

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

DEISE ALBERTAZZI GONÇALVES

IMPLANTANDO A REALIDADE AUMENTADA EM INSTRUÇÕES DE USO SOBRE  
UM NOVO PRODUTO

CURITIBA

2012

DEISE ALBERTAZZI GONÇALVES

IMPLANTANDO A REALIDADE AUMENTADA EM INSTRUÇÕES DE USO SOBRE  
UM NOVO PRODUTO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Design como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Design, na área de concentração Design Gráfico e de Produto.

Orientadora: Prof. Dr.<sup>a</sup> Maria Lucia Leite  
Ribeiro Okimoto

Coorientador: Prof. Dr. Marcelo Gitirana  
Gomes Ferreira

CURITIBA

2012

Catálogo na publicação  
Sirlei do Rocio Gdulla – CRB 9ª/985  
Biblioteca de Ciências Humanas e Educação - UFPR

Gonçalves, Deise Albertazzi

Implantando a realidade aumentada em instruções de uso sobre um novo produto / Deise Albertazzi Gonçalves. – Curitiba, 2012.

95 f.

Orientadora: Profª. Drª. Maria Lucia Leite Ribeiro Okimoto  
Dissertação (Mestrado em Design) - Setor de Ciências Humanas,, Letras e Artes, Universidade Federal do Paraná.

1. Jogos eletrônicos – Realidade aumentada. 2. Produtos novos - Satisfação do consumidor. 3. Produtos novos – Realidade aumentada. I. Título.

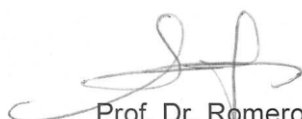
CDD 745.2

## TERMO DE APROVAÇÃO

DEISE ALBERTAZZI GONÇALVES

IMPLANTANDO A REALIDADE AUMENTADA EM INSTRUÇÕES DE USO SOBRE  
UM NOVO PRODUTO

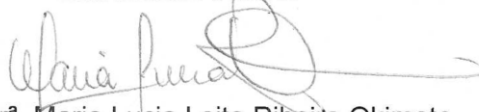
Dissertação aprovada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Design, no Programa de Pós-Graduação em Design, Setor de Ciências Humanas, Letras e Artes da Universidade Federal do Paraná.



Prof. Dr. Romero Tori  
SENAC  
Examinador externo



Prof. Drª. Stephania Padovani  
Universidade Federal do Paraná  
Examinador interno



Profª. Drª. Maria Lúcia Leite Ribeiro Okimoto  
Universidade Federal do Paraná  
Presidente e examinadora interna

Curitiba, 07 de fevereiro de 2012.



Profª. Dr. Adriano Heemann  
Vice-Coordenador do Programa de Pós-Graduação  
em Design | UFPR

## AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa não teria acontecido sem a ajuda destas pessoas, que, por meio deste registro, espero agradecer:

Aos meus **pais**, **Armando** e **Suêde**, que me apoiam e torcem pelo meu sucesso desde sempre. Especialmente, agradeço ao meu pai, que me ajudou muito na parte de programação do jogo sério em RA e na análise estatística;

À minha irmã, **Denise**, pelas tardes que não pude jogar. Com certeza com o fim da pesquisa e a chegada das merecidas férias passaremos umas boas tardes jogando;

Ao meu namorado, **André**, pelo carinho, pelo amor, pelo apoio, pelos abraços apertados, pelas risadas e por estar sempre ao meu lado, mesmo que longe;

À minha orientadora, **Maria Lucia**, por me guiar e aceitar tão bem orientar esta pesquisa que foi um desafio desde o primeiro dia;

Ao meu coorientador **Marcelo**, pelas dicas valiosas e pelas discussões sobre RA;

Aos professores **Romero** e **Stephania**, pelas contribuições valiosas durante a qualificação desta pesquisa;

A todos os **professores** do Programa de Pós-Graduação em Design da UFPR;

Aos **colegas** do Programa de Pós-Graduação em Design da UFPR;

À **Susana**, pelos dias de testes de usabilidade e por abrir espaço para discutir a pesquisa com os alunos;

Aos **40 participantes** dos testes, sem os quais o restante da pesquisa teria sido em vão;

Muito obrigada.

## RESUMO

Ao utilizar um produto pela primeira vez, o usuário dispõe de vários métodos para aprender a utilizá-lo. Sugere-se uma nova alternativa através de um jogo sério em realidade aumentada. A realidade aumentada é uma tecnologia que permite a visualização simultânea de elementos reais e virtuais, enquanto o jogo sério é uma categoria de jogos em que a instrução, e não a diversão, constitui o principal objetivo. Propõe-se que o usuário interaja com o produto através da realidade aumentada, beneficiando-se do contato direto com o produto e da instrução guiada e interativa. A fundamentação teórica é nas áreas de jogos e realidade aumentada. Foram realizados testes de usabilidade, com aplicação de questionários pós-tarefa e observação das gravações dos testes, avaliando-se seis métricas: *learnability*, facilidade de uso, satisfação, tempo da tarefa, sucesso da tarefa e erros. Aplicou-se a análise de variância para a comparação entre os resultados do grupo que aprendeu pelo jogo sério em realidade aumentada e os resultados dos grupos que aprenderam por manipulação direta do produto, manual de instruções e vídeo. O jogo sério em realidade aumentada obteve melhores resultados nas métricas analisadas, com um melhor desempenho dos participantes deste grupo em relação aos demais.

Palavras-chave: Realidade Aumentada. Jogos. Design Instrucional.

## **ABSTRACT**

When using a product for the first time, the user might choose from many methods to learn how to use the product. It is suggested a new possibility that uses an augmented reality serious game. The augmented reality is a technology that allows the simultaneous visualization of both real and virtual elements; the serious game is a kind of game that has the instruction - and not the fun - as its main objective. It is proposed that the user interacts with the product by using augmented reality, with the benefits of direct manipulating the product and using a guided and interactive instruction. The theoretical basis comes from the games and augmented reality areas. Six metrics were evaluated in the usability tests: learnability, ease of use, satisfaction, task-time, task-success and errors. A questionnaire was answered by each participant after performing the tasks, and the tests were recorded. It was performed an analysis of variance to compare the results between the augmented reality serious game and other three groups that learned by direct manipulation, instructions manual and video. The analyzed metrics showed that the augmented reality serious game provided better results than the others groups. The performance of people that learned by the developed method was better than from people that learned by the other methods.

Key-words: Augmented Reality. Games. Instructional design.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Visão simplificada da pesquisa e método .....	18
Figura 2: Calvin e Haroldo não conseguem erguer uma grande bola de neve no ambiente real, mas conseguiriam fazer isso através da realidade aumentada .....	20
Figura 3: Continuum de realidade-virtualidade.....	21
Figura 4: Exemplo de funcionamento da realidade aumentada .....	22
Figura 5: Exemplo de marcador fiducial .....	25
Figura 6: Experimentando óculos virtuais através do <i>virtual mirror</i> .....	28
Figura 7: Visualização das condições meteorológicas pelo <i>Weather Reality</i> .....	29
Figura 8: Calvin e Haroldo tentam jogar, mas não entendem tudo que é necessário para se ter um jogo .....	29
Figura 9: Taxonomia das expressões criativas .....	31
Figura 10: Relação entre os elementos dos jogos .....	33
Figura 11: Estado de fluxo.....	36
Figura 12: Relação entre o fluxo e os jogos .....	37
Figura 13: Fases da pesquisa .....	42
Figura 14: Variáveis da pesquisa .....	45
Figura 15: Aspirador de pó utilizado nos testes.....	48
Figura 16: Simulador de ambiente de uso e pontas do aspirador utilizadas para limpar cada parte do objeto .....	48
Figura 17: Exemplo de respostas para a mesma questão .....	50
Figura 18: Cenas do vídeo explicativo .....	51
Figura 19: MARSEGA .....	52
Figura 20: Aplicação do MARSEGA.....	52
Figura 21: Aspirador de pó com marcadores fiduciais de RA.....	53
Figura 22: Localização dos marcadores fiduciais.....	54
Figura 23: Proporção média de problemas de usabilidade encontrados em função do número de avaliadores em um grupo realizando a avaliação heurística .....	55
Figura 24: Participantes da pesquisa .....	56
Figura 25: Síntese dos resultados gerais obtidos por meio da Análise de Variância	63
Figura 26: Médias obtidas na métrica usabilidade .....	64
Figura 27: MDS e comparação entre os pares de grupos para a métrica <i>learnability</i> .....	64



Figura 28: MDS e comparação entre os pares de grupos para a métrica facilidade de uso .....	65
Figura 29: MDS e comparação entre os pares de grupos para a métrica satisfação	65
Figura 30: MDS e comparação entre os pares de grupos para a métrica tempo total da tarefa .....	66
Figura 31: Intervalos de confiança para a métrica tempo total da tarefa .....	66
Figura 32: MDS e comparação entre os pares de grupos para a métrica tempo da macro-tarefa aspirar .....	67
Figura 33: MDS e comparação entre os pares de grupos para a métrica tempo da macro-tarefa esvaziar .....	67
Figura 34: MDS e comparação entre os pares de grupos para a métrica tempo da macro-tarefa montar .....	68
Figura 35: Intervalos de confiança para a métrica tempo da macro-tarefa montar ...	68
Figura 36: MDS e comparação entre os pares de grupos para a métrica sucesso da tarefa .....	69
Figura 37: Intervalos de confiança para a métrica tempo da macro-tarefa montar ...	69
Figura 38: Médias obtidas na métrica sucesso da macro-tarefa aspirar .....	69
Figura 39: Médias obtidas na métrica sucesso da macro-tarefa esvaziar .....	70
Figura 40: Médias obtidas na métrica sucesso da macro-tarefa montar .....	70
Figura 41: MDS e comparação entre os pares de grupos para a métrica erros totais .....	71
Figura 42: Intervalos de confiança para a métrica erros totais .....	71
Figura 43: Médias obtidas na métrica sucesso da macro-tarefa erros ao aspirar .....	72
Figura 44: MDS e comparação entre os pares de grupos para a métrica erros ao esvaziar .....	72
Figura 45: Intervalos de confiança para a métrica erros da macro-tarefa esvaziar ...	72
Figura 46: Médias obtidas na métrica sucesso da macro-tarefa erros ao montar .....	73
Figura 47: Métricas em que o jogo sério em RA apresentou melhores resultados ...	75
Figura 48: Questionário para avaliação pós-tarefa das métricas <i>learnability</i> , facilidade de uso e satisfação .....	86
Figura 49: Questionário para avaliação do processo de aprendizagem por jogo sério em RA .....	87
Figura 50: Esquema do jogo sério em RA (parte 1) .....	88
Figura 51: Esquema do jogo sério em RA (parte 2) .....	89

Figura 52: Esquema do jogo sério em RA (parte 3) .....	90
Figura 53: Esquema do jogo sério em RA (parte 4) .....	91

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Elementos de jogos .....	32
Tabela 2: Descrição dos elementos de jogos nos vários gêneros de jogos .....	35
Tabela 3: Aparatos e instrumentos de pesquisa utilizados .....	47
Tabela 4: Breve descrição das micro-tarefas .....	58
Tabela 5: Termos e expressões assinalados pelos participantes que aprenderam com o jogo sério em RA .....	73
Tabela 6: Micro-tarefas realizadas .....	92
Tabela 7: Tipos de erros cometidos pelos quatro grupos.....	94
Tabela 8: Tipos de erros cometidos pelo grupo que aprendeu por manipulação direta .....	94
Tabela 9: Tipos de erros cometidos pelo grupo que aprendeu por manual de instruções .....	95
Tabela 10: Tipos de erros cometidos pelo grupo que aprendeu por vídeo .....	95
Tabela 11: Tipos de erros cometidos pelo grupo que aprendeu por realidade aumentada .....	95

## LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANOVA	Análise de Variância, do inglês <i>ANalise Of VAriance</i>
DMS	Diferença Mínima Significativa, do inglês <i>Least Significat Difference</i>
FT	Fator de teste
GPS	<i>Global Positioning System</i> (Sistema de Posicionamento Global)
HMD	<i>Head Mounted Display</i> (Capacete para projeção de realidade aumentada)
MARSEGA	Método para Desenvolvimento de um Jogo Sério em Realidade Aumentada, do inglês <i>Method for Developing an Augmented Reality Serious Game</i>
MMORPG	<i>Massive Multiplayer Online Role-Playing Game</i> (Jogo de Interpretação de Papel Online Massivo Multijogador)
RA	Realidade Aumentada
RM	Realidade Misturada
RPG	<i>Role-Playing Game</i> (Jogo de Interpretação de Papel)
RV	Realidade Virtual
VA	Virtualidade Aumentada
VC	Variável de controle
VD	Variável dependente
VI	Variável independente
VRD	<i>Virtual Retinal Display</i> (Monitor Virtual de Retina)

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>14</b>
1.1. <i>Caracterização e contextualização do problema</i>	14
1.1. <i>Objeto de estudo</i>	16
1.2. <i>Objetivos</i>	16
1.3. <i>Hipótese</i>	16
1.4. <i>Justificativa e relevância</i>	16
1.5. <i>Visão geral do método</i>	17
1.6. <i>Estrutura da dissertação</i>	18
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>20</b>
2.1. <i>Realidade aumentada</i>	20
2.1.1. O que é realidade aumentada?	20
2.1.2. Funcionamento da realidade aumentada	22
2.1.3. Aplicação da realidade aumentada	27
2.2. <i>Jogos</i>	29
2.2.1. Conceituação de jogos	29
2.2.2. Elementos dos jogos	32
2.2.3. Estrutura dos gêneros de jogos	33
2.2.4. Teoria do fluxo	36
2.2.5. Jogos sérios	37
2.3. <i>Quando jogos e realidade aumentada se encontram</i>	39
<b>3. MÉTODO</b>	<b>42</b>
3.1. <i>Caracterização e fases da pesquisa</i>	42
3.2. <i>Variáveis da pesquisa</i>	44
3.3. <i>Instrumentos e aparatos utilizados</i>	47
3.3.1. Aspirador de pó	47
3.3.2. Simulador de ambiente de uso	48
3.3.3. Bolinhas de papel azuis e amarelas	48
3.3.4. Questionário pós-tarefa	49
3.3.5. Questionário de avaliação da RA	50
3.3.6. Manual de instruções	50
3.3.7. Vídeo	51

3.3.8.	Jogo sério em Realidade Aumentada	52
3.4.	<i>Participantes dos testes</i>	54
3.5.	<i>Teste piloto</i>	56
3.6.	<i>Testes de usabilidade</i>	57
3.7.	<i>Análise estatística</i>	58
<b>4.</b>	<b>APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS</b>	<b>62</b>
4.1.	<i>Resultados gerais</i>	62
4.2.	<i>Usabilidade</i>	63
4.3.	<i>Learnability</i>	64
4.4.	<i>Facilidade de uso</i>	65
4.5.	<i>Satisfação</i>	65
4.6.	<i>Tempo da tarefa</i>	65
4.6.1.	Tempo total da tarefa	66
4.6.2.	Tempo da macro-tarefa aspirar	66
4.6.3.	Tempo da macro-tarefa esvaziar	67
4.6.4.	Tempo da macro-tarefa montar	67
4.7.	<i>Sucesso da tarefa</i>	68
4.7.1.	Sucesso total da tarefa	68
4.7.2.	Sucesso da macro-tarefa aspirar	69
4.7.3.	Sucesso da macro-tarefa esvaziar	70
4.7.4.	Sucesso na macro-tarefa montar	70
4.8.	<i>Erros</i>	70
4.8.1.	Erros totais	71
4.8.2.	Erros ao aspirar	71
4.8.3.	Erros ao esvaziar	72
4.8.4.	Erros ao montar	73
4.9.	<i>Avaliação do processo de aprendizagem por meio do jogo sério em realidade aumentada</i>	73
4.10.	<i>O que significam esses resultados?</i>	74
<b>5.</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	<b>78</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>82</b>
	<b>APÊNDICE 1. QUESTIONÁRIO PARA AVALIAÇÃO PÓS-TAREFA</b>	<b>86</b>

<b>APÊNDICE 2. QUESTIONÁRIO PARA AVALIAÇÃO DO JOGO SÉRIO EM RA</b>	<b>87</b>
<b>APÊNDICE 3. ESQUEMA DO JOGO SÉRIO EM RA</b>	<b>88</b>
<b>APÊNDICE 4. MICRO-TAREFAS REALIZADAS</b>	<b>89</b>
<b>APÊNDICE 5. ERROS COMETIDOS DURANTE OS TESTES</b>	<b>94</b>

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. CARACTERIZAÇÃO E CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

Quando um usuário interage com um novo produto pela primeira vez, o resultado positivo ou negativo dessa experiência de uso depende de uma série de fatores, dentre os quais a aprendizagem sobre como utilizar o produto. A aquisição de conhecimento é a criação de uma base de conhecimentos que permite a uma pessoa realizar certo trabalho de forma efetiva e eficiente (MILTON, 2007). Sem compreender bem a interface do produto, o usuário verá reduzida suas chances de sucesso ao tentar utilizá-lo. Uma primeira experiência de uso negativa acarreta na falta de interesse do usuário: por que insistir em um produto com o qual não se consegue realizar adequadamente as tarefas, se outras opções são mais simples de usar?

Para que ocorra o aprendizado mais eficiente, incluindo-se o aprendizado sobre um novo produto, são necessárias nove condições propostas por (Gagné, 1985): (a) obter a atenção, (b) informar os objetivos, (c) relembrar conteúdos prévios, (d) apresentar o conteúdo, (e) proporcionar estratégias para orientação ao aprendizado, (f) estimular a prática, (g) oferecer *feedback*, (h) avaliar desempenho e (i) elevar retenção e transferência do conteúdo aprendido.

Para atender aos itens (a), (b), (f), (g) e (h) da listagem acima, é possível utilizar estratégias da área de jogos. Jogos possuem objetivos claros, devendo o jogador exercitar suas habilidades para alcançá-los, havendo um constante *feedback* que avalia a atuação deste jogador (ADAMS & ROLLINGS, 2007; SALEN & ZIMMERMAN, 2004). Como explicado pela teoria do fluxo de (Czikszentmihalyi, 1999), para atingir um grau elevado de concentração durante uma atividade é preciso um equilíbrio entre a dificuldade da tarefa proposta e a habilidade da pessoa em realizar essa tarefa. Na interação com um produto, a indução desse estado não é frequente, ainda que possível. Jogos são atividades que se assemelham à interação com produtos. Em ambos há uma pessoa envolvida em uma tarefa específica, buscando atingir



um determinado objetivo. No jogo, o jogador interage com a interface para passar de fase, ultrapassar um obstáculo ou vencer o próprio jogo. Na interação com um produto, o usuário utiliza-o para atingir um objetivo como, por exemplo, telefonar para uma pessoa ao interagir com um telefone celular.

Para atender aos itens (c), (d), (e) e (i) das condições de (Gagné, 1985), uma possibilidade é o uso da realidade aumentada (RA). A tecnologia consiste na visualização simultânea da realidade e de elementos virtuais acrescentados a mesma, de forma a obter um conhecimento ampliado sobre a realidade visível (TORI ET AL., 2006). Cada vez mais popular, a RA está sendo utilizada em áreas bastante diversas. Entre as aplicações que envolvem a instrução, estão aquelas nas áreas educacional, informacional e de treinamento militar. Kaufmann e Dünser (2007) realizaram testes de usabilidade para avaliação do emprego da tecnologia no ensino de geometria. Os resultados indicam que no campo da usabilidade o aplicativo em RA possui uma série de benefícios em relação aos métodos convencionais, com resultados positivos na satisfação do usuário e capacidades de aprendizado e controle.

O experimento no campo educacional instiga a ampliação do uso da tecnologia para outras áreas que envolvem o aprendizado, como aprender a utilizar um novo produto. Se para utilizar adequadamente um produto é preciso compreendê-lo, a realidade aumentada pode se tornar uma ferramenta para este fim. Com a utilização de um jogo sério, o usuário é instigado a melhorar suas habilidades e progredir, com um potencial de melhorar a aprendizagem.

Para a avaliação da experiência do usuário após este aprender a utilizar um produto pela primeira vez, é possível realizar testes de usabilidade. A usabilidade é uma medida que determina o grau de eficiência, eficácia e satisfação na utilização de um produto (ABNT 2002). Por meio desta, é possível avaliar desde métricas como sucesso e erros na realização de uma tarefa, até aquelas mais subjetivas, como a satisfação do usuário ao interagir com o produto. O atendimento pleno dos requisitos relacionados tanto ao uso quanto ao envolvimento emocional do usuário eleva as chances de sucesso de um produto.

Assim, as diversas áreas apresentam problemáticas únicas que consideradas de maneira conjunta apresentam o desafio da pesquisa: como a instrução através de um jogo sério em realidade aumentada influencia no processo de aprendizagem das instruções de uso de um novo produto?

### **1.1. OBJETO DE ESTUDO**

Esta pesquisa possui como objeto de estudo a aprendizagem das instruções de uso de um produto através de um jogo sério em realidade aumentada.

### **1.2. OBJETIVOS**

Verificar a utilização de um jogo sério em realidade aumentada no processo de aprendizagem das instruções de uso de um novo produto.

Como objetivos específicos:

- Desenvolver um jogo sério com foco na instrução de uso de um aspirador de pó;
- Gerar um ambiente de realidade aumentada.

### **1.3. HIPÓTESE**

Trabalha-se com a hipótese de que um jogo sério em realidade aumentada facilita o processo de aprendizagem das instruções de uso de um novo produto.

### **1.4. JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA**

Aprender a utilizar bem um novo produto é essencial para uma boa experiência de uso deste. Se um usuário entende como deve interagir com o produto, consegue realizar as tarefas propostas de forma eficaz, eficiente e com satisfação. Buscar maneiras de facilitar essa aprendizagem assume uma função até mesmo social: “na medida em que as tecnologias evoluem e

amadurecem, tendem a ser utilizadas por um conjunto cada vez maior e diverso de usuários” (TULLIS & ALBERT, 2008, p. 6).

Buscando facilitar o processo de aprendizagem, vários são os caminhos possíveis. Optou-se por investigar a união entre dois campos com características promissoras: jogos e realidade aumentada. A utilização dos jogos justifica-se pelo fato da interação em um jogo se assemelhar à interação com um produto, mas com o benefício da promoção do desenvolvimento pessoal ao melhorar a compreensão da realização das atividades (MARCELLINO, 1987), além de induzir ao aprendizado ao promover a concentração (CZIKSZENTMIHALYI, 1990). Estar concentrado significa estar em uma situação que proporciona melhor chance de aprendizado – o aprendizado de como utilizar o produto.

A realidade aumentada é utilizada por conta da facilidade de manuseio da tecnologia e pela variedade de situações que podem ser criadas por meio desta. O uso da realidade aumentada tangível, descrito como a interface gerada entre a RA e a própria realidade, é extremamente intuitivo, de acordo com (Billinghurst, Grasset, Seichter, & Dünser, 2009). Dessa maneira, a RA permite uma interação facilitada para usuários de grupos bastante diversos.

Por fim, esta pesquisa apresenta uma nova abordagem para a instrução de uso sobre um novo produto. Dessa maneira, resulta na construção de conhecimentos tanto teóricos, com os resultados obtidos na comparação entre os métodos de instruções de uso avaliados, quanto de ordem prática, com a implementação de um jogo sério em realidade aumentada que facilite o processo de aprendizagem das instruções de uso de um novo produto.

### **1.5. VISÃO GERAL DO MÉTODO**

De maneira bastante simplificada, a Figura 1 representa uma visão geral da pesquisa e método utilizado, detalhados no capítulo 3. Basicamente, a pesquisa foi realizada em três etapas: fundamentação, com a definição do problema e fundamentação teórica, realizadas através de pesquisa exploratória; aplicação, envolvendo a definição de requisitos, desenvolvimento

do aplicativo em realidade aumentada e elaboração e aplicação dos testes de usabilidade, através da pesquisa experimental; e discussão, com apresentação e análise dos resultados e compreensão dos fenômenos observados, através da pesquisa explicativa.

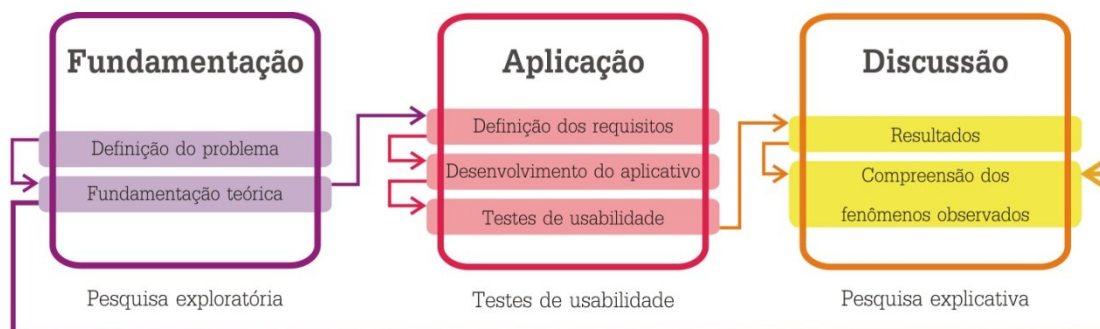


Figura 1: Visão simplificada da pesquisa e método

## 1.6. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

O primeiro capítulo, **Introdução**, consiste em uma visão geral do trabalho. Inicia com a caracterização e contextualização do problema, abordando a problemática envolvida, explica qual é o objeto de estudo, apresenta o objetivo geral da pesquisa, formula uma hipótese para a questão-problema, justifica a pesquisa e esclarece sua relevância, apresenta o método da pesquisa de modo simplificado e explica a estruturação do trabalho.

O segundo capítulo, **Fundamentação teórica**, apresenta três seções principais: Realidade aumentada, Jogos e Quando jogos e realidade aumentada se encontram. Na seção sobre Realidade aumentada, apresenta-se a tecnologia, com a conceituação de RA, explicação do seu funcionamento e as atuais áreas de aplicação da tecnologia. Em Jogos, conceitua-se o que é um jogo, seus elementos, os gêneros de jogos, a teoria do fluxo e o que são jogos sérios. Por fim, Quando jogos e realidade aumentada se encontram apresenta a interação entre as áreas.

O terceiro capítulo, **Método**, explica como a pesquisa está organizada metodologicamente. Apresenta a caracterização da pesquisa, as variáveis envolvidas, os instrumentos e aparatos utilizados, a escolha dos participantes, o teste piloto, os testes de usabilidade e como foi feita a análise estatística.

O quarto capítulo, **Apresentação e análise dos resultados**, apresenta os resultados obtidos para cada uma das seis métricas avaliadas, buscando-se compreender os fenômenos observados: *learnability*, facilidade de uso, satisfação, tempo da tarefa, sucesso da tarefa e erros. Em seguida, apresenta-se o resultado do questionário de avaliação do processo de aprendizagem através do jogo sério em realidade aumentada. Ao término do capítulo, discutem-se os resultados obtidos.

O quinto capítulo, **Conclusões**, apresenta as considerações finais e sugestões para pesquisas futuras capazes de contribuir e dar continuidade à pesquisa aqui iniciada.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta a base teórica das áreas de realidade aumentada e jogos, apresentando os conhecimentos necessários para a união destas, tendo como objetivo a elaboração de um jogo sério em realidade aumentada para a instrução de uso de um novo produto.

### 2.1. REALIDADE AUMENTADA



Figura 2: Calvin e Haroldo não conseguem erguer uma grande bola de neve no ambiente real, mas conseguiriam fazer isso através da realidade aumentada (WATTERSON, 1988)

#### 2.1.1. O QUE É REALIDADE AUMENTADA?

A realidade aumentada é uma tecnologia que possui como objetivo principal criar a sensação de que elementos virtuais estão presentes no mundo real (CAWOOD & FIALA, 2008). Isto é realizado através de um processo que envolve a captação da imagem da realidade e a projeção desta imagem acrescida dos elementos virtuais, gerando um ambiente ao mesmo tempo com elementos reais e virtuais. (Azuma, 1997) acrescenta que a RA é uma combinação entre o real e virtual com interação em tempo real e registro em três dimensões.

Na Figura 3, (Milgram, Takemura, Utsumi, & Kishino, 1994) apresentam uma classificação que localiza a RA em um modelo que classifica os ambientes de acordo com a presença de elementos virtuais:

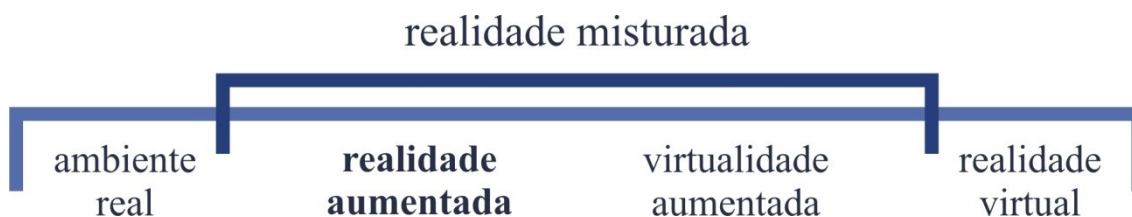


Figura 3: Continuum de realidade-virtualidade (baseado em Milgram et al. (1994))

O primeiro nível descrito é o ambiente real, possuindo apenas elementos reais, tratando-se do mundo que enxergamos com nossos olhos sem o auxílio de qualquer equipamento ou tecnologia. A RA é o segundo nível, acrescentando ao mundo real elementos virtuais visualizados através de algum sistema de projeção, como um monitor. A VA constitui o terceiro nível, que insere elementos reais em um ambiente virtual. Como a RA e a VA possuem simultaneamente elementos reais e virtuais, são denominadas realidade misturada. Por fim, a RV consiste em ambientes completamente virtuais.

Em relação à RV, a RA possui a vantagem de representar também a realidade, além da virtualidade. Com isso, o usuário da tecnologia interage com maior naturalidade com os elementos virtuais do que se estivesse em um ambiente totalmente virtual. Kirner e Tori (2006) explicam que com a RA não é preciso aprender a interagir em um mundo completamente novo, visto que a maior parte deste mundo é o mesmo que já conhecemos.

Se para os usuários a tecnologia é mais simples do que a RV, para os desenvolvedores é mais complicada em alguns aspectos. Bimber e Raskar (2005) lembram que o mundo real utilizado na RA é muito mais difícil de controlar do que um mundo virtual. Pode-se concluir, com essa afirmação, ao menos dois aspectos relevantes: deve-se considerar a visualização da RA em condições não esperadas, distantes das encontradas nos laboratórios de pesquisa; e a falta de controle do mundo real está relacionada diretamente com a liberdade de controle do usuário, que pode tentar utilizar a RA de modos bastante diversos.

Diante das várias definições de RA apresentadas, neste trabalho considera-se como realidade aumentada qualquer ambiente que possua ao mesmo tempo elementos reais e elementos virtuais inseridos no mundo real.

Optou-se pela adoção de uma definição mais ampla para que se possa incluir uma série de novos sistemas de visualização de elementos virtuais através de *software* que não seriam englobados caso a definição envolvesse mais variáveis.

### 2.1.2. FUNCIONAMENTO DA REALIDADE AUMENTADA

A RA é obtida por sistemas que envolvem a captação da imagem da realidade através de uma câmera, o reconhecimento e a adição de elementos virtuais por meio de um *software* e a projeção destes elementos na realidade, unindo elementos virtuais e reais em uma realidade aumentada. A Figura 4 exemplifica o sistema com a visualização da realidade aumentada por meio das lentes de um HMD e por meio de um monitor.

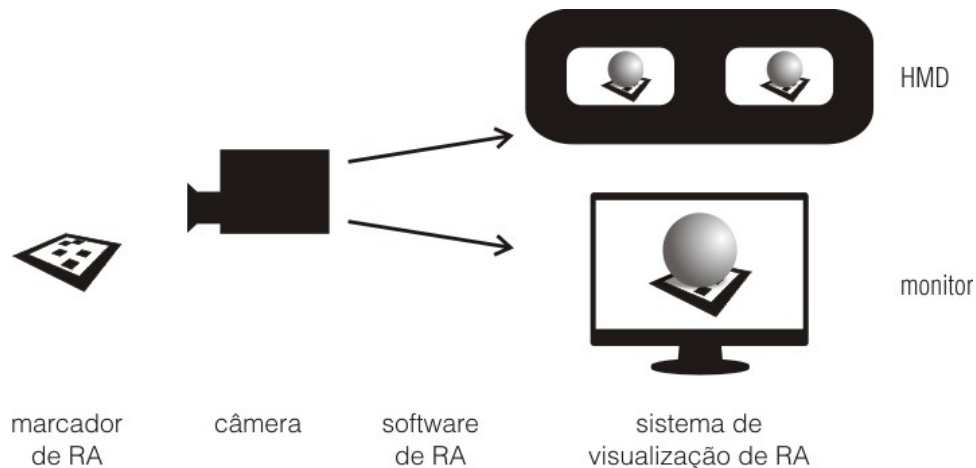


Figura 4: Exemplo de funcionamento da realidade aumentada

Na figura acima, além de observar dois métodos de visualização da RA, também é possível compreender, de maneira simples, os resultados que se pode alcançar com a tecnologia. É possível inserir elementos virtuais sobrepostos aos objetos reais com alinhamento correto com a superfície. Existe, também, a possibilidade de retirar elementos reais de uma cena por meio da RA, mas este processo possui um nível maior de complexidade por necessitar de uma reconstrução virtual e em tempo real do elemento disposto atrás do objeto eliminado da cena.



### 2.1.2.1. SISTEMAS DE VISUALIZAÇÃO

Os sistemas de visualização permitem a visualização da RA. Podem ser do tipo visão direta, quando o usuário enxerga a realidade aumentada ao olhar diretamente para a cena aumentada, ou do tipo visão indireta, quando a realidade aumentada é visualizada sem estar alinhada com o ambiente real, conforme explicam (Tori et al., 2006). Entre os sistemas de visualização mais comuns, estão os HMDs (*Head Mounted Displays*), dispositivos portáteis, monitores e a projeção espacial. A escolha da tecnologia para visualização da RA depende das circunstâncias da aplicação, mesmo dentro de um mesmo grupo, como dentre os vários modelos de HMDs: “não há um único HMD ‘correto’ em decorrência das limitações tecnológicas e da grande variedade de aplicações” (KIYOKAWA, 2007, p. 60).

Os HMDs são equipamentos bastante explorados no meio acadêmico, mas ainda estão distantes da maioria das pessoas, visto que possuem preços elevados e muitos ainda são relativamente grandes, tornando-se desconfortáveis para o uso doméstico. Utilizado originalmente na RV, o HMD possui duas telas de vídeo para, inicialmente, isolar o usuário do mundo real ao imergi-lo no mundo virtual (MACHADO & CARDOSO, 2006). Com a RA, o HMD ganhou uma nova função: tendo câmeras acopladas ao equipamento, o usuário continua enxergando o mundo real, mas através das telas consegue ver também os elementos virtuais, caracterizando a RA. Trata-se, segundo Bimber e Raskar (2005), da principal tecnologia de projeção da RA, com suporte para aplicações portáteis e com vários usuários.

Os equipamentos portáteis são os que hoje mais contribuem para a difusão da RA entre a população, representados especialmente pelos *smartphones* e *tablets* com bom processamento e câmeras com resolução cada vez mais elevada. A RA em telefones celulares tem como vantagem a reunião dos sistemas de captação e projeção e processamento do *software* em um único dispositivo pequeno, portátil e de fácil acesso. A dificuldade principal nesse tipo de sistema é o alinhamento: é necessária a visualização total do marcador fiducial (ver item 2.1.2.2) para a geração dos elementos virtuais ou a utilização de marcação geográfica por meio de GPS e sensores de orientação

presentes nos *smartphones* (HENRYSSON ET AL., 2007). Dentre as aplicações de RA para esses dispositivos, as mais comuns são os jogos e os *browsers*, que permitem explorar o mundo através da RA, grande parte utilizando a marcação via GPS.

Os monitores estão, junto com os equipamentos portáteis, entre as tecnologias de visualização de RA mais acessíveis para a população. Sua configuração inclui um monitor comum de computador e uma *webcam*. Bimber e Raskar (2005) explicam que esse tipo de sistema possui como aspectos negativos a relativa baixa imersão do usuário da RA, visto que com o monitor o campo de visão da realidade aumentada é bastante limitado, a resolução das imagens é limitada e a visualização é remota (visão indireta). Como o sistema é de fácil acesso a muitos usuários, é utilizado como ferramenta de marketing em “provedores virtuais” e visualização em três dimensões de produtos.

A projeção espacial utiliza projetores para a visualização de elementos virtuais dispostos tanto em superfícies planas quanto em não planas. Através desse sistema é possível a oclusão e iluminação com boa transição entre os elementos reais e virtuais e a sincronização da iluminação com a renderização (BIMBER, 2007). De acordo com (Bimber, 2007), quando a projeção é feita em materiais não próprios para esse tipo de aplicação, podem ocorrer distorções, mistura de cores entre objeto real e virtual, mistura por reflexão entre as luzes difusa e direta, falta de foco na projeção em superfícies de forma complexa, dificuldade em corrigir todos os pixels para uma projeção mais real, variações cromáticas e de luminosidade quando utilizado mais de um projetor, além do fato de que nem sempre é possível realizar a projeção quando o material não é perfeitamente reflexivo. Apesar das dificuldades apontadas, (Bimber, 2007) acredita no rápido desenvolvimento da projeção espacial, visto que o sistema pode ser utilizado por um grande número de consumidores de produtos eletrônicos, buscando-se nas tecnologias projetivas a substituição das transmissivas.

### 2.1.2.2. SISTEMAS DE RASTREAMENTO

Os sistemas de rastreamento são responsáveis por “identificar continuamente a localização enquanto objeto ou câmera se movimentam” (LEPETIT & FUA, 2005, p.2). Os sistemas dos tipos fiducial, baseado em modelos ou características naturais ou por detecção são apresentados abaixo a partir de Lepetit e Fua (2005), que realizaram um amplo estudo sobre esse tipo de sistema.

O rastreamento fiducial é auxiliado por marcadores fiduciais de dois tipos: por pontos ou por marcadores planos. Geralmente os marcadores fiduciais por pontos são pequenos círculos dispostos em padrões geométricos, reconhecidos por *lasers*, podendo-se facilitar esse reconhecimento com a adoção de luzes uniformes e alto contraste, utilizando câmeras com luzes e materiais retro-reflectivos nos fiduciais. Os marcadores fiduciais planos estão entre os métodos mais comuns de rastreamento da RA. Estes marcadores são constituídos normalmente por quadrados de bordas pretas que permitem determinar a localização do objeto virtual a partir da localização dos quatro pontos das quinas dos quadrados (ver Figura 5). No interior, contém alguma marcação gráfica em preto e branco que é reconhecida e comparada a uma base de dados, buscando a informação do objeto a ser gerado.



Figura 5: Exemplo de marcador fiducial (acervo pessoal)

Os métodos de rastreamento visual baseados em modelos ou características naturais utilizam o conhecimento 3D do ambiente real para posicionar os objetos virtuais. É possível o rastreamento por meio de arestas, buscando-se as arestas de um objeto 3D conhecido no ambiente real ou baseando-se nas informações de pontos da projeção de um objeto, analisando-se a velocidade de cada pixel em uma sequência de imagens. O método de combinação com um modelo utiliza o padrão de um objeto inteiro a ser rastreado, e não apenas arestas ou pontos. Um quarto método utiliza características de interesse do objeto buscadas através de várias imagens, localizando a posição a partir das correspondências entre estas. Por fim, um método mais complexo torna possível o rastreamento sem modelos 3D.

O método de rastreamento por detecção permite a fácil identificação da imagem, mas depende da iniciação manual ou aproximação da câmera à localização para iniciar o sistema, além de representar um método frágil, que pode perder a conexão facilmente. O sistema inicia com a extração de pontos de uma característica, comparando-se a informação das proximidades deste ponto com a de outras imagens. Deformações locais são toleradas e determina-se a localização, escala e orientação do objeto.

Em aplicativos de RA de *smartphones* e plataformas móveis é muito comum o rastreamento por meio de um quarto sistema: o GPS. Através deste, obtém-se de um modo simples a localização das informações virtuais geograficamente, com informações sobre a longitude, latitude e altitude das mesmas, mas com diminuição na precisão da localização dos objetos virtuais em relação a outros sistemas de rastreamento, conforme explica (Butchart, 2011).

#### 2.1.2.3. SOFTWARE

Os *software* de RA são utilizados no desenvolvimento e no processamento da RA para implementar e integrar objetos virtuais ao mundo real, rastrear os objetos reais para permitir o ajuste dos objetos virtuais e permitir a interação entre usuário e objetos reais com os virtuais (KIRNER & TORI, 2006). Basicamente, um *software* de realidade aumentada busca por

marcadores de realidade aumentada no ambiente real, localiza a posição e orientação relativas entre o marcador e a câmera, identifica os marcadores, posiciona e orienta os objetos virtuais e renderiza esses objetos, sobrepondo-os à imagem do ambiente real.

Kato e Billinghurst (2011) apresentam algumas limitações dos *softwares* de RA ao utilizar marcadores fiduciais. Primeiramente, não é possível a geração do objeto virtual se o marcador fiducial é parcialmente coberto. A distância entre marcador e câmera também pode levar ao não reconhecimento do padrão, podendo-se elevar a distância em que o objeto pode ser gerado com a utilização de um marcador fiducial de maiores dimensões. A complexidade do padrão do marcador influi em seu melhor reconhecimento, facilitado em padrões simples. Um marcador fiducial visualizado quase na posição horizontal em relação à câmera torna difícil sua identificação, devendo-se buscar uma orientação mais próxima da vertical. A utilização de materiais reflexivos nos marcadores pode dificultar a leitura, dependendo das condições luminosas, sendo ideal buscar materiais pouco reflexivos como tecidos.

### 2.1.3. APLICAÇÃO DA REALIDADE AUMENTADA

A união do ambiente real com elementos virtuais permite aplicações em campos bastante diversos. De acordo com (Azuma, 1997), a RA é utilizada nas áreas: médica, com visualizações internas do paciente, de procedimentos e instruções durante cirurgias; fabricação e reparo, facilitando montagens, reparos e manutenção, na redução de custos e de espaço necessários para armazenamento de manuais; anotação e visualização, ressaltando informações sobre objetos, pessoas e permitindo a visualização de imagens inacessíveis, como o encanamento no interior de uma parede; planejamento de rota de robôs, testando virtualmente seus movimentos de operação; aviação militar, visualizando rotas, informações de voo e alvos; e entretenimento, como cenário virtual em *sets* de filmagem com atores reais.

Há apenas alguns anos, Cawood e Fiala (2008) ressaltaram que grande parte das aplicações da tecnologia ainda era acadêmica. Poucos anos após a afirmação dos autores, alguns sistemas de visualização como os dispositivos

móveis tornaram-se tão populares que há hoje um grande investimento no desenvolvimento de aplicações comerciais da RA.

Diversos desses aplicativos de realidade aumentada focam na divulgação e venda de produtos. A fabricante de óculos *Ray-Ban* permite que o cliente experimente por RA os óculos de sua coleção (ver Figura 6). Para tanto, o cliente necessita de um monitor de computador com câmera, devendo realizar uma rápida calibração para identificar o rosto, permitindo assim experimentar os óculos e visualizá-los sob vários pontos de vista. Ainda na indústria da moda, já é possível experimentar roupas através da RA em aplicativos como o *Fashionista* ou o *Kinect Dressing Room*. A empresa Submarino utiliza a RA como ferramenta para auxiliar na compra de quadros, permitindo a visualização destes na parede de casa ao utilizar um marcador fiducial.



Figura 6: Experimentando óculos virtuais através do *virtual mirror* (RAY-BAN, 2011)

Entre os aplicativos móveis de RA, os mais comuns são os jogos e os *browsers* de RA, estes últimos tratando-se de aplicativos que permitem a visualização de várias camadas de informação em RA. Também é possível localizar estrelas através do *Google Sky Map*, visualizar satélites com o *Satellite AR*, ver condições meteorológicas com o *Weather Reality* (ver Figura 7), buscar informações sobre imóveis para compra/venda ou aluguel através do *Zoopla*, buscar locais com melhor sinal de redes *WiFi* com o *Lookator*. Vários outros exemplos são encontrados em websites de aplicativos para aparelhos

móveis, sendo esta seleção apenas uma pequena amostra da aplicação atual da RA.



Figura 7: Visualização das condições meteorológicas pelo *Weather Reality* (GOOGLE PLAY, 2011)

## 2.2. Jogos



Figura 8: Calvin e Haroldo tentam jogar, mas não entendem tudo que é necessário para se ter um jogo (WATTERSON, 1988)

### 2.2.1. CONCEITUAÇÃO DE JOGOS

Os jogos são atividades que estiveram desde sempre presentes na sociedade humana, ultrapassando-a, segundo (Huizinga, 2003), mas mesmo assim – ou talvez por esse mesmo motivo – não há uma definição clara do que é um jogo. Observando-o culturalmente, Huizinga (2003) compreende o jogo como um “círculo mágico”, uma separação de tempo e espaço em um mundo temporário, limitado, possuindo suas próprias regras. O jogo representa liberdade, abstraído-se do mundo real e visando a satisfação que é encontrada ao se realizar o próprio jogo. Há tensão e ordem nos jogos, no que

o autor descreve como uma perfeição temporária, em que as regras devem ser sempre respeitadas, sendo o jogo terminado se estas não são cumpridas.

Bobany (2008, p. 11) entende o jogo como arte, e tal como na arte “não se explica, apenas sabe-se, sente-se”. Trata-se, segundo o autor, da manifestação artística mais dominante em nossa sociedade, uma vez que é capaz de unir a imagem e os roteiros de outras artes junto à interatividade e experiência do jogador. De acordo com a concepção do autor, o jogo é uma atividade única, cuja definição depende do resultado da interação de cada jogador, de como ele vivencia o personagem, o que sabe, o que sente.

Buscando-se uma definição baseada não apenas em características exclusivas ao jogador, Adams e Rollings (2007, p. 5) explicam que “um jogo é um tipo de atividade de *play*<sup>1</sup>, conduzida em um contexto de realidade pretendida, na qual o(s) participante(s) tenta(m) atingir ao menos um objetivo arbitrário e não trivial ao agir de acordo com regras”. Mesmo baseando-se em elementos facilmente identificáveis, percebe-se com clareza a relação com o círculo mágico: o *play* e a realidade pretendida delimitam o círculo mágico, regidos por leis próprias – as regras – e buscando a satisfação ao se buscar o objetivo arbitrário.

A definição proposta por Salen e Zimmerman (2004) combina definições de vários autores, reunindo seis conceitos básicos. Jogos são inicialmente **sistemas**: partes diversas que ao serem reunidas formam um conjunto complexo. Para que haja um jogo, é preciso haver um **jogador**, de modo que possa existir a experiência de *play*. Jogos são **artificiais**, representando o mundo temporário do círculo mágico. Existe **conflito** em um jogo, envolvendo alguma forma de conquista de poderes. As **regras** formam a estrutura do jogo, estabelecendo as ações que podem ser realizadas. Por fim, são necessários

---

<sup>1</sup> A palavra *play* apresenta diversos significados: "n 1 jogo, partida, disputa. 2 divertimento, brincadeira. 3 folguedo, passatempo. 4 peça teatral ou cinematográfica [...] 5 Mus execução, interpretação. 6 gracejo. 7 jogatina, modo de jogar. 8 *Mech* jogo, folga. 9 lance, jogada. 10 atividade, ação, movimento. • vt+vi 1 jogar, disputar. 2 brincar, folgar, divertir-se. 3 tocar (instrumentos musicais), executar. 4 agir, proceder. 5 vibrar, oscilar, tremular. 6 representar, desempenhar. 7 *Mech* jogar, ter folga. 8 pôr em movimento, movimentar, acionar. 9 bancar, fingir. 10 apostar. 11 imitar" (MICHAELIS, 2009). Na ausência de um único termo na língua portuguesa capaz de englobar todos os significados de *play*, optou-se pela utilização da palavra inglesa.



**resultados quantificáveis** para que se possa diferenciar o jogo de outras atividades de *play* menos formais.

Nem sempre é fácil diferenciar atividades que envolvem *play* e jogos. Crawford (2003) explica a classificação das formas de expressão criativas a partir da Figura 9. De acordo com o autor, atividades de expressão criativa que visam o retorno financeiro constituem um entretenimento, atividades que objetivam a beleza são arte. A classificação aparenta ser incompatível com a de Bobany (2008), mas enquanto Crawford (2003) classifica a arte a partir de seu objetivo, Bobany (2008) a explica a partir da experiência oferecida. Quando o entretenimento não é interativo, é uma manifestação como a literatura ou o cinema, enquanto que, quando interativo, é uma “coisa de brincar”. Esta pode ou não possuir um objetivo: quando não o possui, é um brinquedo, se possui é um desafio. O desafio é algum tipo de problema que se deve ultrapassar, podendo haver ou não alguém com quem se competir: se não há competição, trata-se de um *puzzle* (quebra-cabeça ou enigma), com competição há um conflito. Este pode ocorrer sem a permissão de ataques entre os jogadores, que prejudicam o desempenho do adversário, ou com a aceitação destes ataques, estabelecendo-se, assim, um jogo.



Figura 9: Taxonomia das expressões criativas (CRAWFORD, 2003, p. 6)

Combinando-se as definições descritas, compreende-se o jogo como uma manifestação artístico-criativa que consiste em uma atividade de *play*

separada do mundo real, em que o jogador interage enfrentando conflitos, podendo atacar concorrentes, obedecendo a regras e ganhando experiência para alcançar seus objetivos, tendo como retorno deste processo resultados quantificáveis e satisfação, que é o principal objetivo dos jogos.

### 2.2.2. ELEMENTOS DOS JOGOS

Elementos de jogos são as partes essenciais que quando unidas formam um jogo, sendo identificados diretamente nas definições propostas pelos autores. Para Adams e Rollings (2007), estes elementos são: *play*, objetivo, regras e simulação; para Salen e Zimmerman (2004) são sistema, jogadores, artificialidade, conflitos, regras e resultados quantificáveis; para Hunicke et al. (2004) são regras (mecânicas), sistema (dinâmicas) e diversão (estética). A Tabela 1 reúne todos os elementos propostos pelos autores, explicando suas definições e como interferem no jogo.

Tabela 1: Elementos de jogos (baseado em Adams e Rollings (2007), Crawford (2003), Hunicke et al. (2004) e Salen e Zimmerman (2004))

<b>Elemento</b>	<b>Descrição</b>
Artificialidade	Delimitação de tempo e espaço que cria um mundo distante da realidade.
Conflito	Elemento central, é uma competição de poderes junto a determinado oponente, podendo ocorrer por meio de combinações diversas, de jogos solitários a <i>multiplayer</i> com competição.
Diversão	Resposta emocional do jogador, podendo ocorrer por conta de sensações, fantasia, narrativa, desafios, relações sociais, expressão, submissão e outros.
Jogador	Pessoa que interage com o jogo e vivencia a experiência de <i>play</i> .
Objetivo	Fim buscado pelo jogador ao jogar, mesmo que esse fim possa ser inalcançável. É arbitrário (definido pelas regras), não trivial (havendo desafio) e usualmente determina a vitória quando alcançado.
<i>Play</i>	Entretenimento prazeroso, participativo e interativo que permite liberdade de escolha e ações, respeitando-se regras impostas. Ocorre sob três formas: jogos, atividades lúdicas e por meio de uma postura pessoal que o promova.
Regra	Instrução e definição clara e não-arbitrária aceita pelos jogadores durante o jogo. Define o significado dos símbolos do jogo, a jogabilidade, a sequência de jogo, os objetivos, as condições de término e as possíveis alterações nas regras.
Resultado quantificável	Definição ao término do jogo de uma condição de vitória, derrota ou uma pontuação capaz de oferecer ao jogador um retorno sobre o seu desempenho.
Simulação	Criação de uma realidade fictícia na mente do jogador (círculo mágico), aceitando-se as novas regras e reconhecendo o limite entre as ideias e atividades do jogo e da realidade.
Sistema	Conjunto de partes que se relacionam para formar um todo complexo, determinando o comportamento dos mecanismo a partir das ações do jogador e os resultados destas ações, de modo a gerar

Com base nos elementos dos jogos da tabela acima, desenvolveu-se um esquema visual para facilitar a compreensão de como estes se relacionam:

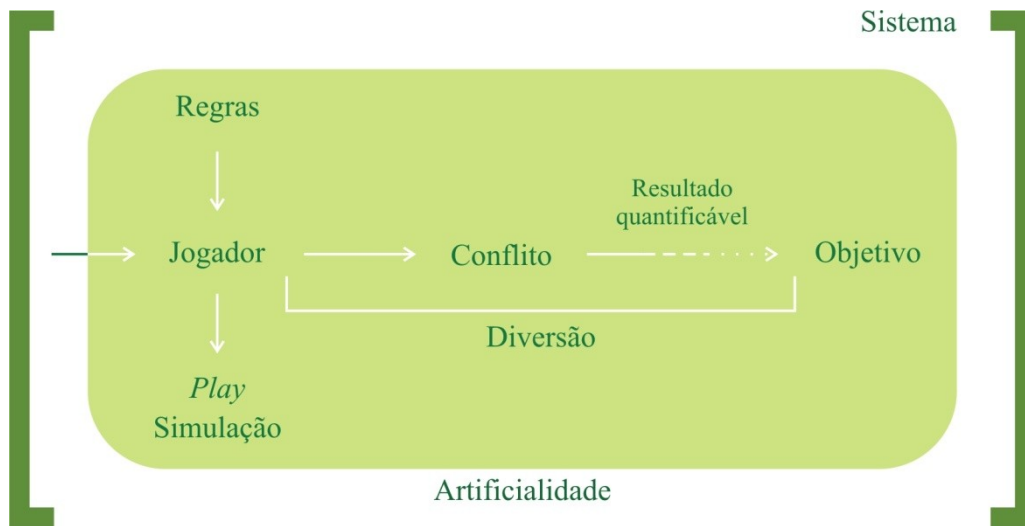


Figura 10: Relação entre os elementos dos jogos

Todos os elementos reunidos representam um sistema: o próprio jogo. Este consiste em uma limitação artificial do mundo real, do qual emerge o jogador, que entra no mundo artificial obedecendo a regras, adotando uma atitude de *play* e passando a simular. Este jogador busca atingir um objetivo que nem sempre pode ser alcançado, enfrentando conflitos e recebendo resultados quantificáveis, alcançando, com este processo, a diversão.

### 2.2.3. ESTRUTURA DOS GÊNEROS DE JOGOS

Os elementos apresentados acima são bastante gerais, oferecendo possibilidades ilimitadas: definir o objetivo de um jogo, por exemplo, pode ser definir que é preciso salvar a princesa, matar as naves alienígenas ou alinhar blocos de modo a eliminá-los antes que cheguem ao fim da tela. A maneira como os elementos são combinados resulta nos gêneros de jogos, cada um possuindo características próprias que o define.

Adams e Rollings (2007) destacam como gêneros de jogos: ação, aventura, esporte, estratégia, quebra-cabeça, RPG, simulação de construção e

administração, simulação de veículos e vida artificial. Jogos de ação são aqueles em que a maioria dos desafios testa habilidades motoras do jogador; os de aventura são histórias interativas sobre um personagem controlado pelo jogador; os de esportes simulam aspectos reais ou imaginários do esporte, como partidas e gestão de times; os de estratégia apresentam essencialmente desafios em que o jogador deve escolher entre várias opções em meio a um conflito; os quebra-cabeças consistem na resolução de enigmas, podendo haver um enredo e um objetivo maior do que resolver o enigma; nos RPGs (*Role-Playing Games*) controla-se um ou mais personagens personalizados pelo jogador, guiando-os por missões; os de simulação de construção e administração apresentam desafios de crescimento econômicos; os de simulação de veículos simulam com verossimilhança a sensação de dirigir veículos reais ou imaginários; os de vida artificial simulam os ciclos de vida de seres vivos, mantendo-os e fazendo-os crescer (ADAMS & ROLLINGS, 2007).

A Tabela 2, na próxima página, foi elaborada a partir da Tabela 1 para identificar como são os elementos de jogos para cada gênero de jogo descrito acima. Alguns elementos não foram abordados por serem comuns a todos os gêneros, sem distinção, como o fato de todo jogo se tratar de um sistema.

Tabela 2: Descrição dos elementos de jogos nos vários gêneros de jogos (baseado em Adams e Rollings (2007))

<b>Elemento</b>	<b>Ação</b>	<b>Aventura</b>	<b>Esporte</b>	<b>Estratégia</b>	<b>Quebra-cabeça</b>	<b>RPG</b>	<b>Simulação de construção e administração</b>	<b>Simulação de veículos</b>	<b>Vida artificial</b>
Conflito	Físico (velocidade do jogo)	Característica secundária, costuma ser lógico	Físico, estratégico ou econômico	Estratégico contra outro jogador, podendo haver também táticos, logísticos, econômicos e de exploração	Lógico	Combate entre jogadores ou outras criaturas, de exploração, estratégico, econômico	Econômico	Físico (controle do veículo)	Econômico, estratégico
Jogador	Usualmente controla um personagem	Controla um personagem, o protagonista da narrativa	Controla um personagem, um time ou ambos	Controla simultaneamente diversas unidades	Controla personagens abstratos como peças ou cartas	Controla um ou mais personagens comuns que aos poucos evoluem e tornam-se poderosos	Controla processos	Controla um veículo	Controla um ser ou grupo de seres "vivos"
Objetivo	Vencer desafios motores, de reconhecimento de padrões e de exploração	Explorar ou conquistar o cenário	Escolher as melhores estratégias como treinador e obter bom desempenho como atleta	Derrotar outra civilização e manter-se vivo após ataques de inimigos	Resolver enigmas	Resolver missões principais e secundárias. O próprio jogador pode ter um objetivo específico.	Construir por meio de recursos obtidos com o crescimento econômico	Vencer uma corrida ou conseguir pilotar em situações específicas	Evoluir um ser ou grupo de seres "vivos"
Regra	Poucos recursos, com relação direta entre eles, limite de tempo	Ao resolver um problema e ingressar em um nova área geralmente não é possível retornar à anterior	Mesmas regras de um esporte real	Busca constante por recursos e upgrades de edifícios e unidades para se manter e se proteger	Tabuleiros, peças, movimentos e objetivos	Atributos físicos, mentais, morais e sociais dos personagens e criaturas	Funcionamento da economia interna do jogo	Ações que podem ser realizadas contra oponentes, condições para perda do veículo	Economia interna do jogo, necessidades, vida e morte dos personagens
Resultado quantificável	Pontuação indica progresso	Visualização do mapa de acordo com o avanço do jogador	Mesmos resultados de um esporte real	Baseado em dados militares, de exploração, de recursos, de avanços tecnológicos e outros	Progressão no jogo (fases resolvidas/fases totais)	Experiência do personagem, que permite sua progressão em características específicas (as skills)	Quantidade de recursos disponíveis e gerados	Colocação na corrida, tempo de conclusão na pista, término do percurso	Recursos obtidos, manutenção da vida
Simulação	Tiro (2D/3D), plataforma, luta, quebra-cabeça rápido, ação-aventura, dança e ritmo	Quebra-cabeças, labirintos	Eventos esportivos semelhantes aos do mundo real	Cenários históricos, modernos, futurísticos e de fantasia	Lógica, reconhecimento de padrões e compreensão de processos	Cenários de guerra, ação e aventura explorados em jogos computadorizados ou de mesa	Desenvolvimento de cidades e negócios comerciais, construções de edifícios/infra-estrutura etc	Veículos terrestres, aéreos, espaciais ou marítimos com verosimilhança em relação ao controle do veículo real	Simulação de pessoas, animais, de Deus ou de criaturas para desenvolvimento genético

#### 2.2.4. TEORIA DO FLUXO

Um bom jogo é capaz de envolver o jogador com tamanha intensidade que parece fazê-lo esquecer que está em um “submundo” da realidade, mantendo toda a atenção e concentração do jogador exclusivamente para o jogo. O “estado de fluxo” é o objeto de estudo da Teoria do Fluxo, proposta por Czikszenmihalyi (1990).

“O fluxo tende a ocorrer quando as habilidades de uma pessoa estão totalmente envolvidas em superar um desafio que está no limiar de sua capacidade de controle” (CZIKSZENTMIHALYI, 1999, p. 37). O estado de fluxo pode ocorrer em diversas situações, mas é no jogo que está mais presente, favorecido pelo fato de os jogos apresentarem um conflito que deve ser combatido pelo jogador. Normalmente não são encontradas grandes dificuldades ao iniciar um novo jogo, sendo possível ultrapassar os obstáculos mesmo com a pouca habilidade de um iniciante. Na medida em que as dificuldades do jogo aumentam, são exigidas maiores habilidades, de modo a manter um constante estado de fluxo (ver Figura 11). Quando os desafios são muito menores que as habilidades do jogador, este acaba entediado por conta de baixa dificuldade do jogo, optando por parar de jogar. Se o nível do desafio for muito elevado para as habilidades, o jogador não será capaz de superar o desafio, desistindo do jogo.

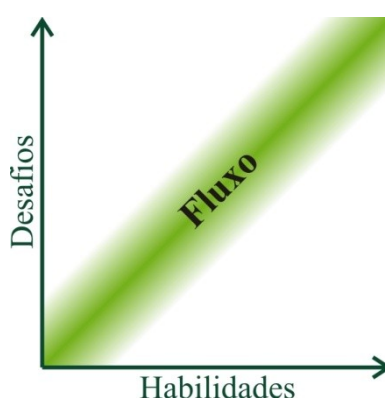


Figura 11: Estado de fluxo (baseado em Czikszenmihalyi (1999))

Ao contrário do que se pode imaginar inicialmente, não é o fluxo que causa a felicidade em um jogo: “quando estamos no fluxo, não estamos felizes,

porque para experimentar a felicidade precisamos focalizar nossos estados interiores, e isso retira nossa atenção da tarefa que estamos realizando” (CZIKSZENTMIHALYI, 1999, p. 39). O fluxo promove a realização, mas só ao sair do estado de fluxo percebe-se a realização, que leva à satisfação.

Para alcançar o fluxo, Czikszenmihalyi (1999) ressalta a necessidade de apresentar metas e regras claras e *feedback* imediato. A relação entre o fluxo e os jogos é bastante clara, conforme demonstrado na Figura 12. O fluxo necessita regras claras, metas claras e fornece *feedback* imediato. Estes mesmos elementos estão presentes nos jogos: constituem um mundo próprio, com regras próprias, que devem ser aceitas para se ingressar neste mundo (regras claras); possuem objetivos claros, o fim que o jogador deve alcançar para vencer o jogo; cada ação em um jogo resulta em uma reação, de modo a fornecer *feedback* imediato ao jogador.

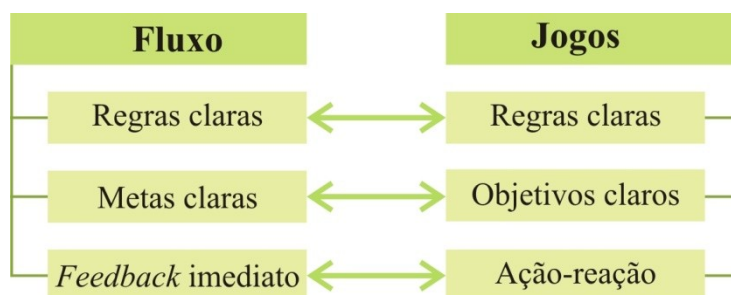


Figura 12: Relação entre o fluxo e os jogos (condições para o fluxo baseadas em (Czikszenmihalyi, 1999))

Qualquer atividade de fluxo promove descobertas ao ser exigido um desempenho cada vez maior de quem realiza a atividade (CZIKSZENTMIHALYI, 1990). Essa descoberta é propulsora do aprendizado, possibilitando a utilização do fluxo como ferramenta para impulsioná-lo. Dessa maneira, justifica-se a existência de diversos jogos com objetivos educacionais: com a concentração e constante descoberta promovidas pelo fluxo, o aprendizado é facilitado.

#### 2.2.5. JOGOS SÉRIOS

Os jogos usualmente estão relacionados à diversão, mas possuem características que os tornam importantes meios para outros fins que não

apenas divertir. De acordo com (Marcellino, 1987), o jogo promove a sensação de relaxamento, com melhoras na compreensão da atividade e no desenvolvimento pessoal, tornando-se um incentivo ao auto-aperfeiçoamento do jogador. Ao serem transferidos do campo da diversão para o campo da aprendizagem, os jogos mantêm as condições descritas por (Marcellino, 1987), mas com o foco na aprendizagem, levando os benefícios para este novo objetivo.

Os jogos sérios diferem dos jogos tradicionais em seu objetivo, sendo voltados ao ensino/aprendizagem e não, necessariamente, à diversão. Michael & Chen (2006, p. 21) explicam que os jogos sérios são “jogos que não têm o entretenimento, prazer ou diversão como objetivos principais. Isso não significa que jogos sérios não são divertidos”. Essa categoria de jogos, de acordo com o conteúdo trabalhado, divide-se em dois tipos, explicados abaixo por (Klopfer, Osterweil, & Salen, 2009):

- Jogos para o desenvolvimento das habilidades do século XXI: visam o desenvolvimento de habilidades como a colaboração entre pessoas, inovação e comunicação de ideias;

- Jogos voltados à educação tradicional: buscam complementar o ensino de disciplinas escolares tradicionais, trabalhando seus conteúdos.

Michael e Chen (2006) explicam as diferenças entre um jogo tradicional e um jogo sério. Ao contrário dos jogos tradicionais, nos quais buscam-se melhores configurações em termos de *hardware* e *software*, o jogo sério não deve depender de equipamentos de última geração, visto que o seu público alvo (como escolas) dificilmente dispõe destes. Ainda relacionado à condição anterior, o jogo sério não deve conter "exageros" ao buscar simulações realísticas em jogos que requeiram grandes investimentos e muitos *gigabytes* de espaço disponível nos computadores dos usuários: é preciso simplificar e focar no que é mais importante. Deve-se assegurar que as regras definidas para os modelos de simulação (treinamento) realmente ensinem as habilidades corretas e não se assumam modelos incorretos de simulação. Recursos usualmente utilizados nos jogos devem ser simplificados, como a compressão do tempo após uma ação do jogador: deve-se trabalhar com o tempo e outros



fatores reais, de modo a realmente oferecer uma simulação da realidade. Por fim, o jogo sério deve ser desenvolvido pensando-se na integração com os métodos pré-existentes de aprendizagem e na avaliação dos jogadores para saber se realmente aprenderam os conteúdos ensinados.

### **2.3. QUANDO JOGOS E REALIDADE AUMENTADA SE ENCONTRAM**

A indústria de jogos busca se atualizar e empregar novas tecnologias para proporcionar experiências cada vez melhores aos jogadores. Um dos focos de desenvolvimento utiliza a RA, possibilitando uma experiência diferente em relação aos já bastante explorados jogos em realidade virtual. De acordo com Thomas (2007), em relação à RV a RA possui algumas vantagens: necessita renderizar apenas uma pequena parte do que o jogador enxerga, conseguindo o usuário perceber que está em um mundo real; possibilita ao jogador localizar-se espacialmente durante o jogo, permitindo movimentos livres e seguros e o contato visual com outras pessoas em jogos colaborativos; pode-se jogar em ambientes externos de uma maneira mais intuitiva ao utilizar movimentos reais.

Liarokapis (2006) apresenta algumas características da utilização da RA em jogos. O autor explica que a RA reduz a necessidade de renderização de gráficos, mas, por outro lado, apresenta algumas limitações técnicas como: o custo do equipamento de visualização da RA, a ainda baixa adaptabilidade da comunidade de jogos ao sistema e a maior complexidade por conta do acréscimo de elementos como a calibração e o tempo de resposta. A interação é melhor do que em outros sistemas de jogos. A relação espacial existente entre jogador e objetos eleva a imersão daquele, mantendo as relações sociais e culturais próximas às de um jogo tradicional, com maior percepção do ambiente de jogo: a RA facilita a colaboração, embora ainda não haja uma boa comunicação entre os jogadores. Por fim, (Liarokapis, 2006) ressalta que os cenários dos jogos devem ser centrados no usuário, respeitando suas necessidades.

Os jogos em RA estão sendo cada vez mais explorados com a popularização de telefones celulares e dispositivos móveis com configurações

capazes de explorar a tecnologia, conforme é possível observar em sites para venda e download de aplicativos como o *Google Play* (2011). No *Parallel Kingdom* utiliza-se a localização geográfica do usuário para levá-lo a um mundo paralelo, baseado em mapas reais, onde conquista territórios, caça monstros, explora e troca recursos com outros jogadores. Pode-se caçar fantasmas no jogo *SpecTrek*, devendo o jogador correr até este local real e capturar o fantasma. O *PhotoShoot Duel* é um jogo de tiro entre dois jogadores reais, cada um com um dispositivo móvel diferente, que por meio da câmera e reconhecimento facial determina se o tiro foi ou não certo. No jogo *SlinGame* o telefone celular é transformado em um estilingue, devendo o jogador acertar e interagir com objetos virtuais gerados sobre um marcador fiducial de realidade aumentada.

Além dos jogos em plataformas móveis, explora-se também a RA através da utilização de HMDs. Um dos jogos mais relevantes a utilizar esse tipo de equipamento foi o pioneiro *ARQuake*, que consiste em uma versão do jogo de tiro em primeira pessoa *Quake*, desenvolvida por pesquisadores da *University of South Australia*. O game adaptado foi um dos primeiros a utilizar a realidade aumentada em jogos para ambientes abertos, permitindo simultaneamente a movimentação do jogador em um ambiente real e a visualização de monstros e objetos gerados virtualmente (PIEKARSKI & THOMAS, 2002).

Os pesquisadores da universidade australiana objetivaram desenvolver uma versão do jogo de interação bastante natural, com movimentação livre do usuário, ponto de vista determinado pela orientação e posicionamento da cabeça do usuário e um controle natural do jogo. Utilizou-se como dispositivo de projeção da realidade aumentada um HMD transparente com um display em LCD, permitindo a visualização simultânea da realidade e da virtualidade. O sistema possui um GPS e uma bússola digital embutidos para determinar a localização do jogador. O cenário do jogo é a *University of South Australia*, da qual foram mapeados virtualmente 30 prédios. O objetivo do mapeamento foi determinar a posição de obstáculos para que os monstros virtuais não aparecessem sobrepostos a estes. Para atirar nos monstros, o jogador utilizava uma arma de brinquedo, embora a mira fosse realizada a partir da orientação e

posição da cabeça do jogador, e não pela posição da arma (PIEKARSKI & THOMAS, 2002).

Foram efetuadas diversas modificações para adaptar o jogo original à RA, conforme explicam Piekarski e Thomas (2002). Retiraram-se objetos e portas secretas, visto que estes não existiriam no mundo real. As texturas dos monstros foram alteradas para que estes pudessem ser mais facilmente visualizados. Por fim, foi preciso escolher monstros capazes de serem derrotados por uma pessoa comum, com movimentação comum, diferente dos personagens com poderes e forças especiais que normalmente protagonizam jogos de tiro em primeira pessoa.

Thomas (2007) acredita que no futuro jogos em RA utilizarão dispositivos capazes de projetar imagens por laser diretamente na retina dos jogadores ou através de projetores portáteis de dimensões reduzidas e alto brilho. O futuro vislumbrado pelo autor se aproxima, com o desenvolvimento de protótipos de produtos para projeção na retina como o *AirScouter*. Para jogos internos, Thomas (2007) aposta em três vertentes de desenvolvimento: através de HMDs imersivos, fornecendo animações com instruções, táticas e atributos das peças em jogo ou possibilitando a visualização de amigos em jogos *multiplayer*; através de visores espaciais imersivos, com a semi-imersão em jogos como simuladores de voos, método já utilizado comercialmente; através de mesas de RA, adicionando animações a jogos físicos e auxiliando jogadores a aprender o jogo e compreender movimentos inválidos. Para jogos externos, Thomas (2007) aborda duas vertentes nos gêneros de estratégia em tempo real, esportes e RPG. Os jogos com “cabeça abaixada”, utilizam dispositivos móveis como aparelhos celulares, podendo o jogador interagir diretamente com a tela do aparelho e mover-se no mundo real. Os jogos com “cabeça levantada” utilizam HMDs e são em primeira pessoa, como o *ARQuake*.

### 3. MÉTODO

Este capítulo apresenta os procedimentos metodológicos adotados para a realização desta pesquisa. Aborda a caracterização e as fases da pesquisa, variáveis da pesquisa, participantes dos testes, instrumentos e aparatos utilizados, teste piloto, testes de usabilidade e análise estatística.

#### 3.1. CARACTERIZAÇÃO E FASES DA PESQUISA

Esta pesquisa é composta por três fases distintas, conforme exposto na Figura 13 e detalhado abaixo: fundamentação, aplicação e discussão. O objetivo principal está na avaliação se um jogo sério em realidade aumentada facilita o processo de aprendizagem das instruções de uso de um novo produto.

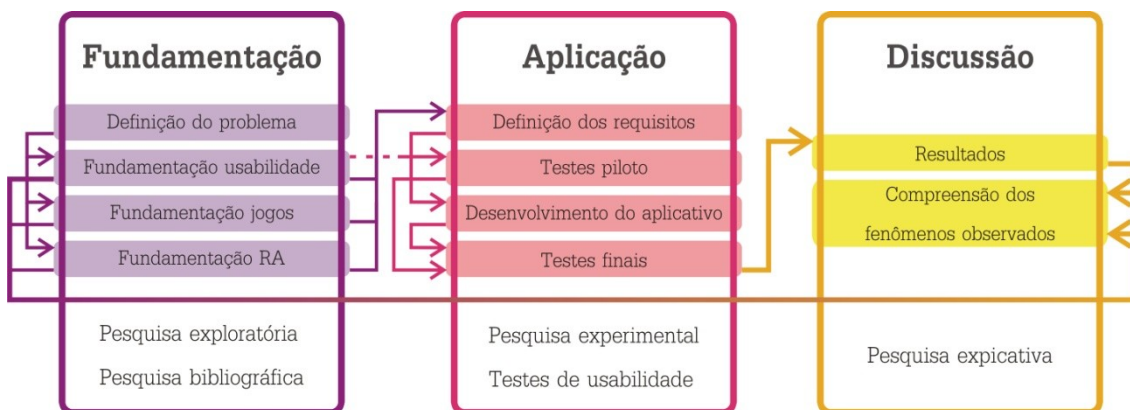


Figura 13: Fases da pesquisa

A pesquisa é iniciada de maneira exploratória, ou seja, com foco na familiarização com o problema, construindo os conhecimentos necessários para melhor compreendê-lo (GIL, 1996). Em um segundo momento, os conhecimentos são aplicados na realização dos experimentos, de forma a identificar se determinados fatores interferem em um fenômeno, o que caracteriza uma pesquisa explicativa. Com base em seus objetivos esse trabalho possui, então, um caráter exploratório-explicativo de natureza aplicada, ou seja, com aplicação dos resultados da pesquisa.

Os procedimentos técnicos utilizados também permitem duas classificações diversas, de acordo com a fase da pesquisa. Inicia como bibliográfica, com estudos exploratórios baseados em materiais já publicados (MARCONI & LAKATOS, 2010). A segunda etapa, é experimental, tipo de pesquisa que, de acordo com Marconi e Lakatos (2010), consiste na observação dos efeitos que uma variável causa no objeto de estudo, sendo necessário um controle e observação adequados dos efeitos que a variável causa ao objeto de estudo.

A fase de **Fundamentação** consiste na clarificação do problema e na construção da fundamentação teórica necessária para abordá-lo. Esta etapa envolve uma pesquisa exploratória e bibliográfica, baseada em livros e publicações específicas das áreas estudadas. Dessa maneira, os objetivos desta fase foram:

- Identificar os componentes (subproblemas) do problema de pesquisa;
- Compreender quais os elementos de um jogo;
- Compreender o que é necessário para gerar um ambiente de realidade aumentada.

Nesta primeira fase foram esclarecidas as definições utilizadas na pesquisa. Nas áreas de jogos e realidade aumentada muitos termos ainda não possuem uma conceituação bem definida, tendo sido necessária a construção destas definições a partir do que é proposto por vários autores. A identificação dos subproblemas permitiu definir os tópicos que seriam abordados. A fundamentação teórica foi essencial para a definição dos requisitos necessários para o jogo sério em RA desenvolvido na fase seguinte.

A fase de **Aplicação** envolve a definição dos requisitos para o jogo sério em RA, a elaboração e realização do teste piloto, o desenvolvimento do jogo sério em RA e de todos os instrumentos e aparatos necessários para a efetuação dos testes e, por fim, a realização dos testes finais de usabilidade.

Os testes foram desenvolvidos a partir da fundamentação teórica em usabilidade. Inicialmente, foi conduzido um teste piloto junto a um grupo de três

duplo-especialistas em usabilidade e na categoria de produto analisada. Este teste consistiu na realização de uma tarefa e na aplicação de um questionário de avaliação da usabilidade. Após a realização da tarefa, foi aplicado um questionário de avaliação de usabilidade, verificando-se a eficiência do questionário para este objetivo. Seguido ao processo iterativo do teste piloto, os testes finais consistiram na realização de tarefas e aplicação de questionários de usabilidade a quatro grupos distintos: manipulação direta, manual de instruções, vídeo e realidade aumentada.

A fase de **Discussão** iniciou com a catalogação dos resultados obtidos nos testes de usabilidade. Com os questionários respondidos pelos participantes após a realização das tarefas foram obtidos os dados das métricas *learnability*, facilidade de uso e satisfação. A análise dos vídeos das tarefas resultou nos dados das métricas tempo tarefa, sucesso da tarefa e erros. Para a análise estatística dos dados, utilizou-se a análise de variância (ANOVA) e gráficos para ilustrar os resultados obtidos

### 3.2. VARIÁVEIS DA PESQUISA

Uma variável é “uma classificação ou medida; uma quantidade que varia; um conceito, constructo ou conceito operacional que contém ou apresenta valores; aspecto, propriedade ou fator, discernível em um objeto de estudo e passível de mensuração” (MARCONI & LAKATOS, p. 175, 2010).

A Figura 14 apresenta as variáveis consideradas:

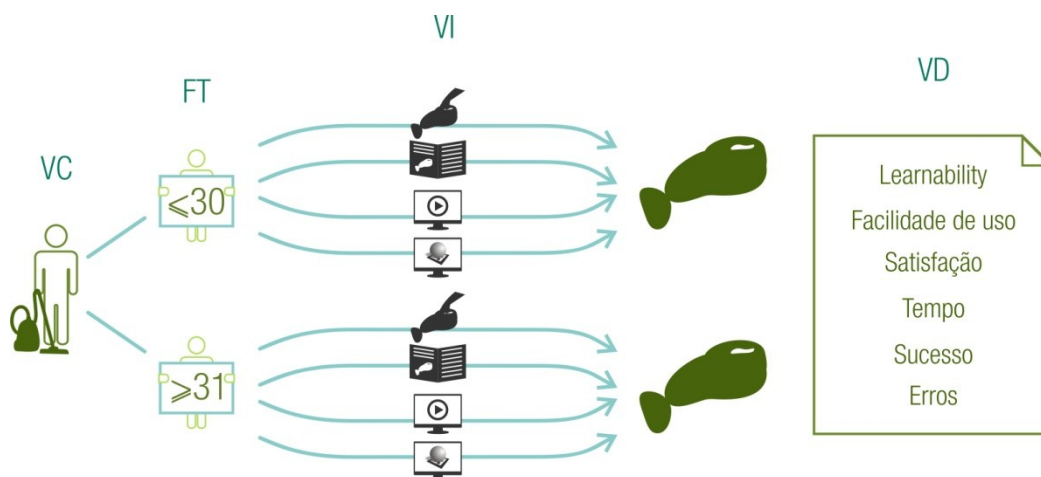


Figura 14: Variáveis da pesquisa

As variáveis dependente e independente de uma pesquisa estão fortemente relacionadas, visto que a variável dependente corresponde a um fator que se busca explicar em relação à influência de outra variável: a variável independente.

A **variável independente** (VI) é o processo de aprendizagem das instruções de uso utilizado:

- Manipulação direta: participante não recebe nenhuma instrução sobre como utilizar o produto, devendo aprender por si só;
- Manual de instruções: participante lê o manual de instruções do produto antes da realização do teste;
- Vídeo: participante assiste a um vídeo sobre como utilizar o produto antes de realizar o teste;
- Realidade aumentada: participante interage com o jogo sério em realidade aumentada antes de realizar o teste.

A **variável dependente** (VD) é a aprendizagem das instruções de uso, mensurada a partir de seis métricas de usabilidade que avaliam o desempenho do usuário na utilização do produto:

- *Learnability*: medida em que se pode aprender algo, sendo mensurados o tempo e os esforços necessários para se tornar perito em algo;

- Facilidade de uso: registro pelo usuário da dificuldade em realizar uma tarefa (TULLIS & ALBERT, 2008);

- Satisfação: “ausência do desconforto e presença de atitudes positivas para com o uso de um produto” (ABNT, 2002, p. 3);

- Tempo da tarefa: medição do tempo entre o início e o término de uma tarefa, importante principalmente em tarefas realizadas repetidas vezes pelo usuário (TULLIS & ALBERT, 2008);

- Sucesso da tarefa: mensuração do sucesso binário (sucesso ou insucesso) ou do nível de sucesso (nível de completude da tarefa, experiência ao completá-la ou maneira utilizada pelo usuário para realizá-la) a partir da definição do início e término da tarefa (TULLIS & ALBERT, 2008);

- Erros: ações que podem levar ao insucesso na realização da tarefa. É válida a medição de erros quando estes acarretam na redução da eficiência, elevação significativa dos custos ou no insucesso na realização da tarefa (TULLIS & ALBERT, 2008).

A variável de controle é “aquele fator, fenômeno ou propriedade que o investigador neutraliza ou anula propositadamente em uma pesquisa, com a finalidade de impedir que interfira na análise da relação entre as variáveis independente e dependente” (MARCONI & LAKATOS, 2010, p. 198). Utilizou-se como **variável de controle** (VC) a familiaridade do participante com a categoria do produto apresentada: os participantes já deveriam ter utilizado um aspirador de pó para que seus testes fossem validados na pesquisa.

O fator de teste é uma categoria de variável “introduzida na análise com o propósito de aumentar a compreensão da primitiva relação entre as variáveis independente e dependente, e verificar se a relação se deve ou não a *T* [variável fator de teste]” (MARCONI & LAKATOS, 2010, p. 200). Nesta pesquisa utilizou-se como **fator de teste** (FT) a idade dos participantes para averiguar se esta (somada à experiência de vida consequente da idade) – e não o método utilizado para a aprendizagem – é responsável por um maior sucesso no processo ao aprender a utilizar um novo produto. Dessa maneira,



os participantes foram divididos entre os de idade até 30 anos e aqueles com 31 ou mais anos.

### 3.3. INSTRUMENTOS E APARATOS UTILIZADOS

Para cada grupo pesquisado, foram necessários determinados aparatos e instrumentos, conforme resumo na Tabela 3:

Tabela 3: Aparatos e instrumentos de pesquisa utilizados

<b>Grupo</b>	<b>Aparatos/instrumentos exclusivos</b>	<b>Aparatos/instrumentos comuns</b>
Manipulação direta	Nenhum	Aspirador de pó, simulador de ambiente de uso, bolinhas de papel azuis e amarelas, questionário
Manual de instruções	Manual de instruções original do aparelho	
Vídeo	Vídeo explicativo desenvolvido para o teste, monitor de computador para visualização do vídeo	
Realidade aumentada	Jogo sério em RA desenvolvido para o teste, monitor de computador com webcam, marcadores de RA, questionário de avaliação da RA	

#### 3.3.1. ASPIRADOR DE PÓ

Optou-se por utilizar um aspirador de pó na pesquisa por este ser um produto comum e relativamente simples em termos de recursos necessários para seu funcionamento (basta conectá-lo à rede elétrica), além de permitir o estudo de tarefas bastante variadas. Foi escolhida a versão portátil do aparelho por ser esta de mais fácil manuseio do que a versão de chão. O produto específico escolhido possui pontas extras para aspirar locais diversos, enriquecendo o estudo, além de possuir um fio para conectar o aparelho à rede elétrica, ao contrário da grande maioria dos aspiradores portáteis que funcionam por meio de baterias.

A Figura 15 apresenta o aspirador de pó utilizado nos testes. Durante os testes, os usuários necessitaram manusear três pontas diferentes do aparelho, a tampa do aspirador de pó, o saco coletor e o plugue elétrico.



Figura 15: Aspirador de pó utilizado nos testes

### 3.3.2. SIMULADOR DE AMBIENTE DE USO

O simulador de ambiente de uso é um objeto desenvolvido para representar as dificuldades que o usuário enfrentaria no uso regular do aparelho: cantos e espaços apertados. A Figura 16 apresenta este objeto e uma sugestão de conjunto de pontas do aspirador de pó que podem ser utilizadas para limpar cada parte do simulador de ambiente.



Figura 16: Simulador de ambiente de uso e pontas do aspirador utilizadas para limpar cada parte do objeto

### 3.3.3. BOLINHAS DE PAPEL AZUIS E AMARELAS

As bolinhas de papel de cor azul representam a sujeira que deve ser aspirada. As bolinhas amarelas, por outro lado, representam objetos que não devem ser aspirados. Há tamanhos diferentes de bolinhas, de modo que se o

participante tentar aspirar uma bolinha grande com a ponta menor, essa bolinha não irá passar.

#### 3.3.4. QUESTIONÁRIO PÓS-TAREFA

O questionário foi o instrumento utilizado para obter os dados referentes as métricas *learnability*, facilidade de uso e satisfação. Foi desenvolvido tendo por base dois questionários já existentes: o SUS (BROOKE, 1996) e o USE (LUND, 2001).

As sentenças apresentadas no questionário USE (LUND, 2001) foram traduzidas e utilizadas no questionário desenvolvido para esta pesquisa. Algumas sentenças originalmente positivas foram transformadas em sentenças negativas para que o participante pudesse ler com atenção cada sentença e não apenas assinalasse automaticamente um ponto à direita ou à esquerda de acordo com uma experiência boa ou ruim de uso. Para cada sentença da escala *Likert*, existem cinco pontos entre "discordo totalmente" e "concordo totalmente". O questionário completo está disponível no APÊNDICE 1.

Para gerar uma pontuação de usabilidade após o preenchimento do questionário pelo participante, adotou-se um sistema baseado no SUS (BROOKE, 1996). Nesse sistema, cada ponto marcado pelo participante representa uma nota diferente para aquela métrica em questão. A Figura 17 apresenta a mesma sentença com três possíveis respostas. Na primeira, foi assinalado o ponto mais à esquerda: "discordo totalmente". Sendo esta sentença positiva, a pontuação nesse caso foi "zero". Na próxima resposta, o ponto entre "discordo totalmente" e "concordo totalmente" representa a nota "dois". No último caso, o participante "concorda totalmente" com a afirmação positiva, recebendo a nota máxima, "quatro". Se a sentença apresentada fosse negativa, a pontuação se inverteria, sendo de quatro a zero ao invés do que foi apresentado neste exemplo, de zero a quatro.



Figura 17: Exemplo de respostas para a mesma questão

### 3.3.5. QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DA RA

Tendo por objetivo revelar a opinião dos participantes sobre o processo de aprendizagem através do jogo sério em RA, foi desenvolvido um instrumento de avaliação com este fim. Trata-se de dez pares de palavras/expressões opostas e um espaço disponível para opiniões livres sobre o processo, divididas em opiniões positivas e negativas. Este questionário está disponível no APÊNDICE 2.

### 3.3.6. MANUAL DE INSTRUÇÕES

Foi utilizado o manual de instruções original do aparelho. O manual é composto pelas seguintes partes:

- Dicas gerais de segurança (uma página): textos sobre cuidados com a verificação da voltagem do aparelho; necessidade de desconectá-lo da corrente elétrica no momento da limpeza; atenção com crianças, animais e altas temperaturas; verificação regular se cabos estão gastos ou componentes danificados; atenção para que reparos sejam feitos por um técnico qualificado; possibilidade de lavar ou substituir coletor e filtros; alerta para não utilização com líquidos/resíduos úmidos, objetos em chamas, grandes ou afiados.

- Precauções (duas páginas): ilustrações e textos alertando para não utilizar o aspirador por longo tempo com a abertura de sucção obstruída; não puxar a mangueira de sucção com força; explicando cuidados para a limpeza do aspirador; retirar o aparelho da corrente elétrica antes da limpeza ou de

consertos; manter o equipamento afastado da corrente elétrica; evitar que crianças brinquem ou operem o aparelho.

- Usos não aconselháveis (uma página): ilustrações e textos alertando para não aspirar líquidos/sujeiras úmidas, cigarros e papéis em brasa, objetos pontiagudos ou cortantes e produtos inflamáveis.

- Limpeza dos filtros (uma página): ilustrações e textos explicando quando e como limpar os filtros. As ilustrações indicam cinco passos para a limpeza, incluindo: abertura e retirada, lavagem e secagem do filtro, encaixe do filtro e fechamento da tampa.

- Limpeza do saco coletor (uma página): ilustrações e textos explicando quando e como limpar o saco coletor. As ilustrações indicam dois passos para a retirada do saco coletor e outros dois para a sua instalação.

- Estados de atenção e contato da empresa fabricante (uma página): procedimentos para quando diminuir a força de sucção do aspirador; alerta para não utilizar o aparelho se não estiver funcionando normalmente; comunicar o fabricante se o cabo de energia estiver danificado; endereço, telefone, *website* e *email* do fabricante.

### 3.3.7. VÍDEO

O vídeo explicativo do produto foi desenvolvido para este teste. Trata-se de um vídeo sem áudio, com um minuto e 23 segundos de duração. No vídeo, apresenta-se como ligar o aparelho, aspirar, trocar as pontas, desmontar e limpar o aspirador de pó e montá-lo novamente. A Figura 18 ilustra oito cenas do vídeo desenvolvido:



Figura 18: Cenas do vídeo explicativo

### 3.3.8. JOGO SÉRIO EM REALIDADE AUMENTADA

O jogo sério em Realidade Aumentada é utilizado em conjunto com um monitor com *webcam* e marcadores fiduciais de RA. Para a sua elaboração, foi desenvolvido um método próprio, nomeado MARSEGA (Método para Desenvolvimento de um Jogo Sério em Realidade Aumentada ou *Method for Developing an Augmented Reality Serious Game*), apresentado na Figura 19:

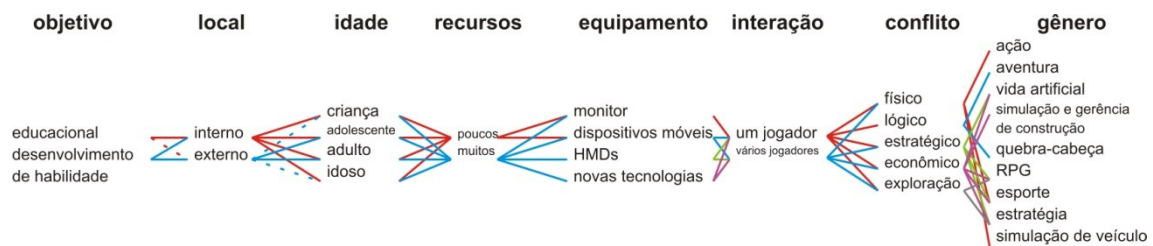


Figura 19: MARSEGA

O MARSEGA consiste em oito etapas de decisão que resultam em um "rascunho" do que deve conter o jogo sério em RA. Cada decisão tomada resulta em possibilidades diversas na etapa seguinte, com relações fortes (linha cheia) ou fracas, mas ainda assim possíveis (linha pontilhada). A Figura 20 apresenta os resultados obtidos com a aplicação do MARSEGA.



Figura 20: Aplicação do MARSEGA

O objetivo de um jogo para facilitar a aprendizagem das instruções de uso de um novo produto é o desenvolvimento da habilidade do usuário. O jogo é destinado a ambientes internos, jogado por adultos, com poucos recursos disponíveis para investimento em sistemas de visualização de RA mais

complexos, resultando na utilização de um monitor de computador com *webcam*. O jogo é individual, com conflitos do tipo físico (habilidade manual em aspirar a sujeira) e lógico (desvendar como o aspirador de pó funciona), resultando nos gêneros de ação e quebra-cabeças.

Por conta da dificuldade de programação do aplicativo em RA, foi necessário simplificar o jogo, transformando a etapa de ação em etapa lógica. As instruções passadas ao usuário do aplicativo não buscavam necessariamente fornecer a solução para que fosse possível realizar as tarefas: o usuário deveria pensar e sentir-se desafiado a resolver um enigma, deveria participar e interagir para, então, aprender. O APÊNDICE 3 apresenta o esquema do jogo desenvolvido. Foram utilizados nove marcadores fiduciais colados no aspirador de pó, conforme ilustrado na Figura 21.



Figura 21: Aspirador de pó com marcadores fiduciais de RA

Ainda que os marcadores fiduciais sejam normalmente utilizados em superfícies planas, testou-se a sua utilização com sucesso em superfícies levemente curvas, como visto na figura acima. Os marcadores funcionaram como pistas descobertas pelo participante que buscava desvendar o funcionamento do aspirador de pó: sempre que encontrasse um marcador em

uma peça do aparelho, deveria buscar sua informação para descobrir se o caminho escolhido (o modelo mental em construção) era o correto.

O marcador denominado "fase" inicia o aplicativo e apresenta novos desafios durante a primeira etapa de interação em RA, sendo desvinculado a qualquer peça do aspirador de pó e, portanto, apresentado separadamente ao aparelho. Os demais marcadores correspondem a alguma parte específica do aspirador de pó, conforme descrito na Figura 22, tendo sido colados nestas partes do produto:



Figura 22: Localização dos marcadores fiduciais

Para o desenvolvimento do aplicativo, foram utilizadas as bibliotecas *Flartoolkit*, *Ascollada* e *Papervision3D*. O aplicativo foi dividido em etapas, de modo que para cada etapa permanecessem ativos apenas os marcadores de importância naquele momento. Isto foi necessário para elevar a chance de identificação correta dos marcadores e para reduzir a lentidão do aplicativo.

### 3.4. PARTICIPANTES DOS TESTES

O número de participantes da pesquisa foi determinado por meio da avaliação heurística de (Nielsen, 1992). Com esse tipo de avaliação é possível encontrar problemas de usabilidade a partir de um número reduzido de participantes. Considera-se, nesse tipo de avaliação, que usuários especialistas são mais propensos a encontrar erros do que um novato, enquanto especialistas duplos (em usabilidade e na interface avaliada) encontram ainda mais erros do que os especialistas regulares. Nielsen (1992) apresenta no gráfico da Figura 23 uma comparação entre a quantidade de erros de usabilidade localizados e o número de participantes da pesquisa:



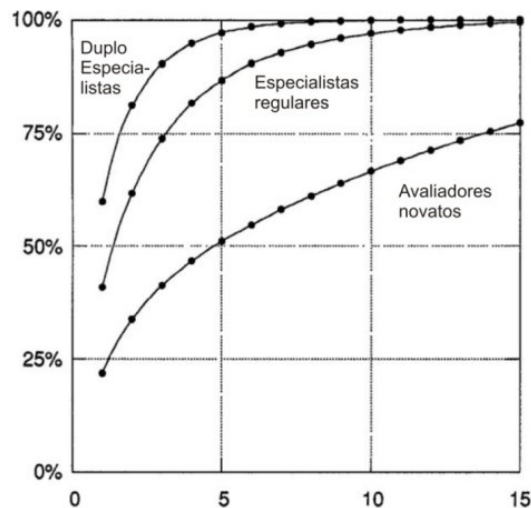


Figura 23: Proporção média de problemas de usabilidade encontrados em função do número de avaliadores em um grupo realizando a avaliação heurística (NIELSEN, 1992, p. 377)

O teste piloto foi realizado com três especialistas duplos, encontrando-se quase 90% das questões de usabilidade. Os testes finais foram realizados com 40 especialistas regulares com conhecimento na categoria de produto avaliada, sendo fundamental que o participante já tivesse utilizado um aspirador de pó antes da realização do teste (variável de controle). Dez pessoas participaram de cada grupo (manipulação direta, manual de instruções, vídeo e RA, conforme Figura 24), subdividindo-se os participantes em grupos com idade até 30 anos e com 31 ou mais anos de idade (fator de teste), sendo cinco de cada faixa etária para cada grupo. Os grupos foram divididos nestas faixas etárias por duas razões: pessoas com 31 ou mais anos dificilmente conviveram com computadores desde a infância (sujeitas a uma menor familiaridade com a informática e tecnologias a ela relacionadas, como a RA), e pessoas até 30 anos costumam ter menos experiência com aparelhos relacionados à manutenção e limpeza de uma casa do que as com 31 anos ou mais (tiveram menos tempo de vida para utilizar esse tipo de aparelho do que as pessoas do outro grupo). Nenhum participante esteve presente em mais de um dos grupos estudados.



Figura 24: Participantes da pesquisa

### 3.5. TESTE PILOTO

O teste piloto foi aplicado junto a três duplo-especialistas, simulando o grupo de manipulação direta. Um dos participantes realizou a tarefa, enquanto os outros dois observaram. Após o término das tarefas, foram discutidas as possíveis melhorias para as tarefas realizadas e o instrumento de avaliação proposto.

Para a realização do teste piloto foram reproduzidas as seguintes condições: uma mesa com dez bolinhas de papel, o aspirador de pó, uma folha de papel com as instruções para o teste e a posterior aplicação do questionário. O teste envolvia três macro-tarefas: aspirar, esvaziar e montar. Observou-se que a macro-tarefa aspirar foi realizada com bastante facilidade, tendo sido difícil a sua cronometragem pela velocidade com que a tarefa foi realizada. Na macro-tarefa esvaziar o participante apresentou alguma dificuldade na retirada das bolinhas de papel do interior do aspirador de pó, uma vez que não removeu a trava para limpeza do saco coletor. A tarefa de montar foi realizada sem erros.

A partir do teste piloto foram identificadas algumas melhorias necessárias. Primeiramente, a macro-tarefa aspirar revelou-se muito fácil, sendo realizada em apenas três segundos. Percebeu-se também a impossibilidade de realizar o teste sem uma câmera de vídeo para registrar a tarefa para conferência posterior. Após discussão junto aos participantes do teste piloto, foram incluídos alguns elementos para dificultar a realização da macro-tarefa aspirar. Ao invés de dispor as bolinhas de papel em uma única superfície, optou-se por desenvolver um objeto que oferecesse dificuldades tais como quinas e espaços apertados, alcançados apenas por determinadas pontas do aspirador de pó: o Simulador de ambiente de uso. Para dificultar ainda mais essa tarefa e torná-la mais próxima da realidade, adotou-se duas cores para as bolinhas de papel que seriam aspiradas: azuis e amarelas - o usuário deveria evitar aspirar as bolinhas amarelas. Por fim, as bolinhas passaram a ter tamanhos diferentes.

Com relação ao instrumento de avaliação, mesmo que o questionário do teste piloto tenha misturado as sentenças de modo a reduzir a resposta automática (evitou-se reunir, por exemplo, as questões sobre satisfação em um mesmo bloco), percebeu-se que havia apenas uma sentença “negativa”, cuja resposta positiva necessitava da discordância do usuário: “eu preciso aprender muita coisa antes de conseguir utilizar esse aspirador de pó”. Para que isso não mais ocorresse, várias sentenças inicialmente positivas foram transformadas em negativas. Como exemplo, “é fácil aprender a utilizar esse aspirador de pó” foi transformada em “é difícil aprender a utilizar esse aspirador de pó”.

### **3.6. TESTES DE USABILIDADE**

Os testes de usabilidade foram realizados em seis dias diferentes com 40 participantes, sendo 20 com idade até 30 anos e 20 com idade igual ou superior a 31 anos, conforme explicado na seção Participantes dos testes. Todos os testes foram realizados em universidades, com alunos, professores ou funcionários de três instituições de ensino. Os testes foram gravados (vídeo com áudio), possibilitando a posterior análise através de *software* para edição de vídeo.

Ao chegar ao ambiente de teste, o participante recebia uma ficha em que era verificada a sua faixa etária e a utilização prévia de um aspirador de pó, de modo a enquadrar o participante em um dos grupos pesquisados. Dependendo da resposta, era direcionado a um dos métodos para aprender a utilizar o produto, recebendo, então, instruções sobre a tarefa a ser realizada. O participante não voltava a consultar as instruções após o início da tarefa.

A tarefa de cada participante era aspirar as bolinhas azuis, espalhadas no simulador de ambiente, evitando aspirar as de cor amarela. Em seguida, o participante deveria limpar o saco coletor do aspirador de pó e montá-lo novamente. A Tabela 4 apresenta uma breve descrição das micro-tarefas realizadas, enquanto o 0 apresenta fotos de cada uma dessas micro-tarefas.

Tabela 4: Breve descrição das micro-tarefas

<b>Macro-tarefa</b>	<b>Micro-tarefa</b>	<b>Descrição</b>
Aspirar	Ligar o aspirador	Aspirador começa a funcionar
	Sugar as bolinhas	Sugar as bolinhas azuis, evitar as amarelas
Esvaziar	Desligar o aspirador	Aspirador deixa de aspirar
	Tirar a tampa	Tampa é removida
	Tirar o saco coletor	Saco coletor é removido
	Tirar as bolinhas	Saco coletor é limpo
Montar	Encaixar o saco coletor	Encaixar o saco coletor no local correto
	Encaixar a tampa	Encaixar a tampa, fechando o aparelho

Após a conclusão da tarefa, o participante deveria preencher o questionário pós-tarefa e o questionário de avaliação da RA, para o grupo que aprendeu através do jogo sério em RA. Os participantes eram instruídos sobre como preencher os questionários, e, após o preenchimento, finalizava sua participação no teste.

### 3.7. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados obtidos através dos testes de usabilidade foram analisados por meio da Análise de Variância (ANOVA), explicada por Montgomery e Runger (2003). A ANOVA avalia se um ou mais fatores têm influência significativa sobre um processo específico, no caso, se as diferentes maneiras de aprender as instruções de uso de um mesmo produto produzem resultados diferentes ao ensinar sobre um mesmo assunto - como utilizar o aspirador de pó.

Para realizar a ANOVA, são necessárias métricas capazes de expressar de maneira quantitativa o efeito de cada método sobre o processo. Uma simples comparação entre as médias dos resultados dos vários métodos de aprendizagem pode não acarretar conclusões óbvias, sendo necessários os testes estatísticos para compreender as diferenças.

Os resultados obtidos para um mesmo método de aprendizagem são influenciados pelas capacidades aleatórias de aprendizado de cada participante. Quando os grupos de participantes são formados ao acaso, a capacidade esperada de aprendizagem de cada um também é aleatória: trata-se de uma variável aleatória. Assim, os resultados dos participante de um mesmo grupo constituem valores de uma mesma variável aleatória, dispersos em torno de um valor médio. A intensidade desta dispersão é quantificada por um parâmetro denominado variância. A variância é elevada quando há grande dispersão em um conjunto de dados e nula se os valores são iguais.

A média e a variância de uma variável aleatória são estimados a partir de um conjunto de valores denominado amostra. Quando a média da amostra de um grupo é ligeiramente maior em relação a de outro grupo, esta pode ou não ser suficiente para que existam diferenças significativas entre os tratamentos. A ANOVA possibilita identificar se as diferenças encontradas são ou não significativas.

A ANOVA baseia-se na comparação entre os valores da variância calculada dentro dos grupos e o valor da variância total. O cálculo da variância dentro de um grupo é realizado a partir dos dados dos participantes submetidos a um mesmo método de aprendizagem, enquanto o da variância total é realizado a partir dos dados de todos os participantes, de todos os grupos. Sem diferenças significativas entre os métodos de aprendizagem, os valores da variância total e dos grupos não serão muito diferentes, enquanto diferenças significativas resultam em variâncias nitidamente diferentes.

Para testar se há diferenças significativas entre os valores das variâncias, compara-se a razão entre a variância total dividida pela variância dentro dos grupos a um outro valor, denominado valor crítico da distribuição F. Se a razão é maior do que este valor crítico, há diferenças significativas entre

os tratamentos. A distribuição F é tabelada a partir do nível de significância do teste (utilizou-se  $\alpha = 0,05$ , o que corresponde a um nível de confiança de 95%), o número de métodos avaliados e o número de valores individuais submetidos a um mesmo grupo.

Avaliou-se o efeito de mais de um fator sobre um mesmo processo, acrescentando aos resultados de desempenho dos participantes o fator idade. Para realizar a análise envolvendo um segundo fator, utilizou-se a ANOVA para dois fatores. Esse tipo de análise determina se cada fator, isoladamente, influencia o processo e se a ação combinada entre ambos pode ter influência significativa.

Como resultado, a ANOVA determina se existe pelo menos um tratamento cujo efeito se distingue dos demais, embora sem especificar qual deles. Para verificar quais tratamentos possuem diferença significativa, utilizou-se o Método de *Fisher*, que é baseado no Teste de Hipóteses entre duas populações. Estima-se a mínima diferença significativa a partir do valor de variância dentro dos grupos, o tamanho de cada grupo submetido ao mesmo método de aprendizagem e o nível de confiança estabelecido. Se a diferença absoluta entre os valores médios de dois métodos de aprendizagem quaisquer for superior à mínima diferença significativa, estes métodos possuem, então, efeitos significativamente diferentes.

Para comparar os valores entre os diferentes métodos de aprendizagem, utilizou-se o intervalo de confiança para as médias dos diferentes métodos. A média de uma variável aleatória pode ser estimada através de valores de uma amostra, mas este é um valor estimado, não representando o valor exato da média. Por conta dos efeitos aleatórios, a média de diferentes amostras de mesmo tamanho de uma mesma variável aleatória varia de amostra para amostra. Não sendo possível determinar o valor exato da média da variável, determina-se uma faixa de valores onde inclui-se a média verdadeira para um nível definido de confiança. Essa faixa é denominada intervalo de variância, sendo expressa normalmente por um valor central e uma margem de incerteza para cima e para baixa. O intervalo de variância é calculado com base na

variância dentro do grupo, do tamanho da amostra e do nível de confiança estabelecido.

Para averiguar a possibilidade de aplicar a ANOVA, foi realizado um teste de normalidade dos resíduos. Um resíduo é a diferença entre um valor previsto e um valor observado (FARBER, 2010). Quando estes resíduos assumem uma distribuição normal, ou seja, uma distribuição que resulta em uma curva normal (FARBER, 2010), é válido utilizar a ANOVA. Devido ao tamanho reduzido da amostra pesquisada, considerou-se como normal as amostras cujo gráfico dos escores normais aproximou-se a uma reta (MONTGOMERY & RUNGER, 2003).

Nos casos em que os testes não resultaram em amostras normais ou próximas à normalidade, não sendo possível a aplicação da análise de variância, foi realizada apenas a média dos resultados obtidos em cada método de aprendizagem, comparando-a à média geral de todos os grupos.

## **4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS**

Os questionários respondidos pelos participantes resultaram nos dados das métricas *learnability*, facilidade de uso, satisfação e usabilidade, esta última sendo uma média da pontuação obtida nas outras três métricas. A análise dos vídeos resultou nos dados utilizados na avaliação do tempo da tarefa, erros da tarefa e sucesso das tarefas. Estas últimas métricas não fazem parte da "nota" de usabilidade definida por (Brooke, 1996), mas também são um indicativo da usabilidade percebida pelo usuário do produto.





































Para as amostras cujos resíduos apresentaram normalidade, os resultados são apresentados comparando-se os valores obtidos ao analisar os pares de métodos de aprendizagem à mínima diferença significativa (MDS). Quando ultrapassado o valor da MDS, há diferença significativa, e, então, apresenta-se o intervalo de variância para visualização desta diferença. Nos casos em que não houve normalidade dos resíduos, apresenta-se as médias de cada método de aprendizagem e a média geral.

### **4.1. RESULTADOS GERAIS**

Os resultados gerais estão sintetizados na Figura 25. A realização da Análise de Variância, par a par, resultou na definição se os resultados obtidos através do jogo sério em realidade aumentada foram melhores, piores ou sem diferenças significativas em relação aos outros métodos pesquisados.

Quando a diferença foi positiva para um dos métodos, aquele com melhor resultado está representado na cor verde, enquanto o que obteve piores resultados está representado em vermelho. Nos casos em que não foram registradas diferenças significativas, foi utilizada a cor amarela.



	Manipulação direta Realidade aumentada	Manual de instruções Realidade aumentada	Vídeo Realidade aumentada
Learnability	 	 	 
Facilidade de uso	 	 	 
Satisfação	 	 	 
Tempo da tarefa	 	 	 
Sucesso da tarefa	 	 	 
Erros	 	 	 

■ Melhor resultado   
■ Sem diferença   
■ Pior resultado

Figura 25: Síntese dos resultados gerais obtidos por meio da Análise de Variância

## 4.2. USABILIDADE

Primeiramente, ressalta-se que a métrica aqui definida como usabilidade trata-se da **média** das demais métricas avaliadas por meio do questionário: *learnability*, facilidade de uso e satisfação. Não se trata de uma coleta de dados específicos para essa métrica, mas sim na experiência geral do usuário, um reflexo das métricas citadas acima (LUND, 2001).

Os dados desta amostra não apresentaram distribuição normal. As médias de cada grupo e média geral são apresentadas na Figura 26:

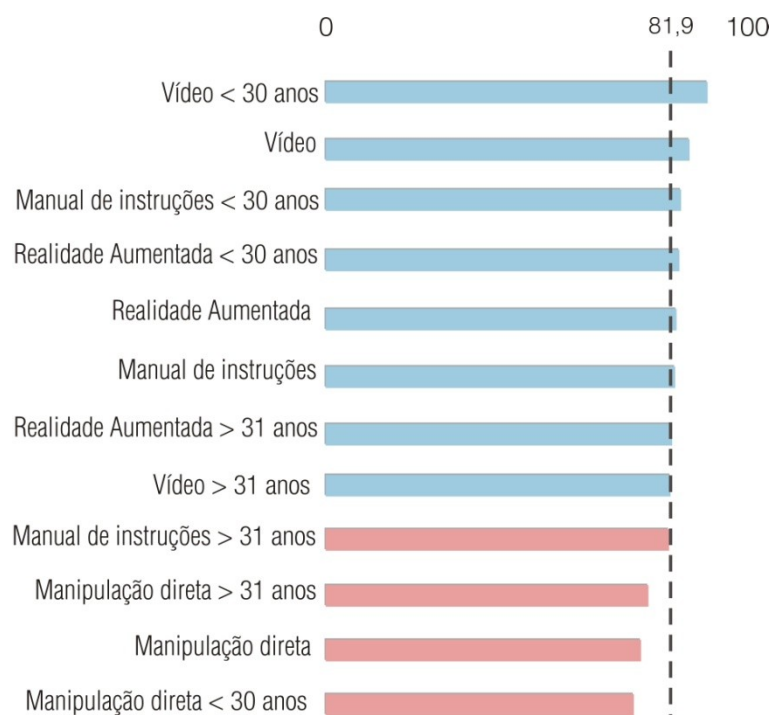


Figura 26: Médias obtidas na métrica usabilidade

Os participantes que aprenderam por realidade aumentada apresentaram resultados piores que os que aprenderam por vídeo e melhores que os que aprenderam por manipulação direta. Não houve grande diferença em relação aqueles que aprenderam por meio do manual de instruções.

#### 4.3. *LEARNABILITY*

Não existem diferenças significativas na comparação entre a *learnability* do grupo que aprendeu por realidade aumentada e dos grupos que aprenderam por outros meios, conforme observado na Figura 27:

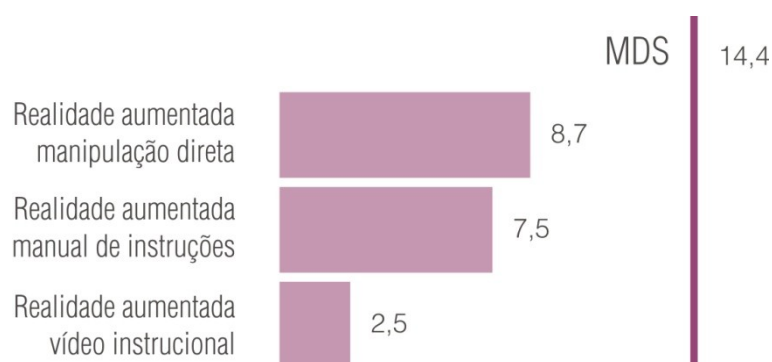


Figura 27: MDS e comparação entre os pares de grupos para a métrica *learnability*

#### 4.4. FACILIDADE DE USO

Não existem diferenças significativas entre o grupo que aprendeu através do jogo sério em realidade aumentada e os demais grupos, como visto na figura abaixo:

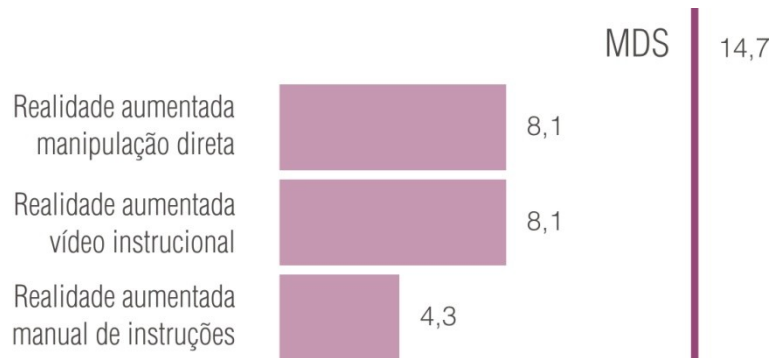


Figura 28: MDS e comparação entre os pares de grupos para a métrica facilidade de uso

#### 4.5. SATISFAÇÃO

Não existem diferenças significativas nas experiências positivas e desconfortos percebidos entre os grupos, conforme observado na Figura 29:

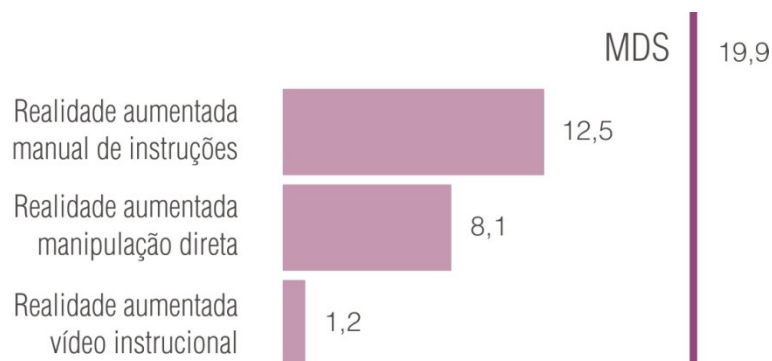


Figura 29: MDS e comparação entre os pares de grupos para a métrica satisfação

#### 4.6. TEMPO DA TAREFA

A métrica tempo da tarefa foi subdividida em quatro. A primeira análise apresenta o tempo total utilizado pelos participantes para realizar a tarefa. As análises seguintes são dos tempos para cada macro-tarefa: aspirar, esvaziar e montar.

#### 4.6.1. TEMPO TOTAL DA TAREFA

Houve diferença significativa na comparação entre o grupo que aprendeu por realidade aumentada e o que aprendeu por manipulação direta, como visto na figura abaixo:

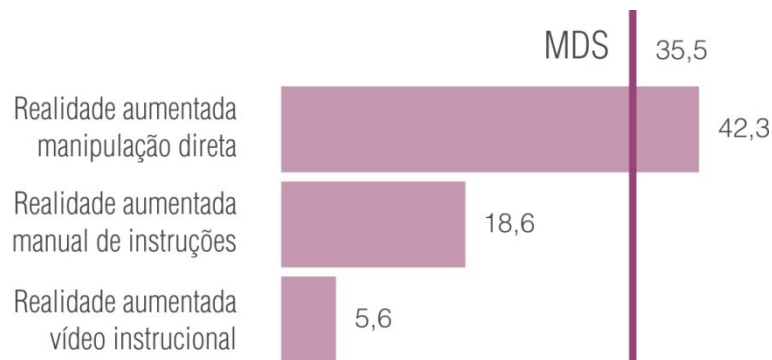


Figura 30: MDS e comparação entre os pares de grupos para a métrica tempo total da tarefa

Na Figura 31 são apresentados os intervalos de confiança que determinaram a diferença significativa entre as amostras, com o tempo total da tarefa para cada amostra, em segundos. Os participantes que aprenderam por realidade aumentada foram mais rápidos para completar a tarefa.

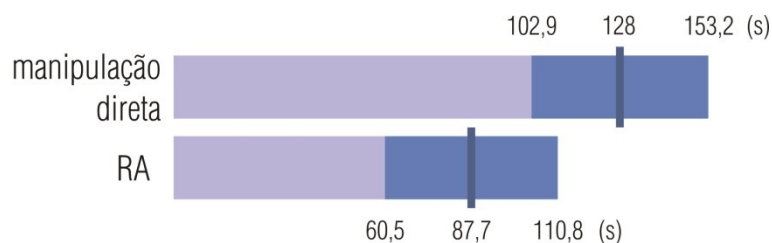


Figura 31: Intervalos de confiança para a métrica tempo total da tarefa

#### 4.6.2. TEMPO DA MACRO-TAREFA ASPIRAR

A macro-tarefa aspirar envolve as tarefas de ligar o aspirador de pó e aspirar as bolinhas de papel. A cronometragem do tempo inicia com a primeira bolinha aspirada e finaliza com a última bolinha aspirada. Não foram encontradas diferenças significativas entre o grupo que aprendeu por realidade aumentada e os demais grupos, como visualizado na Figura 32:

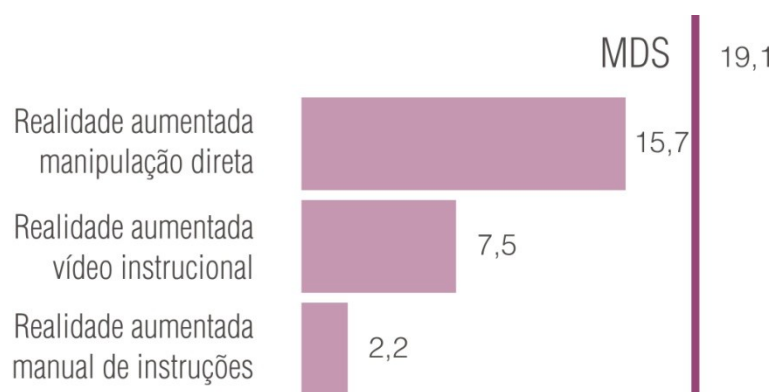


Figura 32: MDS e comparação entre os pares de grupos para a métrica tempo da macro-tarefa aspirar

#### 4.6.3. TEMPO DA MACRO-TAREFA ESVAZIAR

A macro-tarefa esvaziar envolve as tarefas de desligar o aspirador de pó, tirar a tampa, tirar o saco coletor e tirar as bolinhas de papel para limpar o saco coletor. A cronometragem do tempo inicia quando o aspirador é desligado e finaliza com a retirada da última bolinha de papel do saco coletor. Não foram encontradas diferenças significativas no tempo utilizado entre os participantes que aprenderam por RA e os que aprenderam pelos demais métodos, como visto na Figura 33:

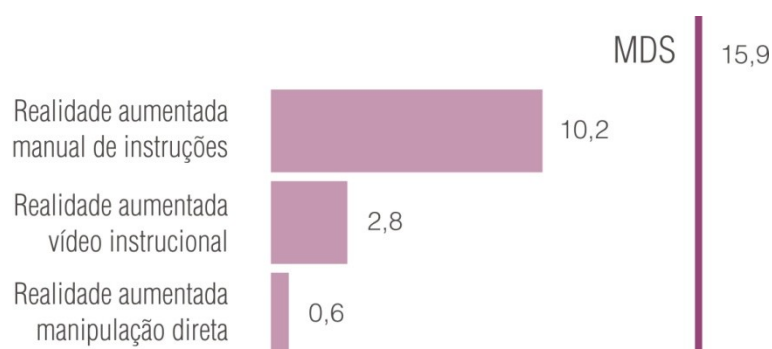


Figura 33: MDS e comparação entre os pares de grupos para a métrica tempo da macro-tarefa esvaziar

#### 4.6.4. TEMPO DA MACRO-TAREFA MONTAR

A macro-tarefa montar envolve as tarefas encaixar o saco coletor e encaixar a tampa. A cronometragem do tempo inicia com o saco coletor limpo e com a trava de limpeza do mesmo encaixada, finalizando com o encaixe da tampa do aparelho. Foram encontradas diferenças significativas entre os participantes que aprenderam por RA e manipulação direta:

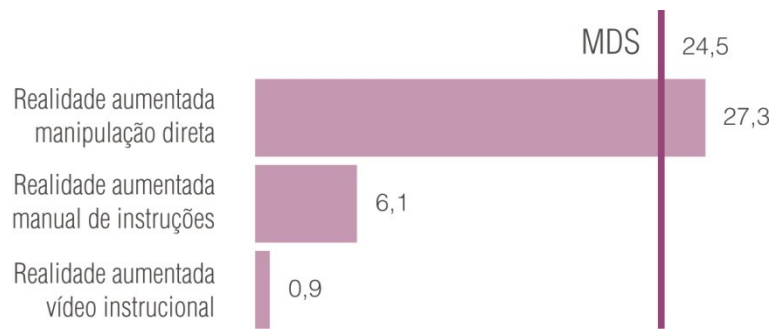


Figura 34: MDS e comparação entre os pares de grupos para a métrica tempo da macro-tarefa montar

A Figura 35 apresenta os intervalos de confiança que determinam a diferença significativa entre os grupos, com tempo reduzido entre os participantes que aprenderam por RA:

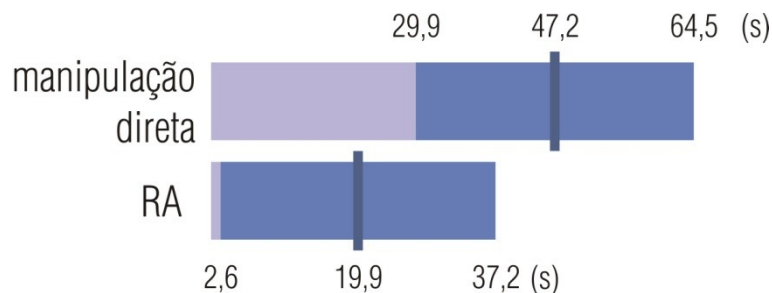


Figura 35: Intervalos de confiança para a métrica tempo da macro-tarefa montar

#### 4.7. SUCESSO DA TAREFA

A métrica sucesso foi subdividida em quatro. Para uma micro-tarefa concluída com êxito, sem qualquer erro, foi atribuído 100% de sucesso. Micro-tarefas finalizadas corretamente, mas com erros durante a sua realização, receberam 50% de sucesso. A uma micro-tarefa não concluída foi atribuído 0% de sucesso.

##### 4.7.1. SUCESSO TOTAL DA TAREFA

Foram encontradas diferenças significativas entre o grupo que aprendeu através da realidade aumentada e todos os outros grupos, como visto na Figura 36:

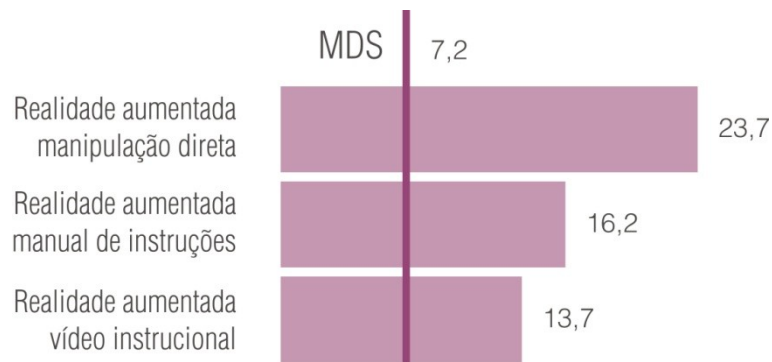


Figura 36: MDS e comparação entre os pares de grupos para a métrica sucesso da tarefa

Na figura abaixo, é possível observar os intervalos de confiança obtidos:



Figura 37: Intervalos de confiança para a métrica tempo da macro-tarefa montar

#### 4.7.2. SUCESSO DA MACRO-TAREFA ASPIRAR

Os dados desta métrica não possuem distribuição normal. As médias obtidas pelos grupos são apresentadas na Figura 38:



Figura 38: Médias obtidas na métrica sucesso da macro-tarefa aspirar

#### 4.7.3. SUCESSO DA MACRO-TAREFA ESVAZIAR

A métrica sucesso da macro-tarefa esvaziar também não apresentou amostra normal. As médias das taxas de sucesso são visualizadas abaixo:



Figura 39: Médias obtidas na métrica sucesso da macro-tarefa esvaziar

#### 4.7.4. SUCESSO NA MACRO-TAREFA MONTAR

Sem distribuição normal, as médias dos resultados desta métrica são apresentados abaixo:



Figura 40: Médias obtidas na métrica sucesso da macro-tarefa montar

### 4.8. ERROS

A métrica erros foi subdividida em quatro, assim como as métricas anteriores. Nesta métrica, foi considerada a quantidade de micro-tarefas com a presença de erros, independente do número de erros cometidos. Assim, micro-tarefas com a presença de erros recebiam o valor "1", enquanto na ausência de erros recebiam "0". O APÊNDICE 5 apresenta os erros cometidos durante os testes.



#### 4.8.1. ERROS TOTAIS

Foram encontradas diferenças significativas entre todos os pares, como visto na Figura 41:

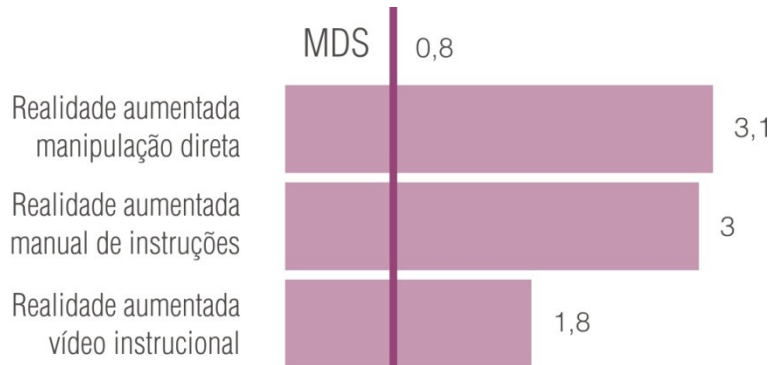


Figura 41: MDS e comparação entre os pares de grupos para a métrica erros totais

Na são Figura 42 são visualizados os intervalos de confiança obtidos:

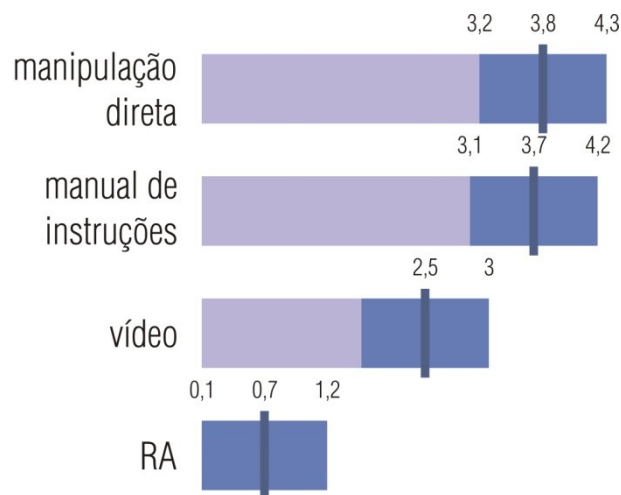


Figura 42: Intervalos de confiança para a métrica erros totais

#### 4.8.2. ERROS AO ASPIRAR

Os dados desta métrica não apresentaram distribuição normal, sendo apresentados na Figura 43:



Figura 43: Médias obtidas na métrica sucesso da macro-tarefa erros ao aspirar

### 4.8.3. ERROS AO ESVAZIAR

Foram encontradas diferenças significativas entre a realidade aumentada e todos os outros grupos, como visto abaixo:



Figura 44: MDS e comparação entre os pares de grupos para a métrica erros ao esvaziar

Na Figura 45 é possível visualizar os intervalos de confiança obtidos:

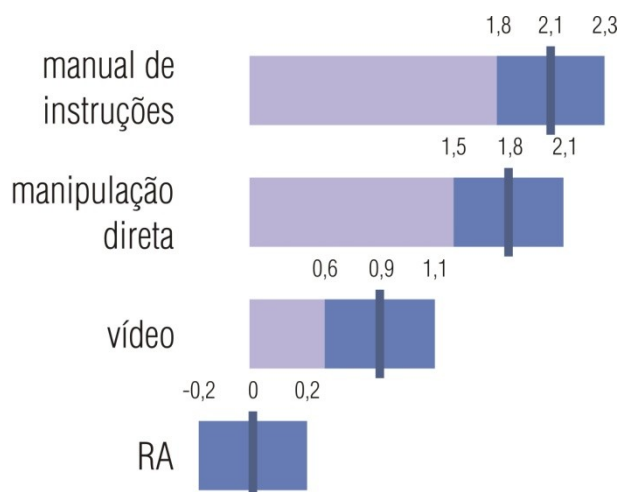


Figura 45: Intervalos de confiança para a métrica erros da macro-tarefa esvaziar

#### 4.8.4. ERROS AO MONTAR

As médias obtidas para esta métrica são apresentadas na figura abaixo:

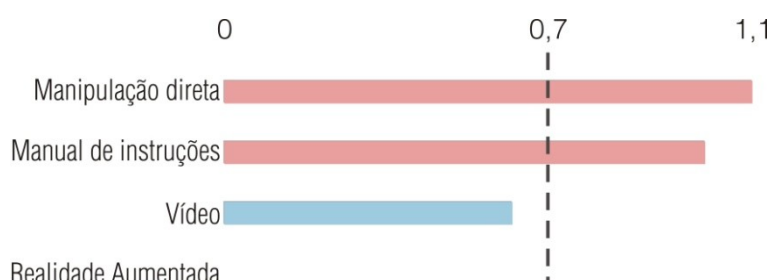


Figura 46: Médias obtidas na métrica sucesso da macro-tarefa erros ao montar

Não foram cometidos erros ao montar pelos participantes que aprenderam por RA.

#### 4.9. AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE APRENDIZAGEM POR MEIO DO JOGO SÉRIO EM REALIDADE AUMENTADA

A aplicação do questionário de avaliação do jogo sério em RA aos dez participantes deste grupo resultaram na Tabela 5:

Tabela 5: Termos e expressões assinalados pelos participantes que aprenderam com o jogo sério em RA

<b>Termo/expressão</b>	<b>Respostas</b>
Ajuda a aprender	7
Interessante	7
Instruções claras	6
Serve para qualquer idade	5
Usaria com outros produtos	5
Atual	4
Rápido	4
Demorado	2
Divertido	2
Futurista	2
Serve para mim	2
Prefiro aprender dessa maneira	1

No espaço aberto a comentários livres, os participantes escreveram os seguintes comentários positivos, transcritos abaixo, na íntegra:

"Uma maneira simples, rápida e eficaz de aprender como utilizar um produto e com informações claras e objetivas";

"Nova maneira de aprendizado, tornando o processo mais interessante e interativo";

"Hoje eu aprendi como se usa o aspirador sem correr riscos";

"Nova possibilidade para educação doméstica".

No espaço para comentários negativos, foi feito apenas um comentário:















"Processo levemente demorado".

#### 4.10. O QUE SIGNIFICAM ESSES RESULTADOS?

No início da análise, os primeiros resultados, com dados que vieram dos questionários preenchidos pelos participantes, não apontaram diferenças significativas que destacassem o jogo sério em realidade aumentada diante dos outros métodos de aprendizagem.

Se fossem considerados apenas estes resultados iniciais, a hipótese formulada de que o jogo sério em realidade aumentada voltado a instruções de uso facilita o processo de aprendizagem de uso de um novo produto não seria válida para o aplicativo desenvolvido. O uso do jogo sério em RA não levou a melhores resultados para os dados obtidos por meio dos questionários.

Esta, no entanto, não foi a única maneira de avaliar com quais métodos os participantes conseguiram melhor aprender a utilizar o produto. A análise dos questionários baseia-se em dados subjetivos, podendo refletir opiniões, e não necessariamente fatos. As métricas coletadas por meio da análise dos vídeos coincidem com resultados opostos aos obtidos através dos questionários: há diferenças significativas nas três métricas, como visto na Figura 47.

	Manipulação direta Realidade aumentada	Manual de instruções Realidade aumentada	Vídeo Realidade aumentada
Tempo da tarefa	 		
Sucesso da tarefa	 	 	 
Erros	 	 	 

■ Melhor resultado    ■ Pior resultado

Figura 47: Métricas em que o jogo sério em RA apresentou melhores resultados

Ao analisar dados não baseados na opinião dos participantes, o jogo sério em RA alcançou melhores resultados do que a manipulação direta nas três métricas e foi melhor do que o manual de instruções e o vídeo em duas.

A diferença entre os resultados obtidos por meio do vídeo e do questionário pode ser explicada por ao menos dois motivos identificados:

- Muitos participantes dos grupos iniciais erraram sem perceber que erraram. Como visto no APÊNDICE 5, 15 dos 40 participantes inverteram a posição do saco coletor no momento em que montavam o aspirador de pó. Ao inverter essa peça, é possível fechar o aparelho e não é difícil pensar que está tudo correto: o saco coletor aparentemente está no lugar e a tampa do aspirador de pó encaixa sem dificuldades. Essa impressão errônea é refletida no questionário, alcançando-se até a nota máxima de usabilidade, mesmo que o participante tenha cometido vários erros;

- Os participantes que aprenderam por realidade aumentada perceberam ainda durante a fase de aprendizagem que determinadas ações, como inverter a posição do saco coletor, são incorretas. Assim, ao errar durante o aprendizado, no momento do teste o participante já estava ciente dos possíveis erros e não mais os realizava. Quando este participante respondia ao questionário, a sua avaliação refletia a experiência completa: os erros (e o

conhecimento destes) da fase de aprendizagem e a experiência de uso do produto durante a tarefa realizada.

Para métricas como erros da tarefa, o jogo sério em realidade aumentada apresentou resultados bastante positivos. A percepção prévia do erro, explicada acima, justifica a ausência quase total de erros ao aprender por RA. Ao saber o que é um erro, o usuário consegue impedir que este aconteça.

Os ótimos resultados no segundo conjunto de métricas do grupo que aprendeu pelo jogo sério em RA pode, também, refletir as limitações encontradas durante a programação do aplicativo. Ao contrário do que se esperava inicialmente, não foi possível desenvolver um aplicativo robusto o suficiente para descartar a presença do pesquisador durante a aprendizagem do usuário. Quando aprendendo por manipulação direta, estavam presentes apenas o participante e o aspirador de pó. Com o manual de instruções, participante e manual de instruções. Com o vídeo, participante e um monitor de computador. Com a RA, participante, monitor, *webcam*, aspirador de pó e pesquisador. Isso ocorreu porque foi necessário que o pesquisador controlasse o aplicativo, avançando para uma nova etapa à medida que o participante concluísse as "missões" da etapa atual do jogo. Existia a possibilidade de não envolver o pesquisador durante o processo de instrução, mas devido à relativa baixa robustez do aplicativo, optou-se por garantir que o participante conseguisse acessar todas as etapas sem imprevistos ao invés de garantir a sua independência em relação ao pesquisador.

Ainda que com algumas limitações, o sucesso do jogo sério em realidade aumentada não pode ser descartado. Estatisticamente, foi comprovado que alcançou melhores resultados que outros métodos, enquanto a opinião dos usuários sobre o processo apenas ressaltou o que os números já diziam. O interesse afirmado pelos usuários tem origem tanto na dinâmica do jogo, quanto na utilização de uma interface pouco conhecida para este fim. A combinação é capaz de atender as condições de aprendizagem propostas por (Gagné, 1985), de modo a tornar o jogo sério em RA um substituto à figura do instrutor na aprendizagem das instruções de uso de um produto.

Por fim, pode-se confirmar que, para o jogo sério em RA desenvolvido, é válida a hipótese de que um jogo sério em RA facilita o processo de aprendizagem das instruções de uso de um novo produto.

## 5. CONCLUSÕES

Unir áreas tão diversas como realidade aumentada e jogos e usabilidade com foco na aprendizagem das instruções de uso de um novo produto pode parecer uma ideia incomum, até mesmo ambiciosa. Algumas vezes, no entanto, é preciso arriscar para buscar inovar. Se essa pesquisa traria resultados favoráveis para a aplicação de um jogo sério em RA? Ninguém poderia dizer no início, nem sequer após já ter realizado os testes com os 30 primeiros participantes, dos três outros grupos. Cada dia de pesquisa foi uma surpresa, uma descoberta. Felizmente, o resultado foi positivo, e com ele é aberto mais um caminho para a inovação, capaz de melhorar, ao menos que um pouco, a vida das pessoas comuns, usuários de aspiradores de pó, liquidificadores ou até mesmo geladeiras.

A pesquisa envolveu 40 participantes que foram divididos em quatro grupos distintos, cada um aprendendo de uma maneira diferente. Dez participantes aprenderam a utilizar o aspirador de pó manipulando-o diretamente, outros dez lendo o manual de instruções, dez participantes assistiram a um vídeo explicando o funcionamento do produto e os últimos dez interagiram com o aspirador de pó através da RA. Buscando confirmar ou não se um jogo sério em RA pode facilitar o processo de aprendizagem do usuário em relação a um novo produto, a pesquisa avaliou seis métricas diferentes: *learnability*, facilidade de uso, satisfação, tempo da tarefa, sucesso da tarefa e erros. Os resultados permitiram confirmar a hipótese de que o jogo sério desenvolvido em realidade aumentada facilita o processo de aprendizagem do usuário em relação a um novo produto.

Claramente, o aplicativo em RA desenvolvido nesta pesquisa foi um protótipo, não está pronto para ser utilizado pelo usuário que comprar um novo produto. Falta a robustez de um aplicativo desenvolvido por profissionais capacitados para tal, mas, ao menos, sabe-se que é possível. Não mais provável, mas possível, real. As dificuldades encontradas na etapa de programação revelam a possibilidade e, até mesmo, a necessidade de trabalhos futuros multidisciplinares, envolvendo designer e profissionais da



área de computação para desenvolver aplicativos que possam ser utilizados pelos consumidores de produtos diversos.

Durante os testes, muitos participantes comentavam que aprendiam a utilizar um produto apenas mexendo diretamente no mesmo. A manipulação direta, no entanto, apresentou os piores resultados. Se os participantes erram tanto dessa maneira, por que adotam esse método para aprender a utilizar um novo produto? Os participantes que aprenderam por manual de instruções respondem: "é chato ler o manual". Que tal o vídeo? Percebeu-se que os participantes nem sempre tinham muito interesse, "já sei usar um aspirador de pó", e os participantes não permaneciam inteiramente concentrados no vídeo. Ao aprender por RA, no entanto, o interesse parecia real, seja pela interação com uma nova tecnologia que permitia "aumentar" o mundo que conheciam, seja pela nova missão que deveria ser concluída pelos participantes. Já não se aprendia mais a utilizar um aspirador de pó para limpar a casa, mas os participantes eram envolvidos em um jogo, era preciso pensar, usar a lógica, ultrapassar os obstáculos para vencer e, como prêmio, aprender.

Os resultados obtidos ultrapassam a confirmação de que um jogo sério em realidade aumentada é eficaz. Os testes revelaram uma quantidade de tipos de erros impensável inicialmente. Os usuários dos produtos são "criativos", e mesmo um produto que pareça simples no início, como um aspirador de pó, não é motivo para não realizar testes de usabilidade durante o desenvolvimento do produto. O aparentemente simples aspirador de pó, "eu sei usar um aspirador de pó", resultou em 24 tipos de erros, e se fosse permitido uma segunda utilização pelos participantes, certamente resultaria em muitas expressões raivosas no momento em que estes percebessem que toda a poeira aspirada estaria espalhada dentro do aspirador de pó e, não, do saco coletor.

Por que os participantes erram tanto? Como visto, o modo como aprendem a utilizar o produto influencia bastante, mas não é necessariamente a única resposta. O produto, antes de tudo, deveria ensinar sobre si mesmo. Esta pesquisa é também um alerta para a atenção aos modelos mentais

gerados pelos produtos, e, novamente, um alerta à necessidade de se realizar testes de usabilidade ao desenvolver novos produtos.

Aliada ao jogo, a realidade aumentada apresenta grande potencial de, em breve, ser acessada pelos compradores de novos produtos. Esse teste inicial utilizou um monitor de computador com *webcam*, mas as próximas aplicações podem investir em outros sistemas de visualização da RA, tais como dispositivos móveis e, dependendo do desenvolvimento e abrangência da tecnologia no futuro, até mesmo HMDs. Para estes, no entanto, serão precisos novos testes, ainda que se acredite que os resultados serão parecidos, visto que a tecnologia é a mesma. Produtos de tamanhos reduzidos, que podem facilmente ser manipulados e levados para a frente de um computador, podem adotar o sistema utilizado nesta pesquisa, enquanto outros produtos de dimensões maiores podem utilizar dispositivos móveis ou HMDs. Os marcadores fiduciais utilizados nesta pesquisa podem vir já colados ao produto ou substituídos por sistemas de rastreamento capazes de reconhecer cada peça do produto.

Quais seriam os resultados da utilização de um jogo sério em RA em outras áreas? Outros produtos? Na educação? Até mesmo no tratamento de pessoas com dificuldades de comunicação ou deficiência mental? Ao invés de aprender a utilizar um produto, a missão pode ser o próprio desenvolvimento pessoal. Independente do caso, deve-se sempre lembrar que todo jogo sério em RA voltando à aprendizagem é, antes de tudo, um jogo sério e, como tal, é focado na instrução, e não na diversão. A informação transmitida deve ser clara, o jogador é um usuário do produto ou alguém que procura desenvolver a si mesmo.

A pesquisa não termina com este trabalho, na verdade, este é só o início. Com um primeiro resultado positivo, é o momento de expandir as pesquisas e aperfeiçoar os aplicativos em RA. De nada vale uma pesquisa que tanto pode trazer benefícios se for esquecida nas prateleiras de uma biblioteca ou nas profundezas da internet. A tecnologia está disponível, as pessoas estão ávidas por fazer parte deste mundo tecnológico. É um momento de transição, e, nessa condição, acredita-se que foi feito o melhor trabalho para este

momento. Para a continuação desta pesquisa, é necessário investigar a utilização da RA com outros sistemas de visualização, a aplicação do que foi aqui desenvolvido a novas categorias de produtos e o desenvolvimento, por profissionais especializados, do aplicativo em RA. Comprovado o método e desenvolvido o MARSEGA, que pode ser utilizado por outros pesquisadores, esta pesquisa finaliza aqui, como um novo começo.

## REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9241-11 Requisitos Ergonômicos para Trabalho de Escritórios com Computadores Parte 11 – Orientações sobre Usabilidade. **Ergonomia**, 2002. Rio de Janeiro.

ADAMS, E.; ROLLINGS, A. **Fundamentals of Game Design**. Upper Saddle River: Pearson, 2007.

AZUMA, R. T. A Survey of Augmented Reality. **Virtual Reality**, v. 4, n. August 1997, p. 355 - 385, 1997.

BILLINGHURST, M.; GRASSET, R.; SEICHTER, H.; DÜNSER, A. Towards ambient augmented reality with tangible interfaces. **Human-Computer Interaction. Ambient, Ubiquitous and Intelligent Interaction**, p. 387–396, 2009. Springer.

BIMBER, O. Projector-Based Augmentation. **Emerging technologies of augmented reality: interfaces and design**. p.64-89, 2007. Hershey: Idea Group.

BIMBER, O.; RASKAR, R. **Spatial Augmented Reality Merging Real and Virtual Worlds**. Wellesley: A K Peters, 2005.

BOBANY, A. **Videogame Arte**. Teresópolis: Novas Idéias, 2008.

BROOKE, J. SUS: A quick and dirty usability scale. **Usability evaluation in industry**. p.189–194, 1996. London: Taylor & Francis.

BROTHER. AirScouter. Disponível em: <<http://www.brother.com/en/news/2010/airscouter/>>. .

BUTCHART, B. **Augmented Reality for Smartphones: A Guide for developers and content publishers**.

CAWOOD, S.; FIALA, M. **Augmented reality: a practical guide**. Raleigh/Dallas: Pragmatic Bookshelf, 2008.

CRAWFORD, C. **Chris Crawford on Game Design**. Indianapolis: New Riders, 2003.

CZIKSZENTMIHALYI, M. **Flow: The Psychology of Optimal Experience**. HarperCollins e-books, 1990.

CZIKSZENTMIHALYI, M. **A Descoberta do Fluxo**. Rio de Janeiro: Rocco, 1999.

FARBER, L. **Estatística aplicada**. 4th ed. São Paulo: Pearson, 2010.

GAGNÉ, R. M. **The conditions of learning and theory of instruction**. Holt, Rinehart and Winston, 1985.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1996.

GOOGLE. Google Sky Map. Disponível em: <<http://www.google.com/mobile/skymap/>>. Acesso em: 24/4/2011.

GOOGLE. Google Play. Disponível em: <<https://play.google.com/>>. Acesso em: 15/03/2012.

HENRYSSON, A.; OLLILA, M.; BILLINGHURST, M. Mobile Phone Based Augmented Reality. **Emerging technologies of augmented reality: interfaces and design**, 2007. Hershey: Idea Group.

HUIZINGA, J. **Homo Ludens: A Study of the Play-Element in Culture**. Routledge, 2003.

HUNICKE, R.; LEBLANC, M.; ZUBEK, R. MDA: A formal approach to game design and game research. Proceedings of the AAAI Workshop on Challenges in Game AI. **Anais...** p.04–04, 2004.

KATO, H.; BILLINGHURST, M. ARToolKit. .

KAUFMANN, H.; DÜNSER, A. Summary of usability evaluations of an educational augmented reality application. In: Randall Shumaker (Ed.); Proceedings of the 2nd international conference on Virtual Reality. **Anais of the 2nd international conference on Virtual Reality**. p.660-669, 2007. Beijing: Lecture Notes In Computer Science.

KIRNER, C.; TORI, R. Fundamentos de Realidade Aumentada. In: R. Tori; C. Kirner; R. Siscoutto (Eds.); **Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada**. p.22-38, 2006. Porto Alegre: SBC.

KIYOKAWA, K. An Introduction to Head Mounted Displays for Augmented Reality. **Emerging technologies of augmented reality: interfaces and design**. p.43-63, 2007. Hershey: Idea Group.

KLOPFER, E.; OSTERWEIL, S.; SALEN, K. Moving Learning Games Forward. Disponível em: <[http://education.mit.edu/papers/MovingLearningGamesForward\\_EdArcade.pdf](http://education.mit.edu/papers/MovingLearningGamesForward_EdArcade.pdf)>. Acesso em: 11/5/2010.

LEPETIT, V.; FUA, P. Monocular Model-Based 3D Tracking of Rigid Objects: A Survey. **Computer**, v. 1, n. 1, p. 1-89, 2005.

LIAROKAPIS, F. An exploration from virtual to augmented reality gaming. **Simulation & Gaming**, v. 37, n. 4, p. 507-533, 2006.

LUND, A. M. Measuring Usability with the USE Questionnaire. **Usability & User Experience**, v. 8, n. 2, 2001.

MACHADO, L. DOS S.; CARDOSO, A. Dispositivos de Entrada e Saída para Sistemas de Realidade Virtual. **Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada**. p.39-50, 2006. Porto Alegre: SBC.

MARCELLINO, N. C. **Lazer e educação**. Papirus Editora, 1987.

MARCONI, M. DE A.; LAKATOS, E. M. **Metodologia Científica**. São Paulo: Atlas, 2010.

MICHAEL, D. R.; CHEN, S. **Serious games: games that educate, train and inform**. Thomson Course Technology, 2006.

MICHAELIS. Moderno Dicionário Inglês. Disponível em: <<http://michaelis.uol.com.br/moderno/ingles/index.php?lingua=ingles-portugues&palavra=play>>. .

MILGRAM, P.; TAKEMURA, H.; UTSUMI, A.; KISHINO, F. Augmented reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. **SPIE 2351-34 (Proceedings of telemanipulator and telepresence technologies**, v. 2351, n. 34, p. 282–292, 1994. Citeseer.

MILTON, N. R. **Knowledge acquisition in practice: a step-by-step guide**. Springer, 2007.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros**. 2nd ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003.

NIELSEN, J. Finding usability problems through heuristic evaluation. Proceedings of the SIGCHI Conference on Human factors in computing systems. **Anais...** p.373-380, 1992. Monterey: ACM.

PIEKARSKI, W.; THOMAS, BRUCE. ARQuake: the outdoor augmented reality gaming system. **Communications of the ACM**, v. 45, n. 1, p. 36–38, 2002. ACM.

RAY-BAN. Ray-Ban Virtual Mirror. Disponível em: <<http://www.ray-ban.com/brazil/science/virtual-mirror>>. Acesso em: 22/11/2010.

SALEN, K.; ZIMMERMAN, E. **Rules of Play: Game Design Fundamentals**. Cambridge: MIT, 2004.

SUBMARINO. Realidade Aumentada Submarino. Disponível em: <[http://www.submarino.com.br/portal/galeria\\_motor\\_ra/](http://www.submarino.com.br/portal/galeria_motor_ra/)>. Acesso em: 5/11/2010.

THOMAS, BH. The future of augmented reality gaming. **Emerging technologies of augmented reality: interfaces and design**. p.367-383, 2007. Hershey: Idea Group.

TORI, R.; KIRNER, C.; SISCOOTTO, R. **Fundamentos e tecnologia de realidade virtual e aumentada**. Porto Alegre: SBC, 2006.

TULLIS, T.; ALBERT, B. **Measuring the user experience: Collecting, Analyzing, and Presenting Usability Metrics**. Burlington, 2008.

TULLIS, THOMAS; ALBERT, W. **Measuring the user experience: collecting, analyzing, and presenting usability metrics**. Burlington: Morgan Kaufmann, 2008.

WATTERSON, B. Calvin and Hobbes, April 08, 1988. Disponível em <<http://www.gocomics.com/calvinandhobbes/1993/02/19>>. Acesso em: 07/03/2012.

WATTERSON, B. Calvin and Hobbes, February 19, 1993. Disponível em <<http://www.gocomics.com/calvinandhobbes/1993/02/19>>. Acesso em: 07/03/2012.

XBOX. Kinect Dressing Room. Disponível em: <<http://123kinect.com/kinect-dressing-room/>>. Acesso em: 12/4/2011.

ZUGARA. Fashionista. Disponível em: <<http://www.zugara.com/projects/fashionista>>. Acesso em: 12/4/2011.

## APÊNDICE 1. QUESTIONÁRIO PARA AVALIAÇÃO PÓS-TAREFA

Preenchimento destes dados pelo pesquisador						
Nº	G1	G2	G3	G4	I1	I2
<p>Como foi a experiência de utilizar o aspirador de pó?                      Responda as questões abaixo assinalando um ponto entre “discordo totalmente” e “concordo totalmente”</p>						
					Discordo totalmente	Concordo totalmente
Consigo utilizar esse aspirador de pó sem fazer esforço	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tive dificuldades em lembrar como utilizar esse aspirador de pó	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Estou satisfeito com esse aspirador de pó	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Não é fácil utilizar esse aspirador de pó	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aprendi rapidamente a utilizar esse aspirador de pó	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Eu não recomendaria esse aspirador de pó para um amigo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Consigo utilizar esse aspirador de pó com sucesso sempre que tentar	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
É difícil aprender a utilizar esse aspirador de pó	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
É divertido utilizar esse aspirador de pó	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Não é simples utilizar esse aspirador de pó	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Eu rapidamente me tornei habilidoso na utilização desse aspirador de pó	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Não é prazeroso utilizar esse aspirador de pó	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Figura 48: Questionário para avaliação pós-tarefa das métricas *learnability*, facilidade de uso e satisfação



## APÊNDICE 2. QUESTIONÁRIO PARA AVALIAÇÃO DO JOGO SÉRIO EM RA

Preenchimento destes dados pelo pesquisador																										
Nº	G1	G2	G3	G4	I1	I2																				
<p>Como foi o processo de aprender a utilizar o aspirador de pó? Assinale todas as opções com as quais você concorda.</p> <table><tbody><tr><td><input type="radio"/> Interessante</td><td><input type="radio"/> Instruções pouco claras</td></tr><tr><td><input type="radio"/> Não usaria com outros produtos</td><td><input type="radio"/> Infantil</td></tr><tr><td><input type="radio"/> Atual</td><td><input type="radio"/> Rápido</td></tr><tr><td><input type="radio"/> Divertido</td><td><input type="radio"/> Prefiro aprender das maneiras tradicionais</td></tr><tr><td><input type="radio"/> Demorado</td><td><input type="radio"/> Não serve para mim</td></tr><tr><td><input type="radio"/> Instruções claras</td><td><input type="radio"/> Não ajuda a aprender</td></tr><tr><td><input type="radio"/> Serve para mim</td><td><input type="radio"/> Usaria com outros produtos</td></tr><tr><td><input type="radio"/> Chato</td><td><input type="radio"/> Serve para qualquer idade</td></tr><tr><td><input type="radio"/> Ajuda a aprender</td><td><input type="radio"/> Futurista</td></tr><tr><td><input type="radio"/> Pouco interessante</td><td><input type="radio"/> Prefiro aprender dessa maneira</td></tr></tbody></table> <p>Algum comentário positivo?</p> <hr/> <hr/> <hr/> <p>Algum comentário negativo?</p> <hr/> <hr/> <hr/>							<input type="radio"/> Interessante	<input type="radio"/> Instruções pouco claras	<input type="radio"/> Não usaria com outros produtos	<input type="radio"/> Infantil	<input type="radio"/> Atual	<input type="radio"/> Rápido	<input type="radio"/> Divertido	<input type="radio"/> Prefiro aprender das maneiras tradicionais	<input type="radio"/> Demorado	<input type="radio"/> Não serve para mim	<input type="radio"/> Instruções claras	<input type="radio"/> Não ajuda a aprender	<input type="radio"/> Serve para mim	<input type="radio"/> Usaria com outros produtos	<input type="radio"/> Chato	<input type="radio"/> Serve para qualquer idade	<input type="radio"/> Ajuda a aprender	<input type="radio"/> Futurista	<input type="radio"/> Pouco interessante	<input type="radio"/> Prefiro aprender dessa maneira
<input type="radio"/> Interessante	<input type="radio"/> Instruções pouco claras																									
<input type="radio"/> Não usaria com outros produtos	<input type="radio"/> Infantil																									
<input type="radio"/> Atual	<input type="radio"/> Rápido																									
<input type="radio"/> Divertido	<input type="radio"/> Prefiro aprender das maneiras tradicionais																									
<input type="radio"/> Demorado	<input type="radio"/> Não serve para mim																									
<input type="radio"/> Instruções claras	<input type="radio"/> Não ajuda a aprender																									
<input type="radio"/> Serve para mim	<input type="radio"/> Usaria com outros produtos																									
<input type="radio"/> Chato	<input type="radio"/> Serve para qualquer idade																									
<input type="radio"/> Ajuda a aprender	<input type="radio"/> Futurista																									
<input type="radio"/> Pouco interessante	<input type="radio"/> Prefiro aprender dessa maneira																									

Figura 49: Questionário para avaliação do processo de aprendizagem por jogo sério em RA

### APÊNDICE 3. ESQUEMA DO JOGO SÉRIO EM RA

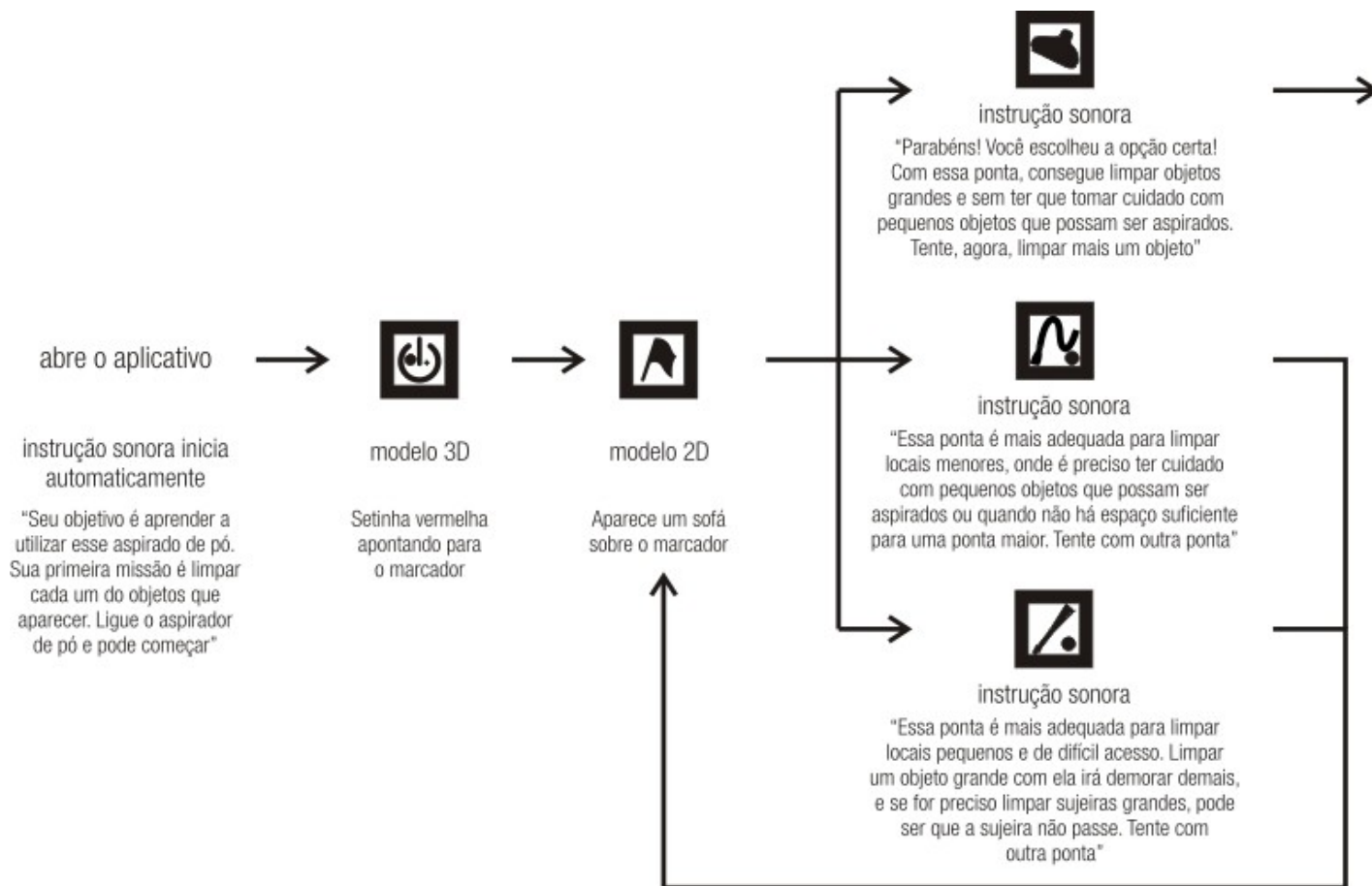


Figura 50: Esquema do jogo sério em RA (parte 1)

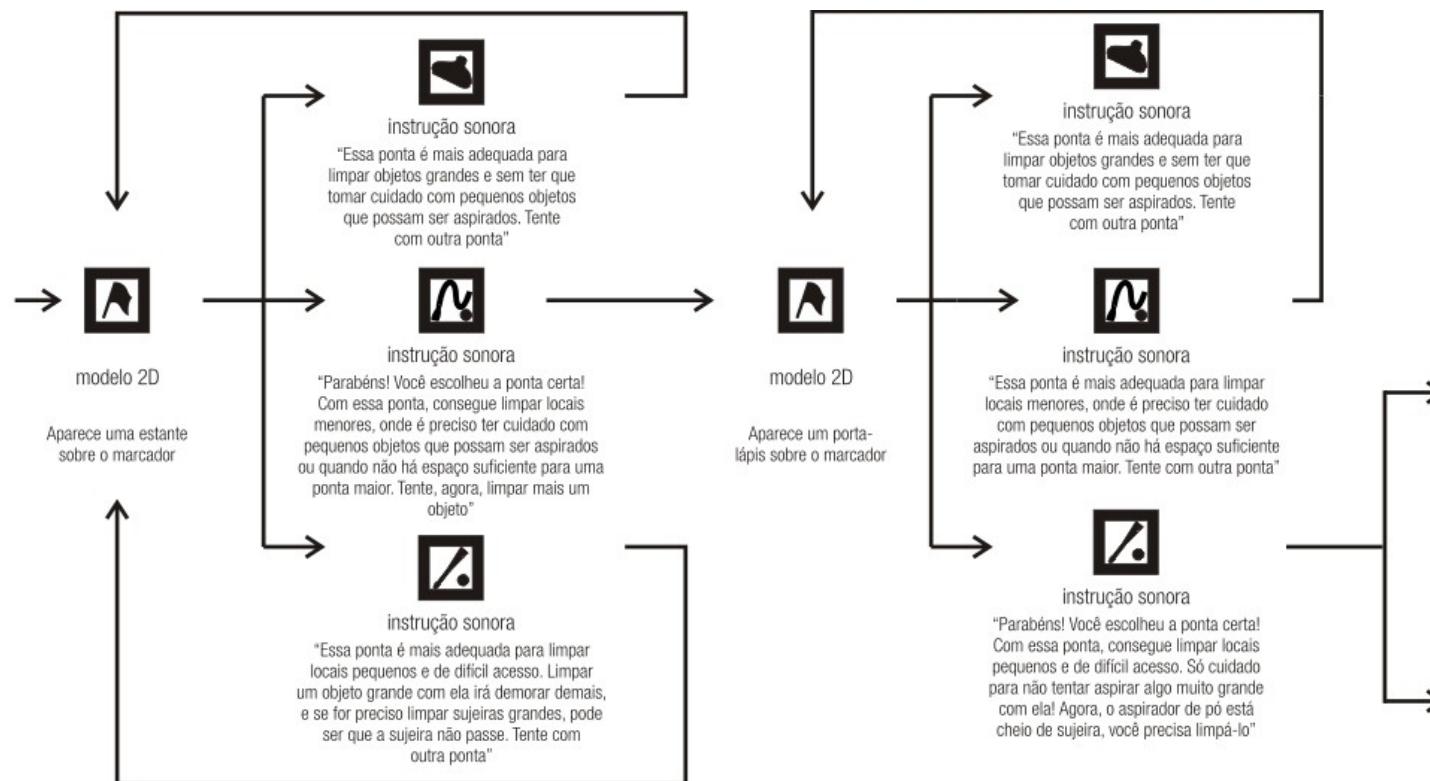


Figura 51: Esquema do jogo sério em RA (parte 2)

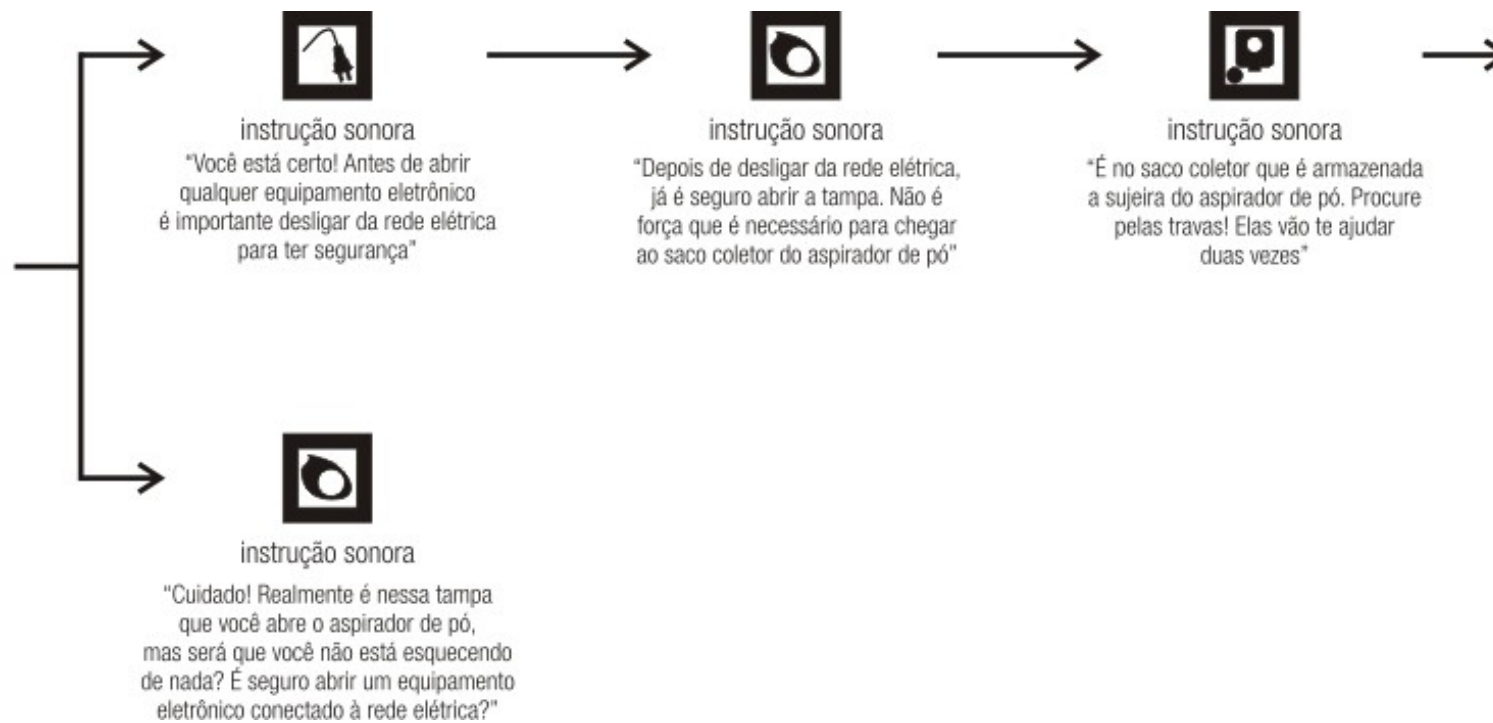


Figura 52: Esquema do jogo sério em RA (parte 3)

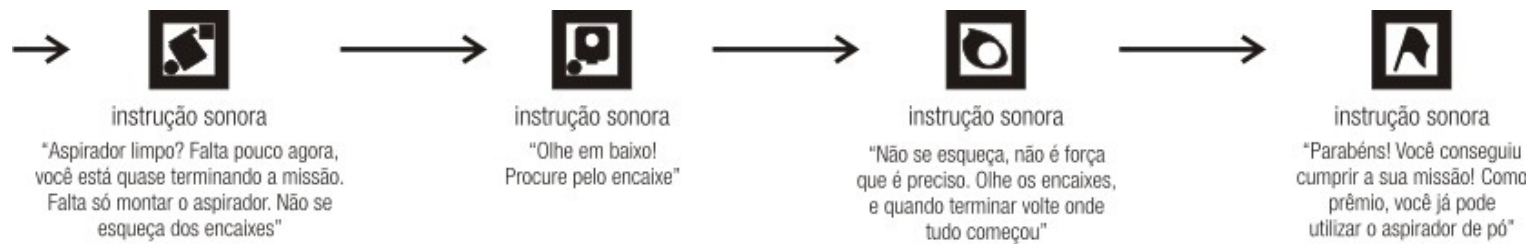










Figura 53: Esquema do jogo sério em RA (parte 4)

## APÊNDICE 4. MICRO-TAREFAS REALIZADAS

Tabela 6: Micro-tarefas realizadas

Macro-tarefa	Micro-tarefa	Imagem
Aspirar	Ligar o aspirador	
	Sugar as bolinhas	
Esvaziar	Desligar o aspirador	
	Tirar a tampa	

	Tirar o saco coletor	
	Tirar as bolinhas	
Montar	Encaixar o saco coletor	
	Encaixar a tampa	

## APÊNDICE 5. ERROS COMETIDOS DURANTE OS TESTES

Tabela 7: Tipos de erros cometidos pelos quatro grupos

Não desligar da tomada	26
Sugar uma bolinha amarela	17
Não remover a trava para limpeza	15
Inverter a posição do saco coletor	15
Não limpar todas as bolinhas azuis	13
Utilizar uma ponta pequena para tentar sugar bolinhas grandes	9
Utilizar uma ponta grande quando há bolinhas amarelas perto	7
Forçar a parte lateral ao utilizar a ponta grande ou a média pela frente	4
Apertar ao invés de tentar encaixar	4
Tentar remover toda a trava do saco coletor	3
Colocar saco coletor na posição correta, mas sem encaixar em baixo	3
Inverter a posição da tampa	3
Tentar abrir puxando o encaixe da alça para carregar o aparelho	2
Tirar a partir da trava de limpeza	2
Utilizar pontas extras para puxar a sujeira manualmente	1
Tentar utilizar a ponta grande para limpar a parte de baixo	1
Desencaixar ponta durante uso (desencaixe não intencional)	1
Tentar encaixar ponta na posição inversa	1
Tentar desencaixar parte final da ponta média	1
Remover o filtro tentando acessar o saco coletor	1
Tentar abrir apertando o botão de ligar o aparelho	1
Colocar a entrada do saco coletor voltada para cima	1
Colocar a entrada do saco coletor voltada para baixo	1
Tentar encaixar a tampa no encaixe do saco coletor	1

Tabela 8: Tipos de erros cometidos pelo grupo que aprendeu por manipulação direta

Não desligar da tomada	9
Inverter a posição do saco coletor	8
Não remover a trava para limpeza	6
Sugar uma bolinha amarela	4
Forçar a parte lateral ao utilizar a ponta grande ou a média pela frente	3
Utilizar uma ponta pequena para tentar sugar bolinhas grandes	3
Não limpar todas as bolinhas azuis	2
Tirar a partir da trava de limpeza	2
Inverter a posição da tampa	2
Apertar ao invés de tentar encaixar	2
Utilizar uma ponta grande quando há bolinhas amarelas perto	1
Tentar remover toda a trava do saco coletor	1
Colocar saco coletor na posição correta, mas sem encaixar em baixo	1
Tentar encaixar a tampa no encaixe do saco coletor	1



Tabela 9: Tipos de erros cometidos pelo grupo que aprendeu por manual de instruções

Não remover a trava para limpeza	9
Não desligar da tomada	8
Inverter a posição do saco coletor	5
Sugar uma bolinha amarela	4
Tentar remover toda a trava do saco coletor	2
Forçar a parte lateral ao utilizar a ponta grande ou a média pela frente	1
Utilizar uma ponta pequena para tentar sugar bolinhas grandes	1
Utilizar uma ponta grande quando há bolinhas amarelas perto	1
Não limpar todas as bolinhas azuis	1
Utilizar pontas extras para puxar a sujeira manualmente	1
Tentar abrir puxando o encaixe da alça para carregar o aparelho	1
Remover o filtro tentando acessar o saco coletor	1
Colocar saco coletor na posição correta, mas sem encaixar em baixo	1
Colocar a entrada do saco coletor voltada para cima	1
Inverter a posição da tampa	1
Apertar ao invés de tentar encaixar	1

Tabela 10: Tipos de erros cometidos pelo grupo que aprendeu por vídeo

Não desligar da tomada	9
Não limpar todas as bolinhas azuis	6
Utilizar uma ponta grande quando há bolinhas amarelas perto	5
Sugar uma bolinha amarela	5
Utilizar uma ponta pequena para tentar sugar bolinhas grandes	4
Inverter a posição do saco coletor	2
Tentar utilizar a ponta grande para limpar a parte de baixo	1
Tentar abrir puxando o encaixe da alça para carregar o aparelho	1
Tentar abrir apertando o botão de ligar o aparelho	1
Colocar saco coletor na posição correta, mas sem encaixar em baixo	1
Colocar a entrada do saco coletor voltada para baixo	1
Apertar ao invés de tentar encaixar	1

Tabela 11: Tipos de erros cometidos pelo grupo que aprendeu por realidade aumentada

Sugar uma bolinha amarela	6
Forçar a parte lateral ao utilizar a ponta grande ou a média pela frente	2
Utilizar uma ponta pequena para tentar sugar bolinhas grandes	2
Não limpar todas as bolinhas azuis	2
Utilizar uma ponta grande quando há bolinhas amarelas perto	1