

**LUCKAS FRIGO FURTADO**

**REALIDADE AUMENTADA APLICADA AO ENSINO DE XADREZ  
PARA CRIANÇAS DO ENSINO FUNDAMENTAL**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-graduação em Design, do Centro de Artes, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Design

Orientador: Prof. Dr. Milton José Cinelli

**FLORIANÓPOLIS, SC  
2016**

F992r Furtado, Luckas Frigo  
Realidade aumentada aplicada ao ensino de  
xadrez para crianças do ensino fundamental /  
Luckas Frigo Furtado. - 2016.

129 p. il. color. ; 21 cm

Orientador: Milton José Cinelli.

Bibliografia: p. 99-105

Dissertação (Mestrado) - Universidade do  
Estado de Santa Catarina, Centro de Artes,  
Programa de Pós-Graduação em Design,  
Florianópolis, 2016.

1. Xadrez. 2. Realidade aumentada. 3.  
Sistemas inteligentes. I. Cinelli, Milton  
José. II. Universidade do Estado de Santa  
Catarina. Programa de Pós-Graduação em Design.  
III. Título.

CDD: 794.1 - 20.ed.

**LUCKAS FRIGO FURTADO**

**REALIDADE AUMENTADA APLICADA AO ENSINO DE XADREZ  
PARA CRIANÇAS DO ENSINO FUNDAMENTAL**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-graduação em Design,  
do Centro de Artes, da Universidade do Estado de Santa Catarina,  
como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Design

**BANCA EXAMINADORA:**

Orientador: \_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Milton José Cinelli  
Universidade do Estado de Santa Catarina

Membro: \_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Marcelo Gitirana Gomes Ferreira  
Universidade do Estado de Santa Catarina

Membro: \_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Eugenio Andrés Díaz Merino  
Universidade Federal de Santa Catarina

**FLORIANÓPOLIS, 29/09/2016**



## **AGRADECIMENTOS**

Aproveito esse pequeno espaço para agradecer às pessoas que me são importantes e que, de alguma forma, contribuíram para que a entrega desse trabalho fosse possível.

Agradeço aos professores do Programa de Pós-Graduação em Design da UDESC, sem os quais essa caminhada não teria sido possível, em especial ao meu orientador, Prof. Milton Cinelli, que soube direcionar meus esforços, sendo compreensivo nos momentos precisos e rigoroso nos momentos devidos.

Agradeço à minha mãe, sem a qual eu nunca teria chego à esta etapa da vida, e aos meus irmãos, pelo amor e companheirismo em todos os momentos. Agradeço também aos colegas de trabalho da mobLee, que além de companheiros foram essenciais na reta final desse trabalho, revisando, criticando e sugerindo.

Por fim, agradeço à pessoa mais importante da minha vida, minha esposa e melhor amiga, Manuela, por suportar minhas ausências e falta de humor, e mesmo assim estar presente em todos os momentos, dando seu apoio e não deixando que eu abrisse mão dos meus objetivos.

A todos vocês, meu muito obrigado.



## RESUMO

FURTADO, Luckas F. **Realidade Aumentada Aplicada ao Ensino de Xadrez para Crianças de Ensino Fundamental**. 2016. 129 fls. Dissertação (Mestrado em Design) – Centro de Artes. Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Design, Florianópolis, 2016.

O xadrez é um jogo que estimula o desenvolvimento de habilidades cognitivas e expertises em diversas áreas do conhecimento e, por esse motivo, existem iniciativas de inseri-lo nas escolas. A falta de instrutores qualificados, no entanto, ainda é uma grande barreira, como aponta Aguiar (2007). Para suprir essa carência, Aguiar (2007) sugere o uso de Sistemas Tutores Inteligentes (STI). Nesse contexto a Realidade Aumentada (RA) se apresenta como uma possibilidade tecnológica para o desenvolvimento desse tipo de sistema, já que, por se utilizar de interações mistas, que combinam interfaces virtuais com a manipulação de objetos físicos, possui o potencial de fixação da memória através das ações motoras, de acordo com Bujack et al. (2013). Tendo isso em vista, o presente trabalho propõe-se a verificar a eficácia do uso da RA no processo de ensino de xadrez. Para tal, foi necessário elucidar o estado da arte no ensino do xadrez, compreendendo os métodos, técnicas e tecnologias aplicados, bem como o contexto em que são utilizados. Uma vez identificados os métodos existentes, foi possível propor um método próprio para o ensino de xadrez utilizando RA, de modo a se tornar uma alternativa ao processo de ensino tradicional. Para atestar a eficácia da RA como ferramenta de ensino de xadrez foi desenvolvido

um protótipo funcional de um STI utilizando RA, baseado no método proposto, na qual o aluno é apresentado às peças, seu posicionamento e movimentação. Utilizando o protótipo foram realizados testes com 8 alunos do 4º e 5º anos do ensino fundamental da Escola de Educação Básica Rosinha Campos, localizada em Florianópolis, SC. Com base nos resultados coletados foi possível concluir que os alunos conseguiram aprender utilizando RA. No entanto, devido à pequena amostra utilizada, não é possível tomar esses resultados como definitivos. A partir da observação das interações dos alunos com a nova tecnologia foi possível perceber que os mesmos se adaptaram rapidamente ao uso do protótipo sem necessidade de treinamento no uso da plataforma e, portanto, com foco no conteúdo ensinado.

**Palavra-chave:** realidade aumentada, interações mistas, xadrez, ensino, sistema tutor inteligente.

## ABSTRACT

FURTADO, Luckas F. **Augmented Reality Applied to the Teaching of Chess for Children of Primary School.** 2016. 129 pages. Thesis (Master of Design) – Arts Center. University of the State of Santa Catarina. Graduate Program in Design, Florianópolis, 2016.

Chess is a game that stimulates the development of cognitive skills and expertises in several areas of knowledge and, for this reason, there are initiatives to insert it in schools. The lack of qualified instructors, however, is still a major barrier, as pointed out by Aguiar (2007). To fill this gap, Aguiar (2007) suggests the use of Intelligent Tutoring Systems (ITS). In this context, Augmented Reality (AR) presents itself as a technological possibility for the development of this kind of system, since by using mixed interactions that combine virtual interfaces with the manipulation of physical objects, it has the potential of memory fixation through motor actions, According to Bujack et al. (2013). With that in view, this study proposes to examine the effectiveness of the use of AR in chess teaching process. To achieve this, it was required to elucidate the state of art in chess teaching, understanding the methods, techniques and technologies currently in use, as well as the context in which they are used. Once the existing methods were identified, it was possible to propose a proper method for the teaching of chess using AR, in order to become an alternative to the traditional teaching process. In order to attest to the effectiveness of AR as a teaching tool for chess, a functional prototype of an ITS using AR was developed, based on the proposed method, in which the student is presented to the pieces, their

positioning and movements. Using this prototype, field tests were conducted with 8 students from the 4th and 5th grade of Primary School from Escola de Educação Básica Rosinha Campos, located in Florianópolis, SC. Based on the collected results, it was possible to conclude that the students were able to learn using RA. However, due to the small sample used, it is not possible to take these results as definitive. From the observation of the students' interactions with the new technology, it was possible to perceive that they adapted quickly to the use of the prototype without the need of training in the use of the platform and, therefore, focusing on the content taught.

**Keywords:** augmented reality, mixed interactions, chess, teaching, intelligent tutor system.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 – Primeiro HMD documentado, composto por pequenos CRTs. ....28
- Figura 2 – Representação simplificada do Continuum da Virtualidade. ....29
- Figura 3 – Exemplos de marcadores fiduciais utilizados pela biblioteca ARToolkit.....30
- Figura 4 – Diferentes marcadores fiduciais utilizados em RA. ....31
- Figura 5 – Acima o GoogleGlass, dispositivo de RA fabricado pela Google, e abaixo o Microsoft HoloLens anunciado pela Microsoft em 2015 e ainda em fase de desenvolvimento.....33
- Figura 6 – Processo de montagem do Google Cardboard, uma estrutura de papelão que permite utilizar um smartphone como um óculos de RV/RA. ...34
- Figura 7 – Gear VR, uma alternativa mais robusta do Google Cardboard, produzida pela Samsung. 35
- Figura 8 – Modelo de aceitação de interface. ....37
- Figura 9 – Interface visualizada pelo usuário na montagem de uma peça auxiliada por RA. ....38
- Figura 10 – Interface para registro de unidades instrucionais do software XadrEx. ....48
- Figura 11 – Uma lição dentro do ambiente de ensino XadrEx.....48
- Figura 12 – À esquerda o HMD montado e ajustado ao rosto de um usuário. À direita o suporte e o smartphone separados.....54
- Figura 13 – Esquema de funcionamento do protótipo. HMD (1) fornece as instruções ao usuário e as projeta sobre o tabuleiro (2). Através da rede

wi-fi (3) o computador (4) transmite as informações de posicionamento da peça.....	57
Figura 14 – Versão final do tabuleiro, composto por <i>NyID Markers</i> . .....	58
Figura 15 - Primeira versão da interface, durante a tarefa de reconhecimento da peça. ....	60
Figura 16 – Interface da tarefa de reconhecimento do peão após a inclusão da moldura de segurança.....	61
Figura 17 – Imagem do peão, apresentada como referência para a tarefa de reconhecimento. ....	61
Figura 18 – Uma das telas de feedback, utilizando uma expressão sorridente para reforçar o feedback positivo. ....	62
Figura 19 – Referências de posicionamento projetadas virtualmente sobre o tabuleiro, de acordo com as instruções. Acima o sistema mostra todas as possibilidades de casa para o peão e abaixo indica a casa utilizada como exemplo para a tarefa. ....	63
Figura 20 – Ambiente de coleta montado na escola EEB Rosinha Campos .....	66
Figura 21 – Aluno aguardando a primeira instrução do protótipo. ....	68
Figura 22 – Aluna apresentando o rei para a câmera durante a tarefa de reconhecimento da peça..	68
Figura 23 – Aluno realizando teste de posicionamento com todas as peças. ....	69
Figura 24 – Aluno contando as casas enquanto executa o movimento do cavalo de acordo com as instruções do protótipo. ....	91
Figura 25 – Aluna sentada em posição recuada para visualizar todo o tabuleiro.....	92

Figura 26 – Acertos simples iniciais e a curto prazo. ....	75
Figura 27 – Acertos completos iniciais e a curto prazo. ....	77
Figura 28 – Acertos simples iniciais e a longo prazo. ....	77
Figura 29 – Acertos completos iniciais e a longo prazo. ....	78
Figura 30 – Gráfico com a média de percentual de acertos simples distribuídos por etapas.....	79
Figura 31 – Gráfico com a média de percentual de acertos simples distribuídos por etapas.....	79
Figura 32 – Acertos completos de movimentação iniciais e a longo prazo.....	82
Figura 33 – Acertos completos de posicionamento iniciais e a longo prazo.....	83
Figura 34 – Acertos de posicionamento iniciais e com todas peças.....	85



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Unidades de acordo com o método de cartilhas. .....	43
Tabela 2 – Unidades de acordo com o método progressivo. .....	44
Tabela 3 – Adição progressiva das peças ao jogo Batalha dos Peões. ....	45
Tabela 4 – Sugestões de jogos pré-enxadrísticos a serem aplicados antes do ensino formal do xadrez. ...	46
Tabela 5 – IDEB observado da Escola de Educação Básica Rosinha Campos em comparação às metas projetadas.....	71
Tabela 6 – IDEB médio observado nos anos iniciais do Ensino Fundamental, em comparação às metas projetadas.....	71
Tabela 7 – Percentuais de acerto simples por aluno. ....	74
Tabela 8 – Percentuais de acerto completo por aluno.....	75
Tabela 9 – Percentuais de acerto completo iniciais e a longo prazo relativos aos testes de posicionamento. ....	81
Tabela 10 –Percentuais de acerto completo iniciais e a longo prazo relativos aos testes de movimentação. ....	81
Tabela 11 –Percentuais de acerto de posicionamento incluindo teste com todas as peças. ....	84



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>19</b>
1.1	JUSTIFICATIVA.....	22
1.2	CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA .....	23
1.4	OBJETIVOS.....	24
<b>1.4.1</b>	<b>Objetivo geral</b> .....	<b>24</b>
<b>1.4.2</b>	<b>Objetivos específicos</b> .....	<b>24</b>
1.5	METODOLOGIA .....	26
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>27</b>
2.1	REALIDADE AUMENTADA.....	27
<b>2.1.1</b>	<b>Aplicações da RA</b> .....	<b>35</b>
<b>2.1.2</b>	<b>Aplicações da RA no ensino</b> .....	<b>36</b>
2.2	XADREZ .....	41
<b>2.2.1</b>	<b>Métodos de ensino</b> .....	<b>42</b>
2.2.1.1	Método de cartilhas .....	43
2.2.1.2	Método progressivo .....	44
2.2.1.3	Jogos pré-enxadrísticos.....	46
2.2.1.4	Ferramentas computacionais .....	47
<b>3</b>	<b>DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO</b> .....	<b>50</b>
3.1	DESCRIÇÃO DO MÉTODO .....	50
3.2	DEFINIÇÃO TÉCNICA DO HARDWARE .....	52
3.3	DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE .....	55
<b>3.3.1</b>	<b>Definições da interface</b> .....	<b>59</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Sistema tutor inteligente</b> .....	<b>64</b>
<b>4</b>	<b>COLETA E ANÁLISE DE DADOS</b> .....	<b>65</b>
4.1	METODOLOGIA.....	65

4.2	ATITUDE DOS ALUNOS EM RELAÇÃO AO USO E PROBLEMAS PERCEBIDOS.....	70
4.3	TRATAMENTO E ANÁLISE DE DADOS.....	70
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>95</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>99</b>
	<b>APÊNDICE A – PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE.....</b>	<b>106</b>

# 1 INTRODUÇÃO

A Realidade Aumentada (RA) é uma tecnologia que utiliza estímulos sensoriais – em geral visuais – gerados virtualmente em sobreposição a estímulos do mundo real de maneira a fornecer para o usuário informações complementares às recebidas por ele de maneira natural através dos seus sentidos. A RA, de acordo com Milgram & Kishino (1994) não busca a total imersão do usuário em um ambiente completamente digital, como da Realidade Virtual (RV), e sim a inserção de informações complementares contextuais.

Apesar de haver pesquisas em RA há quase 50 anos, a tecnologia ganhou visibilidade do público geral em 2009, quando foi disponibilizada para navegadores *web* através do Adobe Flash (ARToolkit, 2015). Seguido a esse advento, a tecnologia recebeu atenção da indústria com o desenvolvimento de hardware de uso cotidiano específico para esse fim. De acordo com o relatório anual de mercado da AugmentedReality.org (2015), em 2015 foram colocados à venda pelo menos 19 modelos de *smart glasses* – ou óculos inteligentes – e anunciados outros 11 em desenvolvimento por diferentes empresas do mercado de tecnologia, entre elas Microsoft, Sony e Epson, todas referências mundiais.

Além desses, vale destacar o lançamento, em 2014 do Google Cardboard<sup>1</sup>, um óculos de RV/RA feito de papelão e que utiliza um celular com sistema operacional Android como processador, demonstrando que é possível desenvolver hardware a baixo custo para esse fim.

Ao se analisar o estado da arte da RA, é possível perceber que ela tem evoluído rapidamente para que esta

---

<sup>1</sup> Disponível em: <<https://developers.google.com/cardboard/>>. Acesso em: 01 dez. 2014.

esteja disponível no mercado nos próximos anos, tanto em termos de software de reconhecimento, quanto em termos de hardware. Ainda de acordo com o relatório anual da AugmentedReality.org (2015), estima-se que até 2018 sejam vendidos em torno de 50 a 100 milhões de *smart glasses*.

Já em termos de software podemos não apenas citar trabalhos acadêmicos, como os da pesquisadora brasileira Marina Okawa (Unicamp) e do francês Antoine Petit (Universitté de Rennes), que exploram o reconhecimento e rastreabilidade de objetos em 3 dimensões a partir de imagens em duas dimensões de maneira robusta, como também as bibliotecas de código aberto que possibilitam o rastreamento de imagens, como ARToolkit<sup>2</sup> e Vuforia<sup>3</sup>.

Há alguns anos, as empresas Apple e Google disponibilizaram kits de desenvolvimento abertos para que programadores pudessem criar suas próprias aplicações. O objetivo dessa ação foi possibilitar a popularização dos smartphones como vemos atualmente. Em réplica a isso, algumas desenvolvedoras de hardware como Qualcomm (Vuforia, 2015) e Daqri (ARToolkit, 2015) hoje disponibilizam bibliotecas de rastreamento de imagem como meio de criar um ecossistema de aplicações voltadas ao mercado de realidade aumentada.

Apesar desse tipo de tecnologia não estar completamente maduro, as tendências de mercado mostram que em poucos anos a RA se estabelecerá na rotina das pessoas tanto ou mais do que os *smatphones* são atualmente.

Por ser uma tecnologia que permite fornecer informações contextuais em tempo real, a RA possui

---

<sup>2</sup> Disponível em: <<https://artoolkit.org/>>. Acesso em: 26 nov. 2015.

<sup>3</sup> Disponível em: <<https://developer.vuforia.com/>>. Acesso em: 31 nov. 2015.

potencial para a indústria no sentido de possibilitar treinamento de processos em tempo de execução. Isso significa dizer que ela permite que o usuário execute uma tarefa passo-a-passo, guiado por software, sem necessariamente ter tido contato anterior com a tarefa em questão.

Ao se analisar as possibilidades de aplicações, é possível apontar diversas, desde entretenimento a aplicações na indústria civil. No entanto, no contexto de treinamento de processos, as que mais se evidenciam são as relacionadas à montagem e manutenção de máquinas, que, em geral, envolvem sequências de tarefas bastante lineares. É possível encontrar vídeos de empresas de renome como Epson<sup>4</sup> e BMW<sup>5</sup> com demonstrações de aplicação de RA na indústria.

Da mesma maneira, suas aplicações no ensino são muitas. Desde a simples visualização de informações históricas acerca de peças de arte (Di Serio, Ibáñez & Kloos, 2013) à manipulação de modelos atômicos (Cai, Wang & Chiang, 2014) e até mesmo simulações de reações químicas sem a necessidade de expor o aluno a qualquer risco (Wojciechowski & Cellary, 2013).

Nesse contexto, onde a implementação da RA já não possui barreiras de aplicação, tecnologia e custos, sua viabilidade deixa de ser um problema a ser analisado do ponto de vista acadêmico. Surge, porém, um questionamento: quão eficaz é a RA aplicada ao processo de ensino?

---

<sup>4</sup> Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=eVV5tUmky6c>>. Acesso em: 30 nov. 2014.

<sup>5</sup> Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=P9KPJIA5yds>>. Acesso em: 30 nov. 2014.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

A princípio a eficácia da RA aplicada ao ensino parece ser um problema bastante pertinente a ser explorado do ponto de vista dos fatores humanos. Ao realizar uma pesquisa bibliográfica preliminar, percebeu-se que já existem trabalhos recentes na área que o abordam, reiterando sua pertinência.

Henderson & Feiner (2009 e 2011) conseguiram demonstrar que, para tarefas procedurais, a RA auxilia tanto o processo de identificação dos componentes quanto de execução da tarefa. Isso torna o processo como um todo mais eficiente e reduz a fadiga dos usuários. O estudo foi realizado com militares com diferentes níveis de experiência, responsáveis pela manutenção de equipamentos. A maior reclamação percebida em relação à RA, foi o fato do equipamento ser muito grande e por isso atrapalhar. Esse é, no entanto, um problema de tecnologia que tende a desaparecer com a diminuição dos dispositivos físicos.

Um estudo ainda mais recente, realizado em 2013 por Bujack et al., demonstra que ambientes de RA reduzem a sobrecarga cognitiva em relação ao aprendizado utilizando computadores. Além disso, os autores também defendem que ambientes de realidade aumentada que se valem de interações com objetos físicos, possuem o potencial de fixação da memória através das ações motoras. Ou seja, do ponto de vista do aprendizado, a RA tende a ser mais eficaz que o aprendizado virtual convencional, principalmente quando de fato se mistura com o ambiente físico.

Nesse contexto, os resultados positivos de Henderson & Feiner (2009 e 2011) no contexto militar, além das constatações de Bujack et al. (2013) de que a RA possui

potencial de auxílio no processo de aprendizagem, e das aplicações de RA em sala de aula por Cuendet, S. et al. (2013), demonstram que, através da interação do aluno com objetos virtuais e físicos, é possível criar um ambiente de aprendizagem mais eficaz.

## 1.2 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

O xadrez é uma tarefa que parte de movimentos procedurais simples, que em conjunto criam um jogo extremamente complexo e rico, no qual a paciência, a concentração, o raciocínio lógico e o processo de tomada de decisão são fatores fundamentais para a vitória. Além desses aspectos, que são de certa forma subjetivos, alguns estudos, apresentados na seção 2.2 desse trabalho, demonstram que a prática do xadrez produz melhoras significativas nas notas dos alunos, além de aumentar sua auto-confiança.

No entanto, aprender xadrez é uma tarefa que necessita da presença de alguém que ensine e estimule o aluno a evoluir, exigindo dedicação não apenas por parte de quem aprende, mas também de quem ensina.

Iniciativas mais avançadas como a de universalizar o ensino de Xadrez nas escolas esbarram em dificuldades como, por exemplo, a escassez de professores de Xadrez. (AGUIAR, 2014)

Em uma turma de mais de 30 alunos – cenário comum na realidade de ensino brasileira – é muito difícil que um único professor consiga angariar o interesse de todos, ficando o ensino como um todo prejudicado e restringindo a prática a um pequeno grupo que demonstra maior interesse. Ao utilizar uma tecnologia de ensino como a RA, é possível prender a atenção de cada aluno, como demonstrado por Wojciechowski & Cellary (2013). Isso aumenta as chances de inclusão em situações em que o

número de alunos por professor excede o ideal, ou até mesmo em situações externas ao ambiente escolar.

Dado esse contexto, o xadrez foi eleito objeto de estudo da presente pesquisa.

Dessa forma, o questionamento que se faz é o seguinte: é possível, através da interação mista entre virtual e real, proporcionada pelo uso da RA combinada à manipulação natural de objetos físicos – nesse caso as peças do jogo de xadrez – proporcionar o aprendizado das regras básicas do jogo de xadrez?

A hipótese dessa pesquisa é de que a utilização de RA, em conjunto com a manipulação das peças físicas, é eficaz no ensino das regras de xadrez.

## 1.4 OBJETIVOS

### 1.4.1 Objetivo geral

Verificar se o uso da RA é eficaz no processo de ensino do xadrez para alunos do ensino fundamental.

### 1.4.2 Objetivos específicos

- Descrever os principais métodos de ensino do xadrez utilizados;
- Desenvolver um protótipo funcional para o ensino básico do xadrez utilizando RA;
- Avaliar a eficácia do uso da RA no ensino do xadrez em termos de absorção das regras básicas do jogo;
- Analisar a interação dos alunos com a RA durante o processo de aprendizado;
- Recomendar parâmetros para o desenvolvimento de dispositivos de RA para o ensino de xadrez.

## 1.5 METODOLOGIA

O presente estudo foi desenvolvido em 3 fases, que se refletem nos capítulos que serão apresentados.

Durante a primeira fase, foi realizado um levantamento bibliográfico com o intuito de coletar informações sobre o estado da arte da RA, suas aplicações no processo de ensino e as tecnologias disponíveis atualmente para sua aplicação. Da mesma forma foi realizado um levantamento dos métodos tradicionais do ensino de xadrez presentes na literatura. Essas informações são apresentadas no capítulo 2 desse trabalho, intitulado Fundamentação Teórica.

Durante a segunda fase, tendo como base as informações levantadas no capítulo 2, foi desenvolvido um método próprio para o ensino de xadrez utilizando RA. Utilizando hardware atualmente disponível, um protótipo funcional de software foi desenvolvido com o intuito de contemplar as instruções de reconhecimento de peças e movimentações básicas, através de sugestões virtuais aplicadas sobre as peças físicas, como definido no método. A descrição do método, bem como todo o processo de desenvolvimento do protótipo são descritos no capítulo 3, intitulado Desenvolvimento do Protótipo.

Durante a terceira fase, foram realizados alguns pré-testes para refinamento do protótipo, bem como os testes de campo com 8 crianças do 4º e 5º ano do ensino fundamental da Escola de Educação Básica Rosinha Campos, localizada em Florianópolis, SC. Essa fase é apresentada no capítulo 4, Coleta e Análise de Dados, que descreve em detalhes as atividades experimentais desenvolvidas com os alunos, bem como o processo de coleta de dados e o tratamento desses dados, culminando na discussão dos dados coletados.

Por fim, o capítulo 5, Conclusão, apresenta a síntese dos resultados encontrados e a partir desses sugere parâmetros para a utilização da RA no ensino de xadrez. Os problemas relatados ao longo dessa subseção tiveram como intuito principal servir de referência para o desenvolvimento futuro de outras aplicações de RA voltadas ao ensino.

## 1.6 DELIMITAÇÕES DA PESQUISA

Dada a disponibilidade de tempo necessário para a coleta dos dados, tendo como objetivo que todos os participantes fossem submetidos a cada etapa dentro de um mesmo período letivo, a amostra foi limitada a 8 alunos de uma mesma escola, localizada em Florianópolis, SC. A Escola de Educação Básica Rosinha Campos foi escolhida pela proximidade do pesquisador com alguns dos professores da instituição.

A amostra reduzida e suas características em relação à população, descritas de maneira mais detalhada na subseção 4.2 desse trabalho, fazem com que os resultados apresentados não possam ser encarados como definitivos. No entanto, servem como um direcionamento confiável no que diz respeito à eficácia do uso da RA no ensino, mais especificamente no ensino de xadrez.

Em virtude do tempo da pesquisa e das limitações técnicas, apresentadas na seção 3 desse trabalho, não foi possível desenvolver um protótipo com capacidade de ensinar todas as nuances da prática de xadrez previstas pelo método proposto por Furtado (2015) para o ensino de xadrez através de RA. O protótipo desenvolvido durante essa pesquisa e submetido aos testes com alunos conta apenas com a apresentação de cada uma das 6 peças do xadrez – peão, torre, cavalo, bispo, rainha e rei –, seu posicionamento inicial e sua movimentação básica.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esse capítulo aborda separadamente os dois aspectos principais dessa pesquisa: a realidade aumentada e o ensino de xadrez. A subseção 2.1 contextualiza historicamente a pesquisa em RA, abordando o estado da arte dessa área, em seguida apresentando suas aplicações no ensino. Já a subseção 2.2, apresenta uma rápida introdução ao jogo de xadrez e sua importância para a educação para então apresentar os métodos de ensino de xadrez pesquisados e utilizados como base para compor a metodologia de ensino utilizada nessa pesquisa.

### 2.1 REALIDADE AUMENTADA

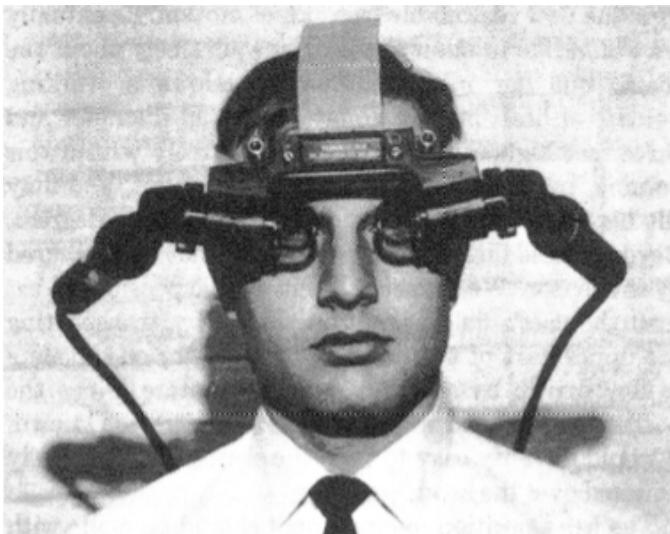
Apesar do termo *Augmented Reality* – traduzido mais tarde para o português como Realidade Aumentada – ter sido cunhado em 1990 pelo pesquisador Thomas Caudell e seu colega David Mizell durante o período em que trabalhavam no departamento de pesquisa e desenvolvimento da Boeing (Caudell & Mizell, 1992; Barfield & Caudell, 2001; Arth et al., 2015), pesquisas relacionadas ao uso de informações virtuais em sobreposição a estímulos naturais vem sendo realizadas há muito mais tempo.

Especificamente em relação à sobreposição de estímulos visuais, o primeiro artigo registrado data de 1968. Nesse artigo, intitulado "*A head-mounted three dimensional display*", Ivan Sutherland e seus alunos desenvolveram o primeiro sistema de sobreposição de imagens virtuais com capacidade de rastrear a posição da cabeça do usuário e, baseado nisso, modificar a imagem projetada, criando a sensação de tridimensionalidade. Para garantir a precisão, o sistema utilizava dois rastreadores, um mecânico e outro ultrasônico, enquanto projetava a imagem em lentes

28

transparentes a partir de pequenos CRTs (tubos de raios catódicos) (figura 1).

Figura 1 – Primeiro HMD documentado, composto por pequenos CRTs.



Fonte: Sutherland, 1968.

No entanto, foi a partir do trabalho de Caudell & Mizell (1992) dentro da Boeing que a tecnologia ganhou a atenção da indústria e também de outros grupos de pesquisa. Em 1994, Paul Milgram e Fumio Kishino publicam "*Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays*", onde definem o Continuum da Virtualidade, também conhecido como Continuum de Milgram (Milgram & Kishino, 1994; Arth et al., 2015), que define a transição entre o ambiente real e virtual e engloba as interações entre ambos dentro do conceito de Realidade Mista (Figura 2).

Figura 2 – Representação simplificada do Continuum da Virtualidade.



Fonte: Traduzido de Milgram & Kishino, 1994.

Em 1997, Ronald Azuma cria uma definição para RA que, ao contrário das anteriores, estipula características que são independentes da tecnologia utilizada (Azuma, 1997; Arth et al. 2015). Segundo ele, uma aplicação de RA deve:

1. Combinar real e virtual;
2. Ser interativa em tempo real;
3. Ser registrada em 3 dimensões.

De acordo com Azuma (1997) essa definição permite ampliar o espectro de aplicações consideradas RA para além dos HMDs (*head mounted displays*<sup>6</sup>), também evita incluir outras formas de mídias não interativas, como o caso de filmes que combinam filmagens reais com computação gráfica, por exemplo. Atualmente as definições de Azuma e Milgram & Kishino continuam sendo aceitas como principais definições de Realidade Aumentada.

Nesse ponto, vale ressaltar que existe uma variada gama de métodos que permitem identificar o contexto do usuário para fornecer as informações relevantes.

<sup>6</sup> Telas, montadas em óculos especiais ou capacetes, posicionadas diretamente à frente dos olhos e especialmente projetadas para o uso de RV/RA

Aplicações de RA podem ser baseadas no reconhecimento de imagens, no posicionamento geográfico, em sensores de rotação, giroscópios, e outros, assim como da combinação de mais de um desses *inputs*. O recorte desse trabalho compreende a RA por reconhecimento de imagem e, portanto, as informações apresentadas adiante, em geral, se focam nessa vertente da tecnologia.

Em 1999, um grande passo em direção à popularização da RA foi dado. Hirokazu Kato e Mark Billinghurst apresentaram a primeira biblioteca de código aberto para aplicações de RA (Arth et al., 2015). Essa biblioteca, inicialmente, se baseava no reconhecimento de marcadores fiduciais (figura 3) para posicionar objetos 3D sobre o vídeo em tempo real.

Figura 3 – Exemplos de marcadores fiduciais utilizados pela biblioteca ARToolkit.



Fonte: ARToolkit, 2015.

De acordo com a definição de Fiala (2010):

marcadores fiduciais são pontos de referência artificiais adicionados a uma cena para facilitar a localização de pontos de correspondência entre as imagens, ou entre imagens e um modelo conhecido.

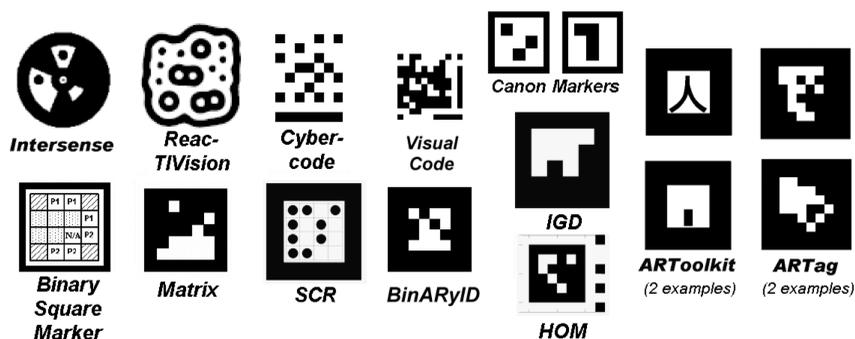
Em síntese, um marcador fiducial pode ser qualquer imagem ou objeto, o qual se tem conhecimento das

dimensões, e que, uma vez colocado em uma cena, auxiliam um sistema de detecção de imagem a ter contexto do ambiente.

Quando trazidos para o contexto das aplicações de RA, é comum que sejam utilizados como marcadores imagens simples e com alto contraste. Um marcador fiducial simples é menos custoso de detectar em termos de processamento e por esse motivo consegue ser mais rápido, estável e preciso do que outras formas de rastreamento.

Existe uma gama de opções de marcadores diferentes (figura 4), com diferentes aplicações e algoritmos de reconhecimento. Em virtude da grande popularização da biblioteca ARToolkit, marcadores quadrados com bordas grossas, como os utilizados por essa biblioteca acabaram se tornando também os mais comuns.

Figura 4 – Diferentes marcadores fiduciais utilizados em RA.



Fonte: Fiala, 2010.

Por ser uma biblioteca de código aberto, a ARToolkit permitiu que vários desenvolvedores, começassem a desenvolver projetos próprios utilizando a tecnologia. Bastava um computador, uma *webcam* e conhecimento na

linguagem de programação C para começar a fazer suas próprias aplicações de RA.

A partir desse código fonte, várias bibliotecas para diversas linguagens foram desenvolvidas. Em 2009, graças à portabilidade da biblioteca para Adobe Flash<sup>7</sup>, denominada FLARToolkit, ela se popularizou. Essa portabilidade permitiu que pela primeira vez aplicações de RA fossem executadas diretamente dentro de navegadores *web*. Essa possibilidade fez com que desenvolvedores com pouco conhecimento em relação a algoritmos de rastreamento de imagem pudessem explorar esse tipo de tecnologia.

Desde então, o desenvolvimento da RA tem visto um crescimento bastante grande nos últimos anos, principalmente no que diz respeito ao desenvolvimento de hardware dedicado. Isso pode ser visto em relatórios preditivos de mercado, como o relatório anual da AugmentedReality.org (2015), de acordo com o qual estima-se que até 2018 sejam vendidos em torno de 50 a 100 milhões de *smart glasses*. O movimento nessa direção pode ser percebido também pelas ações das grandes empresas de tecnologia.

A Google anunciou seus primeiros óculos de RA em 2012, o qual foi vendido em versão de teste até janeiro de 2015, quando o programa de testes foi fechado para trabalhar em uma nova versão do dispositivo. Já a Microsoft, anunciou em janeiro de 2015, o Microsoft HoloLens, seu dispositivo de RA que começou a ser vendido em versão de desenvolvimento durante o decorrer dessa pesquisa.

---

<sup>7</sup> Adobe Flash, programa de computador que permite adicionar conteúdo rico, como animações e interatividade a um navegador web. Foi popular na década de 2000 e começou a perder relevância após 2012 quando passou a ser substituído pela tecnologia HTML5.

Figura 5 – Acima o GoogleGlass, dispositivo de RA fabricado pela Google, e abaixo o Microsoft HoloLens anunciado pela Microsoft em 2015 e ainda em fase de desenvolvimento.



Fonte: Google, 2015; Microsoft, 2015.

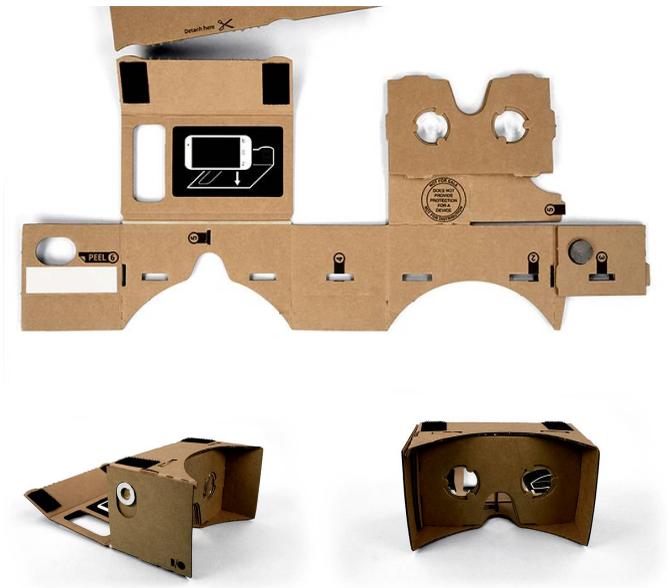
Outras empresas como Asus, Qualcomm e Epson também vem desenvolvendo suas próprias soluções de hardware para RA. Isso só demonstra que, em poucos anos, a RA deve se estabelecer como a próxima tecnologia de massa.

Atualmente, no entanto, os smartphones são justamente os dispositivos mais propícios para aplicações de RA. Além da portabilidade e da capacidade de processamento que chegam a superar o de computadores de menos de 10 anos atrás, os smartphones hoje estão completamente acessíveis. Segundo pesquisa da FGV (Meireles, 2015), em maio de 2015 o Brasil possuía mais de 154 milhões de smartphones, o que corresponde a,

aproximadamente, 75% da população. Apesar desses números representarem o número de aparelhos, e não o número de usuários, ainda assim é uma fatia de mercado bastante significativa.

Para reforçar ainda mais o papel dos smartphones como dispositivos de RA, a Google lançou em 2014 o Google Cardboard (figura 6), um projeto de óculos de RA/RV feito basicamente de papelão e que conta com um smartphone para executar o processamento e projetar a imagem para o usuário.

Figura 6 – Processo de montagem do Google Cardboard, uma estrutura de papelão que permite utilizar um smartphone como um óculos de RV/RA.



Fonte: Google, 2014.

Essa iniciativa abriu espaço para um novo mercado, que foi seguido por outras empresas, como a Samsung –

uma das maiores fabricantes de smartphones do mundo – que produziu seu próprio óculos de RA/RV compatível com seus aparelhos.

Figura 7 – Gear VR, uma alternativa mais robusta do Google Cardboard, produzida pela Samsung.



Fonte: Samsung, 2016.

### **2.1.1 Aplicações da RA**

São muitos os potenciais de aplicação da RA, de treinamento e suporte na indústria a aplicações médicas, passando por tarefas rotineiras como geolocalização ou busca de informações, que hoje são, em grande parte do tempo realizadas através do uso de smartphones.

É possível citar o trabalho de Henderson & Feiner (2009) que utiliza a RA para fornecer instruções de montagem de equipamentos ou o trabalho desenvolvido por Roepke (2012), Faust (2012) e Catecati (2013) sob a tutela do professor Marcelo Gitirana no sentido de utilizar a RA na etapa de testes de usabilidade de um novo produto. No entanto não cabe a esse trabalho registrar uma lista de aplicações existentes ou futuras. Exemplos de aplicações podem ser encontrados nos sites de eventos internacionais como o ISMAR<sup>8</sup> (*IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality*) ou o SVR<sup>9</sup> (*Symposium on Virtual and Augmented Reality*).

É importante, porém, dentro do recorte desse trabalho, que se apresentem alguns exemplos de aplicações dentro do âmbito da educação. Não apenas para demonstrar os potenciais da tecnologia, mas, principalmente, demonstrar os resultados que a RA tem atingido, bem como suas vantagens e desvantagens quando aplicada nesse contexto.

### 2.1.2 Aplicações da RA no ensino

Uma das vantagens da RA é a possibilidade de utilizar interfaces naturais e pouco intrusivas, nas quais o usuário exerce contato com objetos do mundo real para interagir com seus correspondentes virtuais. De acordo com Norman (2013), "*affordances*<sup>10</sup> percebidos ajudam pessoas a entender que ações são possíveis sem a necessidade de rótulos ou instruções."

---

<sup>8</sup> Disponível em: <<http://www.ismar.net/>>. Acesso em: 26 nov. 2015.

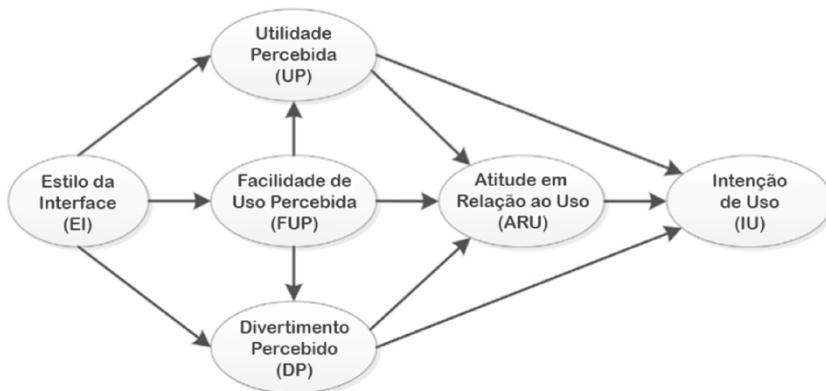
<sup>9</sup> Disponível em: <<http://www.inf.ufrgs.br/svr2016/>>. Acesso em: 26 nov. 2015.

<sup>10</sup> *Affordance* é a relação que o usuário tem com determinadas características de um objeto que o indicam como utilizar o mesmo (Norman, 2013)

Enquanto interfaces digitais convencionais, em geral, tentam simular relações que o usuário tem com o mundo real – noção de relevo para indicar que algo é clicável, por exemplo –, na RA a interface é o próprio mundo real. Dessa forma apenas a informação relevante ao contexto é apresentada ao usuário.

Em seu estudo sobre a aplicação da RA em ambientes de ensino, Wojciechowski & Cellary (2013) destacam a importância da interface no processo de aprendizagem envolvendo a RA. Os autores consideram que o estilo da interface e, conseqüentemente, a utilidade, a facilidade de uso e o divertimento percebidos tem influência direta sobre a atitude em relação ao uso e à intenção de uso, promovendo uma maior motivação do aluno em relação ao aprendizado. O modelo proposto a partir dessa percepção pode ser visualizado na figura 8.

Figura 8 – Modelo de aceitação de interface.



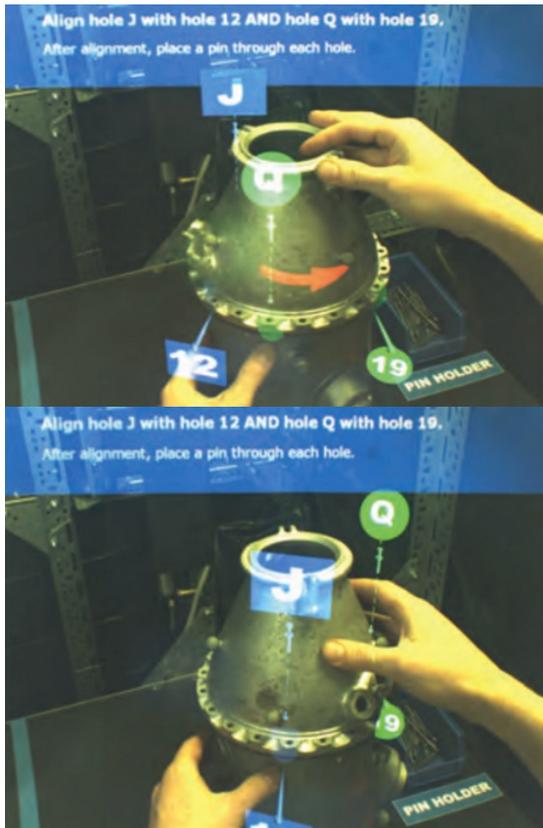
Fonte: Traduzido de Wojciechowski & Cellary, 2013.

De acordo com os autores, alunos se tornam intrinsecamente motivados quando participam ativamente do processo, aumentando sua compreensão e retenção do

conhecimento em relação a outras estratégias de ensino mais tradicionais, como ouvir, ler ou até mesmo assistir a um conteúdo (Wojciechowski & Cellary, 2013).

No estudo realizado por Henderson & Feiner (2009), como demonstra a figura 9, através dos elementos gráficos e textuais providos pela interface, o usuário tem um feedback preciso de sua performance na execução da tarefa.

Figura 9 – Interface visualizada pelo usuário na montagem de uma peça auxiliada por RA.



Fonte: Henderson & Feiner, 2009.

Através desse estudo, os autores conseguiram demonstrar que utilizando uma interface de RA foi possível não só diminuir a fadiga dos usuários, como também melhorar a performance de execução até mesmo de usuários experientes na execução daqueles processos.

Fazer com que o usuário fique focado na tarefa, sem a necessidade de recorrer a informações que estejam em outro lugar que não o próprio local da tarefa, evita sobrecargas cognitivas. Em seu estudo, onde consideram a RA no ensino de matemática sob o ponto de vista da psicologia, Bujack et al. (2013) afirmam que

sobrecargas cognitivas ocorrem quando atividades utilizam recursos da memória de curto prazo, diminuindo o potencial de aprendizagem. Acredita-se que o uso de interfaces 'naturais' reduz a sobrecarga – estudos mostram que as sobrecargas cognitivas em ambientes de RA podem ser menores do que quando se aprende em um ambiente baseado em computador.

O que os autores propõem é que ambientes de RA que se valem de interações mistas utilizando objetos físicos, possuem o potencial de fixação da memória através das ações motoras. Além disso, do ponto de vista cognitivo, o alinhamento espaço-temporal das informações fornecidas através da RA com as informações físicas, fornecidas pelo mundo real, contribuem para o aprendizado de conceitos abstratos.

No entanto, para que esse tipo de interação funcione é necessário assumir que

as habilidades do usuário como manipulação motora, atenção, e cognição espacial, são desenvolvidas o suficiente para a interação. Esse problema se aplica especialmente a crianças. (Bujack et al., 2013)

Por trabalhar com um contexto misto entre o mundo físico e o mundo virtual, a realidade aumentada possui o

potencial de prover um ambiente de aprendizado rico que propicia uma absorção maior pelo aluno. Wojciechowski & Cellary (2013) enfatizam que

ambientes de RA permitem que o conteúdo a ser aprendido seja apresentado de maneira significativa e concreta (...) em cenários educacionais interativos desenvolvidos de acordo com o paradigma aprenda fazendo.

Wojciechowski & Cellary (2013), assim como Cai, Wang & Chiang (2014), aplicam a RA no contexto de ensino de química nas escolas. O primeiro trata de ensinar reações químicas e enfatiza a possibilidade de estudar esse tipo de conteúdo em um ambiente mais seguro, onde os alunos não precisam lidar com produtos químicos potencialmente nocivos à saúde. O segundo, por sua vez, trata do ensino de estruturas moleculares e enfatiza a possibilidade que a RA propicia de criar um modelo visualizável e manipulável de algo que naturalmente não seria visível a olho nu.

Em ambos os trabalhos, os autores concordam com Bujack (2013) e reafirmam como a RA afeta de maneira positiva a performance dos alunos em sala de aula. Cai, Wang, & Chiang (2014), no entanto, atentam para o fato de que, apesar de ser benéfico para todos os alunos, foram os alunos de menor rendimento através dos métodos tradicionais de ensino que mais se beneficiaram da experiência promovida pela RA.

Outros dois estudos, conduzidos pelo mesmo grupo de pesquisa da *Universidad Carlos III* de Madri, Espanha, em conjunto com a *Universidad Simón Bolívar* de Caracas, Venezuela, mais uma vez corroboraram para a afirmação de que a RA é benéfica dentro do contexto de sala de aula. No primeiro estudo (Di Serio et al., 2013) os alunos foram apresentados a obras de arte, as quais eram incentivados a

explorar utilizando RA para receber conteúdo a partir do reconhecimento de cada obra. No segundo, os alunos utilizavam pequenas ferramentas feitas de papel para simular situações e aprender sobre eletro-magnetismo (Ibáñez et al., 2014). Em ambos os casos os alunos utilizando RA demonstraram maior entusiasmo para aprender e maior foco durante a execução da tarefa.

## 2.2 XADREZ

O xadrez é um jogo de estratégia e raciocínio praticado há séculos. Não se sabe ao certo sua origem, mas segundo Lasker (1947) as poucas evidências indicam que o jogo tenha surgido na Ásia e mais tarde se espalhado pela Europa. O jogo, que a princípio era jogado apenas pela nobreza europeia, se popularizou e hoje é praticado em todo o mundo por pessoas das mais diversas idades e classes sociais.

Por exigir criatividade e raciocínio lógico de seus praticantes, o xadrez estimula o desenvolvimento de habilidades cognitivas e expertises em diversas áreas do conhecimento. Aguiar (2004) pontua que diferente dos "jogos de azar", jogos heurísticos, como o xadrez, desencadeiam reflexões. Projetos de pesquisa como o Learning to Think Project, realizado entre os anos de 1979 a 1983 na Venezuela (Ferguson, 1995), demonstrou que crianças que praticam xadrez tem seu QI significativamente aumentado. Outros estudos, que podem ser encontrados tanto no site da FIDE – Federação Mundial de Xadrez (2014) – quanto no levantamento realizado por Ferguson (1995) incluem melhoras em diversas áreas, como lógica, capacidade de articulação de fala e até mesmo sociabilidade.

Devido a esses aspectos, a UNESCO – Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

– mantém desde 1986 o Comitê de Xadrez Escolar (CCS) com o intuito de incentivar seu ensino e prática nas escolas. Isso gerou uma série de iniciativas para introduzir o xadrez nas escolas. No Brasil, o programa Xadrez na Escola existe desde 2004 com o objetivo de melhorar o desempenho escolar dos alunos.

Porém, a falta de instrutores qualificados ainda é uma grande barreira, como aponta Aguiar (2007). O autor sugere que o uso de Sistemas Tutores Inteligentes (STI) pode suprir essa carência. Nesse contexto a RA se apresenta como uma possibilidade tecnológica para o desenvolvimento desse tipo de sistema. No entanto, é necessário primeiramente compreender como o ensino do xadrez ocorre atualmente, para que se possa elaborar uma proposta de método próprio para o ensino utilizando RA.

### **2.2.1 Métodos de ensino**

Não existe uma única forma de ensinar xadrez. Existem diversos métodos de ensino de acordo com cada contexto. Todos os métodos levantados dependem da presença de instrutores. Muitos deles se assemelham ou são pequenas variações uns dos outros. Não foi possível encontrar na literatura pesquisada títulos específicos para cada método de ensino. Portanto, para fins de análise, os métodos serão agrupados nos 3 (três) tipos definidos nas subseções 2.2.1.1, 2.2.1.2 e 2.2.1.3. A subseção 2.2.1.4 não trata de um método propriamente, mas do uso de ferramentas computacionais aplicadas ao ensino de xadrez.

Vale ressaltar que esses métodos estão sendo avaliados sob a ótica do ensino em salas de aula. Embora os mesmos métodos possam ser aplicados para ensinar grupos pequenos, como clubes de xadrez, por exemplo, isso foge do escopo dessa pesquisa.

Os métodos são apresentados de forma resumida em tabelas contendo as unidades de aprendizado sugeridas em cada. Essas unidades podem corresponder a aulas inteiras ou momentos dentro de uma aula, dependendo da didática de cada professor e velocidade de cada turma.

### *2.2.1.1 Método de cartilhas*

Esse grupo de métodos foi denominado assim por ser o tipo de método normalmente apresentado em cartilhas de xadrez. Exatamente por esse motivo é o método mais disseminado entre os professores de xadrez em escolas, já que costuma ser de fácil acesso. Tanto a FIDE (2014) quanto o Ministério do Esporte (2003) disponibilizam cartilhas que seguem a dinâmica descrita na tabela 1, adaptada de Kulaç (2014).

A sequência de unidades da tabela 1 não descreve o método completo, mas apenas a parte relativa ao ensino básico do xadrez, deixando de lado toda a parte de aberturas, encerramentos e estratégias mais elaboradas, já que essas fogem do contexto desse trabalho.

Tabela 1 – Unidades de acordo com o método de cartilhas.

<b>Unidade</b>	<b>Tópico</b>
1	Histórico do Xadrez
2	Apresentação do Tabuleiro
3	Apresentação das Peças
4	Ataque
5	Xeque
6	Xeque-mate
7	Regras Especiais

Fonte: Adaptado de Kulaç, 2014.

Esse método é bastante linear, apresentando um grande número de informações técnicas, como nomenclaturas e notações, antes mesmo do aluno ter qualquer contato com o jogo. Essa carga de informação acaba sendo bastante densa, principalmente no ensino infantil. De acordo com Silva (2014) "trabalhar com todos os elementos do jogo ao mesmo tempo pode confundir o aluno". Esse problema se agrava em salas com muitos alunos – situação comum no ensino brasileiro –, onde essa confusão pode passar muitas vezes despercebida, gerando frustração nesses alunos, que perdem o interesse pela prática do xadrez.

### 2.2.1.2 Método progressivo

Como forma de simplificar o aprendizado nas idades iniciais, Myers (2013) propõe um método um pouco mais progressivo, sem tanto apego aos pormenores das regras do xadrez. Seu método propõe dividir o ensino básico do xadrez em 9 etapas, que são mostradas na tabela 2.

Tabela 2 – Unidades de acordo com o método progressivo.

<b>Unidade</b>	<b>Tópico</b>
1	Conheça as Peças
2	Aprenda os Objetivos
3	Jogue com os Peões
4	Adicione os Cavalos
5	Aprenda os Bispos
6	Adicione as Torres
7	Apresente o Rei
8	Encontre a Rainha
9	Vamos Jogar!

Fonte: Adaptado de Myers

As duas primeiras unidades apresentam apenas o básico da teoria para que o aluno compreenda o jogo, não se preocupando em ensinar a nomenclatura das casas do tabuleiro, por exemplo. Esses são detalhes técnicos que podem ser introduzidos uma vez que o aluno já domine a dinâmica do jogo. A partir da terceira unidade, o aluno já passa a praticar com as peças conforme aprende cada uma, introduzindo uma nova peça a cada unidade e fazendo combinações entre as peças já vistas com o intuito de dominar as movimentações e estratégias de cada uma.

Silva (2014) propõe um método parecido como um dos jogos pré-enxadrísticos vistos a seguir. A variação de Silva é denominada "Batalha de Peões" e segue uma ordem de apresentação das peças um pouco diferente da apresentada por Myers. Silva afirma que "este método é mais demorado, mas tem a vantagem de proporcionar uma melhor compreensão do xadrez".

Tabela 3 – Adição progressiva das peças ao jogo Batalha dos Peões.

Unidade	Peças no Jogo
1	8 
2	8  + 1 
3	8  + 1  + 2 
4	8  + 1  + 2 
5	8  + 1  + 2 
6	8  + 1  + 1 

Fonte: Adaptado de Silva, 2014.

Nessa versão os alunos começam praticando apenas com peões e o objetivo inicial é fazer o peão chegar ao outro lado do tabuleiro, assim como no método de Myers. A diferença básica é que a primeira peça a ser introduzida após o peão é o rei, criando cedo a noção de

que essa deve ser a peça a ser protegida. Além disso, as peças secundárias – torre, cavalo, bispo e rainha – são trabalhadas sem interagir entre si, como mostra a tabela 3.

### 2.2.1.3 Jogos pré-enxadrísticos

O uso de jogos pré-enxadrísticos é utilizado para ensinar dinâmicas importantes do jogo de xadrez sem necessariamente apresentar o jogo em si. Existem diversos jogos pré-enxadrísticos, cada um com objetivos diferentes. A tabela 4 representa a forma como Silva (2014) apresenta e classifica esses jogos. Outros jogos dessa categoria são também apresentados por Goulart & Frei (2014).

Tabela 4 – Sugestões de jogos pré-enxadrísticos a serem aplicados antes do ensino formal do xadrez.

<b>Objetivo</b>	<b>Pré-Jogo</b>	<b>Nível</b>
<b>Aula Inicial</b>	Gato e Rato	F
<b>Tabuleiro</b>	Quadrado Mágico	F
	A Batalha Naval	F
<b>Rei</b>	Duelo de Monarcas	M
<b>Dama</b>	Desafio das Damas	D
<b>Torre, Bispo e Cavalo</b>	Jogo da Velha	F
<b>Bispo</b>	Bispos contra Peões	M
<b>Cavalo</b>	Corrida do Cavalo	F
	Cavalos contra Peões	M
	Cavalos Trocados	D
<b>Peão</b>	Batalha dos Peões	M
	Cavalos contra Peões	M
	Bispos contra Peões	M
<b>Legenda:</b> F=Fácil, M=Médio, D=Difícil		

Fonte: Silva, 2014.

Em virtude das dinâmicas diferentes apresentadas em cada uma das atividades, os alunos se mantêm interessados a cada aula e acabam aprendendo novos aspectos do jogo de xadrez antes mesmo de serem introduzidos formalmente ao jogo. Tanto Goulart e Frei (2013) quanto Silva (2014) concordam que esse método prepara melhor os alunos mais novos para o aprendizado formal do xadrez.

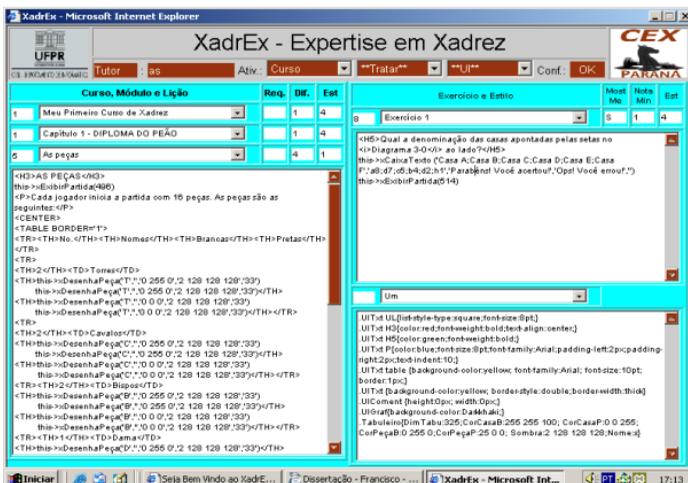
O ponto fraco desse método é o tempo de aprendizagem prolongado, que varia de acordo com as atividades escolhidas pelo professor. Após o domínio das dinâmicas do jogo, essas atividades ainda devem ser complementadas com o aprendizado formal.

#### *2.2.1.4 Ferramentas computacionais*

Como citado anteriormente, um dos grandes problemas do ensino de xadrez ainda é a questão da falta de instrutores qualificados. Para Aguiar (2007) esse problema pode ser resolvido através do uso de Sistemas Tutores Inteligentes (STI). Porém como o próprio autor coloca, "pesquisas em STI que ensinam a jogar Xadrez foram realizadas, porém são focadas em assuntos como a competição de heurísticas (Martineschen, 2006), de identificação da harmonia de peças (Hartmann et. al., 2005), ou ainda, em finais de partidas envolvendo Bispo e Peões (Gadwal et. al., 2000)."

O protótipo de software proposto por Aguiar (2007) disponibiliza linguagens e ferramentas de autoria (figura 10) para que um instrutor registre seus conhecimentos de modo a ensinar os princípios do xadrez (figura 11). Além disso, o sistema apresenta bancos de exercícios que podem ser utilizados e são retroalimentados a partir das informações geradas a cada partida.

Figura 10 – Interface para registro de unidades instrucionais do software XadrEx.



Fonte: Aguiar, 2007.

Figura 11 – Uma lição no ambiente de ensino XadrEx.



Fonte: Aguiar, 2007.

Essas tecnologias, porém, não devem ser consideradas métodos, e sim ferramentas de apoio, independente de método utilizado, já que a figura do instrutor permanece, mesmo que não de forma presencial, uma vez que é ele quem define as atividades e alimenta o sistema.

A grande desvantagem do uso desse tipo de sistema no ensino infantil é o fato de apresentar a todo momento informações muito técnicas e um baixo nível de imersão e divertimento. Sendo esse último fator um elemento essencial no aumento da motivação para a aprendizagem.

### **3 DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO**

Ao aplicar a RA ao ensino de xadrez é necessário se apropriar das características de um ou mais métodos para que a experiência de aprendizagem do usuário seja adequada. Vale lembrar que o sistema de ensino aplicado em um dispositivo de RA continua sendo caracterizado como um STI, com a vantagem de possuir, em virtude do suporte, os recursos de um sistema informatizado sem abrir mão da interação física com as peças. Essa interação proporciona a memória motora, que é um fator importante para a consolidação do aprendizado, como já citado anteriormente.

Os métodos apresentados no capítulo 2 se diferenciam principalmente pelas dinâmicas de apresentação do conteúdo. De acordo com a literatura, os métodos progressivo e de jogos pré-enxadrísticos apresentam um ganho considerável na qualidade do ensino e na retenção de conhecimento pelo aluno. Além disso, suas dinâmicas propiciam que o aluno aprenda fazendo. Essa abordagem mais prática, e menos teórica, se adequa muito bem à proposta de uso da RA como ferramenta de ensino.

O presente capítulo apresenta o processo de desenvolvimento do protótipo, começando com a descrição do método proposto, em seguida descrevendo e justificando as definições de hardware e, por fim, descrevendo os principais passos do desenvolvimento do protótipo de software de RA para ensino de xadrez.

#### **3.1 DESCRIÇÃO DO MÉTODO**

O método utilizado tem como base o método progressivo, descrito por Furtado (2015), que foi desenvolvido para o ensino de xadrez através da RA a

partir da pesquisa com métodos tradicionais, utilizando a sequência de apresentação das peças proposta por Silva (2014). Em virtude do tempo da pesquisa e da complexidade em desenvolver um protótipo com todas as funcionalidades previstas pelo método proposto, foi feita uma delimitação do escopo. Essa seção apresenta o método na forma como foi aplicado ao protótipo, enquanto a seção 3.3 justifica tecnicamente as escolhas tomadas.

A cada etapa, o aluno é apresentado a uma descrição da peça a ser trabalhada, que é feita através de imagem, vídeo e áudio. Para proporcionar a interação com as peças são utilizados um tabuleiro e um conjunto de peças físicas, calibrados com o sistema. Através de um dispositivo de RA, o sistema reconhece o tabuleiro e as peças e projeta as informações e instruções sobre os mesmos de forma virtual. De acordo com o método adotado, as interações base do sistema são as seguintes:

- 1. Reconhecimento das peças:** o sistema apresenta a peça e solicita que o aluno encontre a mesma em meio ao conjunto de peças do jogo e a mostre para a câmera. O sistema reconhece a peça e apresenta feedback de erro ou acerto ao aluno.
- 2. Posicionamento das peças:** uma vez identificada a peça correta, o sistema solicita que o aluno a coloque em uma posição determinada do tabuleiro. Completada a tarefa, o sistema apresenta feedback de acerto ou erro.
- 3. Movimentação das peças:** uma vez posicionada a peça corretamente, o aluno recebe instruções de como ela se movimenta e é convidado a movimentá-la. Completada a tarefa, o sistema apresenta feedback de acerto ou erro.

Dadas as interações base do sistema, as unidades de ensino foram divididas da seguinte forma, respeitando a sequência apresentada:

1. Peão: reconhecimento, movimentação e jogo simulado com peões;
2. Rei: reconhecimento, movimentação e jogo simulado com peões e rei;
3. Cavalo: reconhecimento, movimentação e jogo simulado com peões, cavalos e rei;
4. Bispo: reconhecimento, movimentação e jogo simulado com peões, cavalos, bispos e rei;
5. Torre: reconhecimento, movimentação e jogo simulado com peões, cavalos, bispos, torres e rei;
6. Rainha: reconhecimento, movimentação e jogo simulado com todas as peças;

Vale lembrar que o objetivo desse método é apresentar os elementos básicos para a iniciação ao xadrez, de modo a incentivar que os alunos passem a praticá-lo. Regras complexas, movimentos especiais, aberturas e outras estratégias não estão contemplados no método e poderiam ser apresentados à medida que o aluno evolui.

### 3.2 DEFINIÇÃO TÉCNICA DO HARDWARE

Alguns aspectos foram analisados para definir o hardware utilizado na construção do protótipo. Dado o escopo proposto pela pesquisa, o ideal é utilizar um dispositivo HMD, que proporciona maior imersão, já que permite que a interface do software e o mundo real interajam em uma mesma tela, além de deixar as mãos dos usuários livres para a manipulação das peças.

Por uma questão de disponibilidade (tanto do hardware quanto das ferramentas para desenvolvimento), optou-se pelo uso de uma versão mais robusta do Google

Cardboard, já apresentado na seção 2.1, utilizando um smartphone com sistema operacional Android.

Dispositivos HMD projetados especificamente para aplicações de RA, como o já citado Microsoft HoloLens, são os que proporcionam o maior nível de imersão. Isso se dá principalmente pelo fato de conseguirem trabalhar com projeções em 3 dimensões sobre imagens estereoscópicas, ou seja, duas imagens obtidas de pontos diferentes, simulando a distância do olho humano. No entanto, a falta de disponibilidade desse tipo de equipamento e a complexidade de desenvolver aplicações de RA estereoscópicas, como elencado por Catecati (2013), não justificam seu uso no contexto da presente pesquisa.

Smartphones, por sua vez, como já apresentado anteriormente na seção 2.1, estão presentes na realidade de uma parcela bastante grande da população. Já em termos de imersão, o uso de smartphones em conjunto com equipamentos similares ao Google Cardboard só perdem para dispositivos dedicados pelo fato de, normalmente, possuírem uma única câmera anexa ao aparelho, não permitindo a captura de imagens estereoscópicas.

No entanto, como Sutherland (1968) justifica, apesar da apresentação estéreo ser importante para a ilusão tridimensional, ela é menos importante do que a mudança que ocorre na imagem quando o observador move a cabeça.

Portanto, mesmo replicando a mesma imagem de um único ponto de vista para ambos os olhos, ainda é possível obter a noção espacial necessária para que o usuário manipule o ambiente ao seu redor.

Tendo esses aspectos sido considerados, optou-se pelo uso do smartphone. No entanto, ainda é necessário considerar as características do aparelho, já que, assim como os computadores, smartphones possuem

capacidades de processamento diferentes. Para garantir a qualidade da imagem gerada para o usuário, o modelo escolhido precisava possuir uma boa resolução de tela, uma câmera com boa captação e uma capacidade de processamento satisfatória. Optou-se por um aparelho com tela HD de 720p, câmera de 8MP e processador QuadCore de 1.2GHz.

Devido à fragilidade do Google Cardboard, principalmente em virtude do material do qual é feito – papelão –, e considerando o número de vezes em que o equipamento seria manuseado, foi escolhido um modelo similar, porém mais robusto, feito de plástico ABS com lentes de resina e acabamento emborrachado na área em que faz contato com o rosto, provendo um conforto maior para o usuário (figura 14). Além disso, possui ajuste de distância ocular, cinta elástica para ajuste à cabeça do usuário e adaptação para diversos formatos de aparelho, possibilitando que outros modelos de smartphone sejam utilizados.

Figura 12 – À esquerda o HMD montado e ajustado ao rosto de um usuário. À direita o suporte e o smartphone separados.



### 3.3 DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE

Para se atingir um protótipo de acordo com o método proposto foi necessário desenvolver um software que pudesse reconhecer o tabuleiro de xadrez, bem como todas as peças, além de identificar o posicionamento de cada uma delas sobre o tabuleiro. Em virtude do tempo e da complexidade técnica, o escopo do protótipo foi reduzido em relação ao método inicialmente proposto por Furtado (2015) para o ensino de xadrez através de RA. Desse modo o produto final contempla as 3 etapas do método descritas na seção 3.1.

O roteiro de cada aula foi estruturado de acordo com essas 3 etapas, utilizando a seguinte estrutura:

1. O aluno é apresentado à imagem e nome da peça;
2. O sistema pede que o aluno encontre a peça em meio às outras e a mostre para a câmera para ser identificada;
3. O sistema explica, por meio de áudio e projeção virtual sobre o tabuleiro, a função da peça no jogo e como ela se posiciona no início da partida, mostrando todas as opções de posicionamento caso exista mais do que uma daquela mesma peça no jogo;
4. O sistema define uma das posições possíveis como exemplo e pede que o aluno coloque a peça sobre aquela posição, identificando a casa por meio de projeção virtual;
5. O sistema explica, por áudio, a gama de possibilidades de movimentação da peça;
6. O sistema define um movimento possível como exemplo e, por áudio, pede para que o aluno execute aquele movimento, projetando virtualmente as casas pelas quais a peça deve passar;

O item 6 é repetido mais duas vezes, porém apontando diferentes casas do tabuleiro para que o aluno execute outras possibilidades de movimento.

As decisões tomadas ao longo do processo de desenvolvimento do protótipo, bem como os testes realizados até se chegar ao resultado final são descritas no Apêndice A. A presente seção esclarece os aspectos técnicos, do software desenvolvido, que são relevantes para a melhor compreensão dessa pesquisa.

Como mencionado anteriormente, existe uma variedade de tecnologias disponíveis para a criação de aplicações de RA, no entanto, optou-se por buscar bibliotecas de código aberto ou de uso livre para projetos não comerciais.

Existem bibliotecas de uso aberto com capacidades de leitura e manipulação de imagens bastante completas e complexas. Bibliotecas como OpenCV<sup>11</sup> oferecem essa capacidade. No entanto, o conhecimento técnico dos algoritmos corretos e das operações lógicas e aritméticas envolvidas no reconhecimento e rastreamento de imagens, necessários para utilizar esse tipo de ferramenta, estão além do escopo desta pesquisa. Logo, optou-se por soluções modeladas diretamente para a RA, na qual seja possível focar o trabalho de programação na lógica do sistema e não na otimização dos algoritmos de rastreamento.

Em função de fatores técnicos, que são descritos em detalhes no Apêndice A, foi necessário dividir o protótipo em dois softwares distintos: um, embarcado no dispositivo HMD, responsável por transmitir as instruções e feedbacks ao usuário; e outro, processado em um computador externo, responsável por detectar o posicionamento das peças sobre o tabuleiro.

---

<sup>11</sup> Disponível em: <<http://www.opencv.org>>. Acesso em: 31 nov. 2015.

Inicialmente, o processamento do posicionamento era feito a partir da imagem capturada por uma câmera posicionada sobre o tabuleiro. No entanto, durante a realização dos pré-testes, foi percebido que o tempo de feedback do sistema para checagem das ações do usuário – como pegar a peça correta ou posicioná-la no tabuleiro – era muito lento. Isso deixava o usuário confuso em relação a já ter ou não completado determinada tarefa.

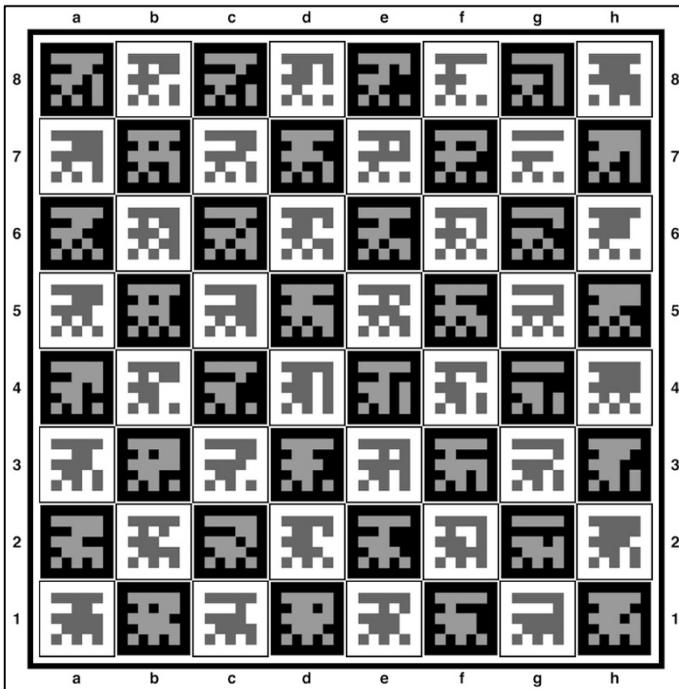
Para corrigir esse problema, o processamento do posicionamento das peças, realizado inicialmente por câmera colocada sobre o tabuleiro, foi trocado por uma conferência manual, na qual um operador manipula, através do computador, a posição de cada peça (figura 13). Com essa informação, o software de RA, que está no smartphone, apresenta as instruções e feedbacks necessários ao usuário.

Figura 13 – Esquema de funcionamento do protótipo. HMD (1) fornece as instruções ao usuário e as projeta sobre o tabuleiro (2). Através da rede wi-fi (3) o computador (4) transmite as informações de posicionamento da peça.



Para que o protótipo soubesse localizar as peças e projetar virtualmente as instruções corretas sobre o tabuleiro, foi utilizado um tipo especial de marcador fiducial, chamado *NyID Marker*. Esse tipo de marcador apresenta variações finitas, de modo que cada variação corresponde a um número específico. Dessa forma, marcadores correspondentes aos números de 1 a 64 foram posicionados de modo a compor um tabuleiro de xadrez, como mostra a figura 14.

Figura 14 – Versão final do tabuleiro, composto por *NyID Markers*.



Fonte: autor

Devido às capacidades do protótipo desenvolvido, dentro das limitações de tempo e escopo dessa pesquisa, é possível interagir com apenas uma peça por vez. Por essa razão, algumas das etapas propostas por Furtado (2015), não estão presentes na proposta de método descrita na seção 3.1 e utilizada nessa pesquisa.

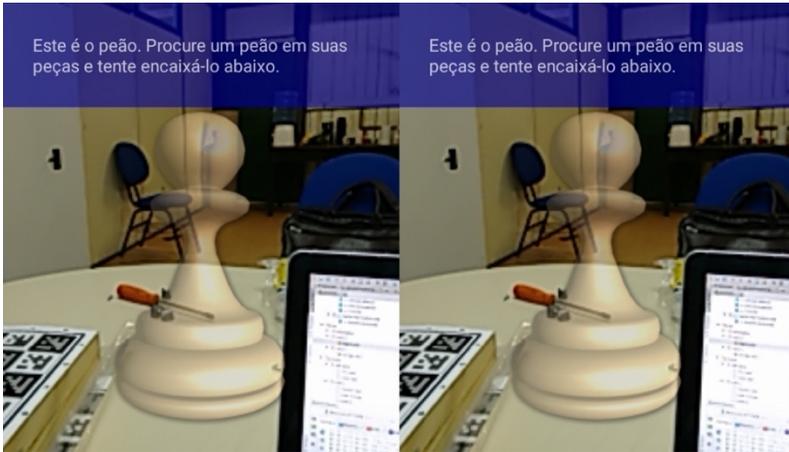
### **3.3.1 Definições da interface**

Como já citado anteriormente, Wojciechowski & Cellary (2013) consideram que a facilidade de uso e o divertimento percebidos em relação à interface tem influência direta sobre a atitude em relação ao uso, principalmente no contexto do ensino. Por isso, é importante que a interface seja desenvolvida pensando não apenas na tarefa que precisa ser executada, mas, principalmente, no usuário que a utilizará. Nesse caso, crianças do 4º e 5º anos do ensino fundamental.

A interface utilizada por Henderson & Feiner (2009) serviu como referência para a primeira versão, na qual as instruções textuais aparecem no topo da tela. Os elementos virtuais de auxílio à execução de cada tarefa são projetados por toda a tela, de acordo com o contexto da tarefa e da imagem capturada pela câmera, que sempre ocupa toda a área visível. A tela é sempre dividida em duas, uma para cada olho.

A figura 15 mostra essa primeira versão da interface em uma situação de reconhecimento de peça. Nessa situação, o usuário é convidado a encontrar uma peça e encaixá-la na imagem da peça que é projetada na tela com transparência, mantendo sempre a visibilidade da câmera.

Figura 15 - Primeira versão da interface, durante a tarefa de reconhecimento da peça.



Fonte: autor

Devido à deformação causada pelas extremidades das lentes utilizadas, foi necessário adicionar uma moldura de segurança, como mostra a figura 16.

Os primeiros testes de uso demonstraram que as instruções eram difíceis de ler e que as imagens das peças, que eram projetadas com transparência como referência para o reconhecimento, tornavam a execução da tarefa mais confusa. Por esses motivos, todas as instruções textuais foram trocadas por instruções em áudio, enquanto as imagens de referência são mostradas em primeiro plano, com sua transparência reduzida, como mostra a figura 17. A imagem da câmera permanece ao fundo, para manter o contexto do ambiente em que o usuário se encontra.

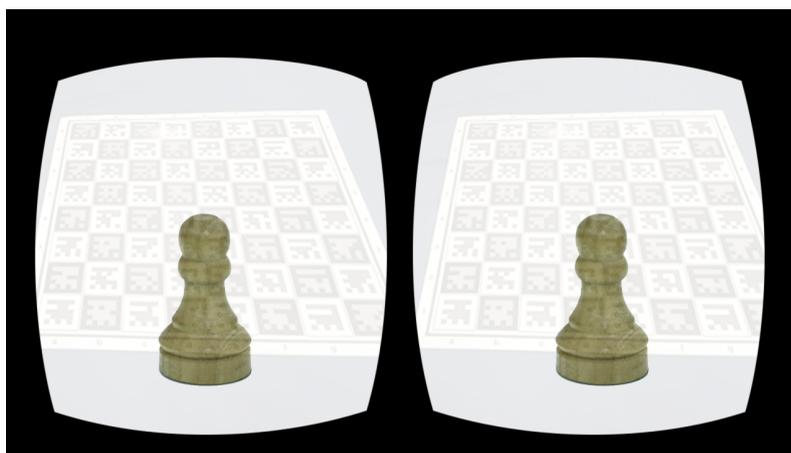
Para não prejudicar a execução das tarefas, as imagens de referência passaram a ser apresentadas apenas durante a instrução, desaparecendo da tela durante a execução da tarefa de reconhecimento das peças.

Figura 16 – Interface da tarefa de reconhecimento do peão após a inclusão da moldura de segurança.



Fonte: autor

Figura 17 – Imagem do peão, apresentada como referência para a tarefa de reconhecimento.



Fonte: autor

A cada tarefa, o usuário recebe feedbacks de erro e acerto. Os feedbacks tiveram o mesmo tratamento das imagens de referência, mostrando ícones com emoções básicas de acordo com as ações do usuário (figura 18). Em conjunto à imagem, uma mensagem em áudio reforça o feedback positivo ou negativo.

Figura 18 – Uma das telas de feedback, utilizando uma expressão sorridente para reforçar o feedback positivo.



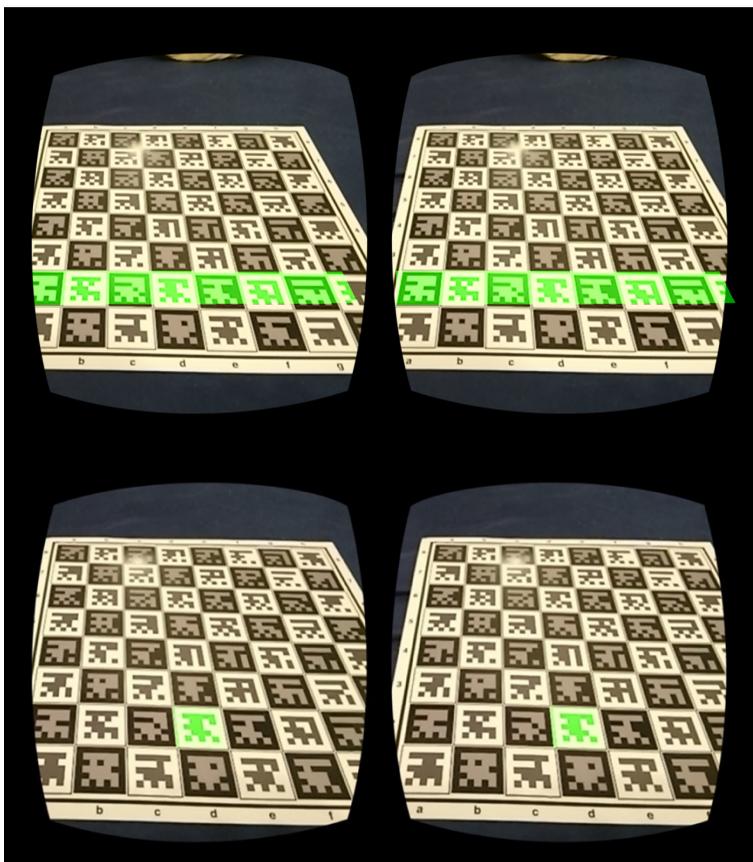
Fonte: autor

Além das imagens em primeiro plano, o sistema também gera projeções virtuais que interagem com a imagem capturada pela câmera. Para as tarefas de posicionamento e movimentação o sistema projeta virtualmente as indicações de referência das casas sobre o tabuleiro real, como é possível ver na figura 19. Essas referências são mostradas em paralelo ao áudio de instrução e mantidas durante a execução da tarefa.

Como é possível perceber, apesar de ser uma interface digital, o sistema conta com poucos elementos gráficos, suficientes para fornecer instruções e feedbacks

dentro do contexto espaço-temporal em que o usuário se encontra. Dessa forma é possível dar ênfase à interação física do aluno com as peças, com foco nas tarefas de aprendizado a serem executadas.

Figura 19 – Referências de posicionamento projetadas virtualmente sobre o tabuleiro, de acordo com as instruções. Acima o sistema mostra todas as possibilidades de casa para o peão e abaixo indica a casa utilizada como exemplo para a tarefa.



Para uma melhor compreensão do funcionamento do protótipo, um vídeo de exemplo, contendo a aula referente ao ensino do bispo foi disponibilizado em: <<https://www.youtube.com/watch?v=8ZSMzIVwZM8>>.

### **3.3.2 Sistema tutor inteligente**

Para que o protótipo operasse como um STI – Sistema Tutor Inteligente – foi preciso desenvolver uma forma de alimentá-lo com as informações necessárias para ensinar os usuários e reagir aos erros e acertos de maneira dinâmica, conforme as ações ocorrem.

Para essa finalidade foi criado um modelo de roteirização escrito em linguagem XML, que permite que cada aula seja criada sem precisar reprogramar todo o sistema. Através das notações, que são pré-definidas, é possível definir mensagens de instrução contendo texto, áudio e imagem, definir feedbacks para cada tarefa e criar atividades baseadas em reconhecimento de peças, posicionamento e movimentação.

Combinando esses elementos, cria-se um fluxo de aula que pode prever determinadas situações e direcionar o usuário até que ele consiga completar todas as instruções. Devido à combinação de caminhos possíveis que o usuário pode tomar durante o uso da ferramenta, mesmo uma aula simples acaba gerando um roteiro bastante complexo. Não cabe a esse trabalho, no entanto, detalhar tecnicamente a notação utilizada.

## 4 COLETA E ANÁLISE DE DADOS

Nesse capítulo segue descrita a metodologia utilizada para a coleta de dados, com o detalhamento de cada etapa, e a análise dos dados coletados, dando insumo para as conclusões que se fazem no capítulo final.

### 4.1 METODOLOGIA

Em virtude do tempo necessário a coleta de dados, tendo como objetivo que todos os participantes fossem submetidos a cada etapa dentro de um mesmo período letivo, foram selecionados 8 alunos de ambos os sexos do 4º e 5º anos do ensino fundamental da Escola de Educação Básica Rosinha Campos. A escola foi escolhida pela proximidade do pesquisador com alguns dos professores da instituição. Os alunos foram indicados a participar pelas professoras de turma e de educação física – responsável pelo ensino de xadrez na escola –, de acordo com os critérios de exclusão:

- estar cursando os anos iniciais do ensino fundamental<sup>12</sup>; e
- não ter conhecimento dos elementos básicos do xadrez.

Após a indicação, foram apresentados aos alunos e seus respectivos responsáveis o Termo de Assentimento, o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e o Termos de Consentimento para Fotografias, Vídeos e Gravações. Após a concordância e assinatura dos termos, os alunos selecionados puderam seguir como participantes da pesquisa.

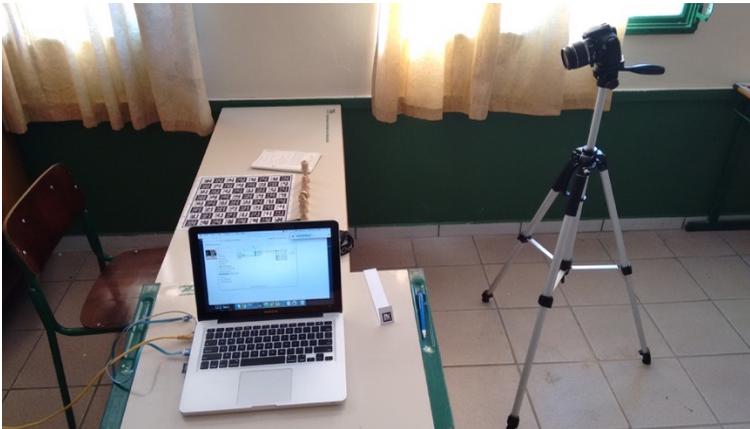
---

<sup>12</sup> De acordo com a classificação do MEC, disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/ensino-fundamental-de-nove-anos>>. Acesso em: 31 jul. 2016.

Foram realizados um total de 8 encontros com cada aluno, em uma sala reservada para a pesquisa, disponibilizada na própria escola. Os encontros foram realizados 2 vezes por semana ao longo de 4 semanas. A cada encontro os alunos eram tirados de aula individualmente durante o horário letivo para a realização das tarefas de pesquisa.

As atividades eram realizadas em sala reservada na qual haviam duas mesas, uma para os alunos e outra para o pesquisador. Sobre a mesa do aluno ficavam o tabuleiro e as peças. A frente dessa mesa uma câmera foi posicionada para registrar a todas as atividades realizadas pelos alunos. Disposta ao lado ficava a mesa do pesquisador, sobre a qual o computador utilizado para controlar as interações era colocado. Na figura 20 é possível ver a disposição da sala sob a perspectiva do pesquisador.

Figura 20 – Ambiente de coleta montado na escola EEB Rosinha Campos.



Fonte: autor

No primeiro encontro, cada aluno foi chamado individualmente para realizar os testes de proficiência, para garantir que não se enquadram nos critérios de exclusão. O teste realizado é composto de 3 tarefas, realizadas para cada uma das 6 peças do xadrez (peão, torre, cavalo, bispo, rainha e rei):

1. Identificar o nome da peça
2. Posicionar a peça no tabuleiro de acordo com sua posição inicial
3. Movimentar a peça

Caso a taxa de acerto nos testes fosse maior do que 70% o aluno seria excluído da pesquisa. No entanto, na realização dos testes, não houve nenhum aluno com taxa de acerto superior a 56%, portanto todos os 8 participantes indicados inicialmente seguiram até o fim. Para cada aluno a série de testes durou em torno de 5 minutos.

Do segundo ao sétimo encontro os alunos utilizaram o protótipo desenvolvido para aprender o conteúdo proposto (figura 21). O conteúdo e as tarefas propostas pelo protótipo foram a única fonte de conhecimento em xadrez com a qual os alunos tiveram contato durante o período de coletas.

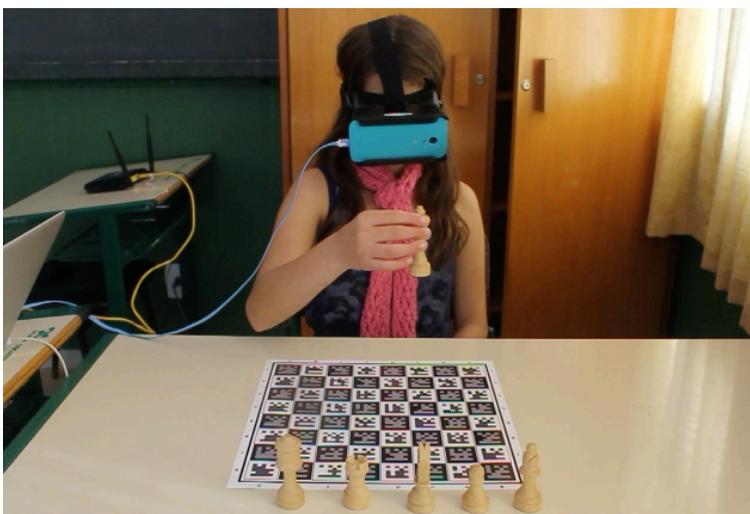
Durante o uso, cada aluno interagiu exclusivamente com o protótipo e o jogo de xadrez, sem interferência do pesquisador ou qualquer outro indivíduo, a não ser em casos em que, por algum motivo, o protótipo deixasse de funcionar da maneira devida. Vale lembrar que, em função das limitações técnicas já descritas na seção 3.3, a cada aula o aluno interagia com uma única peça (figura 22). Uma câmera colocada em frente ao participante monitorava seu comportamento em relação ao uso do dispositivo.

Figura 21 – Aluno aguarda a primeira instrução protótipo.



Fonte: autor

Figura 22 – Aluna apresentando o rei para a câmera durante a tarefa de reconhecimento da peça.



Fonte: autor

A sequência de aulas foi apresentada de acordo com o método progressivo, como descrito anteriormente na seção 3.1. Após cada aula, o aluno era submetido aos testes de proficiência relativos à peça apresentada. Cada encontro teve duração média próxima de 7 minutos, que incluem ajuste do equipamento, aula com o protótipo e teste de proficiência. Esse tempo é uma aproximação, apresentando variações de acordo com o conteúdo apresentado e o tempo de execução de cada aluno.

No oitavo e último encontro os testes de proficiência foram novamente realizados em sua completude, com o intuito de avaliar o aprendizado a longo prazo. Os dados de percentual de acerto em relação aos testes realizados no primeiro encontro foram coletados e pareados com os dados de percentual de acerto coletados após cada aula e após todo o processo para determinar se o processo teve efeito positivo, como esperado de acordo com a hipótese do trabalho de que a utilização de RA, em conjunto com a manipulação das peças físicas, é eficaz no ensino das regras de xadrez.

Ainda no oitavo encontro, em adição aos testes de proficiência regulares, um teste de posicionamento com todas as peças foi realizado para identificar se, apesar de nunca terem sido apresentados a mais de uma peça por vez no tabuleiro, os alunos teriam capacidade de juntar as informações que receberam separadamente (figura 23). Por fim, uma conversa informal foi realizada para identificar aspectos positivos e negativos da aprendizagem de xadrez através de RA de acordo com a perspectiva dos alunos.

Todo o processo descrito anteriormente foi registrado em vídeo. As imagens coletadas pelas filmagens foram utilizadas para compreender os possíveis problemas de usabilidade gerados pelo uso da interface de realidade aumentada em conjunto com o dispositivo HMD bem como proporcionar uma análise mais correta dos dados.

Figura 23 – Aluno realizando teste de posicionamento com todas as peças.



Fonte: autor

## 4.2 TRATAMENTO E ANÁLISE DE DADOS

Os dados aqui apresentados são resultado da coleta realizada com 8 alunos do 4º e 5º anos do ensino fundamental da Escola de Educação Básica Rosinha Campos, localizada em Florianópolis, SC, que faz parte da rede estadual de ensino. De acordo com dados do MEC (2015), em 2015, 12.396.532 alunos estavam matriculados nas redes estaduais e municipais de ensino no Brasil. Esse número não leva em consideração os alunos matriculados nas redes de ensino privado. Dentro desse contexto, a amostra utilizada é pequena e geograficamente restrita.

Outro fator a se considerar é o nível de aprendizado já apresentado pelos alunos fora do contexto da pesquisa. De acordo com o IDEB<sup>13</sup>, os índices apresentados pela

---

<sup>13</sup> Índice de Desenvolvimento da Educação Básica, utilizado pelo MEC para medir a qualidade educacional combinando informações de

EEB Rosinha Campos (tabela 5) ficaram no limite da meta projetada em 2009 e 2001 e bastante abaixo em 2013.

Tabela 5 – IDEB observado da Escola de Educação Básica Rosinha Campos em comparação às metas projetadas.

		Ideb Observado				
Brasil ↕		2005 ↕	2007 ↕	2009 ↕	2011 ↕	2013 ▼
EEB ROSINHA CAMPOS		3.3	3.2	4.3	4.7	4.1

Metas Projetadas							
2007 ↕	2009 ↕	2011 ↕	2013 ↕	2015 ↕	2017 ↕	2019 ↕	2021 ↕
3.4	3.7	4.1	4.4	4.7	5.0	5.3	5.6

Fonte: INEP (2015)

Já em relação às demais escolas de rede estadual, ela sistematicamente, desde 2005, teve resultados consideravelmente abaixo da média brasileira, que pode ser observada na tabela 6.

Tabela 6 – IDEB médio observado nos anos iniciais do Ensino Fundamental, em comparação às metas projetadas.

	IDEB Observado					Metas				
	2005	2007	2009	2011	2013	2007	2009	2011	2013	2021
<b>Total</b>	3.8	4.2	4.6	5.0	5.2	3.9	4.2	4.6	4.9	6.0
<b>Dependência Administrativa</b>										
<b>Estadual</b>	3.9	4.3	4.9	5.1	5.4	4.0	4.3	4.7	5.0	6.1
<b>Municipal</b>	3.4	4.0	4.4	4.7	4.9	3.5	3.8	4.2	4.5	5.7
<b>Privada</b>	5.9	6.0	6.4	6.5	6.7	6.0	6.3	6.6	6.8	7.5
<b>Pública</b>	3.6	4.0	4.4	4.7	4.9	3.6	4.0	4.4	4.7	5.8

Fonte: INEP (2015)

---

desempenho em exames padronizados e informações sobre rendimento escolar. (INEP, 2015)

Os resultados apresentados a seguir, portanto, não podem ser encarados como definitivos em relação ao objeto de pesquisa, dada a amostra reduzida e sua característica em relação à população. No entanto, servem como um direcionamento bastante confiável no que diz respeito à eficácia do uso da RA no ensino, mais especificamente no ensino de xadrez.

Considerando o escopo de avaliar a eficácia do uso da RA, em conjunto com a manipulação de peças físicas, como ferramenta de ensino das regras de xadrez, não foi utilizado grupo controle. Essa decisão foi motivada por não haver necessidade de avaliar se o uso da ferramenta é mais, ou menos, eficiente do que o método tradicional de ensino, mas apenas avaliar se é possível utilizá-la para esse fim com um grau de aprendizado aceitável.

O uso da RA como ferramenta de ensino de xadrez, foi considerado como variável independente, enquanto o percentual de acerto obtido pelos alunos foi considerado como variável dependente.

Para tanto, em um primeiro momento a análise foi segmentada em duas: a primeira relacionando os percentuais de acerto de cada aluno no teste de proficiência, denominado **acertos iniciais**, com os percentuais de acerto obtidos a partir dos testes realizados após cada aula, denominado **acertos a curto prazo**; a segunda relacionando os acertos iniciais com os acertos obtidos a partir dos testes realizados ao final do processo, denominado **acerto a longo prazo**.

Durante a fase de análise dos dados foi possível perceber que a definição de acerto para as questões de posicionamento e movimentação não era binária e, portanto, precisou ser melhor definida. Para tal foram criados dois conceitos diferentes de acerto:

- **Acerto simples:** é aquele em que o aluno, ao ser questionado sobre a posição inicial de uma peça, posiciona a peça em um lugar correto, mas não fornece informações sobre outras possibilidades de posicionamento daquela mesma peça ou, ao ser questionado sobre a movimentação de uma peça, responde executando uma movimentação válida, mas não sabe explicar ou dar outros exemplos;
- **Acerto completo:** é aquele em que o aluno, ao ser questionado sobre a posição inicial de uma peça, explica todas as possibilidades de posicionamento ou, ao ser questionado sobre a movimentação de uma peça, explica a dinâmica de movimentação daquela peça ou fornece exemplos suficientes para demonstrar as possibilidades.

Para facilitar o entendimento desses conceitos de acerto simples e completo é possível pegar o peão como exemplo. Caso, ao ser questionado sobre a posição inicial do peão, o aluno simplesmente posicione o peão em uma das casas da segunda linha, isso é considerado um acerto simples. Caso posicione o peão em uma das casas da segunda linha e explique que o peão pode ser posicionado em qualquer das casas da segunda linha, isso é considerado um acerto completo.

No caso das movimentações, caso o aluno tenha se prendido aos exemplos fornecidos pelo protótipo e não tenha sabido explicar ou executar outros exemplos de movimentação, isso é considerado um acerto simples.

A tabela 7 apresenta os percentuais de acerto dos alunos nas 3 fases de coleta de dados considerando o acerto simples.

Tabela 7 – Percentuais de acerto simples por aluno.

<b>Percentuais de Acerto Simples</b>			
<b>Aluno</b>	<b>Acertos iniciais (%)</b>	<b>Acertos a curto prazo (%)</b>	<b>Acertos a longo prazo (%)</b>
<b>#01</b>	55,6	100	77,8
<b>#02</b>	0	88,9	44,4
<b>#03</b>	11,1	100	83,3
<b>#04</b>	11,1	100	44,4
<b>#05</b>	5,6	100	33,3
<b>#06</b>	61,1	100	77,8
<b>#07</b>	0	94,4	66,7
<b>#08</b>	55,6	100	50
<b>Mediana</b>	<b>11,1</b>	<b>100</b>	<b>58,3</b>

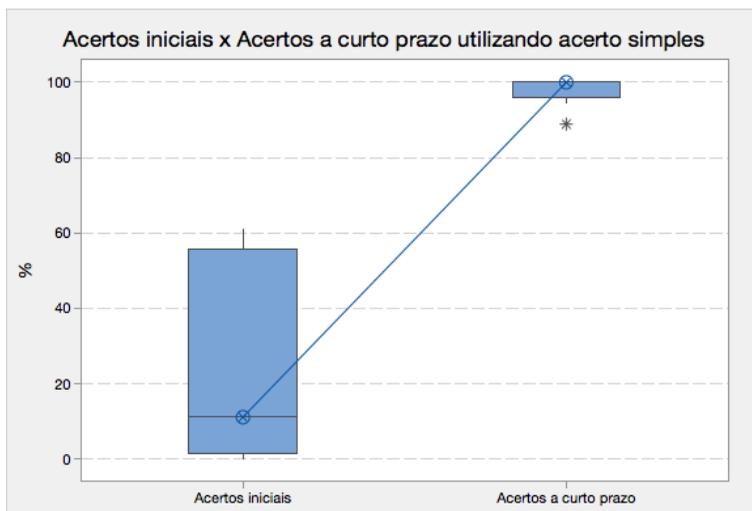
Fonte: autor

Utilizando como referência o percentual de acerto de 70% utilizado como critério de exclusão para determinar se um aluno já possuía conhecimento em xadrez, pode-se perceber que a curto prazo os alunos conseguiram obter resultados satisfatórios. Se considerarmos o acerto simples, todos os 8 alunos superaram a linha de corte em mais de 18% sendo que 6 dos 8 responderam à todas as perguntas corretamente.

Ao se visualizar comparativamente os percentuais obtidos inicialmente e a curto prazo, apresentados na figura 26, é possível perceber claramente a diferença de acerto entre essas duas etapas.

Porém, ao analisar os resultados considerando o acerto completo, apresentados na tabela 8, os números não são tão positivos. Percebe-se que apenas 3 dos 8 alunos superou a linha dos 70% de acerto.

Figura 26 – Acertos simples iniciais e a curto prazo.



Fonte: autor

Tabela 8 – Percentuais de acerto completo por aluno.

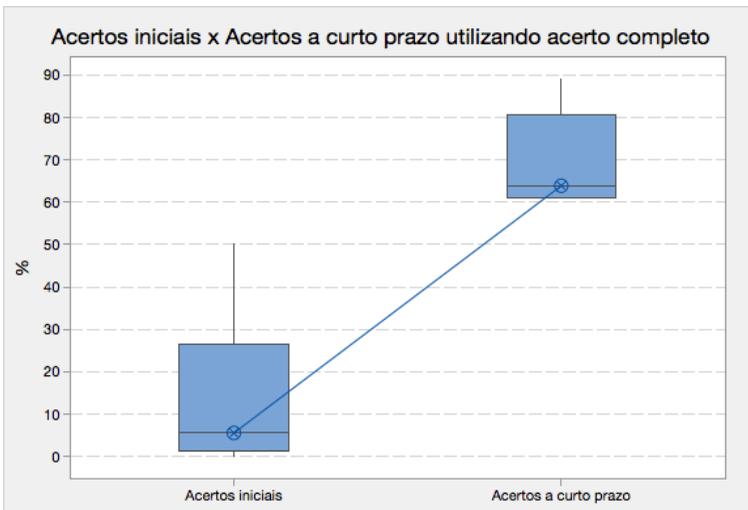
Aluno	Percentuais de Acerto Completo		
	Acertos iniciais (%)	Acertos a curto prazo (%)	Acertos a longo prazo (%)
#01	50	83,3	77,8
#02	0	61,1	27,8
#03	5,6	61,1	38,9
#04	5,6	88,9	38,9
#05	5,6	72,2	22,2
#06	22,2	61,1	44,4
#07	0	66,7	50
#08	27,8	61,1	33,3
<b>Mediana</b>	<b>5,6</b>	<b>63,9</b>	<b>38,9</b>

Fonte: autor

No entanto, se forem considerados os percentuais de acertos iniciais, é perceptível o ganho de conhecimento dos alunos. Enquanto a mediana inicial indica um percentual de acerto de 5,56%, a mediana de acerto a curto prazo indica um percentual de acerto de 63,89%, sendo que nenhum dos alunos ficou abaixo dos 60% de acerto.

A figura 27 mostra a comparação dos percentuais de acerto iniciais e a curto prazo levando em consideração o acerto completo. O aprendizado sobre xadrez entre essas duas etapas de avaliação fica evidenciado pelo fato do pior resultado da avaliação a curto prazo ser superior ao melhor resultado da avaliação inicial.

Figura 27 – Acertos completos iniciais e a curto prazo.



Fonte: autor

Para averiguar a confiabilidade dos resultados apresentados, foi realizado um teste de hipótese. Como a distribuição da amostra não segue distribuição normal, foi

utilizado o teste de Wilcoxon para dados pareados não paramétricos, com as seguintes hipóteses:

$H_0$  – Não houve aumento significativo no nível de conhecimento em xadrez após o uso da RA;

$H_1$  – Houve aumento significativo no nível de conhecimento em xadrez após o uso da RA.

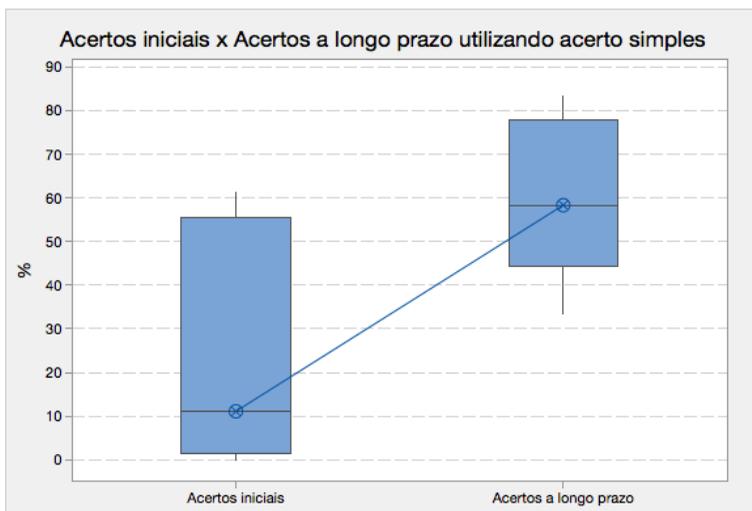
Em ambos os casos, acerto simples e completo, foi possível averiguar com nível de confiança acima de 95% que, a curto prazo, houve aumento significativo de conhecimento sobre xadrez, com *valor-p* < 0,001, portanto descartando-se a hipótese nula. Esse resultado demonstra que foi possível, através da RA, transmitir conceitos do xadrez e que esses conceitos foram absorvidos pelos alunos, caracterizando aprendizado.

No entanto, ao analisar os percentuais de acerto a longo prazo é possível perceber uma discrepância considerável no que diz respeito à retenção desses conceitos. Apenas 3 dos 8 dos alunos manteve um percentual de acerto acima dos 70% quando consideramos acertos simples (figura 28). Se considerarmos acertos completos, apenas 1 aluno manteve o percentual de acerto acima dos 70%, sendo considerado um valor discrepante, como é possível visualizar na figura 29.

Apesar disso, ainda houve aprendizado em relação ao percentual de acerto inicial, porém com menor nível de significância considerando acertos simples, onde *valor-p* < 0,02. O nível de significância para acertos completos se manteve com *valor-p* < 0,001.

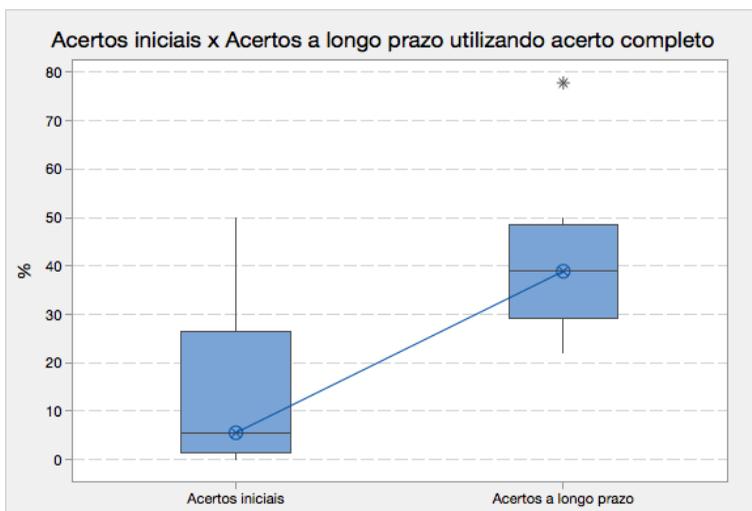
Dada essa diferença no percentual de acerto a longo prazo, cabe segmentar os resultados obtidos para os testes realizados para as 3 tarefas avaliadas, de acordo com a metodologia proposta: identificar o nome da peça, posicionar a peça no tabuleiro de acordo com sua posição inicial e movimentar a peça.

Figura 28 – Acertos simples iniciais e a longo prazo.



Fonte: autor

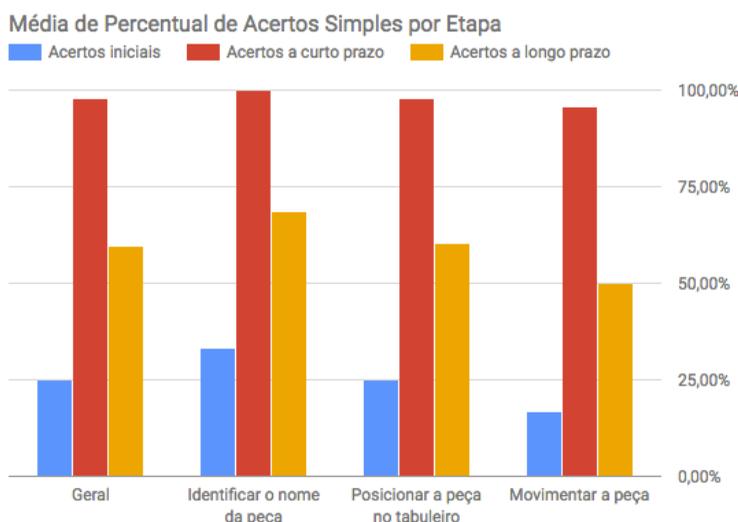
Figura 29 – Acertos completos iniciais e a longo prazo.



Fonte: autor

Ao se analisar as médias de percentual de acertos obtidos segmentando-os nos testes dessas 3 tarefas, não se verifica uma grande discrepância quando se utiliza como critério os acertos simples (figura 30). Os nomes das peças foram os mais acertados, seguidos pelos posicionamentos e por último as movimentações, com uma diferença de menos de 20% entre o maior e o menor.

Figura 30 – Gráfico com a média de percentual de acertos simples distribuídos por etapas.



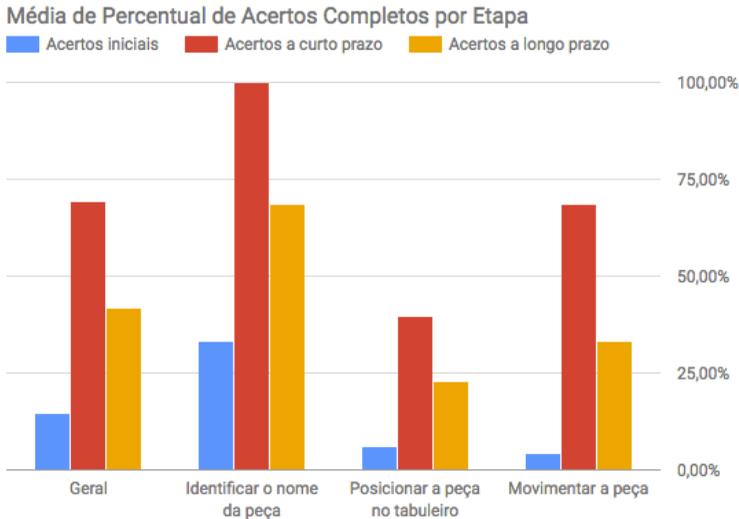
Fonte: autor

Já se forem analisados os resultados dos mesmos testes considerando os acertos completos (figura 31) fica clara a diferença de acertos entre as 3 tarefas. Nesse caso, o menor percentual de acerto é no teste de posicionamento, porém o teste de movimentação continua a ser a que apresenta, em média, maior defasagem entre a avaliação de curto e longo prazo. No teste de identificação dos nomes das peças os alunos apresentaram, em média, uma queda

80

de 31% no índice de acerto, enquanto tiveram uma queda de 41% no teste de posicionamento e 52% no teste de movimentação.

Figura 31 – Gráfico com a média de percentual de acertos simples distribuídos por etapas.



Fonte: autor

Dada essa constatação, cabe uma análise mais detalhada desses pontos. Os dados de percentual de acerto de posicionamento são apresentados na tabela 9, enquanto os de movimentação se encontram na tabela 10.

Ao submeter os resultados da avaliação da tarefa de movimentação ao teste de hipótese, utilizando os mesmos parâmetros adotados anteriormente, verifica-se que apesar do percentual de aprendizagem ser baixo, ele ainda é significativo para a tarefa de movimentação das peças (figura 32), com um *valor-p* < 0,05.

Tabela 9 – Percentuais de acerto completo iniciais e a longo prazo relativos aos testes de posicionamento.

<b>Percentuais de Acerto Completo</b>		
<b>Aluno</b>	<b>Acertos de posicionamento iniciais (%)</b>	<b>Acertos de posicionamento a longo prazo (%)</b>
<b>#01</b>	50	100
<b>#02</b>	0	0
<b>#03</b>	0	0
<b>#04</b>	0	0
<b>#05</b>	0	0
<b>#06</b>	0	16,7
<b>#07</b>	0	66,7
<b>#08</b>	0	0
<b>Mediana</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

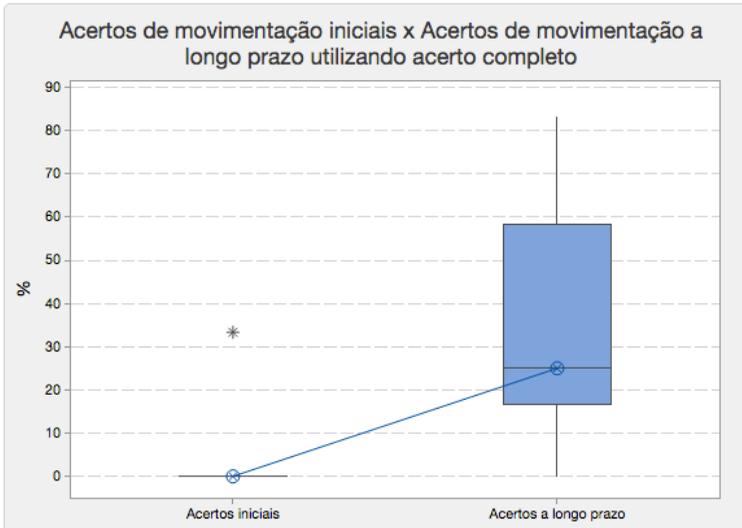
Fonte: autor

Tabela 10 – Percentuais de acerto completo iniciais e a longo prazo relativos aos testes de movimentação.

<b>Percentuais de Acerto Completo</b>		
<b>Aluno</b>	<b>Acertos de movimentação iniciais (%)</b>	<b>Acertos de movimentação a longo prazo (%)</b>
<b>#01</b>	33,3	66,7
<b>#02</b>	0	16,7
<b>#03</b>	0	33,3
<b>#04</b>	0	83,3
<b>#05</b>	0	16,7
<b>#06</b>	0	16,7
<b>#07</b>	0	33,3
<b>#08</b>	0	0
<b>Mediana</b>	<b>0</b>	<b>25</b>

Fonte: autor

Figura 32 – Acertos completos de movimentação iniciais e a longo prazo.

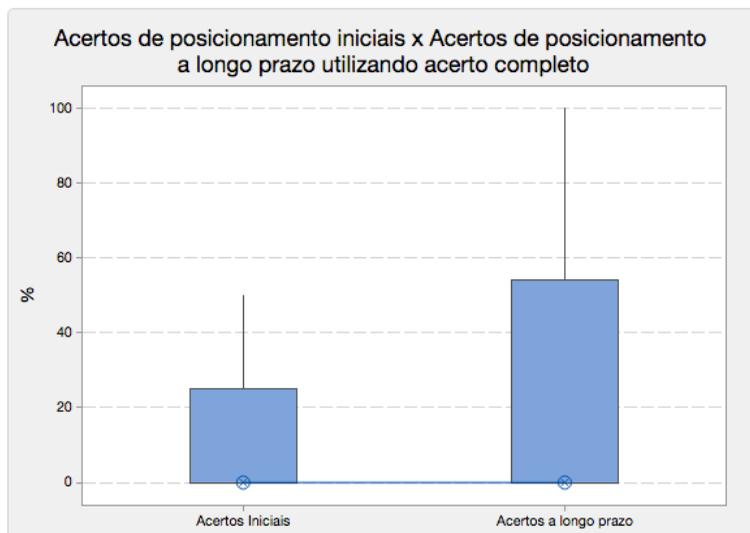


Fonte: autor

O mesmo não pode ser dito da tarefa de posicionamento. Se forem analisados os resultados obtidos (figura 33) percebe-se que, em relação ao posicionamento das peças, considerando o acerto completo, não é possível afirmar que houve aprendizado.

No entanto, como mencionado anteriormente na seção 4.1, ao final dos testes realizados com cada peça, um teste de posicionamento com todas as peças juntas foi realizado para identificar se, apesar de nunca terem sido apresentados a mais de uma peça por vez no tabuleiro, os alunos teriam capacidade de juntar as informações que receberam separadamente.

Figura 33 – Acertos completos de posicionamento iniciais e a longo prazo.



Fonte: autor

Embora nunca tivessem sido apresentados ao tabuleiro com todas as peças os alunos obtiveram resultados significativamente melhores do que quando foram avaliados utilizando as peças separadamente, como é possível perceber ao analisar os dados apresentados na tabela 11.

Para calcular o percentual de acerto nessa etapa de avaliação não se levou em consideração cada peça unitariamente, mas cada tipo de peça, de acordo com os mesmos critérios de acerto completo utilizados até então. Ou seja, caso o aluno tenha colocado uma peça no lugar correto, mas outra peça do mesmo tipo no local errado, isso é considerado um erro.

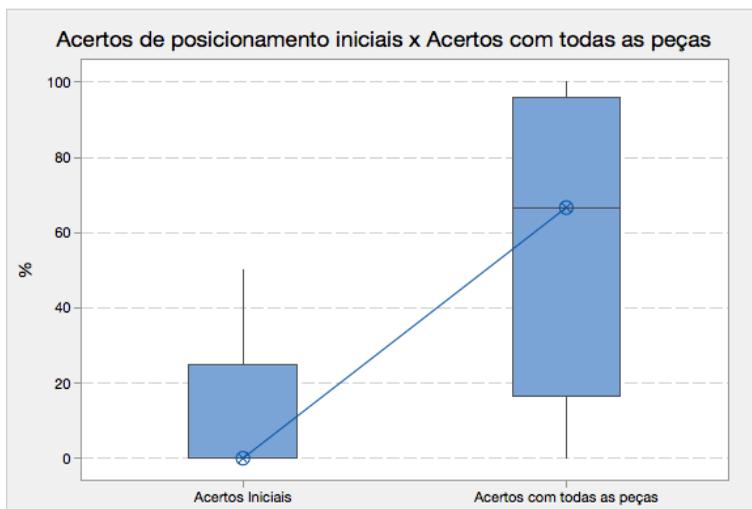
Tabela 11 – Percentuais de acerto de posicionamento incluindo teste com todas as peças.

Percentuais de Acerto de Posicionamento				
Aluno	Completo Iniciais (%)	Simple a longo prazo (%)	Completo a longo prazo (%)	Todas as peças (%)
#01	50	100	100	100,00
#02	0	50	0	16,67
#03	0	100	0	100,00
#04	0	16,67	0	16,67
#05	0	16,67	0	0
#06	0	66,67	16,67	66,67
#07	0	100	66,67	66,67
#08	0	33,33	0	83,33
<b>Mediana</b>	<b>0</b>	<b>58,33</b>	<b>0</b>	<b>66,67</b>

Fonte: autor

Se compararmos os percentuais de acerto obtidos utilizando todas as peças com os acertos iniciais, como mostra a figura 34, é possível visualizar o ganho no aprendizado, mesmo a longo prazo. Submetendo esses resultados ao teste de hipótese, utilizando os mesmos parâmetros adotados anteriormente, verificamos que o aumento no nível de conhecimento em relação ao posicionamento é significativo, com um *valor-p* < 0,001.

Figura 34 – Acertos de posicionamento iniciais e com todas as peças.



Fonte: autor

Assim, é possível perceber que os valores dos percentuais de acerto com todas as peças (tabela 11 – quinta coluna), para o teste de posicionamento a longo prazo, se aproximam mais dos resultados obtidos considerando os percentuais de acerto simples (tabela 11 – terceira coluna) do que considerando os percentuais de acerto completo (tabela 11 – quarta coluna).

Para averiguar essa proximidade percebida nos resultados, esses foram submetidos a um teste de hipótese no qual:

$H_0$  – Não há diferença entre os percentuais de acerto de posicionamento simples a longo prazo e com todas as peças;

$H_1$  – Há diferença entre os percentuais de acerto de posicionamento simples a longo prazo e com todas as peças.

O resultado do teste de hipótese, com *valor- $p > 0,75$* , impede que a hipótese nula seja descartada nesse caso, confirmando a semelhança entre os percentuais de acerto simples a longo prazo e os percentuais de acerto com todas as peças. Esse resultado sugere que utilizar o percentual de acerto completo como parâmetro de aprendizado pode não refletir o aprendizado real obtido pelos alunos, mas uma dificuldade de compreensão e/ou comunicação por parte dos alunos ao responder aos questionamentos na forma como foram feitos pelo pesquisador.

#### 4.3 ATITUDE DOS ALUNOS EM RELAÇÃO AO USO E PROBLEMAS PERCEBIDOS

Durante todo o processo de coleta de dados e de uso do protótipo foi possível observar alguns aspectos do uso da RA enquanto ferramenta de ensino, que são apresentados ao longo dessa subseção. Esses aspectos observados dizem respeito não só ao comportamento dos alunos, mas também a benefícios e problemas gerados pelo uso da ferramenta. Desses, alguns dizem respeito à natureza da própria RA, enquanto outros são de natureza técnica ligados à forma como o protótipo foi desenvolvido. É importante que esses aspectos, tanto positivos quanto negativos, sejam ressaltados para que sejam considerados em pesquisas futuras que envolvam essa ferramenta.

De modo geral, os alunos envolvidos mostraram interesse pela participação na pesquisa, e se mostraram bastante empolgados com o uso da ferramenta. Talvez pelo fato dessa pesquisa ter sido realizada em uma escola da rede de ensino pública municipal, onde os recursos não costumam ser abundantes e o contato com novas tecnologias é escasso, foi possível perceber que a empolgação dos alunos participantes contagiou outros

alunos ao ponto de alguns desses pedirem pessoalmente para participar da pesquisa. Entretanto, devido ao tempo disponível e aos critérios de seleção isso não foi possível.

O que isso demonstra, no entanto, é a pré-disposição desses alunos a aprender através de uma nova ferramenta. De acordo com Wojciechowski & Cellary (2013) essa atitude em relação ao uso é parte importante no processo de aprendizado através de uma ferramenta como a RA. Quando participam ativamente do processo os alunos aumentam sua compreensão e retenção do conhecimento.

Durante as aulas foi possível perceber que os alunos permaneciam atentos às instruções dadas pelo protótipo. Como mostrado anteriormente, a interface apresentava poucos componentes gráficos, sendo esses sempre contextualizados com as instruções contidas em áudio. Não é possível afirmar se isso ocorreu em função da novidade da tecnologia ou pelo simples fato de que, no momento em que utiliza o dispositivo de RA o aluno passa a estar completamente imerso e concentrado naquele ambiente. Independente da razão, o alto nível de atenção dos alunos foi perceptível durante todas as aulas.

Uma das vantagens de as aulas terem sido distribuídas ao longo de 8 encontros foi perceber a evolução dos alunos em relação ao uso da nova tecnologia, o que provavelmente teria se perdido em uma coleta única. Na primeira aula alguns alunos demoraram a se habituar com a noção espacial alterada, gerada pela imagem da câmera projetada nos óculos, esbarrando nas peças. Em um caso mais de uma vez. A partir do segundo uso esse comportamento não voltou a se repetir.

Nos primeiros encontros, ainda desabituaados com a RA, alguns dos alunos demonstraram certa dificuldade em seguir as instruções, cometendo pequenos erros ou demorando para responder às instruções com medo de errar. Com o passar das aulas foi possível verificar que as

instruções passaram a ser executadas com mais segurança.

Vale aqui ressaltar alguns aspectos técnicos desse primeiro contato dos alunos com a ferramenta. Desde o primeiro contato os alunos foram apresentados diretamente com as informações e instruções sobre xadrez, sem qualquer treinamento prévio quanto ao uso da ferramenta em si. Portanto, como no uso de qualquer software é natural que as primeiras instruções tenham gerado dúvidas.

Um outro aspecto técnico importante de ser elencado é em relação ao feedback. Todos os feedbacks positivos da aplicação eram bastante rápidos, levando menos de um segundo após a execução da tarefa, e por associarem informações visuais e auditivas fizeram com que os alunos que executaram as primeiras ações corretamente logo adquirissem mais confiança. No entanto, por questões técnicas, os feedbacks negativos eram mais lentos – levavam até 15 segundos, no caso do posicionamento –, o que em caso de erro acabou deixando os alunos confusos. Isso ocorreu principalmente porque ao executar uma tarefa, mesmo que de maneira errada, o aluno tem uma noção de que a completou. No entanto, a demora para receber a resposta dá a sensação de que a tarefa está incompleta.

Em alguns casos em que isso ocorreu, os alunos ficavam confusos e não reagiam, o que acabava dando tempo para o feedback. Já em outros eles tentavam corrigir a ação e um erro acabava gerando outro, o que por vezes necessitou da intervenção do pesquisador para retomar a tarefa de um ponto coerente. Infelizmente, dentro do escopo e tempo dessa pesquisa não foi possível prever que o protótipo lidasse com situações complexas de erro. Porém fica claro que esse é um aspecto crítico no uso de um Sistema Tutorial Inteligente como a RA, que torna inviável seu uso fora de um ambiente controlado caso não seja tratado.

Como já mencionado, com o passar das aulas os alunos se habituaram com o equipamento e passaram a seguir as instruções com mais segurança e menos erros. Alguns, no entanto, passaram a executar as ações antes do final da instrução auditiva, já que a indicação visual das instruções era mostrada simultaneamente.

Não há indicações de que esse comportamento tenha afetado os resultados. No entanto vale salientar que, diferente de uma interface em um ambiente completamente virtual, ao usar uma interação que mistura aspectos físicos e virtuais, não é possível bloquear uma ação do usuário, já que as peças físicas estão disponíveis para serem manipuladas a qualquer momento. Essa é portanto mais uma das características a serem levadas em consideração ao projetar um ambiente de aprendizagem utilizando RA.

Ao se deparar com uma situação não prevista, o sistema deve ser capaz de se recuperar a um estado controlado, alertando o usuário e o instruindo de forma clara para que ele mesmo possa reconstruir esse estado de controle. Essa é uma preocupação comum no desenvolvimento de qualquer software. No entanto, ao tratar de um sistema completamente virtual, muitas vezes o próprio sistema sabe se recuperar e retornar ao estado estável. Em um ambiente de interação mista, o sistema depende que o usuário entenda claramente o que está errado e possa executar os devidos ajustes. Isso ficou claro durante a coleta de dados, onde, por vezes a interferência do pesquisador foi necessária.

Como já mencionado, após cada aula os alunos foram submetidos a uma nova avaliação, correspondente apenas à peça vista naquele encontro. Logo nas primeiras duas aulas foi possível perceber que em grande parte as respostas dos alunos estavam muito fixadas aos exemplos apresentados. Apesar dos conceitos serem explicados através da narração, os exemplos visuais eram pontuais,

fazendo com que a maior parte dos alunos respondessem literalmente de acordo com os exemplos.

Esse é um problema que diz mais respeito à metodologia de ensino aplicada do que ao uso da tecnologia como ferramenta de ensino. No entanto, essa percepção foi importante para remodelar a forma como os dados coletados foram tratados, como será apresentado na subseção seguinte. Os dados de acertos e erros deixaram de ser tratados apenas como binários e passaram a levar em consideração a compreensão e abstração das informações.

Apesar de não ter sido possível abordar dinâmicas mais complexas de jogo em função do protótipo ser tecnicamente limitado, a partir desse primeiro contato proporcionado pelo uso da RA alguns alunos demonstraram interesse em se aprofundar, levantando questionamentos sobre regras do xadrez não abordadas durante as aulas.

Um dos alunos, por exemplo perguntou como as peças do adversário são capturadas, enquanto outro questionou o que acontece quando uma peça chega ao final do tabuleiro. Nenhuma dessas dinâmicas de jogo foram trazidas nas aulas, mas essa curiosidade em aprender mais reafirma o interesse despertado pelo uso da RA no ensino do xadrez.

Outra dinâmica interessante percebida pela interação dos alunos com a RA ocorreu durante a aula onde o cavalo foi apresentado (figura 24). Por ser uma peça com movimentação bastante única, a apresentação do primeiro exemplo de movimento foi feita de forma incremental, com o sistema acompanhando o aluno casa a casa.

O aspecto interessante dessa interação é que durante a apresentação o sistema pedia que o aluno contasse as casas, enquanto a narração acompanhava a contagem. Apesar de não haver qualquer conferência do sistema para saber se o aluno estava de fato contando

junto, a maioria contou em voz alta e ao serem solicitados a fazer o movimento mais uma vez, mas contando sozinhos, novamente contaram em voz alta. Um exemplo dessa interação pode ser visto no vídeo disponibilizado em: <<https://www.youtube.com/watch?v=Dj1r654Diml>>.

Esse exemplo de interação reforça o aspecto imersivo da RA, que a torna uma ferramenta de ensino muito amigável e intuitiva e que, se bem desenvolvida e aplicada, pode proporcionar ao usuário uma experiência bastante natural.

Figura 24 – Aluno contando as casas enquanto executa o movimento do cavalo de acordo com as instruções do protótipo.



Fonte: autor. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=Dj1r654Diml>>.

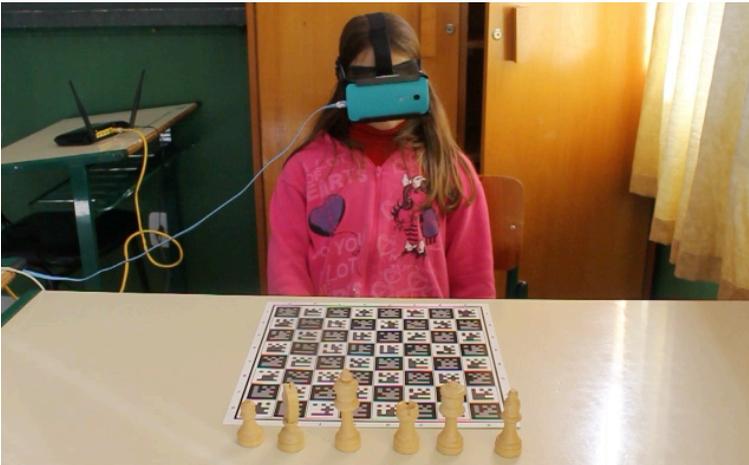
Apesar dos vários aspectos positivos ressaltados, é necessário elencar também os problemas que comprometeram de alguma forma a experiência dos alunos ao utilizar o protótipo desenvolvido. Vale lembrar que os

problemas apresentados a seguir não são necessariamente intrínsecos da RA. Em geral esses problemas estão mais ligados ao protótipo e os equipamentos utilizados para confeccioná-lo.

Como já mencionado anteriormente, o dispositivo HMD utilizado no protótipo é composto de um suporte com lentes no qual um aparelho smartphone é anexado. Ao colocá-lo sobre o rosto a câmera fica a aproximadamente 10cm de distância, o que causa uma alteração no ponto de vista a que o usuário está naturalmente acostumado.

Em virtude desse deslocamento, somado à diminuição do campo visual que o dispositivo proporciona, 2 entre os 8 alunos precisaram recuar de sua posição natural na cadeira para poder visualizar o tabuleiro por completo (figura 25). Em consequência disso, ambos tiveram mais dificuldade do que os demais participantes em posicionar as peças mais ao fundo do tabuleiro.

Figura 25 – Aluna sentada em posição recuada para visualizar todo o tabuleiro.



Em uma das aulas, um dos participantes reportou que ao utilizar o dispositivo, a imagem ficava duplicada, precisando fechar um dos olhos para conseguir realizar a tarefa. Nenhum dos outros alunos teve o mesmo problema, no entanto, em virtude do pequeno tamanho da amostra não é possível atestar a frequência com que esse tipo de problema pode ocorrer. Em outra situação, as lentes dos óculos ficaram embaçadas, mas bastou limpá-las para resolver o problema.

Outros dois problemas, percebidos com certa frequência, tem relação com a projeção das instruções sobre o tabuleiro. O primeiro, pontuado no primeiro encontro por um dos alunos, foi o atraso na projeção das casas ao movimentar a cabeça, causado pela limitação na capacidade de processamento do dispositivo utilizado. Tendo em vista se tratar de um protótipo, é natural que esse tipo de comportamento não esteja completamente refinado. Felizmente, de acordo com o próprio aluno, esse comportamento não compromete o entendimento do conteúdo apresentado.

O segundo problema ocorrido em relação à questão das projeções foi o não aparecimento das mesmas em alguns momentos em que eram necessárias. Como a projeção visual das instruções depende do reconhecimento das casas do tabuleiro, caso a casa deixe de ser reconhecida, a projeção deixa de ser mostrada. Foram identificados dois motivos causadores desse problema. O primeiro acontecia quando os próprios alunos se apoiavam sobre o tabuleiro e acabavam tampando a casa que precisava ser reconhecida pelo sistema. Nesses casos o pesquisador intervia e pedia que o aluno removesse o braço que estava sobre o tabuleiro. O segundo motivo é a condição de iluminação. Esse foi reportado por um dos participantes apenas uma vez. Na ocasião foi necessário

pausar a execução da aula e modificar as condições de luz ambiente, em seguida retomando a aula do início.

Apesar de ter ocorrido apenas uma vez, esse segundo fator vale ser pontuado, já que, dependendo da escolha da tecnologia utilizada para RA, pode ser crítico.

Em relação à interface gráfica, ao compararmos os relatos obtidos nas sessões de pré-teste em comparação com os relatos dos alunos na fase de coleta foi possível perceber que a simplicidade da interface final colaborou com a clareza das informações passadas. A remoção dos elementos textuais presentes nas primeiras versões da interface e a utilização de elementos visuais restritos ao contexto espaço-temporal em que eram necessários tornaram a experiência com a RA muito intuitiva, transmitindo o conhecimento necessário sem ruídos.

A única ressalva à escolha feita é em relação à apresentação de termos específicos. Em duas situações participantes absorveram informações parcialmente erradas. Um dos alunos entendeu a palavra “pinhão” ao invés de “peão” e outro trocou o nome do “bispo” por “bisto”. Em ambos os casos o problema poderia ter sido evitado caso o termo correto tivesse sido apresentado textualmente na tela junto à imagem de cada peça.

Os problemas relatados ao longo dessa subseção tiveram como intuito principal servir de referência para o desenvolvimento futuro de outras aplicações de RA voltadas ao ensino. Apesar da existência dos mesmos, os alunos conseguiram utilizar o sistema de maneira autônoma e, em geral, sem interferência do pesquisador.

## 5 CONCLUSÕES

O xadrez é um jogo que estimula o desenvolvimento de habilidades cognitivas e expertises em diversas áreas do conhecimento e, por esse motivo, existem iniciativas de inseri-lo nas escolas, apresentadas na subseção 2.2 desse trabalho. Porém, a falta de instrutores qualificados ainda é uma grande barreira, como aponta Aguiar (2007).

Para suprir essa carência, o autor sugere o uso de Sistemas Tutores Inteligentes (STI). Nesse contexto a RA se apresenta como uma possibilidade tecnológica para o desenvolvimento desse tipo de sistema, já que, por se utilizar de interações mistas, que combinam interfaces virtuais com a manipulação de objetos físicos, possui o potencial de fixação da memória através das ações motoras, de acordo com Bujack et al. (2013). A partir do estudo de métodos de ensino existentes, apresentados na subseção 2.2.1, foi elaborado um método próprio para o ensino de xadrez utilizando RA.

Para definir se o uso da RA é eficaz no processo de ensino do xadrez foi necessário desenvolver um protótipo funcional baseado no método proposta, que foi utilizado com 8 alunos do 4º e 5º anos do ensino fundamental.

Por questões técnicas justificadas ao longo do trabalho nem todas as etapas previstas pelo método foram atendidas. Ainda assim, os resultados obtidos demonstram que os alunos conseguiram obtiveram conhecimento a partir da utilização do protótipo, o que dá indícios da eficácia do uso da RA para o ensino de xadrez. Em virtude do tamanho da amostra e demais limitações do trabalho não é possível afirmar, no entanto, que esse seja um resultado definitivo.

Embora, ao final da pesquisa, nem todos os alunos tenham atingido o nível esperado de absorção do conhecimento, esse é um fator mais ligado à retenção do

que à transmissão do mesmo, já que a curto prazo os alunos se aproximaram do índice de acerto esperado de 70%.

Em cada uma das 6 aulas os alunos foram expostos a aproximadamente 3 a 4 minutos, de conteúdo e tarefas acompanhadas, sobre as respectivas peças do xadrez. Ao total, cada aluno foi exposto a cerca de pouco mais de 20 minutos de ensino utilizando RA, o que corresponde ao tempo de meia aula no ensino tradicional. Ao mesmo tempo em que esse dado aponta para uma possível indicação de eficiência no uso da RA, ele também indica que existe espaço para incrementar as atividades realizadas, tanto em qualidade quanto em quantidade, a fim de melhorar tanto a absorção quanto a retenção do conhecimento.

Do ponto de vista das interações, os resultados reiteram as constatações de estudos anteriores quanto ao uso de objetos físicos associados à interface digital. Os alunos não tiveram dificuldades para se adaptar à interface e conseguiram executar as tarefas propostas pela aplicação sem nenhuma instrução prévia de como utilizá-la, mantendo o foco no conteúdo apresentado.

A maturidade da tecnologia, no entanto, ainda é uma barreira para que a RA seja popularizada como ferramenta de ensino dentro das escolas. Ao desenvolver o protótipo para essa pesquisa foi possível perceber que ainda existem barreiras, que dizem respeito principalmente às ferramentas disponíveis e ao conhecimento técnico necessário para criar um conteúdo interativo nesse nível.

Nesse ponto, trabalhos que possibilitem a criação desse tipo de conteúdo interativo pelo próprio professor podem colaborar para popularização da RA no ensino, não só de xadrez, mas em diversas disciplinas. O modelo desenvolvido ao longo da elaboração do protótipo e utilizado para criar as aulas aplicadas nessa pesquisa poderia ser aprimorado e disponibilizado para que outras

variações de aulas fossem criadas, dadas as capacidades básicas da aplicação – reconhecimento, posicionamento e movimentação das peças.

Os dados adquiridos são bastante ricos e apontam fatores – apresentados na subseção 4.3 – que influenciaram os resultados, mas que podem ser melhorados. Esses dados permitem desdobramentos para estudos relacionados que incluem não só o aumento da amostra utilizada, mas também o aprimoramento do protótipo desenvolvido.

Os resultados sugerem que visualizar o contexto de posicionamento tendo todas as peças à disposição aumenta a noção de relação entre elas e ajuda no posicionamento por associação. A falta da aula inicial prevista no método de ensino proposto por Furtado (2015) parece ter sido prejudicial. Nessa aula todas as peças seriam apresentadas simultaneamente indicando suas posições no tabuleiro e dando noção para os alunos de como é a montagem inicial do jogo com todas as peças.

Ao analisar individualmente as respostas dadas pelos alunos, essa deficiência de entendimento mais geral é evidenciada. Dos 8 alunos, 2 ocuparam mais do que 2 linhas ao posicionar todas as peças e 1 se recusou a responder por que não tinha noção de como as peças deveriam ser posicionadas juntas.

A falta do jogo simulado, também prevista no método de ensino proposto e também ausente do protótipo por motivos técnicos, possivelmente traria melhoria no aprendizado, principalmente das movimentações. Apesar da narração durante as aulas explicar as movimentações da maneira mais completa possível, em suas respostas os alunos parecem ter se prendido aos exemplos executados durante as mesmas. A etapa de jogo simulado ajudaria a reforçar os movimentos das peças tanto por aumentar o

número de repetições quanto por corrigir movimentos errados executados pelos alunos durante as simulações.

Em resumo, a análise dos resultados indica que as etapas da metodologia proposta que não foram incluídas no protótipo influenciaram negativamente os resultados e, portanto, poderiam ser incluídas em estudos futuros.

Uma vez obtida uma aplicação mais consistente em termos de aprendizagem através da RA, é possível não apenas analisar a ferramenta em comparação ao ensino tradicional, mas também expandir seu uso para outras disciplinas além do xadrez.

## 6 REFERÊNCIAS

Aguiar, F. et al. **“Ferramentas e Métodos para Apoiar o Ensino de Xadrez na Fronteira entre os Fundamentos e a Perícia.”** Congresso da SBC, 27. Anais... Rio de Janeiro, 2007. p. 380-387.

Arth, C. et al. **“The History of Mobile Augmented Reality.”** Graz University of Technology, v. 1, abril 2015.

ARToolkit. **“History.”** Disponível em: <<http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/documentation/history.htm>>. Acesso em: 26 nov. 2015.

\_\_\_\_\_. **“About ARToolKit.”** Disponível em: <<http://artoolkit.org/about-artoolkit>>. Acesso em: 26 nov. 2015.

AugmentedReality.org. **“Smart Glasses Market Report 2015.”** Disponível em: <<http://www.augmentedreality.org/#!smartglassesreport/c88h>>. Acesso em: 29 mar. 2015.

Azuma, R. T. **“A survey of augmented reality.”** Teleoperators and virtual environments, v. 6, n. 4, p.355-385, 1997.

Barfield, W.; Caudell, T. **“Fundamental of Wearable Computers and Augmented Reality.”** Laurence Erlbaum Associates, Mahwah, New Jersey, 2001.

Belizaria, C. **“Mestre do xadrez visita projetos do Ministério do Esporte”**. Disponível em: <<http://www2.esporte.gov.br/ascominternet/ascom/noticiaDetalhe.jsp?idnoticia=2667>>. Acesso em: 24 nov. 2015.

BMW. “**BMW Augmented Reality in practice.**” Vídeo (2min38s). Disponível em: < [http://www.bmw.com/com/en/owners/service/augmented\\_reality\\_workshop\\_1.html](http://www.bmw.com/com/en/owners/service/augmented_reality_workshop_1.html)>. Acesso em: 30 nov. 2014.

Bujack, K. R. et al. “**A psychological perspective on augmented reality in the mathematics classroom.**” *Computer & Education*, v. 68, p. 536-544, 2014.

Cai, S.; Wang, X.; Chiang, F. “**A case study of Augmented Reality simulation system application in a chemistry course.**” *Computers in Human Behavior*, v. 37, p. 31–40, 2014.

Catecati, T. et al. “**Mixed Prototyping in the Evaluation of human-Product Interaction: Issues and Solutions.**” 3rd Int. Conf. on Integration of Design, Engineering & Management for Innovation, set. 2013

Caudell. T. P.; Mizell, D. W. “**Augmented Reality: An Application of Heads-Up Display Technology to Manual Manufacturing Processes.**” *Proceedings, IEEE Hawaii International Conference on Systems Sciences, Kauai*, IEEE, p. 659-669, jan. 1992.

Cheng, K.-H.; Tsai, C.-C. “**Affordances of augmented reality in science learning: suggestions for future research.**” *Journal of Science Education and Technology*. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1007/s10956-012-9405-9>> Acesso em: 29 mar. 2015.

Di Serio, Á.; Ibáñez, M. B.; Kloos, C. D. “**Impact of an augmented reality system on students’ motivation for a visual art course.**” *Computers & Education*, v. 68, p. 586–596, 2013.

Faust, F. et al. **“Aplicações da Realidade Aumentada no Processo de Desenvolvimento de Produto.”** XXXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Bento Gonçalves, Brasil, out. 2012.

Feiner, S.; MacIntyre, B.; Seligmann, D. **“Knowledge-based Augmented Reality.”** Communications of the ACM, v. 36, p. 52-62, jul. 1993.

Feiner, S. **“Augmented Reality: A New Way of Seeing.”** Scientific American, p. 52-62, abril 2002.

Ferguson, R. **“Chess in Education Research Summary: A Review of Key Chess Research Studies.”** Chess in Education A Wise Move Conference. Borough of Manhattan Community College, New York, 1995.

Fiala, M. **“Designing Highly Reliable Fiducial Markers,”** in: IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 32, p. 1317-1324, jul. 2010.

FIDE. **“World Chess Federation – FIDE.”** Disponível em: <<http://www.fide.com/>>. Acesso em: 29 nov. 2014.

Furtado, L. F.; Cinelli, M. J.; Santos, F. A. **“Proposta De Método Auto-Instrucional De Ensino De Xadrez Para Alunos De Ensino Fundamental Utilizando Realidade Aumentada.”** Fourth International Conference on Integration of Design, Engineering and Management for innovation, Florianópolis, Brazil, out. 2015.

Google. **“Google Glass.”** Disponível em: <<http://www.google.com/glass/>>. Acesso em: 01 dez. 2014.

Goulart, E.; Frei, F. **“O Ensino de Xadrez para Crianças das 3ª e 4ª Séries do Ensino Fundamental.”** Disponível

102

em:

<<http://www.unesp.br/prograd/PDFNE2004/artigos/eixo10/oeninodexadrex.pdf>>. Acesso em: 18 nov. 2014.

Henderson, S.J.; Feiner, S. “**Evaluating the benefits of augmented reality for task localization in maintenance of an armored personnel carrier turret.**” 8th IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality. p.135-144, 2009.

Henderson, S.J.; Feiner, S. “**Augmented Reality in the Psychomotor Phase of a Procedural Task.**” 10th IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality. p.191-200, 2011.

Ibáñez, M. B. “**Experimenting with electromagnetism using augmented reality: Impact on flow student experience and educational effectiveness.**” Computers & Education, v. 71, fev. 2014.

Klopfer, E. “**Augmented learning: Research and Design of Mobile Educational Games.**” Cambridge, MA: MIT Press, 2008.

Kulaç, O. “**Kulac Teacher Guide.**” Disponível em: <<http://cis.fide.com/en/reports/91-teaching-materials>>. Acesso em: 29 nov. 2014.

Lasker, E. “**Lasker's Manual of Chess.**” New York, NY: Dover Publications, 1947.

Martin-Gutierrez, J.; Navarro, R. E.; Gonzalez, M. A. “**Mixed reality for development of spatial skills of first-year engineering students.**” Frontiers in Education Conference (FIE), 2011.

Meireles, F. S. “**26ª Pesquisa Anual do Uso de TI.**” São Paulo, SP: FGV. Disponível em: <[http://eaesp.fgvsp.br/sites/eaesp.fgvsp.br/files/arquivos/pe\\_sti-gvcia2015ppt.pdf](http://eaesp.fgvsp.br/sites/eaesp.fgvsp.br/files/arquivos/pe_sti-gvcia2015ppt.pdf)>. Acesso em: 29 nov. 2015.

Meta. “**Meta – Augmented Reality.**” Disponível em: <<https://www.getameta.com>>. Acesso em: 24 nov. 2015.

Microsoft. “**HoloLens.**” Disponível em: <<https://www.microsoft.com/microsoft-hololens/en-us/>>. Acesso em: 26 nov. 2015.

Milgram, P.; Kishino, F. “**A Taxonomy Of Mixed Reality Visual Displays.**” IEICE Transactions on Information Systems, v. E77-D, No.12, dez. 1994.

Ministério da Educação. “**Ensino Fundamental de Nove Anos.**” Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/ensino-fundamental-de-nove-anos>>. Acesso em: 31 jul. 2016.

\_\_\_\_\_. “**Nota Técnica: Índice de Desenvolvimento da Educação Básica – Ideb.**” Disponível em: <[http://download.inep.gov.br/educacao\\_basica/portal\\_ideb/o\\_que\\_e\\_o\\_ideb/Nota\\_Tecnica\\_n1\\_concepcaoIDEB.pdf](http://download.inep.gov.br/educacao_basica/portal_ideb/o_que_e_o_ideb/Nota_Tecnica_n1_concepcaoIDEB.pdf)>. Acesso em: 31jul. 2016.

\_\_\_\_\_. “**PORTARIA Nº 984, de 1º de outubro de 2015.**” Disponível em: <<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=16&data=05/10/2015>>. Acesso em: 10 ago. 2016.

Ministério do Esporte. “**Cartilha Xadrez nas Escolas.**” 2003. Disponível em:

<<http://portal.esporte.gov.br/arquivos/snee/cartilhaXadrez.pdf>>. Acesso em: 29 mar. 2015.

Myers, K. “**How to Teach Your Kids the Basics of Chess.**” 2013. Disponível em: <<http://www.kenneymyers.com/blog/how-to-teach-your-kids-the-basics-of-chess/>>. Acesso em: 18 nov. 2014.

Norman, D. “**The Design of Everyday Things: Revised and Expanded Edition.**” New York, NY: Basic Books, 2013.

NyARToolkit. “**NyARToolkit Project.**” Disponível em: <<http://nyatla.jp/nyartoolkit>>. Acessado em: 31 de julho de 2016.

Cuendet, S. et al. “**Designing augmented reality for the classroom.**” *Computers and Education*, v. 68, p. 557-569, 2013.

Roepke, G. A. et al. “**Implementação da Realidade Aumentada na Avaliação da Usabilidade em Produtos Eletrônicos.**” II Conferência Internacional de Design, Engenharia e Gestão para a inovação. Florianópolis, SC, out. 2012.

Samsung. “**Samsung Gear VR.**” Disponível em: <<http://www.samsung.com/pt/gear-vr/>>. Acesso em: 31 jul. 2016.

Silva, W. “**Jogos Pré-Enxadristicos.**” Centro de Excelência em Xadrez. Disponível em: <[http://www.cex.org.br/html/ensino/Apostilas/pdf/jogos\\_pre\\_enxadristicos.pdf](http://www.cex.org.br/html/ensino/Apostilas/pdf/jogos_pre_enxadristicos.pdf)>. Acesso em: 18 nov. 2014.

Starner, T.; Mann, S. "**Wearable Computing and Augmented Reality.**" M.I.T. Media Lab Vision and Modeling Group Technical Report No. 355, nov. 1995.

Sutherland, I. E. "**A Head-Mounted Three Dimensional Display,**" Proc. Fall Joint Computer Conf, Los Alamitos, CA: IEEE CS Press, p. 757-764, 1968.

Vuforia. "**Vuforia Developer Portal.**" Disponível em: <<https://developer.vuforia.com/downloads/sdk>>. Acesso em: 31 nov. 2015.

Wojciechowski, R., Cellary, W. "**Evaluation of learners' attitude toward learning in ARIES augmented reality environments**". Computer & Education, v. 68, p. 570-585, 2013.

## **APÊNDICE A – PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE**

Foram escolhidas, a princípio 4 bibliotecas de desenvolvimento para serem analisadas: ARToolkit, Vuforia, Kudan e Wikitude. Por ser focada em rastreamento baseado em imagens complexas e não em objetos ou marcadores, a biblioteca Wikitude foi deixada como última opção e não chegou a ser analisada tecnicamente, já que se chegou a um resultado satisfatório com outra solução.

Já a biblioteca Kudan, basicamente adiciona uma camada de abstração à Vuforia, melhorando algumas de suas funcionalidades, mas que na essência são as mesmas. Tendo isso em vista, optou-se por testar a biblioteca Vuforia, que fornece mais ferramentas de desenvolvimento, uma melhor documentação e mais suporte aos desenvolvedores.

As próximas seções detalham o decorrer dos testes e as justificativas técnicas até chegar à versão final do protótipo.

### **PRIMEIROS TESTES UTILIZANDO A BIBLIOTECA VUFORIA**

A primeira escolha para o desenvolvimento foi utilizar a biblioteca Vuforia, que possui capacidade de detecção tanto de imagens em duas dimensões quanto de objetos em 3 dimensões. Considerando o escopo proposto pelo método a ser implementado, a ideia inicial era detectar o tabuleiro através da funcionalidade de detecção de imagem, enquanto as peças seriam detectadas através da funcionalidade de detecção de objetos.

A biblioteca é bastante eficiente em detectar imagens complexas, que possuam bastante detalhes, arestas, contraste e assimetria, como as imagens fornecidas como

exemplo pelos próprios desenvolvedores da biblioteca (figura A1). Através dessas características o algoritmo de detecção consegue identificar uma imagem e definir sua posição dentro de um contexto mesmo que um grande percentual dela esteja oculta. Dependendo da complexidade da imagem é possível detectá-la mesmo que menos da metade da imagem esteja visível para a câmera.

Figura A1 – Imagens de exemplo da biblioteca Vuforia.



Fonte: Vuforia (2015)

Para avaliar a qualidade da imagem para o algoritmo de detecção é possível utilizar uma ferramenta disponível

gratuitamente no site da Vuforia. Essa ferramenta avalia a complexidade da imagem e apresenta uma nota de 0 a 5, na qual 0 representa uma imagem muito simples para ser detectada, enquanto 5 representa uma imagem ideal.

Ao submeter para a avaliação da ferramenta foi possível perceber que a imagem do tabuleiro de xadrez não apresenta complexidade suficiente para ser detectada pelo algoritmo, tendo obtido nota 0, com mostra o item “chess\_board” na figura A2. Para reduzir a simetria um novo teste foi realizado com apenas parte do tabuleiro. Apesar do desempenho ter sido ligeiramente melhor, como mostra o item “Xalingo” da mesma figura, ao testar a imagem em uma aplicação percebeu-se que o desempenho de uma imagem com nota 1 não era suficiente para manter uma detecção estável, mesmo quando toda a imagem estava visível.

Por último, para fins de comparação e constatação da eficiência real do algoritmo de detecção, uma imagem com nível de complexidade maior, mas que não fosse uma das imagens de exemplo da própria biblioteca foi enviada. Como é possível verificar na figura A2, a imagem “Animatona” obteve nota 5 e, de fato, se mostrou estável nos testes de detecção realizados.

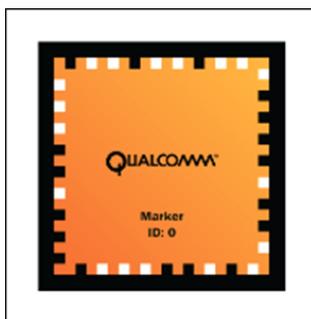
Figura A2 – Imagens de exemplo da biblioteca Vuforia.

<input type="checkbox"/>	Target Name	Type	Rating
<input type="checkbox"/>	 Xalingo	Single Image	★☆☆☆☆
<input type="checkbox"/>	 Animatona	Single Image	★★★★★
<input type="checkbox"/>	 chess_board	Single Image	☆☆☆☆☆

Fonte: Vuforia (2015)

Dada essa condição, foi necessário encontrar um meio de tornar a imagem do tabuleiro mais complexa para melhorar sua detecção. Para isso foram utilizados diversos marcadores do tipo *FrameMarkers*, uma espécie de código de barras em 2 dimensões (figura A3), com valores diferentes, dispostos nas casas pretas do tabuleiro. Algumas das casas foram deixadas sem marcador para aumentar a assimetria da imagem.

Figura A3 – Vuforia FrameMarker.

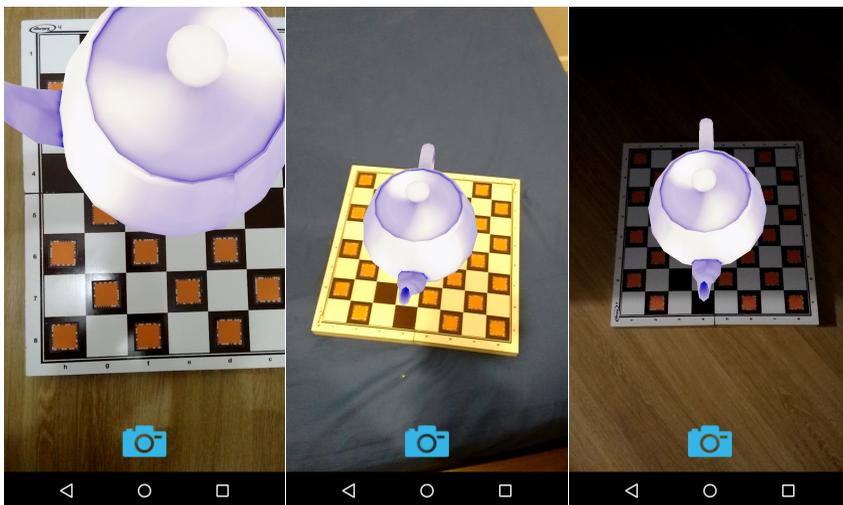


Fonte: Vuforia (2015)

Apesar da precisão do posicionamento da projeção em 3 dimensões não ter ficado milimetricamente alinhada com a imagem da câmera, essa opção se mostrou bastante satisfatória em termos de estabilidade da captura. Como é possível ver na figura A4 o reconhecimento do tabuleiro se manteve estável em diferentes situações de luminosidade, ângulo e até mesmo com porções do tabuleiro escondidos da captura.

Já que, apesar de faltarem refinamentos, a captura do tabuleiro se mostrou viável utilizando a biblioteca, o próximo desafio foi testar a captura das peças.

Figura A4 – Testes de captura do tabuleiro com FrameMarkers.

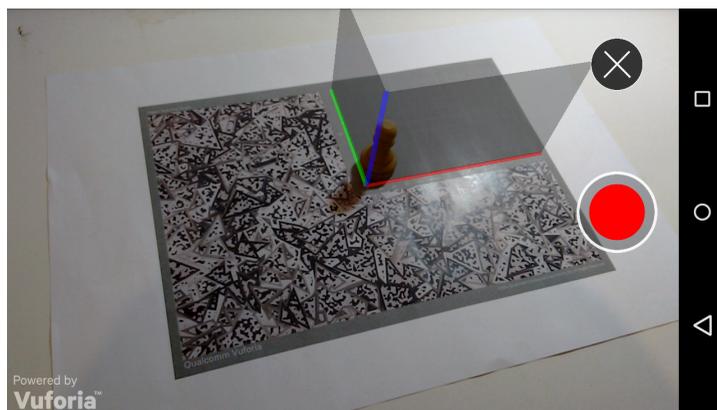


Fonte: autor

Como mencionado anteriormente, a biblioteca Vuforia possui uma funcionalidade de detecção de objetos em 3 dimensões. Para isso a biblioteca fornece uma imagem que funciona como um gabarito sobre a qual a peça a ser detectada deve ser posicionada. O escaneamento é feito através de um aplicativo de smartphone próprio, também fornecido pela biblioteca.

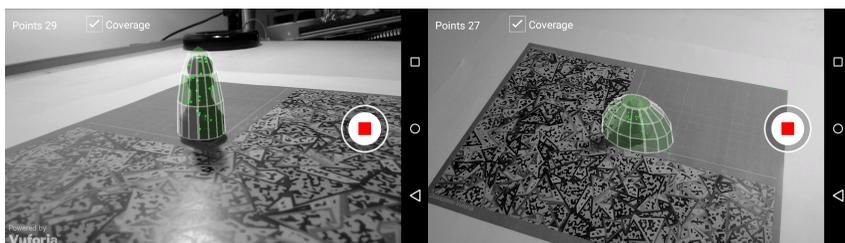
Uma vez que o aplicativo detecte o gabarito (figura A5) a peça deve ser posicionada sobre o mesmo. Para iniciar o processo de captura da peça é necessário circundar a peça utilizando a câmera do smartphone. O aplicativo, então, cria uma grade em forma de domo (figura A6), indicando os ângulos de captura que já foram detectados e os que ainda precisam ser.

Figura A5: Peça posicionada sobre o gabarito.



Fonte: autor

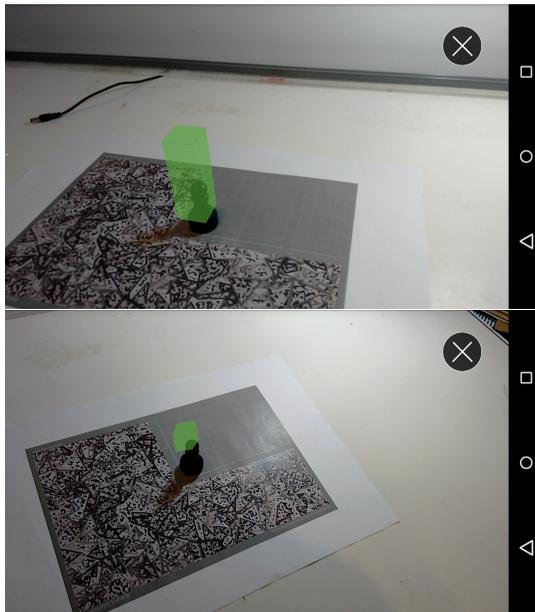
Figura A6 – Captura das peças.



Fonte: autor

Ao fim desse processo é possível testar a qualidade da detecção através do mesmo aplicativo (figura A7). Um peão preto e um branco foram submetidos a esse processo. Em ambos os casos foi possível perceber um resultado de captura muito instável, mesmo quando a peça se mantinha sobre o gabarito de detecção.

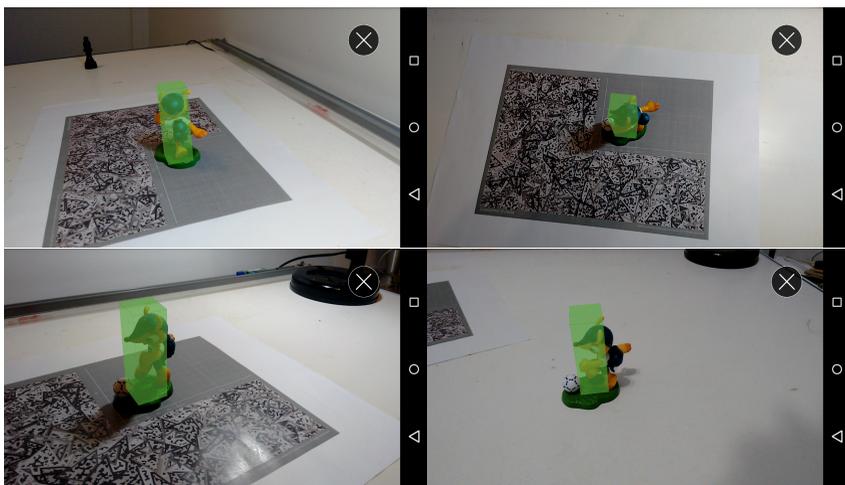
Figura A7 – Captura das peças.



Fonte: autor

A exemplo dos testes com captura de imagem, um segundo teste de controle foi realizado com uma peça diferente para medir a eficiência da ferramenta de escaneamento e detecção. Como mostra a figura A8, a detecção da peça de controle, por possuir muito mais detalhes, contraste e assimetria – as mesmas características necessárias para a captura de imagens em 2 dimensões – se demonstrou estável mesmo quando fora do gabarito.

Figura A8 – Captura da peça de controle.



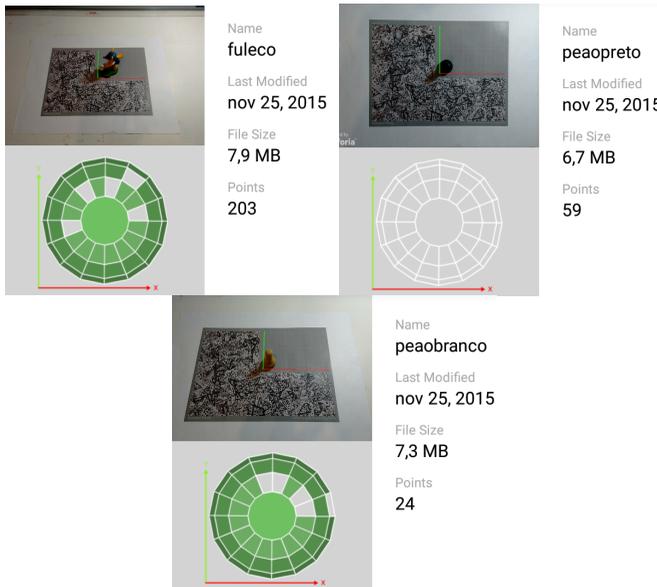
Fonte: autor

Ao fim do processo de captura o aplicativo de escaneamento cria um arquivo que gera uma pequena análise da captura realizada. Através da visualização dessa análise (figura A9) é possível compreender a diferença de estabilidade de detecção de cada peça. Enquanto a peça de controle gerou 203 pontos de interesse, o peão preto gerou apenas 59 e o branco apenas 24.

Para tentar remediar esse fator, foi realizada uma tentativa de adicionar uma textura mais característica às peças (figura A10). No entanto, além de não haverem ganhos no processo de escaneamento, aplicar exatamente a mesma textura em peças do mesmo tipo seria bastante difícil. Além disso, em poucos minutos de uso com apenas

uma peça o sistema passava a se tornar gradativamente mais lento. Considerando que o escopo inicial compreendia a manipulação de várias peças por um certo período de tempo, isso tornaria esse processo inviável. Por esses fatores esse método foi descartado.

Figura A9 – Análise da captura das peças.



Fonte: autor

Figura A10 – Tentativa de adicionar textura às peças.

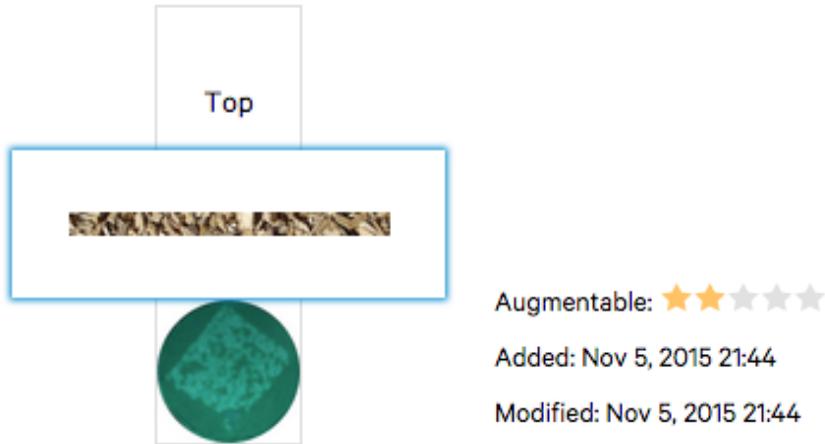


Fonte: autor

Uma segunda alternativa foi utilizar escaneamento por cilindros, uma outra funcionalidade da biblioteca Vuforia. A ideia foi utilizar a base das peças como o cilindro a ser detectado.

Essa opção logo foi descartada. O primeiro fator foi a baixa nota obtida nos testes de avaliação de escaneamento (figura A11), principalmente em virtude da base da peça representar um área muito pequena ser detectada. O segundo foi o fato de que, justamente por ficar na base, uma peça comprometeria a visibilidade das outras à sua frente.

Figura A11 – Avaliação de marcador por escaneamento cilíndrico.



Fonte: autor

A terceira tentativa para a detecção de peças foi utilizar marcadores fiduciais, que adicionam um elemento visual que não se encontra no ambiente natural, mas que em contrapartida facilita o processo de detecção.

## UTILIZANDO MARCADORES FIDUCIAIS

De acordo com a definição de Fiala (2010)

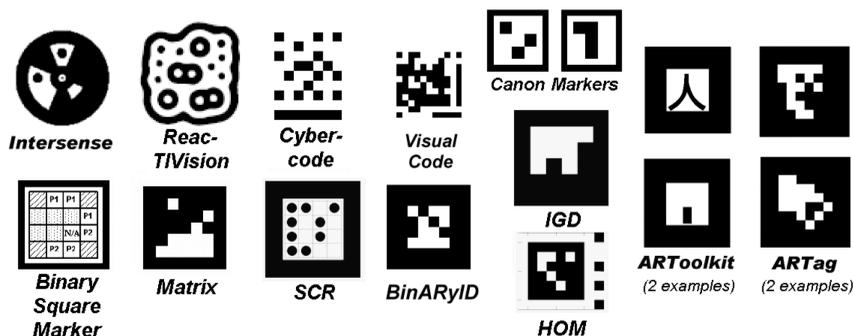
“marcadores fiduciais são pontos de referência artificiais adicionados a uma cena para facilitar a localização de pontos de correspondência entre a imagens, ou entre imagens e um modelo conhecido.”

Em uma definição mais geral, um marcador fiducial pode ser qualquer imagem ou objeto, o qual se tem conhecimento das dimensões, e que, uma vez colocado em uma cena, auxiliam um sistema de detecção de imagem a ter contexto do ambiente.

Quando trazemos para o contexto das aplicações de RA, é comum utilizarmos como marcadores imagens simples e com alto contraste. Um marcador fiducial simples

é menos custoso de detectar em termos de processamento e por esse motivo consegue ser mais rápido, estável e preciso do que outras formas de rastreamento.

Figura A12 – Diferentes marcadores fiduciais utilizados em RA.



Fonte: Fiala (2010)

Existe uma gama de opções de marcadores diferentes (figura A12), com diferentes aplicações e algoritmos de reconhecimento. Em virtude da grande popularização da biblioteca ARToolkit no início dos anos 2000, marcadores quadrados com bordas grossas, como os utilizados por essa biblioteca acabaram se tornando também os mais comuns.

Durante o processo de desenvolvimento do protótipo, 4 tipos de marcadores foram testados, como mostra a figura A13. O primeiro foi o Vuforia *FrameMarker*, já apresentado anteriormente. Apesar de seu uso ter sido bem sucedido na detecção do tabuleiro, a aplicação em escala reduzida sobre as peças (figura A14) não conseguiu apresentar uma detecção e rastreamento estáveis, devido principalmente ao tamanho dos pontos utilizados para identificar o marcador, o que dificultava a captura pela câmera.

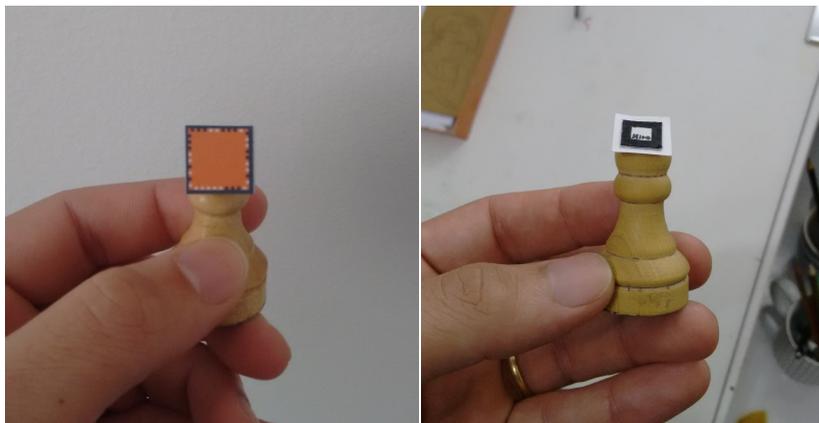
Figura A13 – ARToolkit Marker, ARToolkit 2D Barcode e NyID Marker.



Fontes: ARToolKit (2015), NyARToolKit (2015)

A seguir, testes com a biblioteca ARToolkit foram conduzidos para verificar a eficiência da detecção utilizando *ARToolkit Markers* (figura A14). Da mesma maneira que no teste anterior, o marcador foi posicionado em diagonal, no topo da peça, para favorecer o ângulo de detecção da câmera a partir do ponto de vista do usuário.

Figura A14 – Aplicação de marcadores fiduciais sobre as peças.

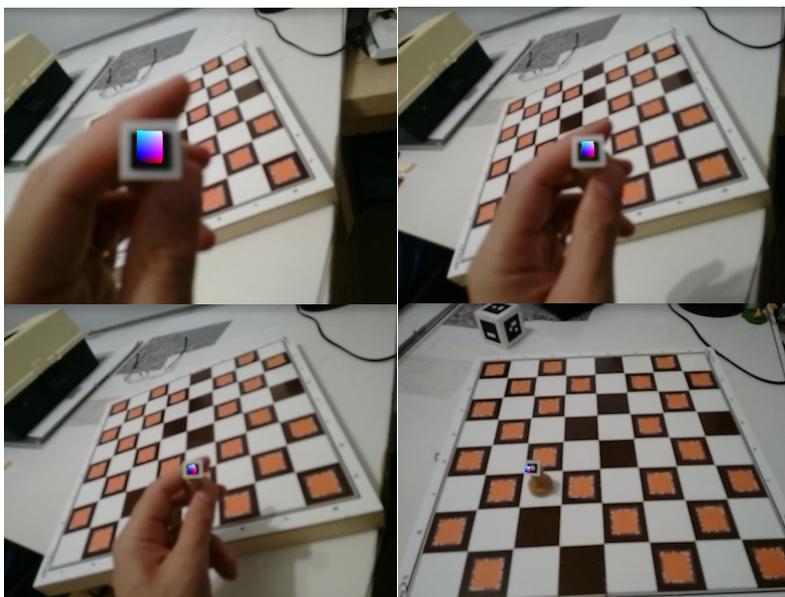


Fonte:autor

Foi possível verificar que a qualidade e a estabilidade do rastreamento, utilizando a biblioteca ARToolkit em conjunto com o ARToolkit Marker, foi bastante satisfatória. Mesmo bastante distante da câmera ainda foi possível para a biblioteca manter o rastreamento do marcador, como mostra a figura A15.

Ao ampliarmos a última imagem da figura A15, como mostra a figura A16, é possível perceber que quando a distância é muito grande ocorre um leve erro de precisão na posição marcador, mas que princípio pôde ser ignorado, já que a área ocupada pelo marcador é suficientemente menor que o tamanho da casa para que esse erro pudesse ser um problema.

Figura A15 – Teste de distância entre marcador e câmera enquanto mantém rastreamento.



Fonte:autor

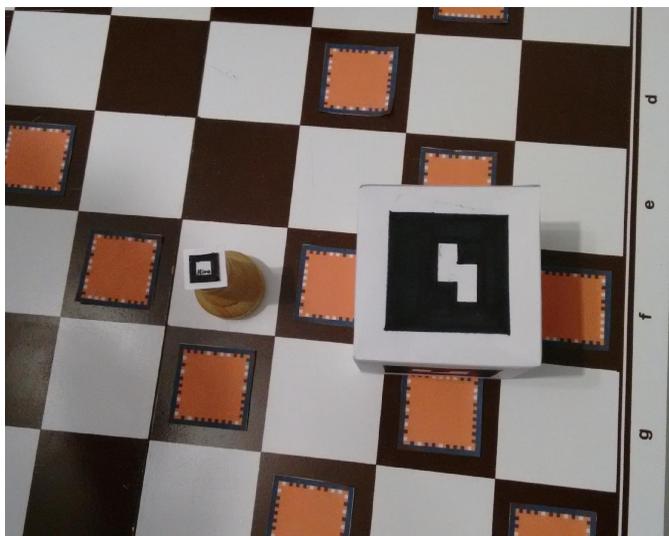
Figura A16 – Imagem ampliada do teste de distância.



Fonte:autor

No entanto, devido à forma como o algoritmo da ARToolkit processa os marcadores, é difícil definir uma variação suficiente de marcadores que contemplasse todas as peças sem que o algoritmo acabasse se confundindo entre os marcadores. Para solucionar esse problema foi testada a utilização de *ARToolkit 2D Barcodes*. Porém, mesmo utilizando os marcadores em uma escala maior (figura A17), o algoritmo, às vezes confundia as peças.

Figura A17 – ARToolkit 2D Barcode lado a lado com ARToolkit Marker.



Fonte:autor

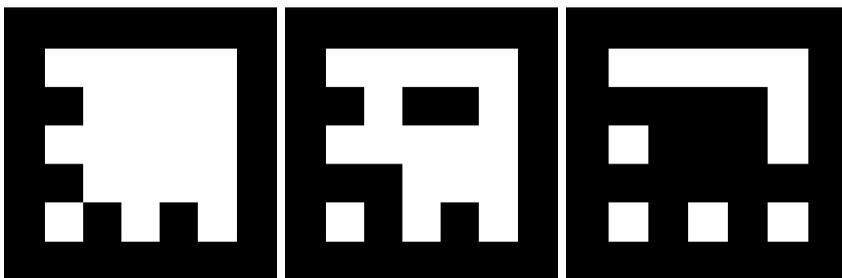
Em virtude do cenário que se apresentou, uma nova biblioteca de RA, que não havia sido levantada anteriormente, mas que acabou sendo descoberta durante o desenvolvimento, foi testada, a *NyARToolkit*. A *NyARToolkit*, basicamente utiliza a própria *ARToolkit* como base e adiciona ou melhora algumas funcionalidades da biblioteca original. Entre essas funcionalidades está a capacidade de detecção de um outro tipo de marcador, o *NyID Marker*, já apresentado na figura A13.

O *NyID Marker* se diferencia do *ARToolkit 2D Barcode* primeiramente pela largura da moldura do marcador, permitindo que, com um mesmo tamanho de marcador se tenha uma área de detecção maior, já que é o interior da moldura que é analisado pelo algoritmo de rastreamento. Isso aumenta ainda mais a precisão do rastreamento. O *NyID Marker* também apresenta, assim como o *ARToolkit 2D Barcode*, também apresenta um número limitado de combinações, onde cada combinação

representa um valor numérico, porém como o arranjo interno de cada um é diferente, o número de combinações do *NyID Marker* é inferior, chegando ao máximo de 512 marcadores diferentes, o que é um valor mais do que suficiente dentro do contexto.

Cada *NyID Marker* é identificado por um número pré-definido (figura A18), dessa forma não é preciso treinar o algoritmo com cada marcador a ser utilizado, basta definir um número para cada uma das peças a ser detectada.

Figura A18 – Em ordem NyID Marker 1, 70 e 512.



Fonte: NyARToolkit (2015)

Da mesma forma como nos testes realizados anteriormente, o marcador foi posicionado em diagonal no topo de cada peça, como mostra a figura A19.

Figura A19 – NyID Marker posicionado sobre o peão.



Fonte: autor

## REFAZENDO O TABULEIRO

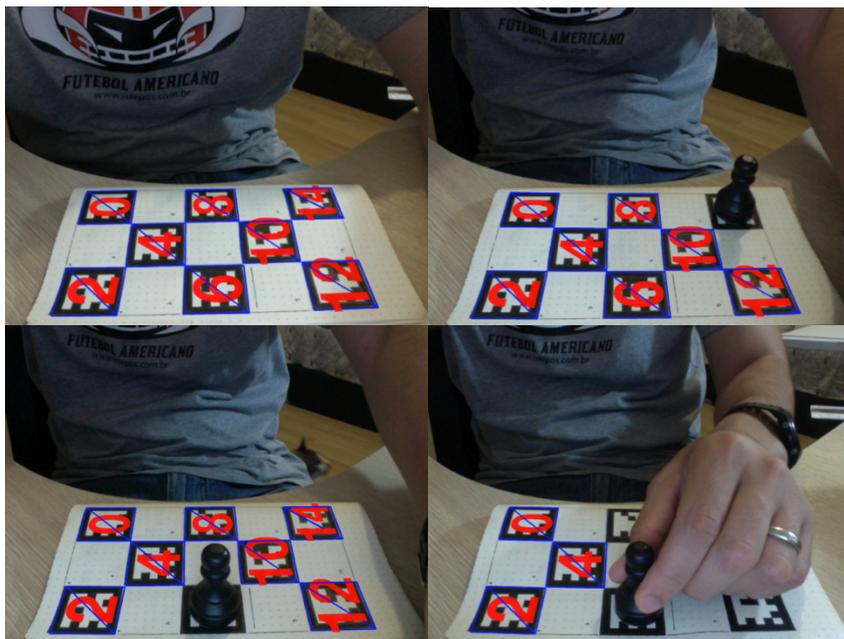
Durante os primeiros testes, já descritos anteriormente, foram observadas situações que forçaram uma mudança na forma final do protótipo e que influenciaram, principalmente a dinâmica utilizada para o rastreamento do tabuleiro e, por consequência, a dinâmica de funcionamento da aplicação como um todo.

A primeira motivação para a mudança foi a troca da biblioteca utilizada inicialmente. Seria bastante inviável, tecnicamente falando, mesclar os algoritmos das duas bibliotecas em uma mesma aplicação. Por isso tentou-se, em um primeiro momento, utilizar a biblioteca NyARToolkit tanto para a detecção das peças quanto do tabuleiro. Como essa biblioteca não possui as mesmas funcionalidades de detecção de imagens disponível na biblioteca Vuforia, foi necessário uma solução utilizando *NyID Markers* para cada casa.

A ideia inicial, antes dos primeiros testes com a biblioteca Vuforia serem executados, era detectar a posição

de cada peça em relação à posição do tabuleiro e, com essas informações, calcular em que casa cada peça se encontra. A informação da posição das casas também era importante para que a aplicação pudesse passar as instruções para o usuário. Com o uso de *NyID Markers* para a detecção do tabuleiro, essa informação passou a ser tratada casa a casa (figura A19). Basicamente, cada vez que uma peça está sobre uma casa, o marcador deixa de ser detectado e é possível saber que algo está sobre ela.

Figura A19 – Testes de tabuleiro com NyID Markers.



Fonte: autor

Como é possível perceber na figura A19, a detecção das casas utilizando esse método é bastante precisa, porém exige que o marcador inteiro esteja visível. Isso causa um problema em relação ao rastreamento, já que

não é possível controlar o ângulo em que o jogador se mantém olhando para o tabuleiro, uma vez que utilizando o HMD o usuário tem total mobilidade durante a execução das tarefas. Mesmo considerando um usuário adulto, que é mais alto e portanto tem uma visão mais superior do tabuleiro, é inevitável que casas do tabuleiro que não estejam de fato ocupadas sejam parcialmente oclusas pelas peças, como é possível perceber a terceira imagem da figura A19.

Além disso, a capacidade de processamento do smartphone utilizado não permitiu o processamento paralelo de tantas casas e peças ao mesmo tempo. Devido a esses fatores, optou-se por dividir o processamento entre dois dispositivos. A proposta de aplicação sugerida por esse trabalho e os benefícios no qual residem suas justificativas contemplam o uso de um único dispositivo. No entanto, dadas as limitações técnicas e tecnológicas dessa pesquisa e considerando que esse é um protótipo, entendeu-se que abrir mão da especificação técnica não seria um problema, contanto que o usuário final tivesse a ilusão e a imersão proporcionadas pela experiência de aprender através da RA.

Felizmente a biblioteca NyARToolkit é disponibilizada não só para dispositivos Android, como o smartphone utilizado, como também para computador, através da tecnologia Flash. A aplicação foi, portanto, dividida entre dois dispositivos. O smartphone utilizado como HMD ficou responsável pelo processamento de detecção das peças, assim como a detecção de algumas casas chave, de modo a conseguir processar as instruções e posicioná-las corretamente sobre o tabuleiro de forma virtual.

Uma câmera posicionada exatamente sobre o tabuleiro e ligada a um computador, como mostra a figura A20, filma o tabuleiro de cima, capturando apenas as casas realmente ocupadas. Durante todo o processo o

smartphone e o computador ficam conectados a uma rede privada. O computador processa as casas ocupadas e deixa essa informação disponível para ser consultada pelo smartphone através de protocolo HTTP. Uma vez consultada essa informação o smartphone processa os dados para definir se a instrução foi ou não cumprida.

Figura A20 – Esquema de montagem do protótipo.



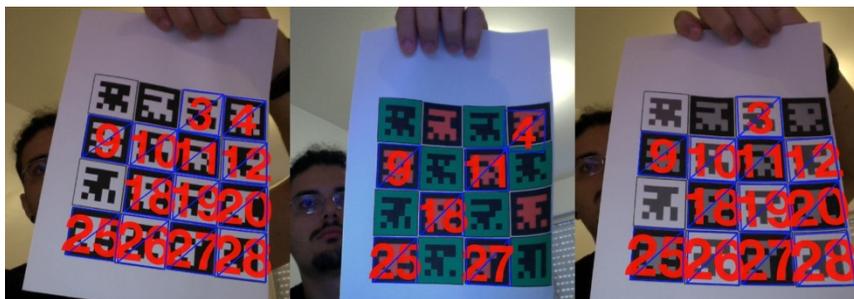
Fonte: autor

Os *NyID Markers* com valores entre 1 e 64 foram reservados para as casas do tabuleiro. Como, em virtude do novo método de detecção, as casas brancas também necessitam ser marcadas, alguns testes foram realizados para definir a melhor forma de construir o tabuleiro. Primeiramente foi necessário negatizar os marcadores que ocupam as casas brancas e criar um espaço de separação entre as casas, para que a biblioteca pudesse identificar

cada uma delas separadamente. Porém foi percebido que, apesar da qualidade de detecção ser boa, a distinção entre casas brancas e pretas se tornou confusa para olhos humanos.

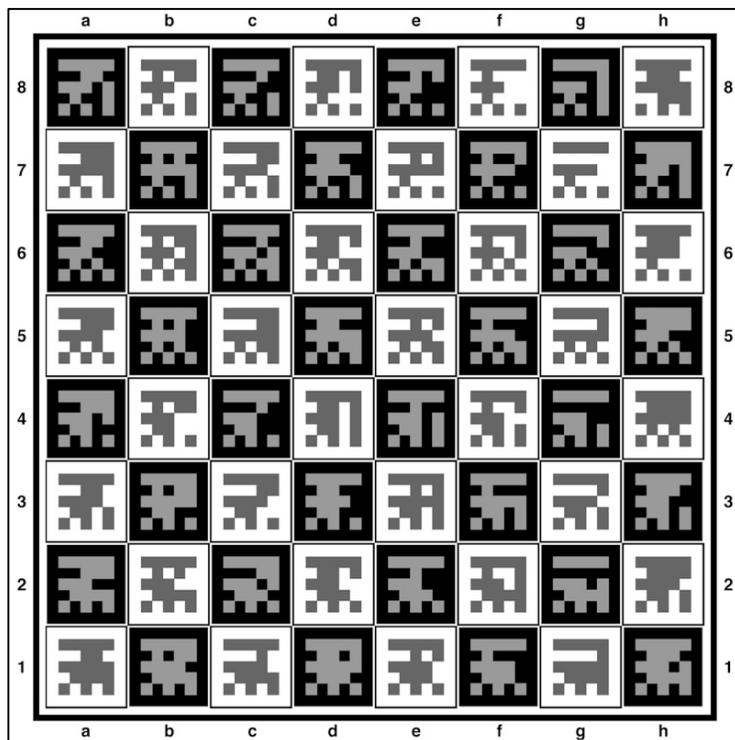
Com o objetivo de resolver esse problema, mais uma bateria de testes foi realizada. Como mostra a figura A21, foi feita uma tentativa de utilizar cores nas casas, mas isso fez com que a qualidade da detecção caísse consideravelmente. Uma nova tentativa, trabalhando com escalas de cinza se mostrou tão eficiente quanto a primeira ao mesmo tempo que melhorou drasticamente a percepção das casas pretas e brancas. A versão final do tabuleiro pode ser vista na figura A22.

Figura A21 – Teste de detecção das casas com tabuleiro preto e branco, em cores e com escala de cinza, respectivamente.



Fonte: autor

Figura A22 – Versão final do tabuleiro com NyID Markers e casas espaçadas.



Fonte: autor

Faltava ainda fazer a posição de cada peça ser detectada sobre o tabuleiro. O processamento necessário para isso, no entanto, se mostrou acima do que o computador utilizado suportaria. Para que a detecção funcionasse foi necessário diminuir a taxa de atualização para 1 segundo, o que proporciona um feedback lento – porém ainda suportável – para o usuário.

Novamente, por questões técnicas, foi necessário reduzir o escopo das etapas do método de ensino proposto que seriam cobertas por essa versão do protótipo. Em função da falta de detecção de múltiplas peças, foi necessário abrir mão da primeira aula, que apresentava

todas as peças e as posicionava sobre o tabuleiro simultaneamente, bem como da etapa de jogo simulado, presente em quase todos os encontros.

Basicamente, como será descrito em mais detalhes no capítulo seguinte, as capacidades do protótipo acabaram ficando limitadas à identificação de uma peça. Partindo do princípio que apenas uma peça estaria sobre o tabuleiro de cada vez, são realizadas instruções e checagens tanto de posicionamento quanto de movimentação.