caso, os resultados também apontaram para a aprendizagem de conceitos, bem como, da nomenclatura matemática presente nos estudos; e, finalmente, na terceira, estudantes e profissionais da área da Ciência da Computação, em oficina destinada para disseminar a proposta descrita.

A principal contribuição deste trabalho para nossa pesquisa e a apresentação de uma análise de aprendizagens apoiadas na exploração de recursos manipulativos digitais e não digitais em situações de ensino aprendizagem de matemática. Onde o mesmo apresenta dados que constituem com argumentos que amparam o uso integrado de recursos digitais e não digitais nos processos de ensino e aprendizagem de matemática.

e) A proposed framework for combining smart environment and heuristic diagnostic teaching principles in order to assess students' abilities in math and supporting them during learning.

Neste trabalho, o autor propõe a utilização do ambiente inteligente baseado em Internet das Coisas (IoT), a tecnologia P2P, heurística e os princípios de ensino de diagnóstico para a identificação de habilidades de aprendizagem

em matemática e características criativas para os alunos que estão diagnosticados dentro de transtorno do espectro do autismo (ASD).

O sistema proposto utiliza a plataforma *JXTA-Overlay* e o dispositivo *SmartBox* para apoiar os alunos durante o seu processo de aprendizagem para obter e manter a concentração em uma dada tarefa. O autor ainda propõe avaliar a capacidade das crianças em matemática usando os princípios de heurística e diagnóstico de ensino. O sistema combinado com vários sistemas visuais tais como objetos, fotografias, imagens, desenhos realistas, desenhos de linha e palavras escritas, pode ser usado com os modos variados de tecnologia, enquanto a criança pode facilmente compreender a representação visual. Vocabulário, habilidades de matemática e outras habilidades para a vida podem ser ensinadas pelo sistema proposto. O trabalho sugeriu usar diferentes ferramentas de avaliação para aprender sobre capacidade dos alunos em matemática.

Este trabalho contribui para nossa dissertação com apoio ferramental, já que apresentou ferramentas que auxiliam os alunos durante o seu processo de aprendizagem com avaliações sobre a capacidade das crianças em matemática.

f) *Tangibles for learning: a representational analysis of physical manipulation.*

Este artigo contribui para o desenvolvimento de tecnologias tangíveis e eficazes para crianças, resumindo e apresentando as principais vantagens de manipuláveis em duas categorias principais: *offloading manipulatives*, quando a pessoa libera recursos cognitivos valiosos durante resolução de problemas, e metáforas conceituais onde a percepção de informações ou ações tem como objeto uma estrutura de correspondência com conceitos mais simbólicos. Os autores buscaram nesse trabalho identificar algumas vantagens pedagógicas que podem oferecer flexibilidade e controle sobre a interação, bem como benefícios mais pragmáticos tais como a capacidade de compartilhar os custos e recursos.

Através da identificação de dois tipos de processos, o descarregamento de cognição e metáforas conceituais, este artigo não só

apresenta uma ferramenta para avaliar projetos tangíveis, mas também tenta enfatizar a importância da avaliação da aprendizagem.

g) Vygotsky Meets Technology: A Reinvention of Collaboration in the Early Childhood Mathematics Classroom.

Esse trabalho teve por objetivo auxiliar o aprendizado de matemática para crianças, com colaboração em sala de aula e com o apoio da tecnologia como facilitador para as práticas pedagógicas. Este trabalho contribuiu com nossa pesquisa na descrição e discussão de aspectos relacionados a abordagens de aprendizagem de matemática, incluindo apoio ferramental. Discutindo sobre três ferramentas que auxiliam na colaboração e capacitação dos alunos das séries iniciais em aula de matemática.

h) Teaching kodu with physical manipulatives.

Este artigo aborda a utilização de materiais manipuláveis em sala de aula auxiliando os professores de matemática. Com ferramentas (interfaces tangíveis), materiais manipuláveis para apoio a aprendizagem de matemática para crianças.

Este trabalho enfatiza e demonstra a utilização de materiais manipuláveis que facilitam o aprendizado da matemática para crianças além de discute sobre as contribuições de manipuláveis para o aprendizado.

i) Bringing tabletop technology to all: Evaluating a tangible farm game with kindergarten and special needs children.

Esta pesquisa aborda a utilização de materiais manipuláveis em sala de aula auxiliando os professores de matemática, com abordagem de interação tangível para crianças.

O artigo apresenta os resultados de uma avaliação somativa realizada em uma escolas que resumem o desempenho do *tabletop* (mesa interativa) em termos de usabilidade, experiência do usuário e física e co-jogos localizado para crianças de 3 a 6 anos.

j) Gears of our Childhood: Constructionist toolkits, robotics, and physical computing, past and future.

Este estudo examina os princípios de design subjacente às várias plataformas disponíveis para a computação física e apresenta um quadro para analisar várias plataformas e seu uso na educação. Suas principais Contribuições são discursões relacionadas ao uso de micro controladores e dispositivos de computação física que auxiliam no aprendizado com interfaces tangíveis.

Este estudo além de examinar os princípios de design subjacente às várias plataformas disponíveis para a computação física apresenta um quadro para analisar várias plataformas e seu uso na educação além de baseados em micro controladores para desenvolvimento de interfaces tangíveis.

k) A psychological perspective on augmented reality in the mathematics classroom.

Este artigo aborda a utilização de materiais manipuláveis em sala de aula auxiliando os professores de matemática com ferramentas (interfaces tangíveis) e materiais manipuláveis para apoio a aprendizagem de matemática para crianças.

Este trabalho enfatiza e demonstra a utilização de materiais manipuláveis que facilitam o aprendizado da matemática para crianças além de discute sobre as contribuições de manipuláveis para o aprendizado.

2.4 Considerações

Os estudos selecionados mostram que a maioria das pesquisas abordam objetos tangíveis e discutem aspectos relacionados a abordagens de aprendizagem de matemática. Como se pode ver na Tabela 1.

Tabela 1 Tabela de trabalhos relacionados

Autores	Objetivo do estudo	Foco da pesquisa	Especificações
Blikstein, P, (2013)	Examina os princípios de design para computação física.	Design e desenvolvedores.	Sim
Bujak, K.R, et al (2013)	Utilização de materiais manipuláveis em sala de aula. Matemática.	Professores e alunos.	Não
Marco, J; Cerezo, E; Baldassarri, S (2013)	Auxiliar professores de matemática com o uso tangível para crianças.	Crianças de 3º a 6º anos do fundamental	Não
Cicconi, M, (2014)	Apoio pedagógico para aprendizado de matemática com uso de tecnologia	Alunos das series iniciais	Não
Proposta deste trabalho	Especificar e implementar objetos educacionais tangíveis	Professores e alunos das séries iniciais	Sim

Além disso, verificou-se que os estudos apresentam ferramentas, *software*, aplicativo, ou sistema desenvolvido para apoio a aprendizagem de matemática para crianças, definido aqui como objetivo principal ao realizar a revisão sistemática da literatura.

As ferramentas tecnológicas apresentadas nos trabalhos extraídos oferecem apoio para o aprendizado, com recursos pedagógicos eficazes para a construção do conhecimento matemático, apresentando a matemática de uma forma mais fácil de compreender, possibilitando que as crianças ao brincar possam também aprender, de uma forma lúdica e prazerosa.

Há também um crescente aumento de pesquisas que utilizam técnicas e ferramentas que apoiam o aprendizado. Muitas interfaces propostas são anunciadas como um facilitador para o aprendizado, porém os conteúdos selecionados devem ser adaptados para a faixa etária de idade da criança.

Esperou-se com esta RSL expor novas perspectivas sobre o aprender matemático, e demonstrar como interfaces tangíveis facilitam o aprendizado.

CAPÍTULO 3- OBJETOS DE APRENDIZAGEM PARA MATEMÁTICA

Este capítulo aborda o uso dos objetos de aprendizagem digitais e materiais concretos para aprendizagem de matemática do Ensino Fundamental e sua utilidade como ferramenta de apoio à aprendizagem de conceitos de geometria. Após essa descrição, apresentamos comparação e análise das principais dificuldades em matemática encontradas pelas crianças dessas séries e que podem se beneficiar do uso dos materiais concretos.

3.1 Definições

Segundo Wiley [2003] objetos de aprendizagem podem ser “qualquer recurso digital que possa ser reutilizado no processo para assistir à aprendizagem” recursos como, por exemplo, textos, animação, vídeos, imagens, aplicações, páginas *web* que se destinam a apoiar o aluno no processo de aprendizagem podem ser considerados objetos de aprendizagem [WILEY, 2003]. Esses recursos digitais, são usados para apoiar a aprendizagem presencial e à distância.

Já Gomes et al [2007], diz que OA, são tecnologias que se baseiam na possibilidade de criarmos pequenos pedaços de material instrucional e organizá-los de forma a permitir seu reuso, promovendo economia de tempo e de custo na produção de cursos.

Gadelha [2002] sugere o conceito de OAF (Objetos de Aprendizagem Funcionais) como “artefatos computacionais cuja funcionalidade deve possibilitar a interação entre entidades, sejam elas digitais ou não, podendo ser utilizados/reutilizados na mediação dos processos de ensino e aprendizagem”. Para chegar a essa definição o autor agregou conceitos de diversos autores como Objetos Espertos (OAE) [ABDULMOTALEB et al, 2000] e Objetos Inteligentes (ILO) [GOMES et al, 2007]

Como podemos ver não há um consenso na conceituação de Objetos de Aprendizagem e, ao considerar algumas referências mais utilizadas [IEEE 2005; WILLEY 2003], este trabalho levou em consideração o conceito do IEEE que os define como sendo "qualquer entidade digital ou não digital que possa ser usada, reutilizada ou referenciada durante o uso de tecnologias

que suportem o ensino” [IEEE 2005]. Adotou-se esse conceito por esta mais próximo às características de objetos de aprendizagem tangíveis.

Apesar das mais variadas definições para OA alguns autores destacam que uma das principais características de objetos de aprendizagem é as possibilidades de reuso. Essas características dos OAs dizem respeito à capacidade de reutilização desses materiais, em diferentes contextos de aprendizagem, nas mais diversas áreas do conhecimento [OLIVEIRA, 2010].

Quando se fala de aprendizagem matemática, a primeira imagem que surge é de alunos estudando tabuadas, e inúmeras sequências numéricas das operações matemáticas básicas como adição, subtração, multiplicação e divisão. Essa técnica de ensino é do século XVIII e ainda é muito difundida pelos professores no Brasil, tornando a aprendizagem da matemática muito cansativa e pouco prazerosa, acarretando com que grande parte dos estudantes decorem as sequências da tabuada, para que mais tarde possam solucionar “problemas matemáticos”. Métodos desse tipo, os chamados positivistas, muitas vezes não levam o aluno à compreensão através da reflexão, o que pode causar um comodismo de o aluno apenas automatizar contas e problemas conhecidos [OLIVEIRA, 2010].

Políticas educacionais demoram para serem implementadas e a realidade é que muitas escolas não possuem esses materiais, e o professor não tem tempo nem recurso para adquirir uma ferramenta de trabalho e, posteriormente, planejar seu uso como recurso didático. Ainda, em nosso levantamento inicial, obtivemos relatos de alguns professores que com criatividade fazem uso de materiais que estão disponíveis e improvisam “objetos de aprendizagem” [SILVA, 2005].

Nas escolas que já possuem material pedagógico, jogos e ferramentas digitais, o aluno torna-se autor de seu próprio conhecimento. O mesmo fica especialmente motivado por poder mexer em peças, trocar sequências, digitar esquemas, produzir algo com suas próprias mãos e ver o resultado ali aos seus olhos.

Recursos didáticos como jogos, livros didáticos, vídeos, calculadoras, computadores e outros materiais têm um papel importante no processo de ensino e aprendizagem. Eles são alternativas para aumentar a motivação

para a aprendizagem, desenvolver a autoconfiança, a organização, a concentração, estimulando a socialização e aumentando as interações do indivíduo com outras pessoas [PCN MATEMÁTICA, 1997, p. 19].

É importante dizer ainda que tudo deve estar ligado a uma proposta didática estabelecida, o professor que é o mediador do conhecimento deve possuir uma intenção com a atividade que propõe ao aluno. A aprendizagem acontece com a intencionalidade do professor, que jamais deixará de ser fundamental neste processo.

Com as ferramentas adequadas, e a intencionalidade, a aprendizagem acontece de forma significativa e positiva para a criança. Sabe-se que nas séries iniciais a criança está descobrindo o mundo, despertando para a realidade ao seu redor, e quanto mais ela tiver experiências positivas em relação ao ensino da matemática, mais prazeroso e significativa será sua aprendizagem. O PCN¹ de matemática diz que a matemática precisa estar ao alcance de todos e a democratização do seu ensino deve ser meta prioritária do trabalho docente [PCN MATEMÁTICA, 1997].

A apropriação do conhecimento acontece de maneira mais significativa quando a criança está à vontade, e os objetos de aprendizagem tornam-se uma ferramenta lúdica. A aplicação de jogos nas séries iniciais do ensino fundamental possui o objetivo de desenvolver nos alunos o gosto pela disciplina, motivação para o conteúdo, o raciocínio lógico e o interesse por desafios, promovendo e facilitando a aprendizagem [SILVA, 2005]. Ao trabalhar com jogos, brincadeiras e ferramentas é necessário que haja uma infinidade de meios a serem oferecidos para que a criança possa desenvolver sua capacidade de criar e aprender [OLIVEIRA, 2010].

Para desenvolver e utilizar adequadamente um objeto de aprendizagem é importante também que o professor conheça os objetivos da atividade proposta, domine as técnicas, a vivência e discuta de forma crítica a possibilidade de utilizá-lo em suas aulas. Além de se apresentar como espaço para contemplar o raciocínio e a construção do conhecimento pelos

¹(PCN) Parâmetros Curriculares Nacionais Matemática
Secretaria de Educação Fundamental
Departamento de Política da Educação Fundamental
Coordenação-Geral de Estudos e Pesquisas da Educação Fundamental
Parâmetros Curriculares Nacionais (1ª A 4ª Série)

alunos, as ferramentas lúdicas podem ser para o professor, um espaço privilegiado de observação de seus alunos.

Algo que se observa ainda é que na educação infantil o lúdico está bastante presente, tanto do ensino da matemática quanto no ensino de outras disciplinas. No entanto, essa presença do lúdico vai se perdendo no decorrer da evolução natural da criança, ou seja, assim que ingressa no ensino fundamental as atividades lúdicas diminuem, e os estímulos com uso de objetos de aprendizagem também.

É interessante que os objetos sempre acompanhem a evolução das crianças, para que as mesmas possam sempre ter os estímulos. Piaget diz que para que o conhecimento seja produzido é preciso que haja um processo de desequilíbrio e acomodação do conhecimento, ou seja, quando o cérebro encontra algo que ele não tem a solução ele automaticamente se mobiliza para solucionar o problema, o que gera o conhecimento, ou seja, é preciso estimular sempre [SELIG; MARLEY; CARBONNEAU, 2012 apud PIAGET, 1975].

Os materiais pedagógicos ou objetos de aprendizagem podem ser inúmeros, e trabalhados das mais diversas maneiras pelo professor em sala no processo de aprendizagem dos alunos.

O planejamento de práticas pedagógicas por professores e educadores em diferentes áreas do conhecimento para o uso em objetos de aprendizagem de forma que auxilie a colaboração, a cooperação, a autoria e a autonomia do aluno, precisa estar contextualizado de forma significativa com o contexto curricular. Para tanto, é interessante que se criem situações-problema, estimulando os alunos e instigando a curiosidade [OLIVEIRA, 2010].

E assim trabalhar os problemas de maneira significativa, sendo essencial acreditar que, de fato, o processo de ensino e aprendizagem dessa disciplina se baseia na ação dos alunos ao resolverem problemas e ao fazerem investigações e explorações de situações que os envolve, desenvolvendo competências e habilidades, como a percepção, a visualização, o reconhecimento, a identificação, as definições, a

argumentação, o espírito analítico, de modo à constituir ligações entre as demais áreas de conhecimento [NEVES, 2006].

Esses conceitos são desenvolvidos e internalizados no indivíduo justamente nessa primeira fase da vida escolar. Sendo o professor incumbido de perceber que a prática pedagógica deve ser atrelada ao objeto de aprendizagem para atender às reais necessidades das crianças.

Assim, buscam-se alternativas pedagógicas satisfatórias para aumentar a motivação e ter êxito em relação ao processo de aprendizagem. Para que capacidades como autoconfiança, organização, concentração, atenção, raciocínio lógico-dedutivo e o senso cooperativo sejam desenvolvidos, estimulando a socialização e aumentando as interações do indivíduo com outras pessoas mediante objetos de aprendizagem [NEVES, 2006]. Nessa perspectiva, é necessário que o educador se conscientize de que ao desenvolver o conteúdo programático, por intermédio de objetos ou meios que auxiliem a aprendizagem, não significa que está ocorrendo um descaso ou desleixo com a aprendizagem do conteúdo formal [ALMEIDA, 1992].

3.2 Objetos concretos e possibilidades de objetos de aprendizagem tangíveis na matemática

As interfaces tangíveis apresentam uma oportunidade de criar sistemas físicos de modelagem computacionalmente aumentados, os quais contribuem tanto para os recursos digitais (editáveis) quanto no aspecto físico do modelo tangível [EINSENBURG, 2003]. São interfaces ou objetos de interação do usuário, onde o mesmo manipula objetos físicos, para que haja modificações no meio digital (*software*).

Ao manipular objetos de aprendizagem tangíveis o aluno se beneficia de algumas vantagens no processo de aprendizagem alunos passam por várias etapas: relacionam novos conhecimentos com os que já sabiam, fazem e testam hipóteses, pesam onde aplicar o que estão aprendendo, expressam-se por meio de várias linguagens, aprendem novos métodos, novos conceitos aprendem a serem críticos sobre os limites de aplicação dos novos conhecimentos [O'MALLEY, 2011].

Estes objetos apresentam um engajamento sensorial fazendo com que os usuários aprendam de forma natural, por intermédio dos sentidos além de facilitar a aprendizagem e o trabalho em grupo ou colaboração [ZUCKERMAN, 2005]. Ao fazer uso desses objetos o professor tem à sua disposição uma grande quantidade de objetos, dos mais diferentes tipos. Ele pode planejar suas aulas utilizando-os, conseguindo maior flexibilidade para se adaptar ao ritmo e ao interesse dos alunos, e mantendo, assim, seus objetivos de ensino.

Para exemplificar, Zuckerman et al [2005] aponta os modelos de sistemas interativos direcionados para área da Matemática com a utilização de interfaces tangíveis e objetos físicos (manipulativos) que acompanham os efeitos do movimento da tela de computador.

Algumas escolas utilizam materiais concretos sem uso da computação para auxiliar no ensino de matemática. Os mais utilizados estão descritos resumidamente na Tabela 2.

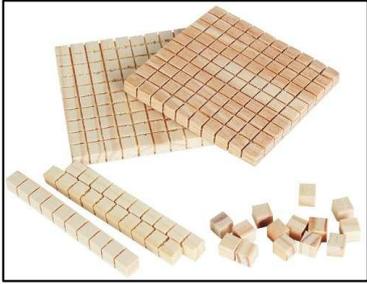
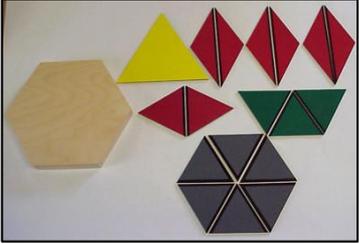
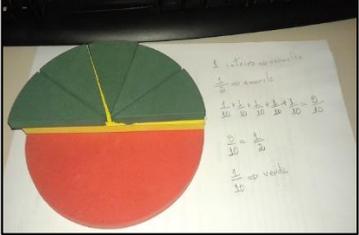
Tabela 2 Materiais concretos para o ensino de matemática

<p>Jogo - Blocos Lógicos de Dienes²</p>		<p>O conjunto de blocos lógicos é composto de 48 peças de diferentes cores, formas, tamanhos e espessuras. É utilizado para exercitar a lógica e na evolução do raciocínio abstrato.</p>
<p>Escala Cuisenaire³</p>		<p>É composta de barras em forma de prismas quadrangulares, feitas de madeira, com cores padronizadas. É útil para explorar sequência numérica, frações, coordenação motora, memória, percepção de forma, tamanho e cores.</p>

² <http://www.somatematica.com.br/artigos/a14/p6.php>

³ <http://luciameyer.blogspot.com.br/2010/06/escala-cuisenaire.html>

As barrinhas coloridas foram confeccionadas e criadas pelo professor belga Emile-Georges Cuisenaire (1891 – 1980).

Material Dourado ⁴		<p>O Material Dourado Montessori foi criado com o intuito de destinar-se a atividades que auxiliassem o ensino e a aprendizagem do Sistema de Numeração Decimal-Posicional e dos métodos par a efetuar as operações fundamentais</p>																								
Conjunto de equivalência		<p>Este conjunto possui treze placas metálicas projetadas para demonstrar transformações de várias formas geométricas em retângulos equivalentes.</p> <p>O material é útil para demonstrar equivalência e trabalhar divisões de áreas, mas, como as formas e suas divisões são fixas e pré-definidas, a flexibilidade do conjunto é limitada</p>																								
Círculos de frações ⁵		<p>Usado para introduzir conceitos como terminologia correta, comparação e equivalência de frações, conversão para decimais, medição de ângulos, entre outros. Seu uso provê uma sólida abordagem visual das frações, representadas pelas partes do círculo</p>																								
Dominós matemáticos ⁶	<table border="1" data-bbox="616 1469 959 1704"> <tbody> <tr> <td>16</td><td>5X1</td> <td>5</td><td>3X5</td> <td>15</td><td>9X3</td> </tr> <tr> <td>27</td><td>4X7</td> <td>28</td><td>7X5</td> <td>35</td><td>6X7</td> </tr> <tr> <td>42</td><td>9X6</td> <td>54</td><td>6X10</td> <td>60</td><td>9X7</td> </tr> <tr> <td>63</td><td>8X10</td> <td>80</td><td>9X10</td> <td>90</td><td>5X5</td> </tr> </tbody> </table>	16	5X1	5	3X5	15	9X3	27	4X7	28	7X5	35	6X7	42	9X6	54	6X10	60	9X7	63	8X10	80	9X10	90	5X5	<p>Usado para exercitar vários tipos de operações aritméticas e conceitos matemáticos. Existem dominós de numerais e quantidades, tamanho, frações, operações aritméticas, formas geométricas, entre outros.</p>
16	5X1	5	3X5	15	9X3																					
27	4X7	28	7X5	35	6X7																					
42	9X6	54	6X10	60	9X7																					
63	8X10	80	9X10	90	5X5																					

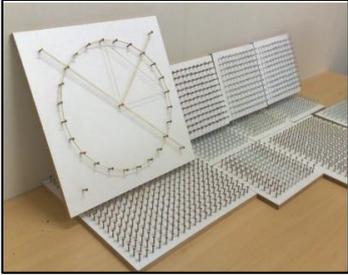
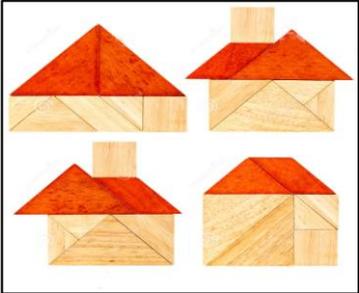
⁴ <http://www.somatematica.com.br/artigos/a14/>

O nome "Material Dourado" vem do original "Material de Contas Douradas". Em analogia às contas, o material apresenta sulcos em forma de quadrados.

⁵ <http://brinkmat.blogspot.com.br/2013/08/a-utilizacao-de-material-didatico-no.html>

<http://matematicaef2.blogspot.com.br/2015/06/fracoes-material-concreto-circulos-de.html>

⁶ <http://corujasdapedagogiia.blogspot.com.br/2015/05/jogos-pedagogicos-educativos.html>

		As regras simples permitem a adaptação a diversos domínios do conhecimento, incluindo vários conceitos matemáticos.
Geoplano		É um quadro de madeira com pinos que formam uma rede quadriculada. Nele, é possível “desenhar” diferentes figuras geométricas usando elásticos ou barbantes. Pode ser utilizado no ensino de conceitos de geometria plana (como simetria, semelhanças, reflexão, rotação e translação). Também pode ser usado no ensino de frações e suas operações.
Tangram		O Tangram é um jogo com sete peças: um quadrado, um paralelogramo e cinco triângulos (dois grandes, dois pequenos e um médio), formando um quebra-cabeça. A configuração geométrica de suas peças permite centenas de composições. É útil para desenvolver o raciocínio lógico e geométrico e exercitar as relações espaciais e as estratégias de resolução de problemas.

3.3 Dificuldades em Geometria Plana

Acredita-se que os estudos em geometria se iniciaram com os “Elementos” de Euclides (330 a.C. – 260 a.C.). Nascido na Síria, estudante em Atenas, é reconhecido historicamente como um dos matemáticos mais importantes, embora pouco se tenha de conhecimento sobre sua vida [BARBOSA, 1985].

Sabe-se que ensinou Matemática na escola criada por Ptolomeu Soter, em Alexandria, e se tornou notável pela forma brilhante de ensinar geometria.

Uma de suas frases mais marcantes foi a que proferiu a um rei quando questionado sobre o estudo da geometria: “Não existem estradas reais para se chegar à geometria”. Podemos afirmar que Euclides é exemplo do “Puro Homem da Ciência”, que se dedica à especulação pelo gosto do saber, independentemente das suas aplicações materiais [BARBOSA, 1985].

Os conceitos de geometria estão presentes em nosso dia a dia, em padrões da natureza e suas simetrias, jogos matemáticos e em muitos problemas práticos do nosso cotidiano que podem ser traduzidos e transformados num diagrama geométrico composto por pontos, retas, planos e superfícies.

Mesmo com os conceitos e padrões de geometria estando presentes em nosso cotidiano “[...] a Geometria tem sido menos ensinada nos últimos anos do que há vinte anos” [DREYFUS, 1994]. Nas séries iniciais a geometria não é abordada com o enfoque na sua real relevância, sendo deixada em segundo plano.

No jogo Tangram é possível aprender conceitos geométricos de frações, lado correspondente, ângulo correspondente, formatos semelhantes, área e perímetro de figuras planas, proporcionalidade entre os lados dos triângulos, ângulos congruentes, polígonos congruentes e semelhantes formados pelas peças do jogo.

Esses conceitos fazem parte do conteúdo de geometria ensinada no Ensino Fundamental. O uso dessas definições tem por objetivo compor novas formas com as peças do Tangram, classificar ângulos, reconhecer formas congruentes, semelhante e suas relações, medir perímetro e área das figuras formadas a partir das peças do jogo e desenvolver o conceito de semelhança de polígonos [DINIZ, 2002].

A Tabela 3 apresenta um resumo dos conteúdos, conceitos e objetivos a serem alcançados por alunos e professores através do uso do Tangram como ferramenta didática no Ensino de Matemática [DINIZ, 2002].

Tabela 3 Conteúdos alcançados com o Tangram

Conteúdos	Conceitos	Como	Objetivos para os discentes
Geometria Plana	Ponto, segmento de reta, reta, semirreta, ângulo, ângulos	A partir da construção do Tangram em um	Identificar e reconhecer os

	adjacentes e consecutivos, figuras planas e seus nomes, figuras semelhantes, proporcionalidade, segmentos consecutivos, plano, pontos colineares, ponto médio, diagonal do quadrado e vértice.	papel quadriculado, conforme o anexo 1.	elementos da geometria básica ponto, reta e plano. Compreender os conceitos de ponto médio, segmentos consecutivos, pontos colineares, diagonal do quadrado, vértices e ângulos, reta e semirreta.
Raciocínio Lógico e construção de figuras, figuras convexas.	Triângulo, paralelogramo, quadrado, trapézio, figuras, objetos.	Ao manusear as peças do Tangram através de desafios sugeridos pelo professor.	Desenvolver o raciocínio lógico através dos problemas propostos.
Área e Perímetro de figuras planas	Área, Perímetro, unidade de medida, unidade de área, superfícies planas.	Através da escolha de uma das peças do Tangram como unidade de área, solicitando aos alunos que determinem a área das figuras a partir daquela unidade, sobrepondo a figura, compondo ou manuseado do modo que desejar.	Ser capaz de medir o comprimento ou área de uma figura plana a partir de uma unidade. <input type="checkbox"/> Compreender a importância de uma unidade no processo de medição. <input type="checkbox"/> Construir figuras geométricas planas por meio de transformações isométricas e suas composições.
Frações	Fração, frações equivalentes, comparação de frações, adição e subtração de frações. Quadriculado.	Identificar frações equivalentes a partir das representações no tangram. <input type="checkbox"/> Representar geometricamente adição e subtração de frações através do tangram. <input type="checkbox"/> Comparar frações a partir das representações com o Tangram.	Compreender o conceito de

Como foi visto o ensino de “geometria pode contribuir também pra a formação do aluno favorecendo um tipo particular de pensamento – buscando novas situações, sendo sensível aos seus impactos visuais e interrogando sobre eles” [WHEELER, 1981]. No ensino de Geometria, cabe ao professor pesquisar e promover atividades que desenvolvam o

pensamento geométrico dos alunos. Contudo, é necessário que ele tenha um suporte com objetos concretos que também possam registrar a evolução da aprendizagem de cada aluno e assim alertar o professor sobre as oportunidades de intervenção.

3.4 Especificação de objetos de aprendizagem funcionais

Baseado nos conceitos de objetos de aprendizagem Gomes et al [2005] define o conceito de Objetos de Aprendizagem Funcionais (OAF) “são os artefatos computacionais cuja funcionalidade deve possibilitar a interação entre entidades, sejam elas digitais ou não, podendo ser utilizados/reutilizados na mediação do processo de ensino-aprendizagem”.

As definições para OAF foram baseadas nas definições consolidadas de objeto de aprendizagem presentes em trabalhos como em [TAROUCO, 2003] que define utilização como objetos educacionais, [GIBBONS, 2000] com a definição de objetos educacionais e do [IEEE 2005], que define OA como sendo “qualquer entidade digital ou não digital que possa ser usada, reutilizada ou referenciada durante o uso de tecnologias que suportem o ensino”.

Segundo Gomes et al [2005], essas diferentes definições possuem características em comum, por exemplo: os Objetos de Aprendizagem devem ser projetados para serem úteis sem a necessidade de atualização de hardware ou de software, devendo seguir padrões de meta-dados para orientar os usuários, são criados para o uso independente de plataforma, web e navegador de Internet ou software.

Com base nisto Gomes et al [2005] criaram especificações para objetos de aprendizagem funcionais os OAFs. Essas especificações atendem características de diversos padrões chamados de meta-dados, como por exemplo o LOM (*Learning Object Metadata*) [IEEE 2002]. Segundo o LOM [IEEE 2002] a descrição de um Objeto de Aprendizagem consiste de elementos de dados, os quais estão agrupados em nove categorias: Geral, Ciclo de Vida, Meta-dados, Aspectos Técnicos, Educacional, Direitos, Relação, Anotação e Classificação.

O LOM propõe facilitar a busca, aquisição, avaliação e utilização de Objetos de Aprendizagem para instanciação por aprendizes e instrutores ou processos automáticos de software, facilitar o comportamento e troca de OAs permitindo o desenvolvimento de repositórios levando em consideração a diversidade cultural, contextos linguísticos nos quais os Objetos de Aprendizagem e seus meta-dados são reutilizados, [GOMES et al 2005].

Ao agrupar informações dos OAFs Gomes et al [2005] descreve-os com categorias que agrupam informações como nome, palavra-chave, descrição e idiomas, conforme a Figura 6.

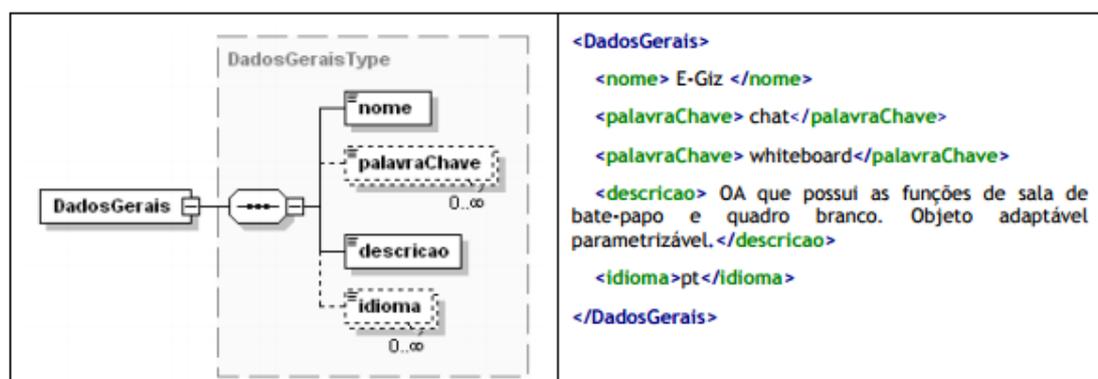


Figura 5 Dados Gerais. Gomes et al, 2005.

Ao criar este novo conceito os autores buscaram definir especificações para criação de objetos de aprendizagem funcionais de acordo com categorias como:

- **Dados de Criação e Distribuição:** Categoria que agrupa as informações que descrevem as características relacionadas à criação do OAF, Gomes et al [2005];
- **Dados Técnicos:** Categoria que agrupa informações que descrevem as características do OAF e os requisitos técnicos necessários para seu bom funcionamento;
- **Dados Educacionais:** Categoria que agrupa informações que descrevem as características educacionais do OAF. Essas características podem ser modificadas de acordo com o contexto ao qual o OAF é usado e reusado;

- **Dados de Acessibilidade:** Categoria que agrupa informações que descrevem as características de acessibilidade. Os valores dos atributos tiveram como base as recomendações da W3C [W3C 2004].

CAPÍTULO 4- PROCESSO DE DESIGN DE ARTEFATOS TANGÍVEIS PARA CRIANÇAS

Neste capítulo é apresentado o processo de design de artefatos tangíveis e os processos e métodos para o desenvolvimento de OAs tangíveis utilizando as abordagens design centrado no ser humano (HCD) e Design Participativo DP.

4.1 Processos e métodos para o desenvolvimento de OAs Tangíveis para Matemática

Além da metodologia de Nedic [NEDIC et al, 2003] usada como apoio, visando obter um olhar sobre os usuários, considerando seu próprio contexto, adotamos como método principal para este trabalho o *Design* Centrado no ser Humano (HCD) [BEVAN, 1999], onde considera-se as mudanças de desejos, intenções e atenção inerentes a cada ser humano. Das diversas perspectivas adotadas em interação humano-computador ao longo dos anos está nos possibilitou um contato permanente com os usuários e *stakeholders*, como algumas crianças, professores de matemática e *designers* com perfis diferentes. Portanto, nossa equipe de *design* era composta por um professor de matemática do ensino fundamental, um aluno de graduação com experiência em desenvolvimento com Arduino, uma professora da universidade como orientadora de pesquisa e o próprio autor como gerente do projeto. O contato constante com as crianças era realizado pelo professor de matemática que fornecia o *feedback* à equipe de *design*.

Outro método adotado foi o DP *Design* Participativo [ROSEMBERG et al, 2008], que prevê a participação de usuários durante o design de protótipos e produtos. O processo de design proposto e utilizado está inserido no método DP, com algumas especificidades. A principal especificidade é quanto à disponibilidade das crianças. Há uma dificuldade de manter crianças como participantes da equipe de *design*. Como se trata de um objeto de aprendizagem, se as crianças fizessem parte do *design* estariam contaminadas pelo estilo de abordagem para geometria e acabariam se adaptando ao “Tangram Tangível” e não o contrário, pois em geral, elas são muito boas em perceber padrões em jogo.

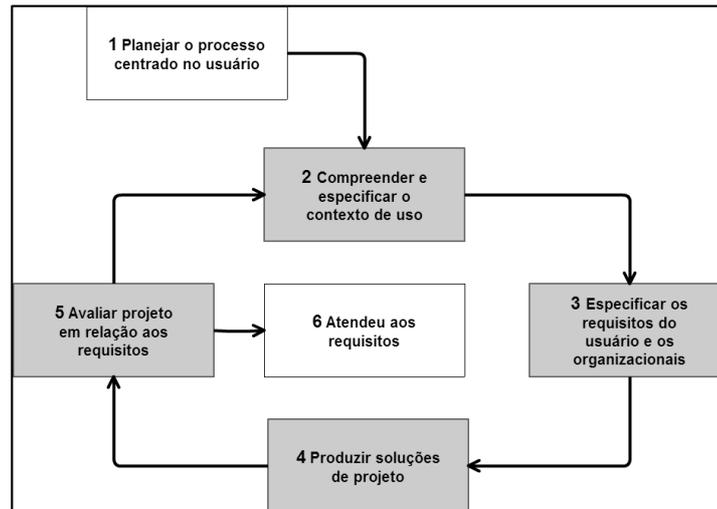


Figura 8 IHC: ciclo de design centrado no usuário ISO 13407. Fonte: ISO, 2010.

Neste ciclo, **compreender e especificar o contexto de uso** significa obter as informações sobre as características dos usuários, o ambiente de uso e as tarefas que serão executadas com o produto, além de fornecer uma base para as atividades de avaliações posteriores que são:

- **Especificar os requisitos do usuário e os organizacionais:** especificar os requisitos do usuário e da organização, determinando os critérios de sucesso para a usabilidade do produto em termos das tarefas realizadas pelos usuários, bem como diretrizes e limitações do projeto;
- **Produzir soluções de projeto:** incorporar conhecimentos de interface humano-computador nas soluções de projeto, descrevendo-as através da utilização de protótipos;
- **Avaliar projeto em relação aos requisitos:** a usabilidade do projeto deve ser avaliada em relação às tarefas dos usuários, tendo como objetivo, confirmar o nível em que os requisitos da organização e dos usuários foram alcançados, fornecendo também informações para o refinamento do projeto.

A primeira fase da metodologia deste trabalho consistiu em uma pesquisa sobre soluções já existentes na área de interfaces tangíveis para aprendizagem de conceitos matemáticos,

Maguire [2001], afirma que “o produto a ser desenvolvido será usado dentro de ambientes técnicos, físicos, psicológicos, sociais ou

A adoção do *Design* Centrado no ser Humano (HCD) como metodologia principal de design desse trabalho, se deu após um levantamento em busca por metodologias que apoiassem desenvolvimento de produtos/artefatos educacionais pedagógicos. Nessa busca foram encontrados os métodos já citados anteriormente: HCD, DP e a abordagem *Research through Design* (RtD).

A abordagem *Research Through Design* [RAMOS; GIANNELLA; STRUCHINER, 2009] foi introduzida por Brown e Collins na década de 1992 a partir do conceito de *design experiments*, e vem sendo bastante utilizada no campo educacional. Esse tipo de atividade de *design* está necessariamente relacionado ao desenvolvimento de produtos/artefatos educacionais pedagógicos. Sabe-se que os objetos educacionais não são apenas produtos materiais, como livros didáticos, jogos, *software*, mas incluem também processos, como atividades, currículos e teorias [RAMOS, 2009] apud [VAN DEN AKKER et al, 2006].

A busca por outros estudos e abordagens foi realizada para se ter uma maior compreensão sobre os métodos voltados para o *design*. Com isto, a escolha pelo HCD também levou em consideração as facilidades que o mesmo possui em possibilitar a realização de investigações científicas tirando proveito da percepção advinda das experiências exclusivas obtidas através das práticas de prototipação e criação de novos produtos, experimentando novos materiais durante os processos de prototipação [GODIN; ZAHEDI, 2014]. E assim melhorar o processo de prototipação do artefato desenvolvido.

A utilização do HCD visa contribuir com a natureza desta pesquisa que se configura como aplicada, uma vez que buscamos desenvolver o artefato tangível para utilizá-lo como auxílio na aprendizagem de matemática. Embora procuremos coletar os dados sistematicamente para encontrar padrões, a pesquisa tem uma natureza mais qualitativa, uma vez que também procuramos compreender o fenômeno, ou seja, o processo de aquisição de expertise em resolver problemas geométricos com o tangram. Quanto aos objetivos, propomos essa pesquisa utilizando o DP adaptado para o *design* do “Tangram Tangível”, sendo uma pesquisa explicativa, em que utilizamos

nos testes com os usuários tanto o método experimental quanto o observacional para analisar as outras variáveis mais emocionais e de contexto que podem influenciar o aprendizado.

Em vista da caracterização do *design* para crianças, exemplificado aqui com o *design* do “Tangram Tangível”, o nosso processo de *design* pode ser descrito através de um processo de negócios, conforme ilustra a Figura 7.

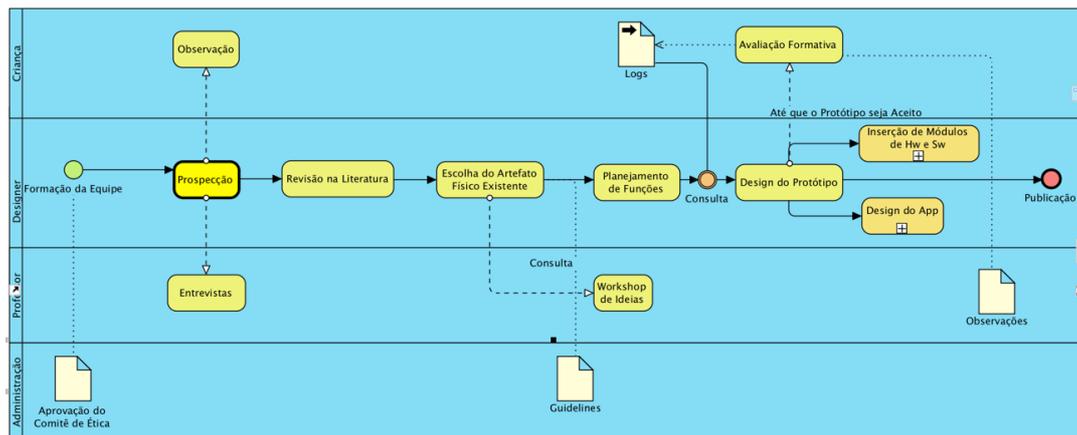


Figura 6 Processo de Design em BPMN. Fonte: Autor, 2016.

No processo de negócios BPMN descrevemos o processo de design do “Tangram Tangível” que pode ser generalizável para qualquer artefato tangível para crianças. Nesse processo, há a **formação da equipe**. Nesta fase são escolhidos e definidos os membros do projeto para depois iniciar a fase de **prospecção**. Na prospecção, são descritos métodos usados para descobrir o caminho a seguir no projeto, bem como são realizadas observações e entrevistas relacionadas ao tema da pesquisa. Essa fase de prospecção é complexa, podendo ser vista como um processo de análise de requisitos.

Para que essa fase de prospecção seja bem aprofundada e fundamentada, uma possibilidade é a adoção de estratégias para análise de requisitos em Engenharia de Software, cujos objetivos são: descobrir, tornar explícito e obter o máximo de informações para o conhecimento do objeto em questão. Nesta fase desenvolve-se a tarefa de identificar os fatos relacionados aos requisitos do sistema, de forma a prover o mais correto e mais completo entendimento do que é demandado daquele software. São

também levados em consideração alguns pontos, conforme ilustra a Figura 8.

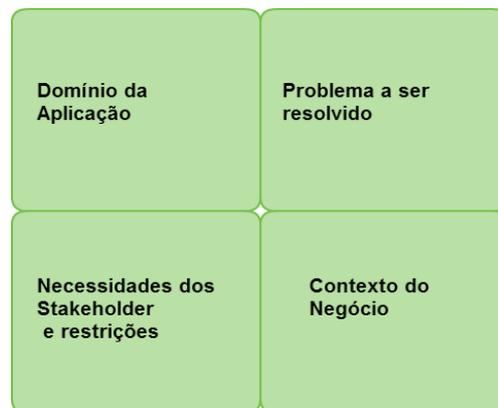


Figura 7 Componentes da elicitação de requisitos. Fonte: Gay & Hembrooke, 2004.

- **Entendimento do domínio da aplicação:** O conhecimento do domínio da aplicação é o conhecimento geral onde o sistema será aplicado;
- **Entendimento do problema (problema que será resolvido):** Os detalhes dos problemas específicos do problema do cliente onde o sistema será aplicado devem ser entendidos;
- **Entendimento do negócio:** Deve-se entender como os sistemas interagem e contribuem de forma geral com os objetivos a qual foi proposto;
- **Entendimento das necessidades e limitações dos *stakeholders* do sistema:** devem-se entender, em detalhe, as necessidades específicas das pessoas envolvidas no projeto.

O processo de *design* deve ser flexível e adaptativo desde o início do processo, por isso analisam-se os dados qualitativamente e, a partir das necessidades dos usuários e dos requisitos identificados, propõe-se uma solução, a qual testa-se por meio de um protótipo de baixa fidelidade. Devido a restrições de tempo e custo, no caso do “Tangram Tangível”, não foram construídos protótipos de mais alta-fidelidade nessa fase e sim posteriormente para novas iterações do ciclo [GAY & HEMBROOKE, 2004].

Em especial, para o desenvolvimento do protótipo “Tangram Tangível” foram seguidos alguns procedimentos para definição e análise de requisitos

conforme as fases do processo da Figura 7: pesquisa por trabalhos relacionados ao assunto, entrevistas com professores da área e pedagogos com objetivo de descobrir informações sobre necessidades e/ou requisitos em relação a um futuro sistema.

Essas entrevistas foram conduzidas de forma flexível para que os entrevistados expressassem suas opiniões e pontos-de-vista com maior liberdade do que em uma entrevista padronizada ou em um questionário. Essas entrevistas semiestruturadas são úteis em situações em que questões amplas precisam ser compreendidas [MAGUIRE, 2001]. As informações e opiniões dos profissionais da área de matemática sobre matérias concretas foram de fundamental importância nesta pesquisa no processo de prototipação.

Posteriormente, deve-se realizar uma **Revisão Sistema da Literatura** onde o objetivo principal é encontrar material bibliográfico relacionado ao tema para servir de base teórica ao estudo. Tendo como base esta revisão, pode-se proceder com a **Escolha do Artefato Físico Existente** que será trabalhado na pesquisa. Nesse caso o Tangram foi escolhido após um *workshop* de ideias.

Tendo escolhido o artefato físico existente, a equipe pode fazer o . Após isso, inicia-se o **Design do Protótipo propriamente dito**, onde o mesmo é desenvolvido de forma incremental com materiais adequados de acordo com as especificações para os objetos de aprendizagem e diretrizes de design. Durante esse processo de design do protótipo a avaliação formativa é realizada no sentido de avaliar partes do protótipo até que o mesmo seja aceito por uma comunidade de professores e alunos.

Dando continuidade ao processo de design do protótipo, são realizadas a **Inserção de módulos de hardware e software** e o **Design do App** que já compõem o protótipo dois do Tangram Tangível, por exemplo. Ao fim dessa fase, o protótipo estará pronto para utilização e publicação.

Todas estas fases descritas anteriormente seguem um modelo de desenvolvimento de software clássico, com a divisão e inclusão de outras pessoas no processo, além dos desenvolvedores. Portanto, as seguintes fases clássicas estão contempladas:

- **Análise de requisitos**
Levantamento bibliográfico;
Entrevistas, observações e definição dos requisitos;
Definição da tecnologia a ser utilizada.
- **Projeto**
Modelagem do software;
Prototipação da interface.
- **Implementação**
Implementação utilizando as tecnologias definidas;
Codificação.
- **Avaliação**
Avaliação de usabilidade.

No processo aqui apresentado são necessários não só que os *designers* prevejam como os usuários de um determinado produto irão utilizar uma interface, mas que também testem a validade de suas suposições com usuários finais reais (no caso, os próprios alunos do Ensino Fundamental).

O HCD define um conjunto de métodos que incorporam as necessidades dos usuários no desenvolvimento de produtos e serviços para cortar custos, fomentar inovações reais e fornecer uma vantagem estratégica em relação aos competidores [GOULD, 1994]. Com esta abordagem colocou-se o usuário no centro do processo de desenvolvimento. Isto é, no desenvolvimento de produtos interativos levando em consideração as características, necessidades e desejos das pessoas que efetivamente usarão o produto.

Para manter o foco no usuário, utilizou-se técnicas e métodos que buscam trazer os usuários para processo de *design*, a fim de se criar um protótipo, que além de possuir uma boa usabilidade, seja adequado às reais necessidades das pessoas envolvidas. Buscou-se desenvolver o sistema de acordo com as necessidades, capacidades e limitações dos usuários, com foco no ser humano e nas tarefas desde o princípio [GOULD, 1994], como demonstrado na Figura 12.

5.2.1 Arduino como ferramenta educacional

Aplicar a tecnologia na área pedagógica tem sido um desafio. A mesma potencialmente oferece muitas experiências e benefícios que serão levadas para toda vida do estudante, influenciando no seu rendimento escolar, lhe proporcionando mais motivação, criatividade, interação em grupo e desenvolvimento do seu raciocínio lógico.

O Arduino como ferramenta educacional pode auxiliar na construção do conhecimento através de desenvolvimento e investigações de métodos que facilitem o aprendizado do aluno, além de proporcionar uma estimulação prática do conteúdo visto na sala de aula [ALBUQUERQUE, 2007]. O uso dessa tecnologia em ambientes de ensino-aprendizagem constitui uma tecnologia educacional potencializadora, sob o ponto de vista dos referenciais teóricos construtivistas de Piaget, Vygotsky e Papert. Além da interação sócio verbal sujeito-sujeito que o meio escolar proporciona, os alunos têm também a oportunidade de uma interação integrada sujeito-objeto, através da criação de objetos interativos, automatizados, sob a supervisão firme de um projeto pedagógico engendrado e executado por seus professores [ALVES, 2012], tornando a tecnologia um instrumento de apoio ao desenvolvimento pessoal do aluno.

5.2.2 Atividades pedagógicas do Tangram Tangível

Como mencionado anteriormente o Tangram possibilita inúmeras atividades que abrangem o conteúdo de Matemática, mais especificamente em geometria plana. Abaixo estão descritas algumas maneiras de utilizar o Tangram Tangível como um objeto de aprendizagem. Vale ressaltar que essas atividades foram elaboradas pelo professor de Matemática participante da equipe de design.

Atividade 1

Responda as questões de acordo com a figura ao lado.

a) Quantas peças tem o Tangram?

organizacionais que irão afetar seu uso”. As fases, técnicas utilizadas e resultados obtidos durante o processo de *design* descritos na Figura 7 estão representadas em partes na Figura 10.

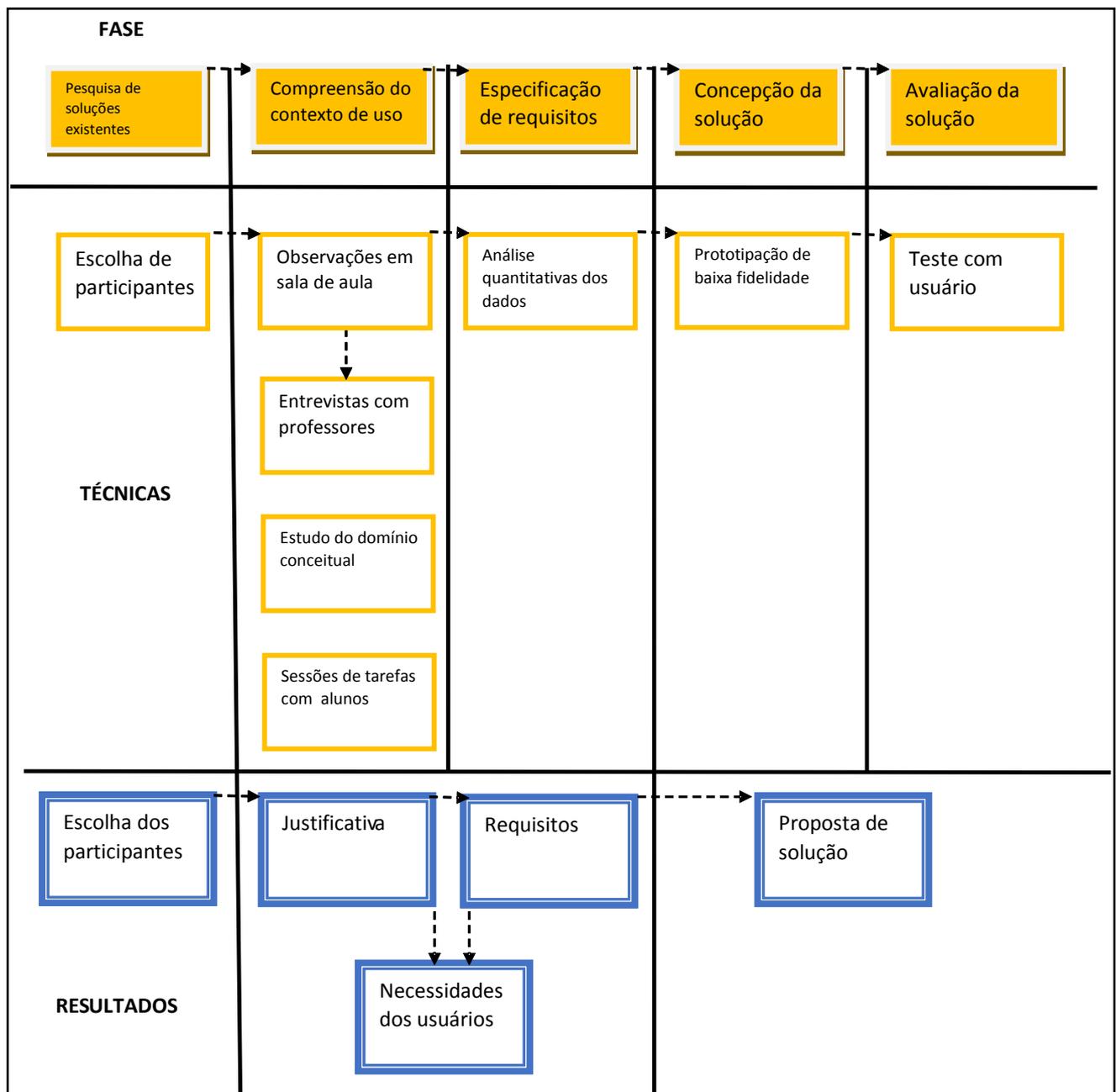


Figura 9 Metodologia. Fonte: Autor, 2016.

CAPÍTULO 5 – PROTOTIPAÇÃO

Este capítulo aborda o desenvolvimento do protótipo da do "Tangram Tangível" bem como o desenvolvimento do App que compõe este protótipo.

5.1 Objetos de Aprendizagem Tangíveis

Segundo definição de OA em Tarouco et al [2014], são “ferramentas de aprendizagem e instrução, a qual podem ser utilizadas para o ensino de diversos conteúdos e revisão de conceitos com flexibilidade e possibilidade de reutilização”.

Os OA são desenvolvidos com fins educacionais, constituindo-se em diversas modalidades de ensino: presencial, híbrida ou a distância; diversos campos de atuação: educação formal, corporativa ou informal; e, devem reunir várias características, como durabilidade, facilidade para atualização, flexibilidade, interoperabilidade, modularidade, portabilidade, entre outras, [AUDINO; NASCIMENTO, 2010].

Sobre OAs/materiais manipuláveis, Reys [1982] estabelece que são “objetos ou coisas que o aluno é capaz de sentir, tocar, manipular e movimentar. Podendo ser objetos reais que têm aplicação no dia-a-dia ou podem ser objetos que são usados para representar uma ideia”. Com base nestas definições podemos inferir/formular que objetos de aprendizagem tangíveis são ferramentas digitais dinâmicas, interativas e reutilizáveis em diferentes ambientes de aprendizagem elaborados a partir de uma base tecnológica.

5.2 O Protótipo e o Design Multicamadas

Baseado nas características e inúmeras possibilidades a serem exploradas pelo Tangram tradicional, deu-se início à prototipação do Tangram Tangível composto pelas 7 peças do Tangram tradicional, com acréscimo de tecnologia para feedback e registro do uso.

O Tangram Tangível foi concebido com uma divisão em camadas, denominadas camadas de *design*, sendo uma camada chamada de base onde há o processamento das informações obtidas pela manipulação das

peças, camada das peças manipuláveis pelas crianças onde, ao serem manuseadas, essas peças fornecem feedback visual aos usuários por meio, informando o acerto (*feedback* positivo) ou erro (*feedback* negativo) e por último a camada do *software* representada pelo App que se comunica com as peças manipuláveis por meio de *bluetooth* gerando *logs* com o registro das manipulações da criança. Essa última camada é responsável pela análise dos *logs* que posteriormente podem ser utilizadas pelos professores para desenvolver novas atividades para essas mesmas crianças. A Figura 1 mostra a relação de cada camada de design do protótipo onde os manipuláveis e a base fazem parte de um conjunto maior denominado interface tangível que está diretamente ligada a camada aplicação (App) e ao usuário.

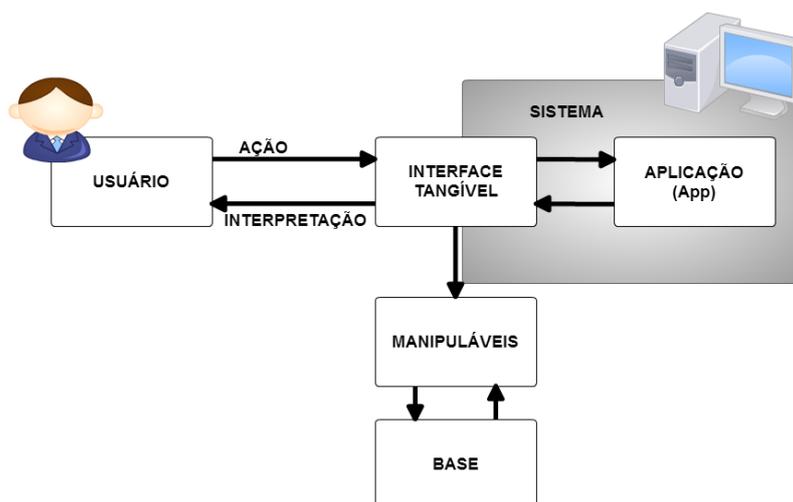


Figura 10 Camadas de design.

O processo de prototipação do “Tangram Tangível” e suas funcionalidades como, relação entre o objeto físico e App e informações de como os estudantes e professores devem operá-los seguiram um esquema de prototipação em camadas, de forma que as especificações para cada uma delas sejam diferenciadas, mas conectadas entre si por protocolos de comunicação. A essa concepção denominamos design multicamadas.

O design multicamadas baseia-se em três visões essenciais para prototipação de interfaces tangíveis para o contexto educacional como **análise de competidores**, onde foram feitas pesquisas detalhadas acerca do

que já foi ou está sendo desenvolvido na mesma área de pesquisa; **compreensão do contexto**: buscou-se compreender com observações e entrevistas semiestruturadas o contexto, rotinas e dificuldade da sala de aula onde o produto será utilizado. Com isto pode-se partir para o próximo passo que compreende a **criação** de protótipos de baixa e alta fidelidade com foco nos conteúdos matemáticos. Nesta última etapa, a interface foi idealizada com técnicas de prototipação, em busca de adequá-lo ao contexto de uso e envolvendo as três camadas de *design* que compõem esta interface.

Conforme mencionado anteriormente, a prototipação do “Tangram Tangível” é baseada no Tangram tradicional formado por 7 peças. Com essas peças é possível formar mais de 1.700 figuras, utilizando-as sem sobrepô-las, possibilitando o ensino de conceitos geométricos e o desenvolvimento do raciocínio lógico dos estudantes. No segundo ciclo do Ensino Fundamental, o Tangram pode ser utilizado para trabalhar os seguintes conteúdos:

- Conceitos de lado correspondentes, ângulo correspondente, formas semelhantes, área e perímetro de figuras planas;
- Proporcionalidade entre os lados dos triângulos formados pelas peças do Tangram;
- Ângulos congruentes;
- Polígonos congruentes e semelhantes;
- Frações;

Os conteúdos acima têm por objetivos:

- Formar novas formas com as peças do Tangram;
- Classificar ângulos;
- Reconhecer formas congruentes, semelhante e suas relações;
- Medir perímetro e área das figuras formadas a partir das peças do Tangram;
- Desenvolver o conceito de semelhança de polígonos;
- Conceituar frações;

5.3 Micro controlador Arduino

Uma das maneiras de conseguir aliar os materiais concretos já utilizados nas escolas e, por isso, conhecidos pelos alunos, a recursos computacionais que possibilitem que tanto o professor quanto os próprios alunos acompanhem seu progresso na compreensão de determinados conceitos é utilizar sensores e controladores de hardware em reproduções desses objetos concretos.

O Arduino é uma plataforma de computação física, com base em uma placa simples de entrada/saída (*input/output*, ou I/O), [FAGUNDES, 2005]. Essa plataforma possui código aberto baseado numa placa micro controladora capaz de controlar sensores, luzes, motores ou outras saídas físicas, e um ambiente de desenvolvimento para escrever o código do computador para a placa através da IDE. A Figura 2 esboça a placa Arduino.

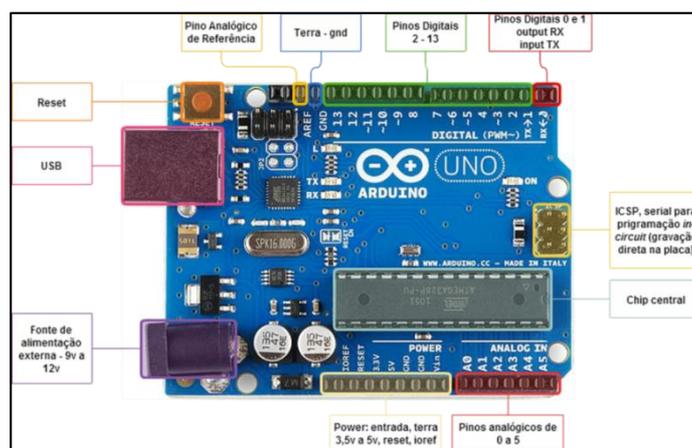


Figura 11 Micro controlador Arduino. Fonte: Arduino.cc, 2016. Adaptado pelo Autor.

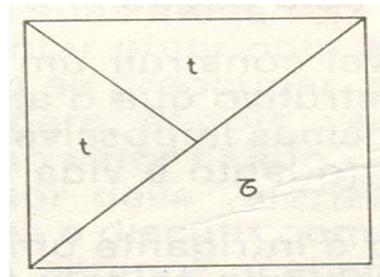
O Arduino pode ser usado para desenvolver objetos interativos independentes, sendo programado com a linguagem de programação Arduino, baseada na linguagem *Wiring*, e o ambiente de desenvolvimento Arduino, baseado no ambiente *Processing* ou conectados a *softwares* em um computador como *scratch* e *flash*.

Uma das vantagens do Arduino é que sua IDE é multi-plataforma, ou seja, pode ser instalada no *Windows*, *Linux* e *MAC OS*. Também por ser uma IDE destinada ao Arduino, ela possui nativamente diversos exemplos de código e opções de prototipagem para iniciar a implementação.

- b) Quantas peças são triangulares?
- c) Quantas peças são quadriláteros?
- d) Quantas peças são paralelogramos?

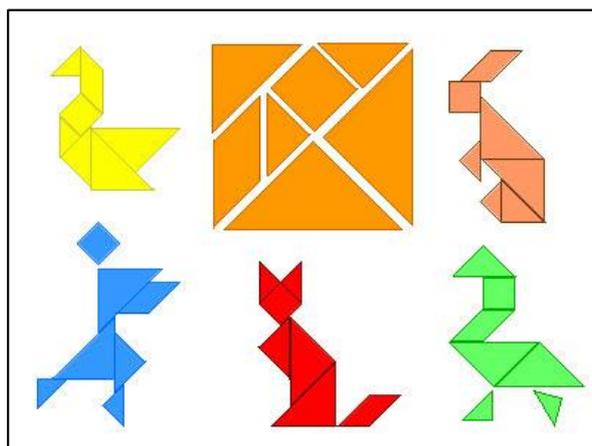
Atividade 2

Construa um quadrado com três peças?



Atividade 3

Composição de figuras a partir das peças do Tangram. Serão compostas figuras geométricas e do cotidiano do estudante.



Desenvolvendo a atividade:

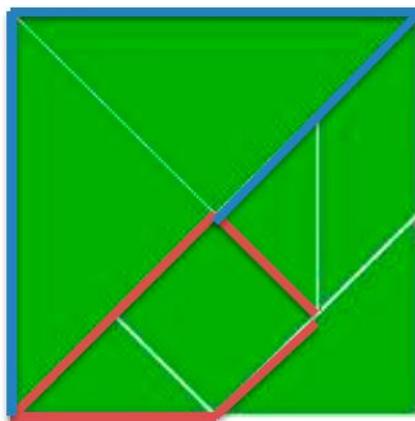
- 1) Nessa atividade os estudantes explorarão as peças do tangram para compor as figuras propostas nos desafios;
- 2) Serão utilizadas todas as peças do tangram para compor as figuras;
- 3) As peças deverão estar justapostas, sendo vedada a sobreposição de qualquer peça;
- 4) No último desafio o estudante criará uma figura com todas as peças do tangram registrando o nome da figura.

Objetivos:

- Identificar figuras geométricas planas;
- Compor figuras geométricas planas a partir das peças do Tangram;
- Refletir sobre o processo de composição de figuras.

Atividade 4

A atividade consiste em identificar as formas geométricas sobrepostas nas figuras formadas pelo tangram, contá-las e classificá-las em triângulos, quadrados, trapézios e retângulos. Abaixo um exemplo de identificação de formatos geométricos “ocultos”.



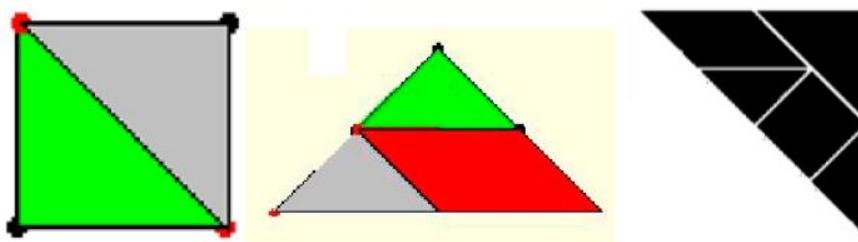
Desenvolvimento da atividade: o estudante ao visualizar a imagem no monitor deverá identificar os formatos geométricos das peças do Tangram utilizados e os ocultos, manipulando as peças do tangram digital o estudante irá mostrar quais os formatos geométricos conseguiu identificar. O Tangram digital dará um *feedback* para o estudante sobre número de possibilidades de sobreposição de formatos geométricos instigando-o a descobrir outras possibilidades.

Objetivos:

- Identificar formas geométricas planas sobrepostas em uma figura;
- Classificar formatos geométricos;
- Combinar as peças do tangram digital para representar novos formatos geométricos;
- Reconhecer novos formatos geométricos, compostos a partir de mais de uma peça do tangram.

Atividade 5

A partir de uma unidade de área, que pode ser o triângulo pequeno ou o quadrado dentre as peças do tangram, os estudantes calcularão áreas de figuras compostas por peças do tangram.



Desenvolvendo a atividade:

- 1) Na primeira tela o estudante receberá informações sobre que unidade de área será utilizada;
- 2) Serão apresentados desafios para calcular a área das peças do Tangram. Em uma sequência didática: triângulo pequeno, quadrado, paralelogramo, triângulo médio, triângulo grande;
- 3) Criarão uma figura com as peças do tangram com uma determinada quantidade de área.

Objetivos:

- Identificar uma unidade de área;
- Calcular a área de figuras planas;
- Construir figuras planas a partir de uma área determinada;
- Compreender o processo de composição de figuras por meio de sua área.

Com base nas inúmeras possibilidades de atividades para o Tangram Tangível a prototipação do mesmo como já foi dito anteriormente foi feita com uma divisão em camadas, denominadas camadas de *design* ou *design* multicamadas.

Essa divisão e prototipação em camadas facilita o processo de *design*, reduzindo a complexidade na hora de prototipar, dividindo o protótipo em subpartes mais simples, que podem ser ajustadas por membros da equipe de *design* durante seu desenvolvimento. Para atingir esse objetivo inicial, foi utilizada a abordagem de Design Participativo, onde são geradas várias versões de protótipo juntamente com usuários e stakeholders.

5.2.1 Primeiro Protótipo

Nesta sessão são apresentados os objetivos relacionados ao primeiro protótipo da interface tangível (Tangram) proposta, a descrição dos materiais utilizados e sua integração com o App.

Objetivo: verificar a eficiência do protótipo no reconhecimento das peças do tangram, utilizando materiais mais economicamente acessíveis disponíveis no laboratório.

Resultados esperados: os resultados esperados com esse protótipo foi reconhecimento de todas as peças do tangram nas posições corretas.

Materiais Utilizados

Abaixo estão relacionados os materiais utilizados, constituídos por peças já existentes no laboratório de pesquisa.

- Arduino Uno
- Jumper wires
- USB Cable
- LED
- Tecido inteligente
- Cartolina
- Emborrachado
- Papelão Branco
- Régua
- Lápis
- Pincel
- Fitas

O desenho escolhido para o desenvolvimento do projeto está na Figura 12. Foi escolhido este desenho com a forma de uma casa devido ser uma forma simples e com estrutura de fácil montagem. Os materiais utilizados são de baixo custo e de fácil aquisição.



Figura 12 Casa formada com peças do Tangram. Fonte: Autor, 2016.

Etapas para a Construção do Protótipo

Passo 1

Definição lógica das posições dos sensores

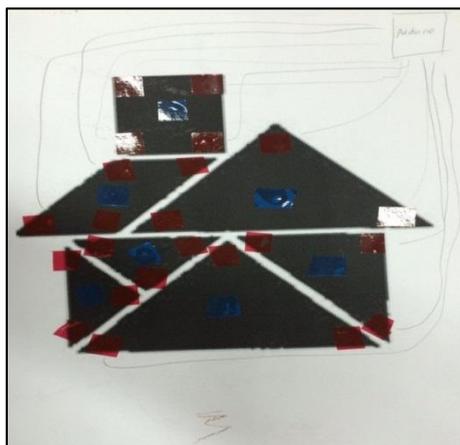


Figura 13 Marcações dos sensores na figura casa. Fonte: Autor, 2016.

As figuras 14 (a), 15 (b) e 16 (c) representam os circuitos das três formas geométricas do Tangram Tangível composto por elementos elétricos, tais como resistores, *leds*, indutores, capacitores, linhas de transmissão, fontes de tensão e fontes de corrente com objetivo é formarem caminhos fechados para

a corrente elétrica. Estes circuitos elétricos são alimentados por baterias de 9 volts em cada peça.

a)

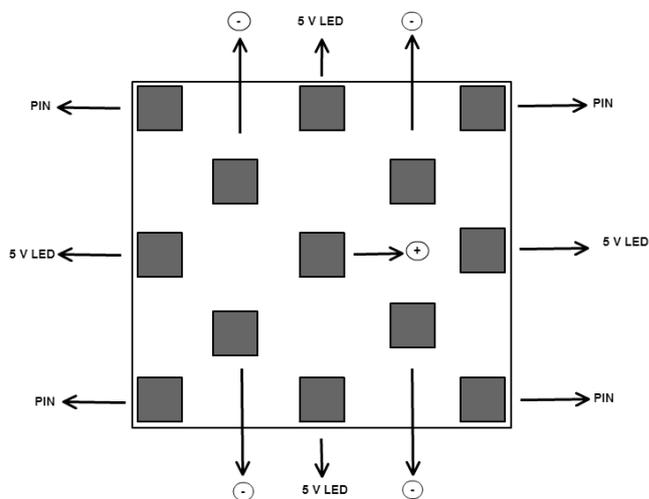


Figura 14 (a) Circuitos das peças. Fonte: Autor, 2016.

b)

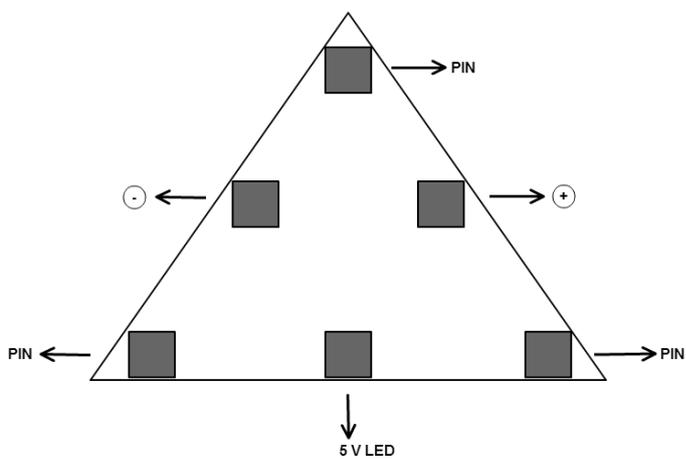


Figura 15 (b) Circuitos das peças. Fonte: Autor, 2016.

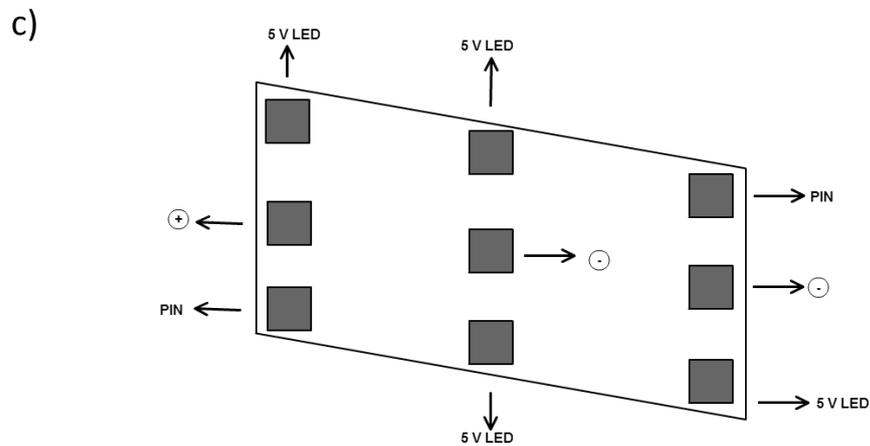


Figura 16 (c) Circuitos das peças. Fonte: Autor, 2016.

A Figura 17 mostra a construção do esquema mostrado na Figura 13 desenhado em uma folha de cartolina, utilizando um pincel e uma régua.

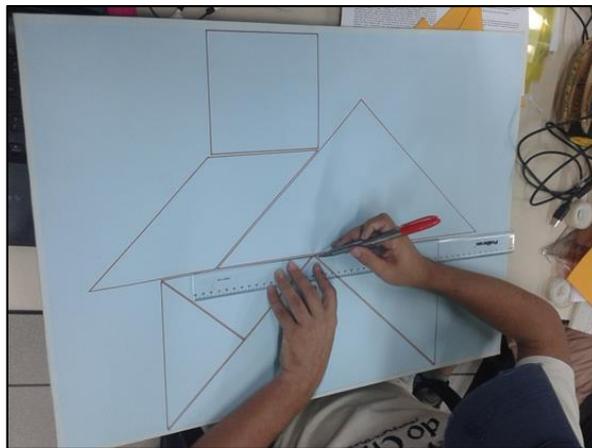


Figura 17 Desenho da Figura 1 em uma folha de cartolina. Fonte: Autor, 2016.

Passo 2

Desenho em uma folha de emborrachado no formato das peças que servirá para a montagem da figura da casa, conforme ilustrado na Figura 18.

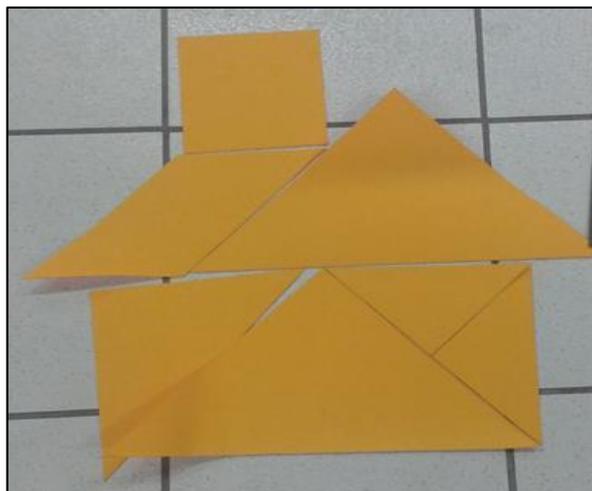


Figura 18 Recorte das peças em uma folha de emborrachado. Fonte: Autor, 2016.

Passo 3

Em uma folha de papelão branco foram feitos os formatos das peças que servirão como base do circuito, utilizando o LED para dar *feedback* se o reconhecimento da montagem da peça foi feita de maneira correta. Foram utilizados *Jumpers* para ligação do circuito, coberto com o recorte das peças e folhas de emborrachado conforme na Figura 19.

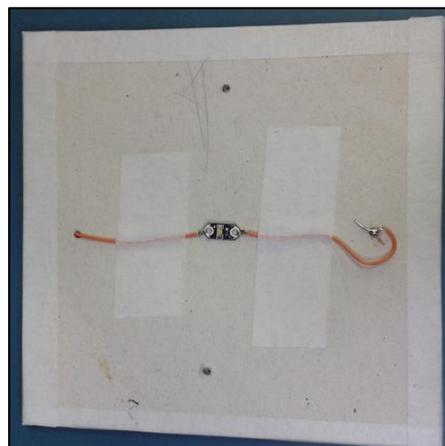
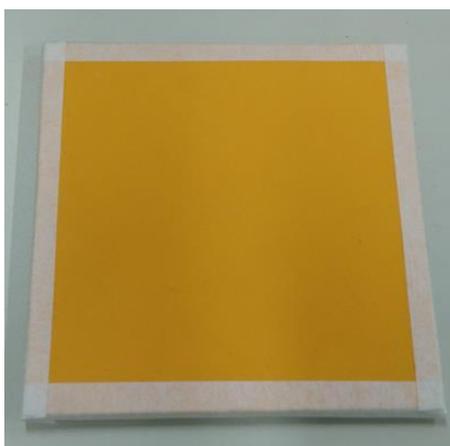


Figura 19 Peça de papelão com o circuito. Fonte: Autor, 2016.

Passo 4

No verso oposto da peça de papelão foi colocado tecido inteligente cortado em pedaços que servirá para fazer contato com o circuito conforme a Figura 20.



Figura 20 Peça do tangram com o tecido inteligente. Fonte: Autor, 2016.

Passo 5

Após a modelagem do circuito, o mesmo foi elaborado no verso da folha de cartolina para fazer o reconhecimento das peças que forem sendo encaixadas na imagem da figura casa conforme as Figuras 21, 22 e 23.

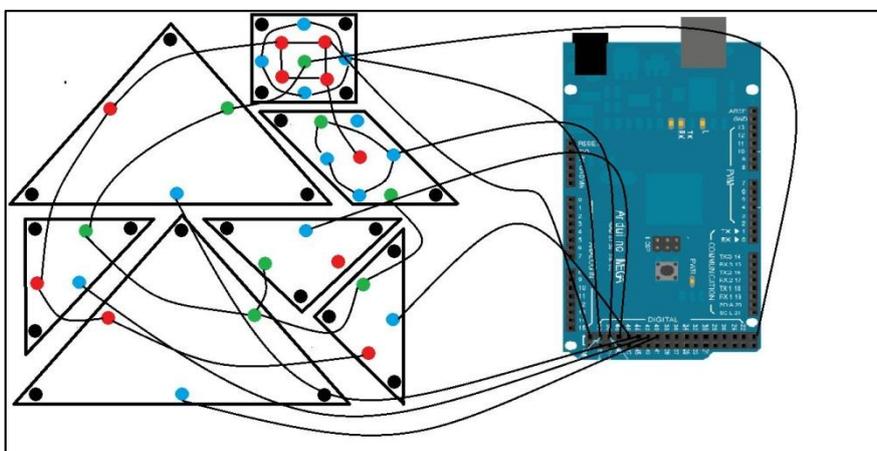


Figura 21 Circuito da base do tangram. Fonte: Autor, 2016.

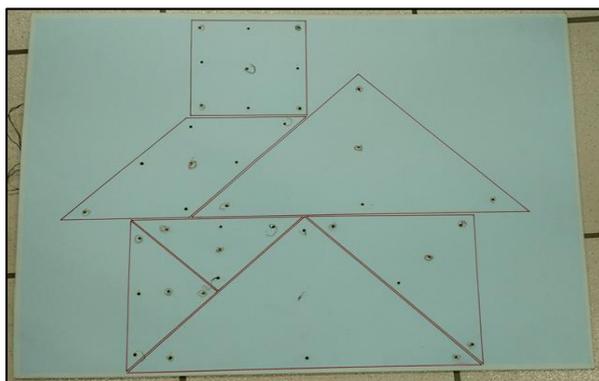


Figura 22 Circuito montado na folha de papel. Fonte: Autor, 2016.

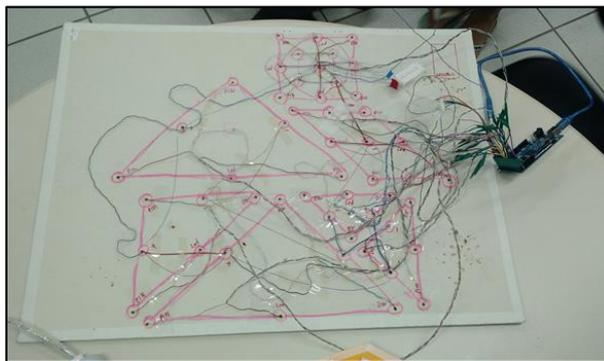


Figura 23 Circuito montado na folha de papel. Fonte: Autor, 2016.

Passo 6

Na base criada com cartolina foram colocados pequenos pedaços de tecido inteligente onde a peça montada fará contato, conforme ilustrado na Figura 24, tendo sua montagem reconhecida, conforme as Figura 25 e 26.

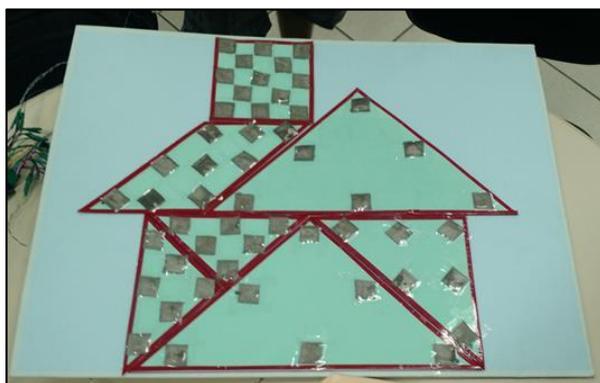


Figura 24 Base com tecido inteligente para reconhecimento das peças do tangram. Fonte: Autor, 2016.

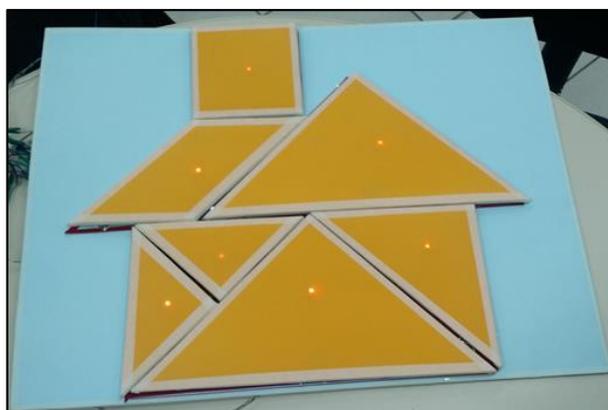


Figura 25 Peças do tangram sendo reconhecida no circuito. Fonte: Autor, 2016.

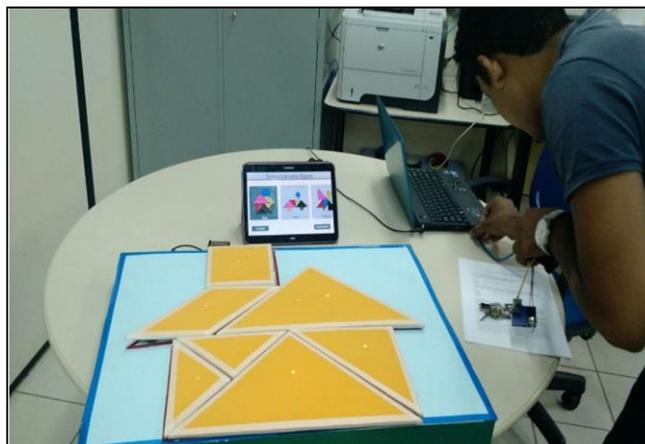


Figura 26 Teste Tangram com o App. Fonte: Autor, 2016.

Estes passos ilustraram o desenvolvimento do primeiro protótipo que envolveu a camada da base e a camada das peças do Tangram Tangível.

APP

Nesta fase do projeto foi desenvolvido o App seguindo as principais regras para desenvolvimento de aplicações multimídia baseadas em [WOLFGRAM, 1994], que consistem em:

- **Regra 1 – transmissão da mensagem:**

No App Tangram esta regra refere-se à transmissão da mensagem. Esta regra diz que a função de uma aplicação multimídia é comunicar algo a alguém e que a transmissão da mensagem deve se dar de forma clara, concisa e eficaz, de modo que se possa prender a atenção do espectador tentando assim, garantir que o mesmo compreenda e retenha a mensagem que se quer passar.

- **Regra 2 – entretenimento:**

Esta regra aborda entretenimento do usuário, ou seja, se o mesmo estiver à vontade com a mensagem que lhe está sendo passada, será estimulado a interagir em outras seções da aplicação. Para o App Tangram vários aspectos com o objetivo de entreter o usuário foram levados em consideração, tais como o roteiro, a jogabilidade, a curva de aprendizado, os efeitos sonoros, a interface, dentre outros.

Regra 3 – retenção da informação:

Esta regra diz respeito a reter a informação, ou seja, nenhuma aplicação multimídia terá valor se o espectador não conseguir reter a informação. No App Tangram, informação é transmitida de maneira clara e objetiva.

- **Regra 4 – a execução:**

Esta regra refere-se aos recursos (ferramentas, habilidades e áreas de conhecimento) para o desenvolvimento da aplicação que exige conhecimento em diversas áreas e habilidades. Estas habilidades incluem projeto, texto, ilustrações, animações, sons, programação, entre outros. A interface do App Tangram levou em consideração características de simplicidade como clareza permitindo que os usuários descubram como a aplicação funciona. O App tangram é conciso essa característica permite que o App consiga explicar uma característica em uma sentença, ao invés de três ou rotular um item com uma palavra, ao invés de duas.

- **Regra 5 – simplicidade da aplicação:**

A quinta regra de uma boa aplicação diz que a interface deve ser simples o bastante, de forma que se possa entendê-la em um relance, pois os aplicativos projetados com interfaces muito sofisticadas e ou elaboradas tomam muito tempo para entendê-las e que se um usuário precisar de muitos minutos para compreender o que há em particular em cada interface, ele se aborrecerá e acabará desistindo da aplicação.

Concepção do Aplicativo Tangram

Com base nas regras citadas anteriormente foi feito o planejamento do conteúdo da aplicação, que teve como foco conhecer e entender o público alvo e o seu nível de instrução.

Depois de se ter um entendimento completo de quem é o público alvo e como ele pensa e reage, deu-se início ao desenvolvimento do App. Esse processo começou com a decisão sobre o que se quer comunicar e os meios que se pretende usar para transmiti-lo, com telas simples e sucintas. A Figura 27 mostra algumas telas do App desenvolvido.

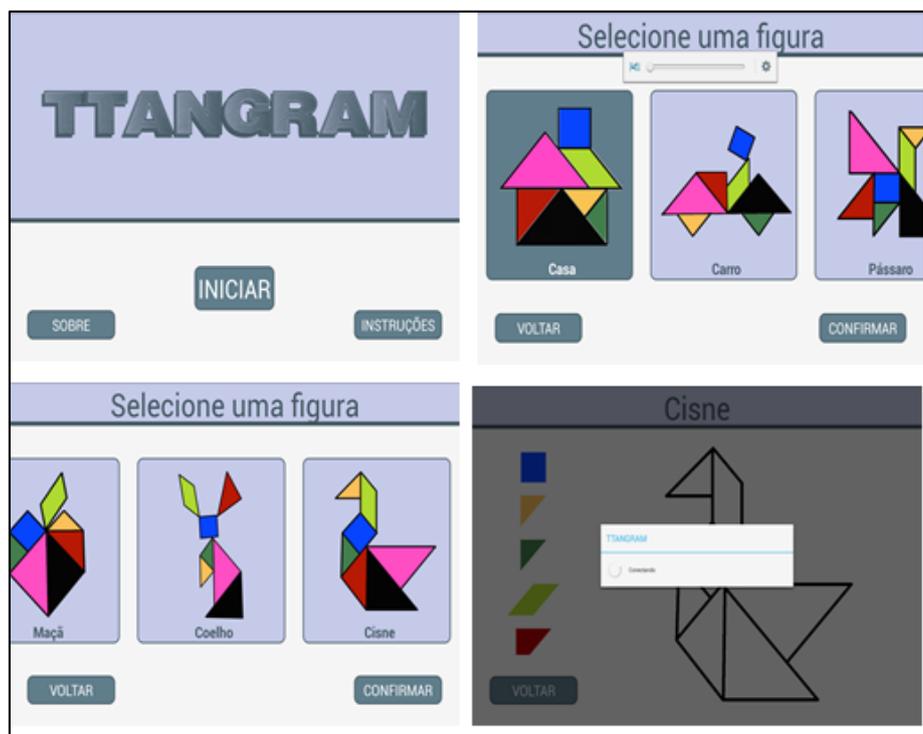


Figura 27 Telas do App Tangram. Fonte: Autor, 2016.

Durante o desenvolvimento do App, durante a definição de imagens e ilustrações levou-se em conta não apenas ilustrações de alta qualidade, mas também a escolha apropriada de estilos, para se obter uma comunicação eficaz, já que imagens, gráficos e ilustrações refletem a emoção mais rapidamente do que palavras. No entanto, deve-se tomar muito cuidado com imagens e ilustrações, já que podem transmitir uma mensagem diferente da que se pretende e também para que não se torne algo cansativo para o usuário [WOLFGRAM, 1994].

Ao longo do ciclo de desenvolvimento do App, além do planejamento do conteúdo, foram considerados os aspectos técnicos tais como: objetivos pedagógicos que podem ser classificados em tutoriais, aplicativos, programação, exercícios e prática, multimídia e internet, simulação, modelagem e jogos [VALENTE, 1999]. O *software* aqui descrito classifica-se como aplicativo e jogo, com foco na interação ou interatividade, pois este aspecto em Apps traz à tona um novo nível de controle implícito. O uso apropriado da interatividade resulta na efetiva lembrança da mensagem por parte do usuário [WOLFGRAM, 1994], pois as pessoas lembram mais daquilo com que interagem.

Além dos aspectos técnicos levados em consideração ao longo do desenvolvimento do aplicativo outro aspecto muito importante foi a aprendizagem em relação a como representá-la. Como os *logs* gerados pelo aplicativo iriam ajudar o professor demonstrando o caminho que o aluno percorreu para compor a atividade requerida? Ou qual a quantidade de interações que aluno utilizou para compor a figura geométrica ao manipular a interface tangível do Tangram? Qual o tempo gasto para realizar a atividade nos três níveis de dificuldades do aplicativo?

Estas questões nos ajudam a entender as ações tomadas pelas crianças ao percorrerem um caminho com uso da interface tangível que conseqüentemente geram uma série de informações que ficam registradas e disponibilizadas no *software* que compõem a interface, cabendo ao professor utilizar essas informações, para melhorar aspectos que ele julga importante dentro do conteúdo ministrado.

Integração do Artefato Tangível com o APP

Para esse protótipo do Tangram Tangível a ideia original do projeto foi utilizar 8 módulos *wi-fi* para enviar ao servidor o status das peças, no caso, um módulo *wi-fi* para cada uma das 7 peças do Tangram, e outro módulo *wi-fi* que seria utilizado como servidor, recebendo as informações das 7 peças.

O objetivo principal do módulo servidor foi fazer a ponte entre todas as peças do Tangram e o dispositivo Android, diminuindo a carga de dados que o dispositivo receberia concomitantemente reduzindo a taxa de processamento do dispositivo Android, focado apenas em processar o status das peças, não sendo necessário se preocupar com a comunicação entre elas.

Após a definição dos conceitos lógicos, a integração com o aplicativo para plataforma Android foi feita por meio de uma rede sem fio. Como já dito anteriormente, as peças do Tangram utilizam módulos *wi-fi*, no caso o módulo ESP8266, um *shield* Arduino que trabalha como uma estação (*Station*), enviando e recebendo dados.

A comunicação do módulo com o Arduino é feita via porta serial (comandos) utilizando os pinos RX e TX, configurados através de comandos AT. Ao conectar-se à rede *wi-fi* o módulo ESP8266 recebe comandos do

Arduino sobre o que fazer com essa conexão (incluindo iniciá-la e encerrá-la), mas a gerencia de forma completamente autônoma.

5.2.2 Segundo Protótipo

Nesta seção são apresentados os objetivos relacionados ao segundo protótipo da interface tangível proposta, materiais utilizados e sua integração com o App.

Objetivo

Este protótipo teve como objetivo usar um esquema de reconhecimento das peças mais sofisticado para que reconhecesse todas as figuras possíveis e avaliar a efetividade da tecnologia e opções de design propostos.

Resultados esperados

O reconhecimento de um número maior de figuras, fornecendo *feedback* visual.

Materiais Utilizados

Para esta versão, ao contrário da primeira, foram usados outros materiais físicos (hardware) para atender aos requisitos iniciais do protótipo e os novos requisitos que surgiram no decorrer da prototipagem. A lista de componentes utilizados com suas descrições técnicas está a seguir:

- 1 Módulo *Bluetooth* (Figura 28)
 - VCC - Ligar no pino 5v do Arduino
 - GND - Ligar no pino GND do Arduino
 - TXD - Ligar no pino 10 do Arduino
 - RXD - Ligar no pino 11 do Arduino

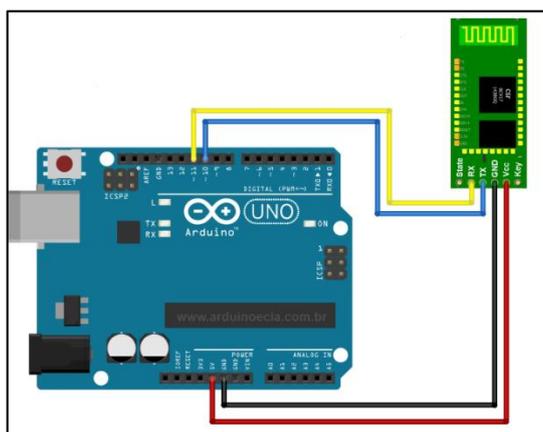


Figura 28 Circuito conectando módulo bluetooth HC-06 ao Arduino. Fonte: Autor, 2016.

- 8 Arduino UNO (Figura 29)

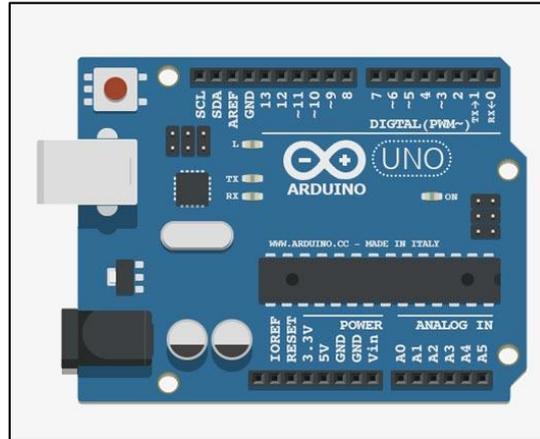


Figura 29 Micro controlador Arduino. Fonte: Autor, 2016.

- 50 Jumpers Macho-Macho, Macho-Fêmea e Fêmea-Fêmea (Figura 30)



Figura 30 ChuangZhuo Male to Male. Fonte: dx.com, 2016.

- 30 Ímãs (Figura 31)



Figura 31 Super-Strong Race-Earth RE Magnets. Fonte: dx.com, 2016.

- 25 Sensor Hall⁷ (Figura 32)

Este sensor magnético possui uma infinidade de aplicações que vão desde aparelhos de consumo até máquinas industriais. Funciona baseado em um campo magnético que se manifesta em um condutor quando um campo magnético perpendicular ao fluxo de corrente é aplicado sobre ele. Quando isso ocorre, uma diferença de potencial no condutor é gerada, chamada de Tensão de Hall [NETO et al, 2010].

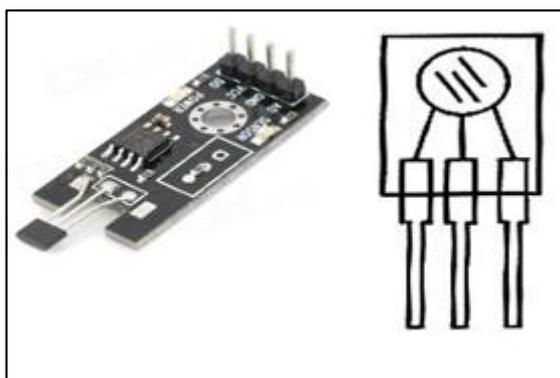


Figura 32 Sensor de efeito Hall. Fonte: dx.com, 2016.

Pela sua velocidade, pela robustez e durabilidade os sensores de efeito hall podem ser usados numa infinidade de aplicações e por isso podem ser encontrados em muitos formatos e sensibilidades.

- Módulo ESP8266 (Figura 33)

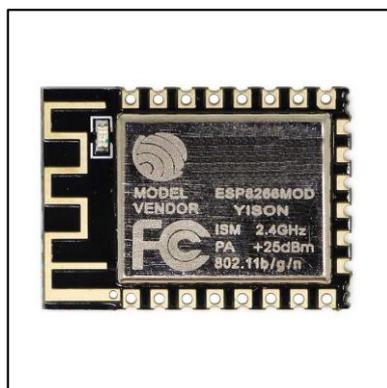


Figura 33 ESP-202 ESP8266 Serial Wi-Fi Module. Fonte: dx.com, 2016.

⁷<http://blog.filipeflop.com/sensores/sensor-hall-servo-tower-pro-sg5010.html>

- Módulo NRF24L01⁸ (Figura 34)

Este módulo é utilizado para montar um sistema de comunicação entre dois (ou mais) dispositivos. Possui 8 pinos usados para conexão ao micro controlador: GND, Vcc, CE, CS, SCK, MOSI, MISO e IRQ.

Além do tamanho reduzido, esse módulo, que é controlado pelo CI NRF24L01+ da *Nordic (datasheet)*, se caracteriza pelo baixo consumo de energia e pela velocidade de comunicação, que pode chegar a 2Mbps. Devido ao uso da interface SPI, é possível interligar esse módulo à maioria dos micro controladores disponíveis atualmente [BALDI; FEUSER, 2015]. O alcance do módulo varia de 10 metros em ambiente fechado (*indoor*) a 50 metros em ambiente aberto (*outdoor*) [BALDI; FEUSER, 2015].

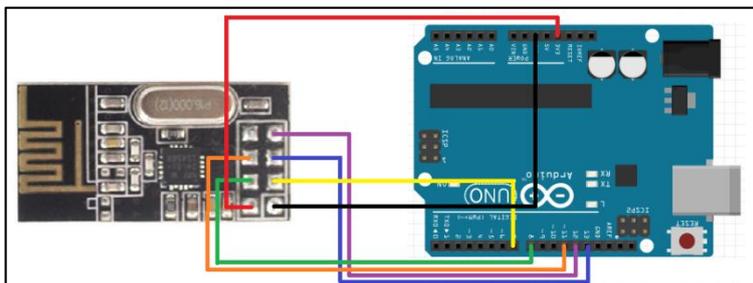


Figura 34 Módulo NRF24L01- WiFi e Arduino. Fonte: Autor, 2016.

Outra vantagem é que um mesmo módulo pode atuar como emissor ou receptor, apenas realizando configurações por *software*. Sua tensão de alimentação vai de 1,9 à 3.6V, e os pinos de sinal podem trabalhar normalmente com nível de sinal de 5V.

Visão geral do protótipo 2

A Figura 35 mostra a visão geral do protótipo 2, composto por uma rede de oito Arduinos sendo um servidor. Cada Arduino na rede possui um módulo *bluetooth* que se comunica com o Arduino servidor que por sua vez se comunica com App Android. Cinco Arduinos possuem três sensores de efeito hall. Esses Arduinos fazem parte das peças do Tangram Tangível que possuem três vértices (triângulos) e dois Arduinos possuem quatro sensores de efeito hall cada. Esses últimos Arduinos compõem as peças com quatro vértices (paralelogramo e quadrado).

⁸ <http://blog.filipeflop.com/wireless/arduino-modulo-nrf24l01-tutorial.html>

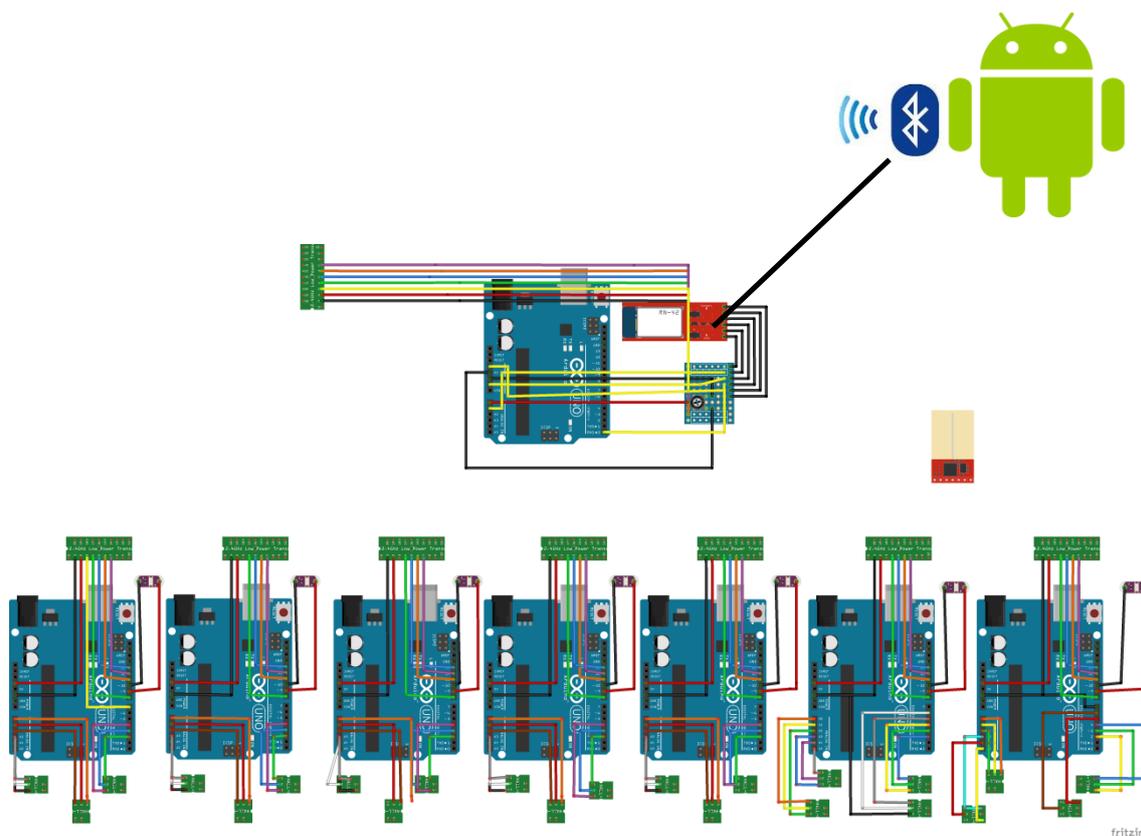


Figura 35 Visão geral do protótipo (Rede de Arduinos). Fonte: Autor, 2016.

Prototipação do Tangram Tangível, versão 2

Nesta etapa em que a segunda versão do Tangram Tangível foi prototipado foram feitas as marcações para cada sensor *hall* nas 7 peças, e nos demais componentes eletrônicos que integram o protótipo, além de toda a etapa de acabamento das peças para que ficassem com uma boa usabilidade. Isso é ilustrado nas Figuras 36 e 37.

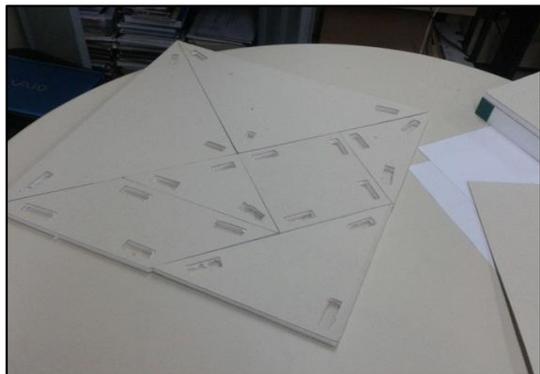


Figura 36 Marções para os sensores hall.



Figura 37 Peça quadrada com sensores hall e Arduino.



Figura 38 Peça triângulo com sensores.



Figura 39 Peças triângulos e quadrado finalizadas.

Durante a prototipação foram seguidas especificações de *design* desenvolvidas pela equipe ao logo do projeto, baseadas em diretrizes já existentes na literatura com respeito a ergonomia, unindo tecnologia e *design* e empregando recursos amigáveis para o usuário, presentes nas recomendações de usabilidade. Além disso, o *design* da interface tangível compreendeu as atividades de concepção, especificação e prototipação do artefato, levando em consideração fatores que influenciam as características da interface desenvolvida como:

- **Foco no usuário:** levou-se em consideração as necessidades do usuário, em primeiro lugar;
- **Foco na solução:** Visualização das possibilidades de solução do protótipo desenvolvido;
- **Foco na relação custo/benefício:** Aferir a viabilidade do produto previamente à sua prototipação;

- **Foco nos materiais e desenvolvimento:** para esse protótipo a seleção de materiais mais adequados e seu custo foram essenciais;
- **Foco em *feedback* como meio de aprimoramento:** acompanha a utilização do produto e sua interação com o usuário.

O artefato computacional – (um artefato virtual) e o artefato tangível – foram concebidos, especificados e prototipados levando em conta os fatores descritos anteriormente e fatores empíricos adquiridos pela equipe no decorrer do projeto.

Buscou-se trazer para o desenvolvimento do *software* e da interface tangível atividades de *design* que são realizadas no desenvolvimento de qualquer produto industrial. Com isto, buscou-se mapear as estruturas e funcionalidades identificadas na análise das especificações do artefato dentro do contexto e das restrições da arquitetura desenvolvida, de forma a tornar possível a construção do protótipo.



Figura 40 Tangram finalizado com sensores hall, Módulo NRF e Arduino. Fonte: Autor, 2016.

A Figura 40 mostra o Tangram Tangível finalizado e pronto para teste. Após as etapas de inserção dos componentes eletrônicos e acabamento das formas geométricas, o protótipo 2 de alta fidelidade chegou ao seu término. Logo, foram feitos testes pela equipe de *design* para avaliar o funcionamento do protótipo.

APP

Neste protótipo o App utilizado foi basicamente o mesmo utilizado no primeiro protótipo, porém com funcionalidades a mais implementadas. Foi realizado

redesign das telas para se obter uma comunicação eficaz já que imagens, gráficos e ilustrações são uma boa forma de atrair a atenção das crianças. Foram adicionados níveis de dificuldades para tornar o App mais desafiador. Foi criado um relatório de *logs* para o professor obter informações relevantes das crianças, com informações relacionadas aos passos percorridas durante a interação com a interface.

Essas alterações foram feitas com o objetivo de definir as regras do jogo, considerando o público alvo definido no início do prototipação.

Integração do Protótipo Tangível com o APP

O protótipo dois do Tangram Tangível é integrado com um aplicativo para a plataforma Android. As peças do Tangram utilizam módulos *bluetooth* para realizar esta integração com o dispositivo. Cada peça, recebe um identificador para ser reconhecida através do aplicativo e há também o endereço MAC de rede que é utilizado para realizar a comunicação.

As peças foram projetadas para funcionar como dispositivos escravos, ou seja, cada peça não se comunica com outra peça diretamente. Todas elas se comunicam com o dispositivo Android que foi projetado para funcionar no modo mestre. As peças (formas geométricas), depois de conectadas ao dispositivo Android via *bluetooth*, enviam mensagens especificando se estão ou não na posição correta na base. Após o dispositivo Android receber essa mensagem, ele é capaz de construir parte da figura selecionada, identificando quais outras partes da figura estão faltando ser preenchidas ou quais já estão na posição correta na camada base.

5.2.3 Terceiro Protótipo

Esta seção apresenta o ciclo de desenvolvimento do terceiro protótipo, no qual são usadas técnicas de visão computacional como detecção de bordas que é parte de um processo denominado segmentação (identificação de regiões em uma imagem). A detecção de borda é apenas uma das etapas do processo de segmentação, sendo suficiente quando é necessário apenas detectar linhas [WANGENHEIM, 2009]. Porém neste trabalho fazemos uso de outros algoritmos como o detector de bordas Sobel e Canny. O operador de Sobel é utilizado no processamento de imagem, especialmente em algoritmos

de detecção de bordas é um operador de diferenciação discreta. O operador de Sobel é baseado na convolução da imagem com uma matriz pequena, separando os sentidos horizontais e verticais, portanto é bem barata em termos computacionais [JÄHNE, 1999]. Já o operador Canny foi projetado para ser um detector de bordas ideal de acordo com critérios particulares. Este algoritmo utiliza como parâmetro de entrada uma imagem em escala de cinza e produz uma imagem que representa as posições das discontinuidades encontradas. O detector de bordas Canny primeiro suaviza a imagem para eliminar possíveis ruídos. Em seguida, ele encontra o gradiente da imagem para destacar regiões com altas derivadas espaciais. [CANNY, 1986].

Esses foram os principais operadores utilizados para detectar as formas geométricas do Tangram tangível através de uma câmera. Na Tabela 4, a seguir, temos a estrutura básica do programa em linguagem C para detectar as formas.

Tabela 4 estrutura básica do programa em linguagem C

```
// Programa detector de formas geometricas.
O programa e carrega várias imagens sequencialmente e tenta encontrar praças em
// Cada imagem
#include "opencv2/core/core.hpp"
#include "opencv2/imgproc/imgproc.hpp"
#include "opencv2/imgcodecs.hpp"
#include "opencv2/highgui/highgui.hpp"
#include <iostream>
#include <math.h>
#include <string.h>

using namespace cv;
using namespace std;

vector<Point> ptsGato = { // ---
    Point( 15,334),Point(128,226),Point(159,254),Point(159,185),
void corrigeCoords(vector<Point>& pts, float s=.8,int tx=130,int ty=50){
    for(int i=0;i<pts.size();i++){
        Point p = pts.at(i);
        p.x = s*(p.x)+tx;
        p.y = s*(p.y)+ty;
        pts.at(i) = p;
    }
}

int thresh = 50, N = 12;
const char* wndname = "Square Detection Demo";

const char* wndcrop = "Cropped Image";
```

```

Mat imCropped;
// Percorre todos os pontos para encontrar o min fechado rectângulo
vector<Point> all_points;
RotatedRect box;

// Função auxiliar:
// f Encontra um co-seno do ângulo entre os vector
static double angle(Point pt1, Point pt2, Point pt0)
{
    double dx1 = pt1.x - pt0.x;
    // // Retorna seqüência de quadrados detectados na imagem.
    // A seqüência é armazenado na especificada
static void findSquares(const Mat& image, vector<vector<Point> >& squares)
{
    squares.clear();
    all_points.clear();

    Mat pyr, timg, gray0(image.size(), CV_8U), gray;

    // // Baixa-escala e redimensionar a imagem para filtrar o ruído
    pyrDown(image, pyr, Size(image.cols / 2, image.rows / 2));
    pyrUp(pyr, timg, image.size());
    vector<vector<Point> > contours;

    // Encontrar praças em cada plano de cor da imagem
    for (int c = 2; c < 3; c++)
    {
        int ch[] = { c, 0 };
        mixChannels(&timg, 1, &gray0, 1, ch, 1);

// função desenha todos os quadrados na imagem
        static void drawSquares(Mat& image, const vector<vector<Point> >&
squares)

```

Objetivo

Reconhecer mais figuras e com mais complexidade, fornecer *feedback* positivo e negativo para o usuário.

Resultados esperados

Reconhecimento de subfiguras geométricas e feedback mais preciso para o professor, com registro das interações individuais.

Materiais Utilizados

Para esta versão do protótipo o objetivo principal foi o desenvolvimento de um sistema utilizando visão computacional. Com os outros protótipos não era

possível reconhecer independentemente todas as possíveis figuras a serem montadas, combinando todas as peças em qualquer combinação. Sendo assim, nesse terceiro protótipo, a meta era conseguir detectar automaticamente as peças geométricas do Tangram Tangível com a câmera e algoritmos de reconhecimento de imagens, detectando e indicando a presença ou ausência de tais peças. Para isto foram usados os seguintes componentes:

- Uma câmera *Logitech Orbit AF* (Figura 41)

Webcam rastreia automaticamente o movimento da peça geométrica. Essa câmera possui um sensor mecânico pan-and-tilt "Qcam ® Orbit MP" e o (QVR-13) com um sensor de 1,3 milhões de pixels verdade, 640 x 480. O QVR-13 é capaz de capturar um vídeo de imagens fixas, rotação de 54 ° no sentido vertical, a 128 ° horizontal por um servo motor.



Figura 41 Orbit AF Logitech Support

- Suporte PVC (Figura 42)

Características:

- Suporte em tubo PVC
- 1 Pontos de Fixação
- 1,86 m de Comprimento.



Figura 42 Suporte para câmera.

- OpenCV 3.1.0 (Figura 43)

É uma biblioteca multi-plataforma, totalmente livre ao uso acadêmico e comercial, para o desenvolvimento de aplicativos na área de visão computacional. Este software foi utilizado por possuir módulos de processamento de imagens e vídeo E/S.

Outro fator relevante para utilização dessa biblioteca são os algoritmos de visão computacional para: filtros de imagem, calibração de câmera, reconhecimento de objetos, análise estrutural e outros e o seu processamento é em tempo real.

Para o protótipo 3 a área de aplicação utilizada do OpenCV foi o reconhecimento de objetos com o operador de Sobel utilizado no processamento de imagem, sobretudo em algoritmos de detecção de bordas, [JÄHNE, 1999].

Peças geométricas do protótipo Tangram Tangível 3

Para haver um aproveitamento das ideias e materiais foram utilizadas as peças geométricas do protótipo dois do Tangram Tangível.

Outro objetivo com a utilização de visão computacional foi explorar novas funcionalidades e possibilidades com o uso do Tangram. Para o seu desenvolvimento, foram implementadas diferentes técnicas em processamento digital de imagens.

A técnica principal utilizada foi o operador de Sobel, utilizado no reconhecimento e processamento de imagens, mais especificamente em algoritmos de detecção de bordas. Tecnicamente, é um operador de

diferenciação discreta baseado na convolução da imagem com uma matriz pequena, separando os sentidos horizontais e verticais [JÄHNE, 1999]. A detecção de bordas é feita pela vizinhança, onde a primeira matriz detecta bordas verticais e a segunda, bordas horizontais (Tabela 3).

Tabela 5 Matriz operador Sobel

Operador de Sobel						
1	0	-1		1	2	1
2	0	-2		0	0	0
1	0	-1		-1	-2	-1

O operador Sobel usa dois núcleos, que podem ser chamados de máscaras. Essas máscaras são usadas nas operações de convolução com a imagem original para calcular as aproximações das derivadas, um núcleo para cada orientação (mudanças em vertical e horizontal) [JÄHNE, 1999]. Conforme ilustrado na Figura 44, se A for definida como a imagem original, G_x e G_y como duas imagens as quais cada um dos seus pontos são definidos pelas aproximações das derivadas aproximadas horizontais e verticais de A , então se tem:

$$G_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & +1 \\ -2 & 0 & +2 \\ -1 & 0 & +1 \end{bmatrix} * A \quad G_y = \begin{bmatrix} +1 & +2 & +1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix} * A$$

Figura 44 Aproximações da derivadas de A. Fonte:

Para esta operação de convolução em duas dimensões utiliza-se a notação “ * ”. As coordenadas em x são aqui definidas incrementando a direção à direita, logo as coordenadas em y são definidas incrementando para a direção abaixo

Ao utilizarmos o operador Sobel buscamos a suavização da imagem das peças do Tangram e eliminar o ruído. O próximo passo é encontrar o peso de cada borda tomando como parâmetro o gradiente da peça. Para isto, utilizou-se um par de máscaras de convolução 3x3, uma estimativa do gradiente da direção x (das colunas) e o gradiente na direção y (das linhas). A partir dessas definições e características do operador Sobel desenvolveu-se o protótipo 3.

Outras adaptações no protótipo 2 foram realizadas, para que o mesmo pudesse ser utilizado na implementação do protótipo 3. Cada peça do Tangram tangível 2 teve a cor alterada para facilitar a detecção pelo operador Sobel, conforme ilustrado na Figura 45.



Figura 45 Tangram com cores distintas.

Após a modificação do protótipo 2 deu-se início à prototipação da versão 3 com a codificação do algoritmo de identificação das formas geométricas. O protótipo 3 opera no modo de identificação das formas, utilizando o *OPENCV* e *Dev-cpp* como ferramentas principais e as linguagens C/C++. A Figura 46 mostra a arquitetura do protótipo 3, composto pelos módulos de captura da imagem, detecção da forma, realce, identificação e banco de dados.

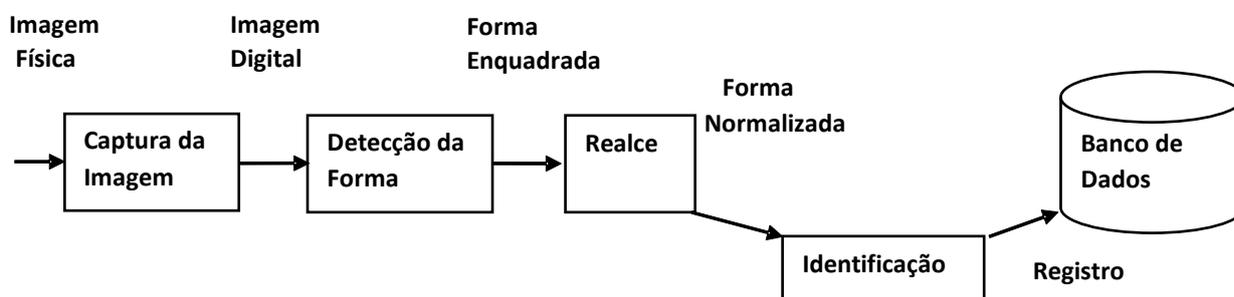


Figura 46 Arquitetura do Tangram tangível 3. Fonte: Feitoza, Pereira, 2003.

Um das técnicas usadas para reconhecer as formas geométricas foi a técnica baseada em *matching* (casamento de padrões) que consiste em um vetor de atributos ou características que facilita a detecção de objetos, padrões ou formas utilizando casamento de padrões, resultando em um conjunto de

polígonos que melhor representam os objetos presentes na imagem capturada pela câmera [UBA; DUTRA, 2008].

Outra técnica utilizada foi a segmentação, que consiste em executar uma subdivisão da imagem em partes de interesse, ou seja, deve isolar os objetos de interesse. A segmentação automática é uma das etapas mais difíceis em processamento digital de imagens, sendo que uma segmentação robusta pode garantir o sucesso ou o fracasso de um reconhecimento automático. Os algoritmos de segmentação podem ser baseados em duas propriedades no caso de imagens em tons de cinza: descontinuidade e similaridade [WANGENHEIM, 2009]. Para gerar um nível de similaridade entre os elementos estruturais que compõem a cena durante a execução do vídeo, foi usada a distância Euclidiana (dE): onde N_V é o número de elementos dos vetores x e y .

$$dE(x, y) = \sqrt{\sum_{i=1}^{N_V} (x_i - y_i)^2}$$

Nesse caso, a distância menor quer dizer que o quadros do vídeo são mais parecidos e a distância maior representa menor similaridade entre as imagens. Conseqüentemente, as imagens são mais distintas umas das outras.

Nesse protótipo a utilização dessa técnica procurou distinguir nas peças do Tangram partículas umas das outras e em relação as da base em que as peças são manipuladas que por sua vez é composta de uma cor distinta à das peças. Esta distinção permite ao algoritmo interpretar *pixels* próximos e agrupá-los em regiões. Como a técnica de segmentação ainda não faz uso de um modelo formal, o processo é essencialmente empírico e deverá se ajustar a diferentes tipos de imagem. Esta fase é uma das mais difíceis do processo e também a mais delicada porque todas as medidas serão realizadas sobre as regiões identificadas nesta etapa [GONZALES; WOODS, 2010].

Para calcular a distância entre os quadros (pontos) do vídeo e saber quais quadros são mais parecidos foi utilizado o algoritmo *K-Nearest Neighbor* (KNN). Esse algoritmo é bastante usado para classificar objetos com base em exemplos de treinamento que estão mais próximos no espaço de

características, ou seja, descobrir o vizinho mais próximo de uma dada instância [HUI; WANG, 2006].

Na sua implementação são necessários: (1) Um conjunto de exemplos de treinamento. (2) Definir uma métrica para calcular a distância entre os exemplos de treinamento. (3) Definir o valor de K (o número de vizinhos mais próximos que serão considerados pelo algoritmo) [GONZALES; WOODS, 2010]. Como escolher o valor de K ?

K=1: Pertence à classe de quadrados;

K=2: Pertence à classe de triângulos;

K=3: Pertence à classe de quadrados.

Se K for muito pequeno, a classificação fica sensível a pontos de ruído ou se K é muito grande, a vizinhança pode incluir elementos de outras classes. Além disso, é necessário sempre escolher um valor ímpar para K , assim se evita empates na votação de vizinhos mais próximos. Para o protótipo 3 do Tangram o valor de K é igual a 2 definido após vários testes dos conjuntos de amostras predefinidas para descobrir o vizinho mais próximo de uma dada instância.

Em se tratando de distância entre dois elementos é preciso definir o que são esses elementos. Cada elemento tem uma classe usada na regra de classificação e um vetor de atributos, e cada um desses atributos tem um tipo que indica quais operações se pode realizar sobre o atributo, e é por meio dessas operações que se torna possível o cálculo das distâncias [HUI; WANG, 2006].

Com isto a implementação inicial foi capaz de detectar as formas geométricas estaticamente. Posteriormente, a manipulação das formas ocorreu em tempo real.

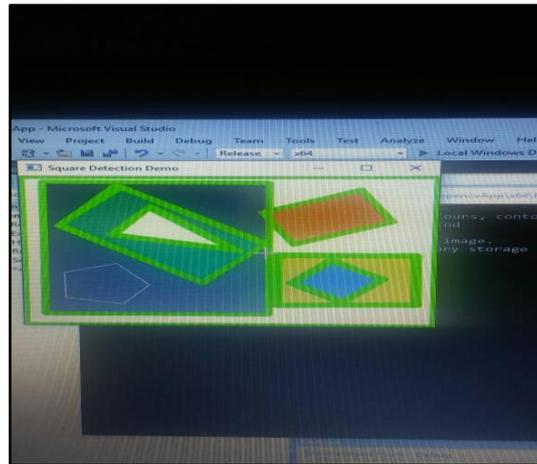


Figura 47 detecção das formas geométricas estaticamente.

Ao fim da prototipação, o software foi capaz de detectar as formas geométricas em tempo real. E com a técnica de casamentos de padrões (*matching*) foi possível comparar as formas geométricas aprendidas pelo software disponíveis na base de imagens com as formas montadas pelas crianças ao manipular a interface.

APP

Para este protótipo não foi criado um App e sim um *software* para *desktop* devido interoperabilidade tecnológica encontrada no momento da prototipação.

O *software* foi desenvolvido em linguagem c/c++, utilizando ambiente de desenvolvimento integrado Dev-Cpp e a biblioteca multi-plataforma OpenCV, para sistema operacional Windows por questões como compatibilidade e rapidez para configuração.

Integração do Protótipo Tangível com o Software

Para este protótipo a camada referente ao *software* (App) foi migrada para *desktop*. A comunicação é feita pela câmera que captura a movimentação das peças geométricas manipuladas em uma mesa de fundo preto para que o algoritmo possa detectar as peças do Tangram durante a atividade desenvolvida pelo aluno e posteriormente enviar para o *software desktop* que, por sua vez, retorna *feedback* relacionado ao desafio proposto para o usuário.

5.3 Especificação para Objetos de Aprendizagem Tangíveis

Nesta seção estão listadas todas as exigências que devem ser atendidas pelo produto no decorrer do processo de *design*. Essas exigências (especificações) foram elaboradas durante o processo de *design* dos protótipos desenvolvidos no decorrer do projeto.

Algumas dessas especificações são baseadas nos trabalhos de [REFLE et al, 2004] “*Topobo: A constructive assembly system with kinetic memory*”, [RESNICK et al., 1998] “*Digital Manipulatives: New Toys to Think With*”, e nas especificações de objetos de aprendizagem funcionais OAF de [GOMES et al, 2005] nos trabalhos “*Uma Proposta de Metadados para Objetos de Aprendizagem Funcionais*” [GOMES et al, 2005] e “*Objetos de aprendizagem funcionais e as limitações dos meta-dados atuais*” [GOMES et al, 2005]. Essas especificações foram adaptadas no contexto deste trabalho com foco em interfaces tangíveis para auxílio ao aprendizado de matemática. Sendo assim, as especificações para Objetos de Aprendizagem Tangíveis foram divididas em três categorias: técnicas, gerais e didáticas:

- **Especificações técnicas [Esp. 1]**, que dizem respeito às decisões a serem tomadas no processo de *design* e implementação da interface.
- **Especificações gerais [Esp. 2]**, para qualquer tipo de interface tangível para educação.
- **Especificações didáticas [Esp. 3]**, que estão relacionadas a aspectos de aprendizagem com uso da interface tangível.

Com base na classificação acima, os *designers* de objetos de aprendizagem tangíveis devem seguir as recomendações abaixo como metas finais dos protótipos:

- **[Esp. 1] O produto deve ser resistente, de forma que as crianças não tenham receio de quebrar na hora de brincar (manipular):** as bases para interfaces tangíveis devem ser feitas de matérias firmes tais como madeira, plástico ou papel madeira suas extremidades devem possuir cantos chanfrados usados para definir uma transição plana entre

duas faces, normalmente definida a partir de uma aresta do modelo sólido ou de faces, em manipuláveis usa-se para evitar eventualidades na hora em que as crianças estiverem manipulando o objeto. A parte eletrônica do objeto deve ficar embutida para que não haja contato físico da criança.

- **[Esp. 1] Ser manipulável (móvel e independente):** o objeto tangível deve ser independente de energia com uso de baterias permitindo a exploração, construção e divisão de formas geométricas. A interface tangível deve continuar sendo usada para que as crianças possam explorar as especificidades para a qual a mesma foi desenvolvida mesmo com os recursos eletrônicos desativado.
- **[Esp. 1] Feedback:** Deve possuir uma opção de ajuda e possuir *feedback* positivo e negativo. Segundo ⁹Kekalainen (2005, apud PAZ, 2010, p. 10): Os métodos de aquisição do *feedback* dos usuários podem ser divididos em duas categorias:
 - a) **Implícito:** realizado pelo sistema, baseando-se em informações adquiridas indiretamente dos usuários, como histórico de navegação, cliques, entre outros;
 - b) **Explícito:** realizado pelos usuários, baseando-se em informações diretas do usuário, como a indicação de pertinência de um resultado, por exemplo; Nos sistemas que possuem algum mecanismo de *feedback* explícito, a indicação da relevância dos resultados pode ser binária, quando apenas é dito se o resultado é relevante ou não, ou em escala, quando existem alguns níveis (mais que dois) de relevância possíveis a serem escolhidos. Essa escala pode ser efetuada usando números (de 1 à 5, por exemplo), letras ou com descrições (“irrelevante”, “pouco relevante”, “relevante”, “muito relevante”, por exemplo).
- **[Esp. 1] Independência do tutor:** a interface deve proporcionar aos alunos (crianças) uma certa independência do tutor ou professor, para que a mesma consiga realizar algumas atividades de forma

⁹Kekalainen J. (2005): *Binary and graded relevance in IR evaluations - comparison of the effects on ranking of IR systems*. In: *Information Processing and Management: an International Journal*, v.41 n.5, p.1019-1033.

independente (sem ajuda externa), oferecendo segurança à criança durante a execução da atividade, motivando-a a explorar suas funcionalidades.

- **[Esp. 1] Flexibilidade para criação de atividades:** os artefatos de hardware e software tangíveis devem possibilitar a mudança e implementação de novas atividades pelos professores e tutores sem maiores traumas de uma maneira muito simples.
- **[Esp. 1] Utilizar mídias variadas (modernas):** estas especificações são baseadas em RESNICK et al [1998] que afirma que a forma como compreendemos o mundo ao nosso redor é profundamente influenciada pelas ferramentas e mídia que temos à disposição. Com novas ferramentas, podemos realizar novas tarefas e compreender o mundo a nossa volta de maneira diferentemente. A utilização dessas mídias facilita a ligação entre teoria e prática;
- **[Esp. 1] Ser resistente:** o produto deve ser resistente não quebrando facilmente, para que as crianças não tenham receio de manipulá-los”.
- **[Esp. 1] Permitir o uso mesmo quando a interface estiver sem alimentação de energia:** a tecnologia deve acrescentar funcionalidades ao objeto, sem abrir mão das boas qualidades que já lhe são inerentes [RAFFLE et al., 2004];
- **[Esp. 1] Modularidade:** desenvolver interfaces tangíveis que possam ser combinadas de diferentes formas, permitindo que as crianças possam manipula-las de formas diferentes.
- **[Esp. 1] Sincronização entre software e tangível:** a confecção e comunicação entre o software e a interface tangível devem ser síncronas para que a manipulação: a manipulação na interface e a simulação (interação no software) ocorra ao mesmo tempo por exemplo: a criança pode manipular a interface e pode ver o resultado (*feedback*) em tempo real na aplicação mobile ou *desktop*.
- **[Esp. 1] [Esp. 3] Ligação entre teoria-prática:** interfaces tangíveis para crianças devem ser intuitiva e lúdica. Remetendo às atividades de montagem comuns em brincadeiras infantis e atividades escolares.

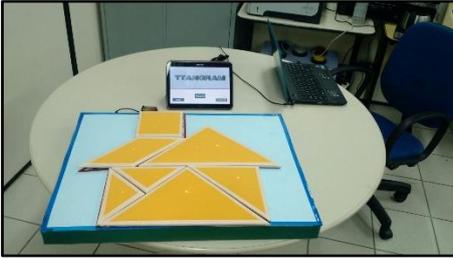
- **[Esp. 2] Peso do material:** uma interface tangível deve ser constituída de material leve e resistente que facilite a manipulação.
- **[Esp. 2] Interface compreensível:** uma interface tangível deve ser fácil de usar. Na interface do Tangram Tangível o professor escolhe o nível de dificuldade e a figura que a criança irá montar e o tipo de atividade ou pode recorrer ao menu de ajuda em caso de dúvidas e consultar maneiras de configurar novas propostas de uso.
- **[Esp. 2] Estimular analogias:** proporcionar métodos que permitam relacionar semelhança entre coisas. Fazendo analogias entre duas ou mais entidades distintas da interface tangível e o conteúdo que a mesma instrui.
- **[Esp. 2] Permitir estímulos multissensoriais:** para que os sentidos (visão, audição, toque) contemple diversos estilos de aprendizagem através de estímulos (múltiplas representações) sensoriais.
- **[Esp. 2] Facilitar adaptações de novas funcionalidades:** a interface deve permitir a incorporação de novos componentes e atividades relacionadas aos interesses dos usuários.
- **[Esp. 2] Facilitar a utilização:** A interface tangível deve possuir boa ergonomia/usabilidade. Uma interface simples e intuitiva para os alunos de modo que facilite a adesão dos mesmos para manipularem a interface.
- **[Esp. 3] Estímulo ao raciocínio:** provendo reflexão do pensamento lógico na resolução dos problemas abordados pelo conteúdo e o objetivo principal da interface.
- **[Esp. 3] Permitir uso colaborativo:** artefatos tangíveis devem oferecer aos seus usuários diferentes formas de interação, facilitando o controle, a coordenação, a colaboração e a comunicação entre as partes envolvidas. Dessa forma, as soluções são criadas com negociação e colaboração, desde o início da atividade.
- **[Esp. 3] Adaptação do protótipo (material) aos conteúdos:** as configurações devem ser adaptáveis aos conteúdos propostos pelos professores.

- **[Esp. 3] Dispor um contexto para reflexão:** essas especificações são baseadas nas diretrizes propostas por Raffle et al [2004] para encorajar o pensamento individual no contexto dos conteúdos, evitando a divisão certo e errado, possibilitando e sugerindo estratégias e soluções múltiplas, [RESNICK et al, 1998];
- **[Esp. 3] Possuir dimensões aceitáveis:** as dimensões de uma interface tangível voltada para crianças não devem ultrapassar limites aceitáveis que impeçam a manipulação pela criança.
- **[Esp. 3] Interação:** a interatividade do usuário com o mundo digital através da manipulação do objetos tangível deve facilitar a captação de respostas provindas da interação de objetos físicos com objetos e cenários virtuais.
- **[Esp. 3] Fornecer ideias multissensoriais para contemplar diferentes estilos de aprendizagem e necessidades diversas:** Com o objetivo de prover interação entre as crianças favorecendo a exploração com mais liberdade das figuras geométricas e seus perímetros, áreas e ângulos. Essas ideais ou representações devem permitir que outros sentidos das crianças sejam empregados nas atividades, ajudando-as a raciocinar.

5.3.1 Características dos protótipos

Os protótipos desenvolvidos devem atender ao máximo possível as especificações técnicas, gerais e didáticas apresentadas na seção 5.3 para objetos de aprendizagem tangíveis. A seguir a Tabela 4 apresenta as características dos três protótipos com base nas especificações desenvolvidas.

Tabela 6 Descrição e disposição técnicas dos protótipos

<p>Tangram tangível protótipo 1</p> 
<p>Descrição: formas geométricas que ao serem combinadas adequadamente compõem a imagem de um personagem/objeto do mundo real facilitando o aprendizado em relação a ponto, segmento de reta, reta, semirreta, ângulo, ângulos adjacentes e consecutivos, figuras planas e seus nomes, figuras semelhantes, proporcionalidade, segmentos consecutivos, plano, pontos colineares, ponto médio, diagonal do quadrado e vértice.</p>
<p>Disposição técnica: as formas geométricas são de fácil prototipação podendo serem desenvolvidas com baixo custo e em mais de um tipo de material, os <i>feedbacks</i> para o usuário devem ser pensados e implementados de maneira que não seja preciso alterar o formato das peças, neste protótipo foram implementadas luzes que indicam se a peça está na posição correta.</p>
<p>Tomada de decisão: relacionado as necessidades observadas para criança entendeu-se que os <i>feedbacks</i> positivos ou negativos nas peças pode ser uma forte de estímulo para as crianças concluírem as atividades.</p>
<p>Tangram tangível protótipo 2</p> 
<p>Descrição: formas geométricas de cor e texturas diferentes que ao serem manipuladas estimulam o raciocínio lógico e construção de figuras, figuras convexas como: triângulo, paralelogramo, quadrado, trapézio, objetos.</p>
<p>Disposição técnica: as peças possuem baixa complexidade de fabricação. Há diferentes tipos de possibilidades de matérias para elaborar das (texturas) superfícies.</p>
<p>Tomada de decisão: Relacionado as necessidades do usuário entendeu-se que o ato combinar formas geométricas poderia desenvolver o raciocínio lógico através dos problemas propostos que envolvem conceitos de área, perímetro, unidade de medida, unidade de área, superfícies planas.</p>
<p>Tangram tangível protótipo 3</p>



Descrição: peças geométricas menores de cores distintas para facilitar a detecção e reconhecimento pela câmera.

Disposição técnica: examinando as peças aferiu-se que possuem facilidade de prototipação bem como podem ser elaboradas em diferentes tipos de materiais visto a facilidade de representação dos formatos geométricos.

Tomada de decisão: relacionado a alternativa com as necessidades e especificações observadas identificou-se que o tamanho das peças poderiam configurar uma elevada dificuldade na montagem das formas e figuras geométricas. As peças em escala reduzidas podem facilitar a composição e montagem das formas geométricas.

5.4 Conclusão do Capítulo

Neste capítulo foram apresentados os processos de prototipação do Tangram Tangível e as especificações e recomendações que compõem o ciclo de *design* multicamadas para auxiliar o planejamento e a prototipação de objetos de aprendizagem tangíveis. Além das recomendações de *design*, foram criadas especificações voltadas para objetos de aprendizagem (especificações didáticas) as quais estão relacionadas a aspectos de aprendizagem com uso da interface tangível e devem ser atendidas pelo produto no decorrer do processo de *design*.

CAPÍTULO 6- AVALIAÇÃO

Este capítulo aborda as avaliações dos três protótipos desenvolvidos e os respectivos métodos usados em cada avaliação.

6.1 Avaliação Formativa do Protótipo 1

Para esta avaliação foram feitos testes de usabilidade com representantes de usuários, professores e *designers*, usando o "*think aloud protocol*".

O método *think aloud protocol* consiste em pedir a um indivíduo (usuário) que pense em voz alta enquanto resolve uma tarefa ou problema dentro de um ambiente específico [VAN SOMEREN; BARNARD; SANDBERG, 1994].

Este método foi utilizado na avaliação realizada por quatro especialistas (Usuários Experts), sendo: um desenvolvedor, um professor de matemática e dois *designers* de interface digital.

6.1.1 Instrumentos

Gravação das interações, entrevista pré-teste, entrevista pós teste e análise das gravações.

A seguir são descritas algumas das perguntas utilizadas nos questionários de avaliação:

Tela de Menu:

Foi fácil navegar pelo menu do aplicativo?

O visual da tela inicial é atraente?

As informações do menu são coerentes?

Encontrou dificuldades de acessar algumas opções do menu?

Tela de Seleção de Nível de Dificuldade:

Foi fácil selecionar o nível de dificuldade?

Foi fácil entender as informações sobre o nível de dificuldade?

O visual da tela de seleção de nível de dificuldade é atraente?

Escreva sua opinião/sugestão para a tela de seleção de nível de dificuldade?

Uso Geral do Aplicativo:

Foi fácil utilizar o aplicativo?

Foi fácil aprender a usar o aplicativo?

Você precisaria de apoio de uma pessoa para usar este aplicativo?

Escreva sua opinião/sugestão sobre o uso do aplicativo?

6.1.2 População

Para a aplicação do método foram selecionados 4 especialistas de diversas áreas de atuação (1 programador, 2 designers, 1 professor de matemática). O perfil dos respondentes visou representar o público alvo da aplicação e os envolvidos na implementação do protótipo.

Optou-se por esse público para avaliar a interface tangível para se ter uma melhor análise já que os mesmos são representativos aos usuários finais.

6.1.3 Tarefas

Após a entrevista pré-teste deu-se início à avaliação. Inicialmente os participantes utilizaram o *think aloud protocol* avaliando a interface do App e comentando sobre suas percepções do *design*, disposição de informações e sua relevância. Ao avaliar o App os especialistas indicaram como conduzir as possíveis atividades que podem ser aplicadas com usuários como:

- Acesse o App Tangram e verifique os níveis de dificuldades e acesse as figuras geométricas;
- Suponha que você deseje mudar de desafio. Para isso, encontre o menu e realize a mudança;
- Suponha que você precise de informações do tipo “ajuda”. Encontre de modo rápido o menu “sobre” que disponibiliza e facilita a obtenção da informação referente ao App;
- Suponha que você deseje acessar os logs do usuário e verifique se a forma como o mesmo é apresentado facilita o entendimento dos dados

6.1.4 Aplicando a técnica *Think Aloud Protocol* (App)

Este método nos permitiu observar o ponto de vista dos usuários (*experts/designers*). Referente à usabilidade buscou-se com isso: avaliação da qualidade da interface em termos de sua usabilidade e identificar problemas visando melhorias durante a desenvolvimento do produto. Para complementar

a utilização do *think aloud protocol* foram utilizados questionários sobre expectativa do usuário e usabilidade.

Na primeira etapa foi realizada uma apresentação verbal do trabalho explicando seu objetivo com uma breve explicação da metodologia de *design* empregada na prototipação. Posteriormente ocorreu a segunda etapa com a realização das tarefas definidas no planejamento do experimento e também com instruções de como realizar o experimento com utilização do *think aloud*. Essas instruções visaram demonstrar ao usuário como verbalizar os pensamentos durante a realização uma tarefa. Após tiradas suas dúvidas sobre o protocolo *think aloud* os usuários receberam um questionário para ser respondido antes e após a manipulação do sistema. Este questionário estava disponível via *web* em um *notebook* disponível para o usuário. Ainda durante a experimentação solicitou-se que os usuários pensassem em voz alta durante toda resolução da tarefa, que verbalizassem todos os seus pensamentos. Ressaltou-se ainda aos usuários que não havia necessidade de planejar suas respostas, e por último o experimento finalizou com a aplicação da entrevista pós teste.

Após essas avaliações com a utilização destes instrumentos de coleta de dados, os dados foram tabulados com o objetivo verificar os principais pontos levantados durante a aplicação dos experimento e questionário pré e pós teste.

6.1.5 Resultados observados

Com os dados obtidos após os experimentos, realizamos uma análise quanti-qualitativa relacionada à usabilidade e funcionalidade para avaliar a efetividade do protótipo como ferramenta de auxílio nas aulas de matemática e seu desenvolvimento utilizando materiais mais economicamente acessíveis disponíveis no laboratório.

Observamos com a aplicação do questionário, utilização do método *think aloud* e análise das expressões dos participantes (avaliadores) do protótipo a necessidade de alguns especialistas em querer acrescentar mais opções ou funcionalidades quanto à utilização do protótipo Tangram Tangível.

Analisamos as respostas deste questionário e obtivemos como resultados que a maioria dos especialistas achou o protótipo de fácil utilização

e intuitivo o bastante para não precisar de ajuda na hora de manipulá-lo. Os resultados podem ser vistos nos gráficos a seguir em que 3 de 6 usuários (especialistas) acharam o App muito fácil de usar em uma escala variando de “discordo totalmente” a “concordo totalmente”:

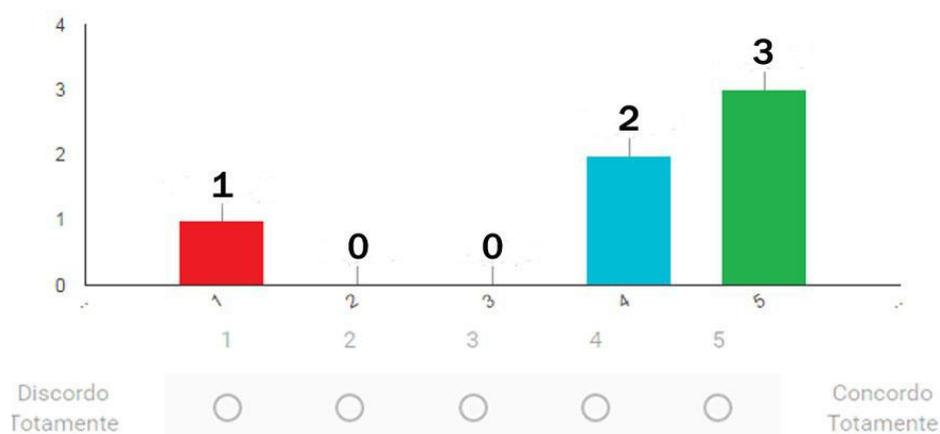


Figura 48 Facilidade de navegação pelo menu do aplicativo

A média **3,75** para o questionamento “foi fácil navegar pelo menu do aplicativo” é obtida dividindo-se a soma de F.P, **30** pelo total da amostra, **8**).

Tabela 7 Média dos questionamentos

Alternativa	Frequência (F)	Peso (P)	F.P
Concordo totalmente	5	5	25
Concordo parcialmente	2	4	4
Neutro/Indiferente	0	3	0
Discordo parcialmente	0	2	0
Discordo totalmente	1	1	1
Total	8		30

Os avaliadores não encontraram dificuldades em acessar as opções de menu, como mostra o questionamento “*Você encontrou dificuldades de acessar algumas opções do menu?*” Onde 2 dos usuários discordaram totalmente e 1 total ou seja, que não encontraram dificuldades em acessar opções do menu e outros 2 tiveram opinião Neutro/Indiferente como mostra o gráfico da Figura 49.

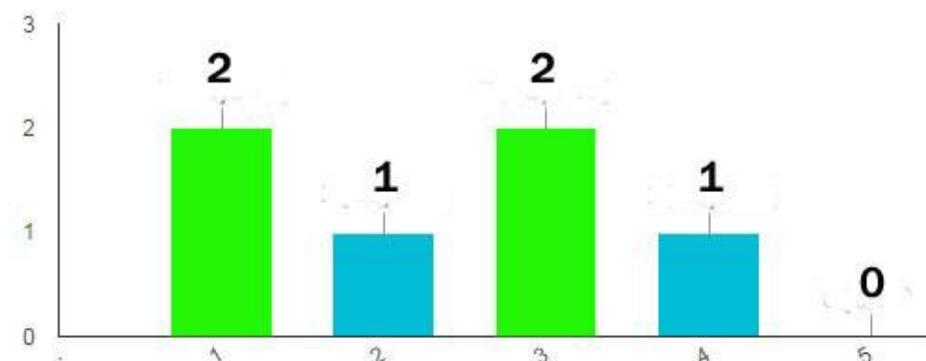


Figura 49 dificuldades de acessar algumas opções do menu.

Níveis de dificuldade

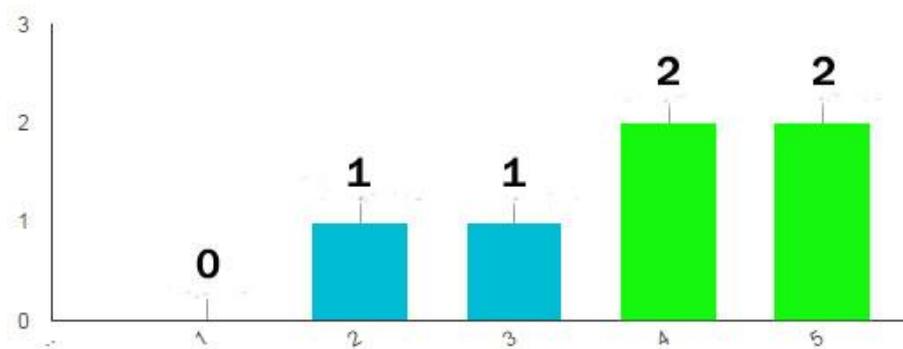


Figura 50 Selecionar o nível de dificuldade.

Em relação aos níveis de dificuldade do App Tangram, percebe-se que 4 dos usuários concordaram parcial ou totalmente em relação a escolha e coerência dos níveis dos desafios do App Tangram para o público alvo. A média para este questionamento é de 3,83.

Facilidade de Uso

Questionados sobre o uso do aplicativo com a questão “Foi fácil aprender a usar o aplicativo” 3 dos especialistas concordaram totalmente, conforme mostra a Figura 51.

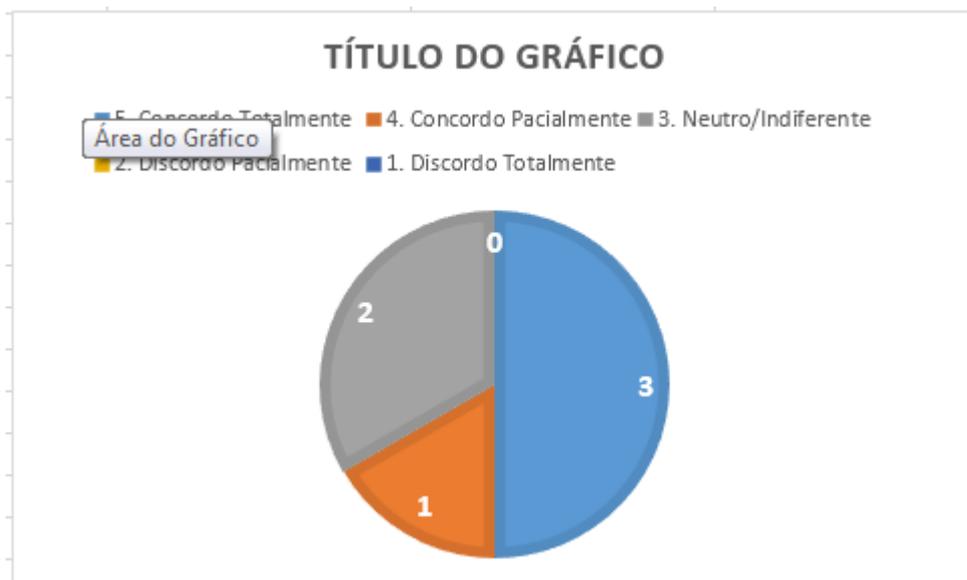


Figura 51 Facilidade em aprender de usar o aplicativo.

Os gráficos acima demonstram que o App desenvolvido para o primeiro protótipo é simples e intuitivo. Os especialistas deixam sugestões do tipo que facilitem aos professores extrair características dos alunos.

Conforme as respostas obtidas, podemos verificar que é possível a utilização do protótipo como recurso pedagógico, auxiliando no ensino de matemática, principalmente quando se trata de um protótipo com características de um jogo educativo, pois dentre as diversas possibilidades de utilização do computador ou dispositivos móveis, a preferência dos alunos é por jogos.

Além das conclusões obtidas e descritas anteriormente com a experimentação do protótipo, o objetivo principal com a avaliação do mesmo foi alcançado, consistindo em verificar a eficiência do protótipo no reconhecimento das peças do Tangram pela camada (base) da interface tangível a qual se mostrou eficiente no reconhecimento.

6.2 Avaliação Somativa do Protótipo 2

Para esta avaliação foram feitos testes de usabilidade com 2 crianças de 8 e 10 anos, de perfis relativamente distintos cursando o 3º e 4º ano, usando também o *think aloud protocol*, com intuito de verificar se todas as peças eram reconhecidas, formando um número maior de figuras para, posteriormente, avaliar a efetividade da tecnologia e opções de design.

A utilização da avaliação somativa neste protótipo objetivou avaliar os objetivos alcançados ao fim de cada processo de prototipação do Tangram Tangível e também realizar um balanço somatório das atividades definidas nos experimentos com alunos [LEITE, 2010]. Isso nos possibilitou um olhar crítico sobre a aprendizagem.

6.2.1 Instrumentação

Gravação das interações, entrevistas pré, pós-teste adaptadas para crianças e análise das gravações.

Algumas das perguntas dos questionários pré e pós-teste estão descritas a seguir:

Você gosta de jogos digitais?

Você já jogou jogos educacionais?

Você já jogou jogos educacionais de matemática?

Você gosta de geometria?

Quais formatos geométricos planos você conhece?

Você gosta das aulas de matemática?

Você já participou de uma aula de matemática no laboratório de informática?

Na sua opinião as aulas de matemática seriam mais interessantes se fossem utilizadas tecnologias como computador, jogos e robótica?

Você gostou do jogo Tangram?

Você achou as cores e formas bonitas?

6.2.2 População

A população para este experimento, ao contrário do primeiro protótipo, foram os usuários em si, 2 crianças de 8 e 10 anos de idade do 3º e 4º anos do Ensino Fundamental. Buscou-se esses participantes pois os mesmos são totalmente reais no contexto da interação com o Tangram tangível.

6.2.3 Tarefas

As tarefas para esta atividade foram adaptadas para possibilitarem o melhor entendimento das crianças. A elaboração das entrevistas pré e pós-teste com

seus respectivos questionários foram adaptados para facilitar o entendimento das crianças.

Para o experimento foram definidas as seguintes tarefas: a criança deveria acessar o Tangram App, escolher um nível de dificuldade e selecionar um desafio. Posteriormente, deveria compor a figura geométrica de uma maçã na base, onde todas as formas geométricas eram mapeadas com os imãs e observar os *feedbacks* luminosos em cada peça do Tangram e na interface do App. Ao concluir o desafio, o App lhe informa os dados do seu desafio como tempo para realização do desafio, nível de dificuldade e se a figura foi montada corretamente.

6.2.4 Aplicando a técnica *Think aloud Protocol* (App)

Para este protótipo o protocolo *think aloud* nos proporcionou observar o ponto de vista dos usuários (alunos do ensino fundamental) em relação à usabilidade, jogabilidade e a efetividade do uso do protótipo no aprendizado, já que *software/aplicativos* permitem o aprimoramento ou desenvolvimento de habilidades sociais e cognitivas favorecendo o desenvolvimento pedagógico.

Como o experimento foi realizado com os alunos, na primeira etapa foi realizada uma apresentação verbal do protótipo explicando o objetivo do trabalho e suas funcionalidades. Em seguida, iniciou-se a segunda etapa com as tarefas pré-definidas.

6.2.5 Resultados observados

Com a aplicação do questionário pré-teste podemos extrair algumas características dos usuários deste experimento tais como: quanto ao número de crianças que possuíam computador em casa e acesso à internet, todos possuem. Os dados coletados mostram que as 2 crianças já jogaram jogos educacionais, e apenas 1 já brincou com software matemáticos.

Outras informações foram coletadas com base nos questionários pós-teste, nas observações e comentários das crianças durante os experimentos. Pôde-se analisar que o protótipo desenvolvido utilizando o micro controlador Arduino é eficaz em atrair a atenção das crianças, com os seus *feedbacks* luminosos (*leds*) e por seus componentes eletrônicos estarem mais evidentes despertando sua curiosidade.

Outro fator percebido na utilização deste protótipo durante a composição das formas geométricas é que as crianças buscavam novas formas de combinar as peças mesmo com as peças possuindo restrições de marcações predefinidas pelos imãs detectados pelos sensores na camada base.

Com isto podemos constatar que ao utilizar o Tangram Tangível nos desafios propostos os alunos desenvolvem habilidades que favorecem a percepção espacial como: discriminar, perceber semelhança e diferença entre as figuras desenhadas ou montadas.

Alguns alunos relataram dificuldades no momento da formação das figuras do tipo animais dizendo que era “difícil de imaginar o animal que seria composto pelas formas geométricas”.

Constatamos com a aplicação do questionário e métodos de observação que alguns alunos sugeriram mais opções para a utilização do protótipo. Uma criança perguntou se podiam formar outros tipos de animais com o Tangram além dos sugeridos. A maioria dos alunos optou pelo desafio da figura maçã pois a mesma se mostrou mais fácil de compor em relação às outras figuras dos demais desafios.

É importante ressaltar que, apesar das dificuldades apresentadas, pode-se concluir com esta análise que a utilização do protótipo não elimina as dificuldades relacionadas à geometria mas dá novos significados aos problemas e oferece ao aluno a possibilidade de encará-los como algo que pode ser superado.

6.3 Avaliação de Validação do Protótipo 3

Para esta avaliação utilizou-se uma abordagem experimental, com dois grupos de crianças com as mesmas atividades. Um usando o Tangram Tangível e outro usando Tangram tradicional. O objetivo deste experimento consiste em:

- Avaliar o nível de interação e *design* do protótipo, além de aferir o nível de participação nas atividades propostas;
- Examinar a interface em relação à satisfação e às necessidades do usuário;
- Avaliar o protótipo em relação à facilidade de aprendizagem;

- Avaliar ideias e alternativas de *design* que foram utilizadas durante o desenvolvimento do protótipo da interface;
- Identificar problemas de interação e interface.
- Experiências de uso;
- Facilidade de aprendizagem.

6.3.1 Instrumentação

Gravação das interações, entrevistas pré e pós-teste adaptados para crianças, análise das gravações. Algumas das perguntas dos questionários pré e pós teste estão descritas a seguir:

Você gosta de jogos digitais?

Você já jogou jogos educacionais?

Você já jogou jogos educacionais de matemática?

Você gosta de geometria?

Quais formatos geométricos planos você conhece?

Você gosta das aulas de matemática?

Você já participou de uma aula de matemática no laboratório de informática?

Na sua opinião as aulas de matemática seriam mais interessantes se fossem utilizadas tecnologias como computador, jogos e robótica?

Você gostou do jogo Tangram?

Você achou as cores e formas bonitas?

Você achou fácil ou difícil jogar?

Quais das figuras você achou mais difícil de montar?

Qual tipo de figura você gostou mais de montar?

Quais foram as principais dificuldades que você encontrou ao utilizar o Tangram?

O que significa unidade de área?

O que é área de uma figura?

Figuras que utilizam as mesmas peças do Tangram possuem a mesma área?

Quais formatos geométricos novos você aprendeu com o uso do Tangram?

6.3.2 População

O protótipo três contou com uma população de 6 crianças de 7, 8 e 12 anos para o experimento. Dessas crianças 4 são de uma escola da rede municipal de ensino trazidas pelo professor de matemática que participou da pesquisa, 2 eram filhos de alunos de pós graduação do Instituto de Computação todas cursando o Ensino Fundamental, os alunos de 12 anos cursam o 7º ano, o aluno de 7 anos cursa a 3º ano e o aluno de 8 anos cursa o 4º ano.

6.3.4 Tarefas

Nessa atividade os estudantes exploraram as peças do Tangram para compor as figuras propostas nos desafios. Foram utilizadas todas as peças do Tangram para compor a figura no primeiro desafio. No segundo desafio os estudantes tiveram de construir uma figura geométrica com algumas peças do Tangram. As peças tinham de estar justapostas, sendo vedada a sobreposição de qualquer peça.

Desafio 1: Utilizando todas as peças do Tangram represente a figura expressa no monitor conforme os desafios 1, 2, 3, 4, e 5.

Desafio 2: Utilizando as peças do Tangram construa um quadrado com duas ou quatro peças.

Desafio 3: Identifique as formas ocultas do desafio 6 utilizando as peças do Tangram.

Desafio 4: O triângulo do desafio 7 tem a área de tamanho X monte uma forma geométrica com 4 lados que possua 2 vezes a área do triângulo.

6.3.5 Aplicando a técnica Think-aloud Protocol (Software)

O método *Think Aloud Protocol* aplicado nesse protótipo nos proporcionou observar a interação e as avaliações dos usuários ao manipularem a interface do Tangram com visão computacional.

6.3.6 Resultados observados

O auxílio de professores da área de matemática e especialistas da computação foi de extrema importância para adaptação das atividades do protótipo ao contexto da disciplina, os mesmo auxiliaram na escolha e criação dos

enunciados das tarefas a serem realizadas com os alunos durante os experimentos. Desta forma, com base na análise dos questionários preenchidos, nas entrevistas com os professores e anotações feitas a partir das observações baseadas no método *Think Aloud*, e comentários das crianças durante a realização dos desafios propostos nas tarefas, pôde-se analisar o potencial do protótipo 3 do Tangram Tangível, bem como as reações dos alunos durante o contato com o mesmo. Assim, os alunos tiveram mais estímulos para realizar as atividades propostas.

A princípio percebeu-se que para resolver um problema, ou seja, para que a criança pudesse avançar no jogo mudando de desafio ela adotava inúmeras estratégias diversificadas, como inverter as formas geométricas. Essa possibilidade de inversão só foi possível nesse protótipo com o uso da visão computacional. Conseqüentemente, estas crianças ao longo dos experimentos iam encontrando de forma autônoma soluções novas para estes problemas, quais muitos deles não haviam sido inicialmente identificados pela equipe do projeto.

A cada atividade executada os alunos adquiriam habilidades de ver, tocar e raciocinar, de maneira instantânea, o que os tornava mais hábeis para a realização das atividades em busca de atingir os objetivos propostos. Isto evidencia o estímulo à participação que o Tangram proporciona.

Outro fator observado foi que as crianças que nunca tiveram contato com o Tangram tradicional tiveram maior dificuldade em compor as formas geométricas do desafio, levando em média 3:40 minutos a mais que as crianças que haviam tido contato com o Tangram tradicional.

Mesmo com os desafios dos níveis mais difíceis possibilitando uma pré-visualização da silhueta da forma geométrica na tela do computador, as crianças tiveram dificuldade em finalizar os desafios, evidenciando que algumas atividades exigiam maior atenção por parte das crianças, estimulando-as a entender a lógica da composição das peças.

Os experimentos realizados validaram o potencial motivacional da utilização de objetos educacionais tangíveis no auxílio do ensino de matemática, particularmente o conteúdo de geometria plana abordando: formas geométricas, simetria, frações, área, medidas, congruência, semelhança, ângulos da figura, apresentando resultados positivos e significativos. Com isto,

acredita-se que o uso de objetos educacionais tangíveis pode apresentar resultados satisfatórios e inúmeros aspectos positivos no auxílio do ensino e aprendizagem de conteúdos da área de matemática.

Abaixo temos alguns gráficos obtidos após observações e questionários aplicados antes e após os experimentos. A Figura 53 mostra que 3 dos usuários acharam o protótipo Tangram muito difícil de compor os desafios geométricos.

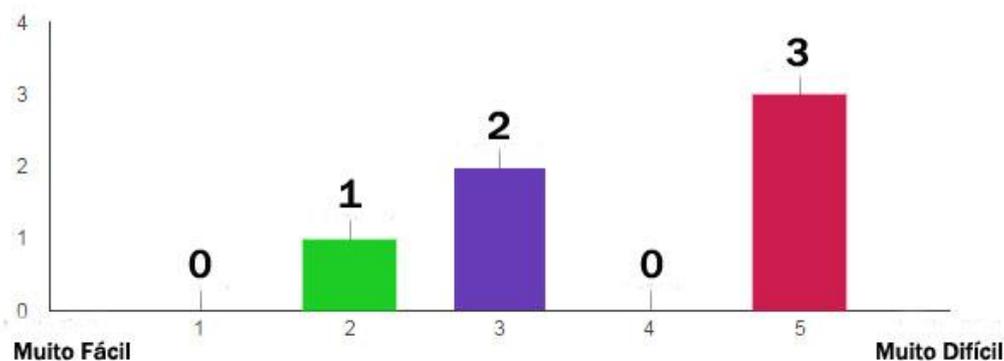


Figura 53 Você achou fácil ou difícil jogar?

O gráfico da Figura 54 mostra que 4 dos usuários gostaram de compor formas geométricas da categoria fruta isto foi percebido devido a facilidades que os mesmos tiveram em compor o desafio da figura maçã.

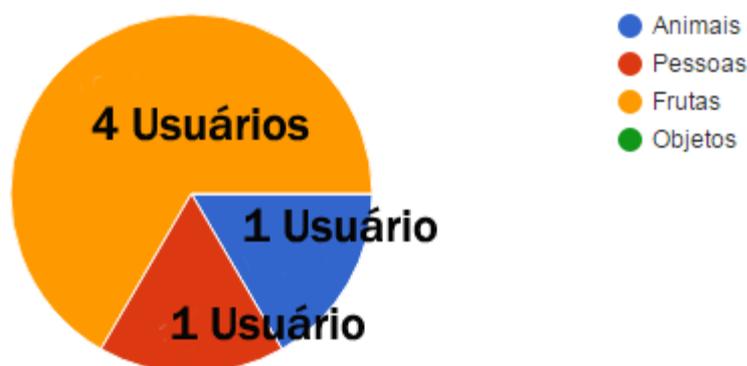


Figura 54 Qual tipo de figura você gostou mais de montar?

Em relação às dificuldades, os alunos, após realizarem todos os desafios, apontaram como maior dificuldade a atividade do desafio 6 que consistia em identificar formas geométricas ocultas. Outras dificuldades foram

relatadas como as que foram observadas pelo protocolo *think aloud* em que os usuários relataram que era muito difícil imaginar a figura que estava sendo pedida para compor alguns alunos diziam “professor não sei como fazer um coelho só com essas peças acho que falta mais peças”.

Os usuários ao serem questionados afirmaram que aprenderam novas formas geométricas como o paralelogramo e também relataram que com a junção de algumas peças é possível compor novos formatos.

Após a realização dos desafios os alunos eram capazes de identificar unidade, área das figuras planas e afirmar que as figuras que utilizam as mesmas peças do Tangram possuem a mesma área.

CAPÍTULO 7 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo são apresentadas as conclusões obtidas no decorrer do trabalho bem como as principais contribuições que o mesmo oferece para trabalhos futuros.

7.1 Conclusão

Interfaces tangíveis agregam valor a objetos computacionais, possibilitando que haja mais interação entre os usuários e o registro das interações dos usuários com os artefatos, possibilitando abordagens diferenciadas para as necessidades específicas dos usuários.

Conforme exemplificado pelas referências neste trabalho, existem várias interfaces tangíveis propostas para a área educacional. Nesta pesquisa, baseados em nossas experiências anteriores, nas recomendações, *guidelines* e abordagens encontradas na literatura, propusemos um processo de desenvolvimento colaborativo de artefatos tangíveis para a aprendizagem de crianças. Descrevemos seu funcionamento através da prototipação de um caso de *design*, o Tangram Tangível, o qual é voltado para auxiliar na aprendizagem da matemática, abordando especificamente o conteúdo de geometria plana. Levou-se em conta que ele pode ser um recurso muito importante no ensino da geometria, onde o aluno aprende brincando. Este objeto de aprendizagem nos proporciona inúmeras possibilidades de disposição espacial de uma peça, especialmente se forem observadas as diferentes combinações.

Com base nisso, definimos os conteúdos de geometria abordados nesse trabalho para cada um dos protótipos desenvolvidos, implementamos os protótipos e os avaliamos com teste de laboratório e com diferentes alunos de 7 a 12 anos da 5^o, 6^o 7^o séries de uma Escola Estadual de Ensino Fundamental. Por fim, apresentamos as análises dos resultados e juntamente com a prototipação do Tangram Tangível, foram definidas especificações para objetos de aprendizagem tangíveis com a abordagem de *design* multicamadas no contexto de aprendizagem de matemática na educação básica. Essas especificações estão disponíveis para a configuração de novos artefatos que compartilham do mesmo propósito.

As especificações geradas nesse trabalho poderão ser usadas também para configurar novas atividades em um sistema de gerenciamento de objetos

de aprendizagem tangíveis. A preparação de um bom material e a forma como são organizados na sala induz o aluno à manipulação imediata dos objetos (alta *affordance*), sem a necessidade de leituras longas e cansativas. Entretanto, ao utilizar esse tipo de tecnologia em uma sala de aula real, o professor deve proceder um planejamento minucioso, o que requer tempo e habilidade do professor na utilização dos artefatos.

7.2 Contribuições

Esta pesquisa possibilitou a especificação de recomendações de *design* que contribuem para trabalhos de pesquisas na área de interfaces tangíveis e requisitos de *software* que compõem esse tipo de interface com enfoque para matemática, pois buscou as dificuldades em geometria plana como ponto, segmento de reta, reta, semirreta, ângulo, ângulos adjacentes e consecutivos, figuras planas e seus nomes, figuras semelhantes e proporcionalidade. Com base nessas dificuldades foram desenvolvidos protótipos de interfaces tangíveis para auxiliar o aprendizado deste conteúdo.

Com isto, os dados obtidos neste trabalho podem auxiliar as pesquisas que visam criar soluções para unir o concreto ao virtual de forma simples, natural e pouco custosa, já que a pesquisa teve um caráter interdisciplinar envolvendo diferentes áreas como: educação, tecnologia educacional, computação ubíqua, IHC, sistemas embarcados, eletrônica e projeto de sistemas computacionais. As contribuições científicas aqui apresentadas em forma de especificações se estendem a essas áreas.

Durante o desenvolvimento deste trabalho, algumas dificuldades ou limitações foram encontradas devido a sua abrangência interdisciplinar, o que requer conhecimento técnico mais aprofundado sobre as tecnologias necessárias à implementação dos protótipos. Alguns materiais mostraram não serem os mais apropriados para a prototipação levando a testes que provocaram novos ciclos no processo para ajustar as tecnologias aos requisitos. Além disso, houve sensores adquiridos com defeitos e a ocorrência de incompatibilidades entre os *softwares* utilizados. Além das limitações de cunho técnico, outro fator que impôs dificuldades foi o tempo curto para implementação de outros protótipos com abordagens tecnológicas diferentes.

7.3 Trabalhos futuros

Como trabalhos futuros propomos a busca por novas tecnologias com custos acessíveis que possam agregar valor a interfaces educacionais tangíveis que envolvam as especificações apresentadas neste trabalho.

Espera-se que outros produtos possam ser gerados para o aprendizado matemático envolvendo outros conceitos e concepções a partir das contribuições geradas por essa pesquisa.

REFERÊNCIAS

- Albuquerque, A. P.; Melo, C. M.; César, D. R. e Mill, D. **Robótica Pedagógica Livro: Instrumento de Criação, Reflexão e Inclusão Sócio-digital**. Em XVIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação. São Paulo, 2007.
- Alves, R. M.; da Silva A, L, C.; Pinto, M. C.; Sampaio, F. F.; Elia, M. F. **Uso do hardware livre Arduino em ambientes de ensino-aprendizagem**. Jornada de Atualização em Informática e Educação. JAIE 2012, v. 1, p. 1-190, 2012.
- Arduino. **Plataforma Arduino**. Disponível em: <<http://www.arduino.cc/>> Acessado em: 13/11/2014.
- Almeida, N, P: **Educação Lúdica**: 9ª edição Rio de Janeiro Loyola, Paulo 1992.
- Albuini, A.; Leal, I. **A utilização de material didático no ensino da matemática**. 2013. Disponível em: <<http://brinkmat.blogspot.com.br/2013/08/subtracao-com-o-uso-do-tangran.html>> Acesso em: 07/03/2016.
- Audino, D. F; Nascimento, R. S. **Objetos de Aprendizagem: diálogos entre conceitos e uma nova proposição aplicada a educação**. Revista Contemporanea de Educação. v.05, n.10, jul/dez. 2010
- Baldi, M, A; feuser, B, L. **Protótipo open source de sensoriamento remoto em ambiente agrícola**. X Congresso Brasileiro de Agroinformática-XSBIAGRO, 2015.
- Barbosa, J. L. M. **Geometria Euclidiana Plana**. Rio de Janeiro, SBM, 1985.
- Brasil. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Matemática**. 2a edição. Rio de Janeiro: DP&A, 2000.
- Brazileiro B, R. **TAMARINO: uma abordagem visual para prototipagem rápida em computação física**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife/Agosto de 2013.
- Banzi, M. **Primeiros passos com o arduino**. São Paulo, O'Reillynovatec, 2012.
- Bevan, N., Curson, I. **Planning and Implementing User-Centred Design**. Teddington, Middlesex, TW11 0DU, UK, CHI 99 15-20 MAY 1999.
- Bicudo, F. **A entrevista- testemunho: quando o diálogo é possível**. Revista Caros Amigos. Observatório da Imprensa.
- Canny, J. **A Computational Approach to Edge Detection**, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 8, No. 6, Nov. 1986.

- Carbonneau, K, J.; Marley, S, C.; Selig, J, P. **A Meta-Analysis of the Efficacy of Teaching Mathematics With Concrete Manipulatives**. University of New Mexico.
- Chizzotti, A. **Pesquisa em ciências humanas e sociais**. 4. ed. São Paulo: Cortez, 2001.
- Cooper, Alan. **About Face 3: The Essentials of Interaction Design**. Willey, 2007.
- Costa, B, E; Guedes, S, V; Miranda, B, S. **Aprendizagem de círculos e esfera através de materiais manipulativos de coordenadas geográficas no ensino fundamental**. UNIFAP, 2016. Disponível em:<<http://www2.unifap.br/matematicaead/files/2016/03/ARTIGO-UNIFAP.pdf>> Acesso em 19/02/2016.
- Costa, E, D.; Pereira, J, M.; Ricardo, J.; Mafra, S. **Geoplano No Ensino De Matemática: alguns aspectos e perspectivas da sua utilização na sala de aula 1**. AMAZÔNIA - Revista de Educação em Ciências e Matemáticas V.7 - n. 13 - jul. 2010/dez. 2010, V. 7 - n. 14 - jan 2011/dez. 2011.
- Costa, C, C, M, D. **Um olhar crítico sobre o projeto de interfaces tangíveis baseado na Engenharia Semiótica**. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. PUC-Rio - Certificação Digital Nº 1012685/CA, Rio de Janeiro, Abril 2014.
- Cox, K, K. **Informática na educação escolar polemicas do nosso tempo**. 2ª Edição, Campinas-SP: Autores Associados, 2008.
- Daltoé. K.; Strelow, S. **Trabalhando com Material Dourado e Blocos Lógicos nas Séries Iniciais. so matematica**. 2016. Disponível em:<<http://www.somatematica.com.br/artigos/a14/>> Acesso em 07/03/2016.
- Diniz, I, M. **A matemática das sete peças do tangram**. CAEM-IME/USP, 2002.
- Dreyfus, T.; Hadas, N. **Euclides deve permanecer – e até ser ensinado**. In: Lindquist, M. M. *Aprendendo e ensinando Geometria*. São Paulo: Atual, 1994.
- Duarte, R. **Entrevistas em pesquisas qualitativas**. Educar em Revista, Curitiba, v. 24, p. 213-225, 2004.
- Eisenberg, M. **Mindstuff: Educational Technology beyond the computer**. Convergence, Colorado-USA, 2003.
- Escrito por Corujas da pedagogia. **Jogos Pedagógicos Educativos**. 2015. Disponível em:

<<http://corujasdapedagogiia.blogspot.com.br/2015/05/jogos-pedagogicos-educativos.html>> Acesso em: 08/03/2016.

Evans, M.; Noble, J.; Hochenbaum, J. **Arduino em ação**. São Paulo, Novatec, 2013.

Fabiano, P. **Matemática Divertida, jogo resta um**. 2010. Disponível em <<http://www.divertudo.com.br/restaum/restaum.html>> Acesso em 14/03/2015.

Fagundes, C, A, N.; Pompermayer, E., M.; Basso, M, V, A.; Jardim, R, F. **Aprendendo matemática com robótica**. Revista Novas Tecnologias em Educação (RENOTE), CINTED-UFRGS, 2005.

Filippo, D, D, R. **Suporte à coordenação em sistemas colaborativos: uma pesquisa-ação com aprendizes e mediadores atuando em fóruns de discussão de um curso a distância**. Tese de Doutorado em Informática – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

Filippo, D. **Pesquisa-ação em sistemas colaborativos** in: PIMENTEL, M.; Fuks, H. **Sistemas Colaborativos**. Rio de Janeiro, Elservie Editora LTDA: serie editora Campus, Cap 26, 2011.

Freitas, et. al. **O método de pesquisa survey**. Universidade de São Paulo-USP, 1999. Disponível em <<http://www.rausp.usp.br/download.asp?file=3503105.pdf>> Acesso em:02/02/2015.

Freitas, R, C, O. **Um Ambiente para Operações Virtuais com o Material Dourado**. Vitória – ES. Dissertação (Mestrado em Informática). Universidade Federal do Espírito Santo, 2004.

Fonseca, L. **Tecnologia na Escola**. Ministério da Educação e do Desporto. Secretaria de Educação Fundamental. Parâmetros Curriculares Nacionais: terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental: matemática (5ª a 8ª séries). Brasília: MEC/ SEF BRASIL, 2001. Disponível em:<<http://www.aescola.com.br/aescola/seções/20tecnologia/2001/04/0002>> Acesso em: 05/10/2015.

Gadelha, B, F. **Trabalhando com Objetos de Aprendizagem na Construção de Cursos On-line**. Monografia. Curso de Graduação em Processamento de Dados. Universidade do Amazonas, 2003. Departamento de Informática. Julho de 2002.

Gangi, S, R, S.; Milléo, S, I. **Geometria Plana: A Importância Do Jogo Tangram No Ensino Da Matemática Como Material Lúdico**, 2009.

Gardner, Martin. **Ah, descobri!: jogos e diversões matemáticas**. Lisboa: Gradiva, 1990, 1.ed.

- Gay, G.; Hembrooke, H. **Activity-Centered Design: an Ecological Approach to Designing Smart Tools and Usable Systems**. The MIT Press, Cambridge, USA. London, England, 2004.
- Gil, A, C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2006.
- Gould, J. D.; Lewis, C. **Designing for Usability: Key Principles and What Designers Think**. Communications of the ACM, 2(3), March 1985, p. 300-311. apud RUBIN, Jeffrey. Handbook of usability testing: how to plan, design, and conduct effective tests. New York: John Wiley & Sons, 1994.
- Godin, D; Zahedi, M. **Aspects of Research through Design: A Literature Review**. Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue (UQAT). Université de Montréal, 2014.
- Gomes, R, S.; Freitas Gadelha, F, B.; Mendonça, P, A.; Alberto Castro, J, N, A. **Objetos de aprendizagem funcionais e as limitações dos metadados atuais**. XVIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação - SBIE - Mackenzie – 2007.
- Gomes, R, S.; Freitas Gadelha, F, B.; Mendonça, P, A.; Amoretti, M, S, M. **Uma Proposta de Metadados para Objetos de Aprendizagem Funcionais**. Workshop em Informática na Educação (sbie) 2005 XVI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação - SBIE - UFJF – 2005.
- Goldenberg, M. **A arte de pesquisar: como fazer pesquisa qualitativa em Ciências Sociais**. 5. ed. Rio de Janeiro, Record, 2001.
- Gonzales C, R; Woods, E, R. **Processamento digital de imagens**. 3ª Edição, Editora: Pearson. São Paulo-SP.
- Hui Wang, **“Nearest Neighbor by Neighborhood Counting”**, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol.28, no.6, pp. 942-953, june 2006.
- Ishii, H.; Ullmer, B. **Tangible bits: towards seamless interfaces between people, bits and atoms**: ACM, 1997. Páginas p. Ivista, M. invista soluciones. 2011.
- IEEE. **Learning Object Metadata**. Disponível em: <<http://ltsc.ieee.org/wg12/index.html>>, acessado em Fevereiro de 2016.
- IEEE. **Draft Standard for Learning Object Metadata**, 15 de julho de 2002. Disponível em<http://ltsc.ieee.org/wg12/files/LOM_1484_12_1_v1_Final_Draft.pdf>, acessado em Fevereiro de 2016.
- ISO - **International Organization For Standardization**. ISO 13407 *Human-Centred Design process for interactive systems*, 2010.

- ISO Standards: **standards in usability and user-centred design**. Usability Partners. Disponível em: <<http://www.usabilitypartners.se/usability/standards.shtml>>. Acesso em: 02/04/2016.
- Jähne, B.; Haussecker, H. **Handbook of Computer Vision and Applications, Signal Processing and Pattern Recognition**: Academic Press, 1999.
- Kekalainen J. **Binary and graded relevance in IR evaluations - comparison of the effects on ranking of IR systems**. In: Information Processing and Management: an International Journal, v.41 n.5, p.1019-1033, 2005.
- Kenski, V. M.; Oliveira, G. P.; Clementino, A. **Avaliação em movimento: estratégias formativas em cursos online**. In: SILVA, M.; SANTOS, E. (Org.). Avaliação da Aprendizagem em Educação Online. São Paulo: Loyola, 2006.
- Lima, I.; Castro, T.; Dantas, A.; Siqueira, M. P. **Processo de Design Colaborativo de Artefatos Tangíveis para Crianças**. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sistemas Colaborativos, 2016, Porto Alegre. Anais do XXXVI do CSBC: Computação e Interdisciplinaridade. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2016. p. 1408-1422.
- Lorenzato, S. **Educação Infantil e Percepção Matemática**. Coleção Formação de Professores. 2 ed. Campinas-SP: Autores Associados, 2008.
- Leite, C, J. **Avaliação de IHC: objetivos**. DIMAP- UFRN. ERBASE, 2010.
- Lucke, U. and Castro, T. **The Process of Inclusive Design**. In: IEEE 16th International Conference on Advanced Learning Technologies, 2016, Austin. IEEE 16th International Conference on Advanced Learning Technologies. Danvers, MA, USA: IEEE Computer Society Conference Publishing Services (CPS), 2016. p. 446-447.
- Macaulay, C.; Benyon, D.; Crerar, A. (2000). **Ethnography, theory and systems design: from intuition to insight**. *International Journal of Human-Computer Studies*, 53:35–60.
- Machado, Nilson José. **Matemática e língua materna: análise de uma impregnação mútua**. 3. ed. São Paulo: Cortez, 1993.
- Maguire, M. **Context of use within usability activities**. *International Journal of Human-Computer Studies*, 2001.55:453–483.
- Manches, A.; O'Malley, C. **Tangibles for learning: a representational analysis of physical manipulation**.
- Marabelli, A.; Pinto, o, J.; Santos, P, M, P. **A matemática do tangram com o recurso da informática**. Universidade Estadual Paulista – Campus Guaratinguetá Junho de 2007.
- Marconi, M, A.; Lakatos, E, M. **Fundamentos de metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 2007.

- MEC. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Matemática**. Ministério da Educação e do Desporto Secretaria de Educação Fundamental, Brasília, 1997. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro03.pdf>> Acessado em: 13/03/2015.
- Mendes, V, A, G. **Prototipação de Interfaces Tangíveis de Produtos Interativos: Estado da Arte e Desafios da Plataforma Arduino**. IHC, 2012, Novembro, 2012, Cuiabá, MT, Brasil.
- Meyer, L. **Escala Cuisenaire**. 2010. Disponível em: <<http://luciameyer.blogspot.com.br/2010/06/escala-cuisenaire.html>> Acesso em 02/03/2016.
- Monteiro, J, L.; **Jogos no computador na educação infantil**. Disponível em <<http://www.scielo.br>>. Acesso em 21/02/2015.
- Moura, M. O. **A séria busca no jogo: do lúdico na matemática**. **Educação Matemática em Revista**, v.2, n.3, p.17-24, 2 sem.1994.
- Nedic, Z.; Machotka, J.; Nafalski, A. **Remote Laboratories versus Virtual and Real Laboratories**. *Frontiers in Education. FIE 2003 33rd Annual(Volume:1)* 2003.
- Neto, R, L, A; junior, M, A; neiva, R, C, E; farinhaki, R. **Sistema De Medição de campo magnético baseado no efeito Hall e Arduino**. Universidade Tecnológica Federal Do Paraná- UTFPR, 2010.
- Oliveira, G. C. C. **vamos fazer design de interação? ilustração e diagramação: estúdio grampo**. Disponível em: <<http://designdeinteracao.com.br/wp/wp-content/uploads/2013/10/vfdi.pdf>> Acesso em: 07/03/2016.
- Oliveira. **Linux Educacional**. Ministério da Educação Secretaria de Educação a Distância - SEED – UFRGS Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação - CINTED Curso Linux Educacional. Disponível em: <http://webeduc.mec.gov.br/linuxeducacional/curso_le/pdf/modulo4_baixar_impressao.pdf> Acesso em: 02/02/2016.
- Papert, S. **A Máquina das Crianças: Repensando a Escola na Era da Informática**. Porto Alegre: Artes Médicas, 2008.
- Pereira, D, D.; Almeida, G, M, D. **Brincando Com Os Números Na Educação Infantil Com Crianças De 05 Anos De Idade**. Pós Graduanda em Educação Infantil pela Universidade Federal do Amazonas –UFAM, campi Humaitá-AM, 2013.
- Petrin, N. **Aprendendo com os blocos lógicos**. estudokids, 2016. Disponível em: <<http://www.estudokids.com.br/aprendendocomosblocoslogicos/>> Acesso em: 02/03/2016.

- Piaget, J. **The Child's Conception of Number**. New York: Humanities Press, 1952.
- Piaget, J. **O juízo Moral Na Criança**. Trad.: Elzon Lenardon. São Paulo: Summus, 2ª ed., 1994.
- Piaget, J. **A equilibração das estruturas cognitivas**. Rio de Janeiro: Zahar, 1975.
- Pimentel, M. **Estudo de caso em sistemas colaborativos**. In: PIMENTEL, Mariano; FUKS, Hugo. (Org.). *Sistemas Colaborativos*: Elsevier - Campus, 2011.
- PNAIC MAT. **Pacto Nacional pela Alfabetização na Idade Certa Operações Na Resolução De Problemas**. Ministério da educação secretaria de educação básica diretoria de apoio à gestão educacional. Caderno 04, Brasília 2014.
- Ramos, P.; Giannella, R, T.; Struchiner, M. **Design-based research in scientific papers on the use of technology enhanced learning environments in science education: a preliminary analysis**. VII Enpec, Encontro Nacional de pesquisas em educação e ciencias. Florianopolis, 2009.
- Raffle, H.; Parkes, A.; Ishii, H. **Topobo: A constructive assembly system with kinetic memory**. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'04)*, Vienna, Austria, 2004.
- Resnick, M.; Maryin, F.; Berg, R.; Boovoy, R.; Colella, V.; Kramer, K. **Digital manipulatives: new toys to think with**. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'98)*, pages 281–287, Los Angeles, USA, 1998.
- Reys, R. **Considerations for teaching using manipulative materials**. Em *Teaching made aids for elementary school mathematics*. Reston: NCTM, 1982.
- Rizzi, L.; Haydt, R. C. **Atividades lúdicas na educação da criança**. Ed. Ática, 6º edição, Série Educação. 1997.
- Rosemberg, C., Schilling, A., Bastos, C., Araripe, R. **Prototipação de Software e Design Participativo: uma Experiência do Atlântico**. 21-24 Outubro | Porto Alegre – RS, Brasil, 2008.
- Sampaio, M, M, F; Ribeiro, M, J, R. **Coerência entre avaliação e organização curricular**. In: *Ensinar e aprender: reflexões e criação*. v. 3. São Paulo: CENPEC, 1998.

- Sampaio, R, F.; Mancini, M, C. **Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica.** Rev. Bras. Fisioter, são carlos, v. 11, n. 1, p. 83-89, jan./fev. 2007.
- Sant' Anna, C, A.; Ferronato, C, C, A. **Interface Naturais e Interfaces Tangíveis.** Univerdade Federal Fluminense – Instituto de Ciência e Tecnologia, artigoIHC2.
- Santos, S. **O ensino da matemática com significação nos anos iniciais da educação básica.** Disponível em <<http://www.somatematica.com.br/artigos/a33/>> Acesso em: 02/02/2016.
- Sharp, H.; Rogers Y.; Preece J W. **Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction.** New York, NY: John Wiley & Sons, 2st edition, 2007.
- Souza, E. R. **A Matemática das sete peças do Tangram.** 2 ed. São Paulo: IME – USP, 1997.
- Silva, G, F.; Davis, C. **Conceitos de Vygotski no brasil: Produção divulgada nos cadernos de pesquisa.** Programa de Pós-Graduação em Psicologia da Educação da PUC-SP, 2004.
- Strapason, R, P. **L.O uso de jogos como estratégia de ensino e aprendizagem da matemática no 1º ano do ensino médio-** Centro Universitário Franciscano-UNIFRA, 2011.
- Tarouco, R, M, L; Costa, M, V; Ávila, G, B;Bez, R, M; Santos, F, E. **Objetos de Aprendizagem teoria e prática.** Editora: Evangraf, Porto Alegre, 2014.
- Teixeira, P, R, R. **Sobre a importância do ensino de Geometria nos cursos de Licenciatura em Física.** Disponível em:<<http://essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/vertices/article/view/1809-2667.20080010>> Acesso em: 02/02/2016.
- Tull, D, S.; Hawkins, D. I.**Marketing Research, Meaning, Measurement and Method.**MacmillanPublishingCo., Inc., London, 1976.
- Travassos, H, G.; Gurov, D.; Amaral, G, A, E. **Introdução à engenharia de software experimental.** Programa de Engenharia de sistemas e computação COPPE /UFRJ. Rio de Janeiro, 2002.
- Uba, M, D; Dutra, V, L. **Detecção de objetos regulares em imagens de alta resolução utilizando casamento de modelos.** Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, Anais XIV Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil.
- Valente, A, J.; Almeida, J, F. **Visão Analítica Da Informática Na Educação No Brasil: A questão da formação do professor.**NIED-UNICAMP / PUC-SP, 1997.

- Valente, J, A. (Org) – **O computador na sociedade do conhecimento**. Campinas, SP: Unicamp/NIED, 1999.
- Valiate, A, R, E. **Avaliação de usabilidade de técnicas de visualização de informações multidimensionais**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul- Programa de pós graduação em Computação. Porto Alegre, Março de 2008.
- Vygotsky. **A formação social da mente**. São Paulo: Martins Fontes, 1989.
- Wangenheim, V, A. **Introdução à Visão Computacional - Encontrando a Linha Divisória: Detecção de Bordas**. Disponível em:<<http://www.inf.pucrs.br/~eduardob/disciplinas/laproiv/HomeAssignments/DeteccaoContorno/bordas.pdf>>. Acesso em: 12/05/2016.
- Webeduc,**Objetos De Aprendizagem**.Disponível em:
<http://webeduc.mec.gov.br/linuxeducacional/curso_le/modulo4.html>
Acesso em: 02/02/2016.
- Wheeler, D. **Imagem e pensamento geométrico**. CIEAEM - ComtesRendus de 1a 33^oRencontreInternationale, p.351-353, Pallanza, 1981.
- Wiley, D. **Learning objects: Difficulties and opportunities**. Journal Retrieved September, Utah State University, vol 16. 2003.
- Wolfman, D, E. **Criando em multimídia**. Rio de Janeiro: Campus, 1994.
- Yin, R. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2a ed. Porto Alegre: Bookman; 2010.
- Zuckerman, O S, A &Resnick,M. **Extending tangible interfaces for Education: Digital Montessori-inspired manipulatives**. In Proceesings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI 05), pages 859-868, Portland, USA. ACM Press. 2005.

APÊNDICE

ROTEIRO DAS ENTREVISTAS COM ESPECIALISTA E USUÁRIOS

Formulário pré-teste perfil dos Estudantes

Este formulário tem por objetivo averiguar os perfis dos estudantes da investigação. As informações

***Obrigatório**

1. **Nome:** *

.....

2. **Idade:** *

.....

3. **Série:**

.....

4. **Sexo:**

Marcar apenas uma oval.

Masculino

Feminino

5. **Você tem computador em casa?**

Marcar apenas uma oval.

Sim

Não

6. **Você faz uso de alguma rede social (facebook, instagram, snap)?**

Marcar apenas uma oval.

Sim

Não

7. **Você gosta de jogos digitais?**

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Pouco Muito

8. **Você já jogou jogos educacionais?**

Marcar apenas uma oval.

Sim

Não

9. Você já jogou jogos educacionais de matemática?*Marcar apenas uma oval.* Sim Não**10. Você gosta de geometria?***Marcar apenas uma oval.*

	1	2	3	4	5	
Pouco	<input type="radio"/>	Muito				

11. Quais formatos geométricos planos você conhece?

.....

.....

.....

.....

.....

12. Você gosta das aulas de matemática?*Marcar apenas uma oval.*

	1	2	3	4	5	
Pouco	<input type="radio"/>	Muito				

13. Você já participou de uma aula de matemática no laboratório de informática?*Marcar apenas uma oval.* Sim Não**14. Na sua opinião as aulas de matemática seriam mais interessantes se fossem utilizadas tecnologias como computador, jogos e robótica?***Marcar apenas uma oval.*

	1	2	3	4	5	
Pouco	<input type="radio"/>	Muito				

Powered by



Formulário pós - teste

Este formulário tem por objetivo averiguar a opinião dos estudantes sobre o Tangram.

1. **Nome:**

.....

2. **Idade:**

.....

3. **Série:**

.....

4. **Sexo:**

Marcar apenas uma oval.

Masculino

Feminino

5. **Você gostou do jogo Tangram?**

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Pouco Muito

6. **Você achou as cores e formas bonitas?**

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Pouco Muito

7. **Você achou fácil ou difícil jogar?**

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Muito fácil Muito difícil

8. Quais das figuras você achou mais difícil de montar?

Marcar apenas uma oval.

- Carro
- Coelho
- Homem
- Gato
- Maçã

9. Qual tipo de figura você gostou mais de montar?

Marcar apenas uma oval.

- Animais
- Pessoas
- Frutas
- Objetos

10. Quais foram as principais dificuldades que você encontrou ao utilizar o Tangram?

.....

.....

.....

.....

.....

11. O que significa unidade de área?

.....

.....

.....

.....

.....

12. O que é área de uma figura?

.....

.....

.....

.....

.....

13. Figuras que utilizam as mesmas peças do Tangram possuem a mesma área?

.....

.....

.....

.....

.....

14. Quais formatos geométricos novos você aprendeu com o uso do Tangram?

.....

.....

.....

.....

.....

