

# Inteligência Artificial aplicada a Jogos de Tabuleiro com Realidade Aumentada

Anderson Mine Fernandes, Bruno Henrique Pachulski Camara, Alexandre Rossi Paschoal, Eduardo Filgueiras Damasceno  
PPGI - Programa de Pós-Graduação em Informática - Mestrado em Informática  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Campus Cornélio Procopio  
burnes@professorburnes.com, bhpachulski@gmail.com, {paschoal, damasceno}@utfpr.edu.br

**Abstract**—Digital Games are exciting and have fascinated people around the world in several areas. In augmented reality it is possible for the player to mix real world with virtual world in a game. However, games need to be challenging to become more real and appealing. Currently, artificial intelligence helps us in this task. This work presents an implementation and discussion about the contribution of these aspects using methods in a board game with augmented reality.

**Resumo**—Os Jogos Digitais são emocionantes e têm fascinado as pessoas ao redor do mundo em diversas áreas. Na Realidade Aumentada, é possível misturar o mundo real com o mundo virtual em um jogo. No entanto, os jogos precisam possuir um desafio para se tornar mais atraente e muitas vezes mais real. Atualmente, a Inteligência Artificial pode ajudar nesta tarefa. Este trabalho apresenta uma implementação e discussão sobre a contribuição desses aspectos através de métodos em um jogo de tabuleiro com Realidade Aumentada.

## I. INTRODUÇÃO

Os jogos prendem muito a atenção de jovens e adultos, e foram utilizados desde a Grécia antiga, como atividades lúdicas no processo de formação de crianças [1]. Com a modernização, surgimento dos computadores, popularização dos consoles de vídeo *games* e mais recentemente os dispositivos móveis, surgiram os chamados jogos digitais ou eletrônicos, conhecidos ainda como *games*. Esses podem ser considerados, essencialmente, um *software* interativo que visa o entretenimento de quem o utiliza, expondo o fator lúdico do jogo, que o caracteriza [2].

Os jogos eletrônicos têm uma série de características diferentes dos demais *softwares*. Enquanto uma pessoa pode ter a necessidade de comprar ou usar um programa para executar determinada tarefa, o jogador adquire um jogo voluntariamente, motivado por seu valor de entretenimento e diversão. O jogador deve apreciar o jogo, divertir-se ao aprender a utilizá-lo, fazer descobertas, solucionar problemas, enfim, deve ser uma atividade prazerosa [3]. Para isso, muitos dos jogos atuais podem contar com componentes e personagens que possuem Inteligência Artificial (IA), necessária para tornar o jogo mais desafiante, e não fácil e monótono, fatores que por muitas vezes, fazem com que o interesse pelo jogo seja perdido.

Outro fator interessante na área de jogos eletrônicos, é que o avanço da tecnologia, possibilitou que novas oportunidades surgissem, e uma delas foi a criação de jogos em Realidade Aumentada (RA), ou *AR Games*.

A RA permite uma interação segura, motivadora e agradável, pelo fato de transportar os elementos virtuais ao mundo real [4]. Outro aspecto positivo, é que podem ser criadas aplicações que necessitem apenas de um computador e *webcam*, tornando-se assim mais acessíveis ao público, devido ao baixo custo [5], diferente da Realidade Virtual, ou RV, onde são necessários equipamentos que possuem alto custo monetário. Ainda há a possibilidade de proporcionar interfaces avançadas, capazes de gerar a imersão do usuário em ambientes onde ele pode interagir e explorar. A superposição em tempo real de elementos virtuais gerados por computadores a elementos reais capturados por câmeras ao vivo abre uma vasta gama de possibilidades [6].

Este trabalho tem a pretensão de analisar um algoritmo de Inteligência Artificial e utilizá-lo em um Jogo Eletrônico de Tabuleiro com Realidade Aumentada.

## II. JOGOS DE TABULEIRO

Os jogos de tabuleiro são mais antigos do que aparenta-se, várias referências a eles são encontradas em escavações arqueológicas desde o século XIX, na região do Egito e Mesopotâmia, atualmente Iraque [7].

Gamão, o jogo de Damas, Domino, Mandalas, Ludo e o Xadrez são exemplos de jogos de tabuleiro.

Um dos primeiros jogos deste tipo, o GO, Figura 1 - tido como um dos jogos de tabuleiros mais elegantes desenvolvidos até hoje, foi criado pelo imperador chinês Yao (2337-2258 a.C.) para ensinar ao seu filho disciplina, concentração e equilíbrio [7]. Segundo Ramos, o jogo de Ludo por exemplo, possui além da função do entretenimento, funções terapêuticas, que permite aos jogadores o prazer de circular a energia sexual, organizando-a de modo homogêneo em torno do núcleo de seus conflitos inconscientes [8].

Os jogos de tabuleiro exercem um fascínio entre crianças e adultos [9], como visto, muitos deles misturam estratégia, sorte, alto grau de interação entre os jogadores e ênfase na estratégia.

## III. INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E JOGOS

O termo "Inteligência Artificial", ou IA, foi cunhado em 1956 por John McCarthy, que o definiu como "a ciência e engenharia capaz de construir máquinas inteligentes". Pode ser definido ainda pela criação de um programa que possa



Figura 1. GO, considerado um dos primeiros jogos de tabuleiro

emular pensamentos humanos, podendo ainda tomar decisões e realizar ações [10].

No caso dos jogos, uma parte do código do programa, poderá conter IA para controlar um ou mais *Non-Players Characters*, ou NPCs, muito utilizados para tornar o jogo mais real, podendo ser um simples figurante ou um oponente. Neste último caso, o oponente poderá tomar decisões inteligentes e até apresentar várias escolhas para a resolução de um problema ou uma situação.

A IA aplicada a jogos não se interessa pela resposta que o sistema gera, nem como o sistema funciona internamente. O interesse está em como o sistema atua, e não como ele pensa.

O uso de técnicas de IA em jogos é cada vez mais necessária, uma vez que, os jogos vem se tornando mais complexos exigindo dos personagens ou objetos um planejamento de tarefas e trajetórias, além da capacidade de poder resolver problemas, como nos jogos de *puzzles* e *brain-teasers*, e também controlar os agentes não selecionáveis, ou NPCs.

Vários tipos de busca podem resolver um problema, onde pode ser utilizada uma heurística de busca que reduz a complexidade, testando os números que não são válidos, ou buscar preencher os espaços mais completos, ou os dois.

Os NPCs de jogos como o já citado *PacMan*®, ou do jogo *Unreal*® ou *Half-Life*®, utilizam outros algoritmos de busca, para estabelecer caminhos e trajetórias para que ele possa encontrar os demais oponentes. Esse tipo de solução é conhecido como Busca de Caminhos ou *Path-Finding*. Este algoritmo busca estabelecer um caminho entre um ponto inicial e um ponto final.

A Figura 2 demonstra um mapa com um exemplo de *Path-Finding*, com ponto inicial (origem) e ponto final (destino),

denominada busca de espaço em estados [10]. O algoritmo explora diversos espaços de configurações, estuda as possibilidades de caminhos, dependendo do estado ou posição do oponente.

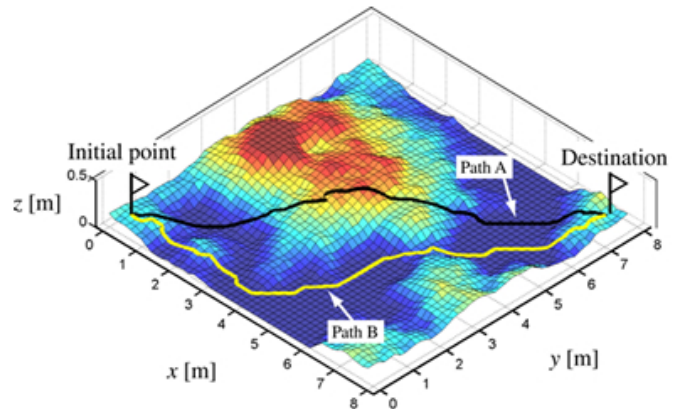


Figura 2. Busca de caminhos, pathfinding, em um mapa 3D

A maioria dos jogos que possuem NPCs, podem fazer uso de um algoritmo de ação simples, podendo levar o personagem a realizar somente algumas tarefas, normalmente simples e repetitivas. Quando existe a competição, os NPCs devem possuir algum tipo de inteligência, como é o caso dos fantasmas do jogo *PacMan*, apesar de utilizar regras simples para se movimentar na tela, em direção ao oponente, a maioria traça um caminho entre o início e o destino, gerando um desafio para o jogador.

Diversos algoritmos e heurísticas de buscas podem ser aplicados a jogos eletrônicos, como a Busca Cega, a Busca Gulosa e o A\* (*A Star* ou *A Estrela*), um dos mais utilizados [11].

O funcionamento do A\* é baseado em árvores ou nós, onde cada um é considerado um estado de caminho, que pode possuir transições entre os demais estados. Cada um desses estados pode possuir um custo diferente, sendo que, o A\* encontra a melhor rota para um agente. Pode ser utilizado em uma grande variedade de contextos, apenas mudando a heurística básica (funções de custo) que auxilia na exploração e busca no espaço de estados.

Este algoritmo se apresenta como a solução mais apropriada ao problema de Busca de Caminhos, pois encontra o caminho de menor custo de um vértice a outro examinando apenas os vizinhos mais promissores do vértice atual da busca. Segundo Patel [12], a Busca A\* pode ser a melhor escolha na maioria dos casos.

#### IV. JOGOS COM REALIDADE AUMENTADA

A Realidade Virtual (RV) é uma "interface avançada do usuário" para acessar aplicações executadas no computador, propiciando a visualização, movimentação e interação do usuário, em tempo real, em ambientes tridimensionais gerados por computador. O sentido da visão costuma ser preponderante em aplicações de realidade virtual, mas os outros sentidos, como tato, audição, etc., também podem ser usados para enriquecer a experiência do usuário [9]. Esses pontos, fazem

com que o usuário tenha o sentido de realidade, sendo importante para que o ele se sinta imerso no jogo, esquecendo da existência da artificialidade da interface [13].

Atualmente, a tecnologia RA pode ser "baseada em pontos de marcadores manuais"[14], ou livres de marcador, conhecidos como *Markerless*, sendo que a técnica baseada em marcadores, aceita dois modos de marcadores: a) colorido e, b) fiducial.

Com um simples arranjo de padrões impressos manuais na cena (por exemplo, quadrado, triângulos com codificação interna), você pode adicionar uma variedade de objetos virtuais 3D para a cena, como e mostrado na (Figura 3).

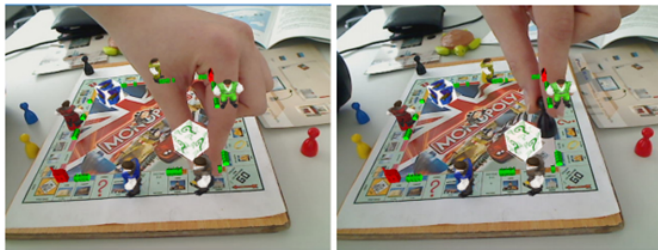


Figura 3. Exemplo do Jogo Monopoly com Realidade Aumentada

Uma das vantagens de se usufruir da RA em jogos é a possibilidade de combinar as características de jogos e brincadeiras clássicas (que não usam o meio eletrônico, como por exemplo jogos de cartas ou tabuleiro), como seu forte componente de socialização, como as dos jogos eletrônicos (a multimídia, gráficos e sons dinâmicos e atraentes) [15].

Na Figura 4, é apresentada uma tela do *Colossus ARena* [16], um *AR Game* de estratégia derivado do tabuleiro e potencializado pelo uso desse artefato. Estimular a socialização por meio de elementos competitivos e colaborativos, onde em um tabuleiro chamado simbolicamente de ARena, criaturas são representadas por divindades das mais diversas mitologias se enfrentam, usando cartas especiais como suporte ao jogo.

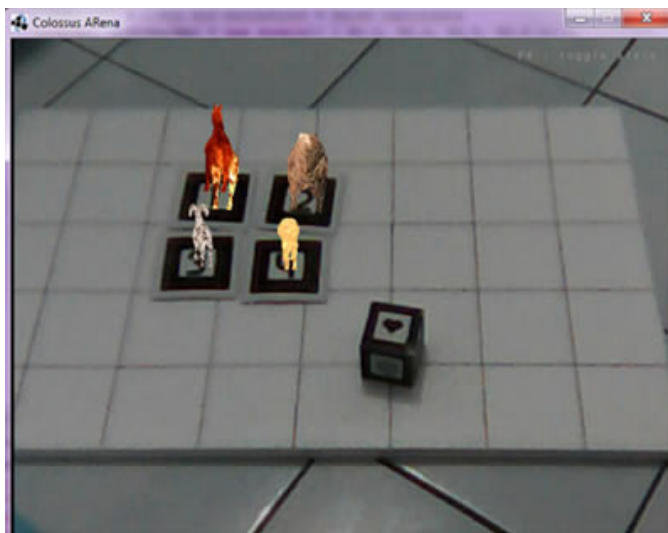


Figura 4. Jogo de Tabuleiro com Realidade Aumentada Colossus ARena

A RA também começou a invadir os consoles portáteis,

como o *Sony PSVita*. Em 2012 foi lançado o *Pulzar* [17], um jogo que utiliza marcadores e RA, onde os jogadores devem defender a Terra de diversos asteróides. A RA permite que os jogadores possam se movimentar ao redor do cenário criado virtualmente, podendo analisar o problema de diversos ângulos diferentes.



Figura 5. Imagem do Jogo com Realidade Aumentada Pulzar

## V. FERRAMENTAS DE DESENVOLVIMENTO

Pode se utilizar diversas bibliotecas e *frameworks* no desenvolvimento de aplicações e jogos com RA. O *ARToolKit* é uma das bibliotecas mais utilizadas, pelo baixo custo computacional, possuir código aberto (*open source*) e por ser multiplataforma [18].

Esta biblioteca utiliza marcadores fiduciais, normalmente um quadrado preto impresso em um cartão, que podem ser detectados por *webcams* comuns, utilizando técnicas computacionais para detectar o marcador e posicionar na tela, em tempo real, um objeto virtual alinhado ao marcador [19].

Além do *ARToolKit*, pode se utilizar um *framework* de desenvolvimento, no caso, o Suporte ao Desenvolvimento de Aplicações em Realidade Aumentada, ou *SudaRA* [20], baseado no *ARToolKit* e criado para o desenvolvimento de aplicações com RA, adicionando a biblioteca suporte a vários itens, como: áudio, vídeo, botões, rede e vários tipos de objetos e modelos virtuais [21]. O *SudaRA* utiliza a linguagem C++ como linguagem de programação, além da biblioteca gráfica *OpenGL*.

O seu pacote contém diversos exemplos de programas e seus códigos fonte, permitindo que o programador utilize os para estudos, facilitando o desenvolvimento. O *SudaRA* ainda possui suporte a vários tipos de arquivos de imagens, animações e objetos 3D, criação de primitivas e texturas, além de possuir suporte a iluminação.

Diversas funções foram implementadas no *SudaRA*, dentre elas, funções para descrever objetos primitivos, adicionar texturas, adicionar cenas a tela, inserir arquivos de vídeo e áudio, botões, controlar iluminação, todas tecnologias necessárias para o desenvolvimento de jogos.

O *framework* possui suporte a arquitetura cliente/servidor, permitindo que as aplicações possam trocar informações entre clientes e servidores com uma conexão de rede [22], podendo assim, criar jogos online e multi jogadores, melhorando a experiência. Outro ponto positivo é a linguagem de programação



utilizada no SudaRA, o C++, amplamente conhecida e com vasta documentação.

## VI. DESENVOLVIMENTO DO JOGO

No jogo utilizado, utilizam se marcadores para representar um Herói, que deverá ser posicionado em um local de um tabuleiro especial, criado para o jogo, e um Vilão, que deverá utilizar o algoritmo de busca A\* (A Estrela) para traçar o melhor caminho para que o Vilão capture o Herói, através de um caminho onde serão adicionados outros marcadores, que deverão representar diversos terrenos, cada com um peso diferente. Esses terrenos poderão ser adicionados em qualquer local do tabuleiro. O vilão poderá caminhar somente sobre o caminho criado, sendo o seu objetivo, encontrar o herói no tabuleiro.

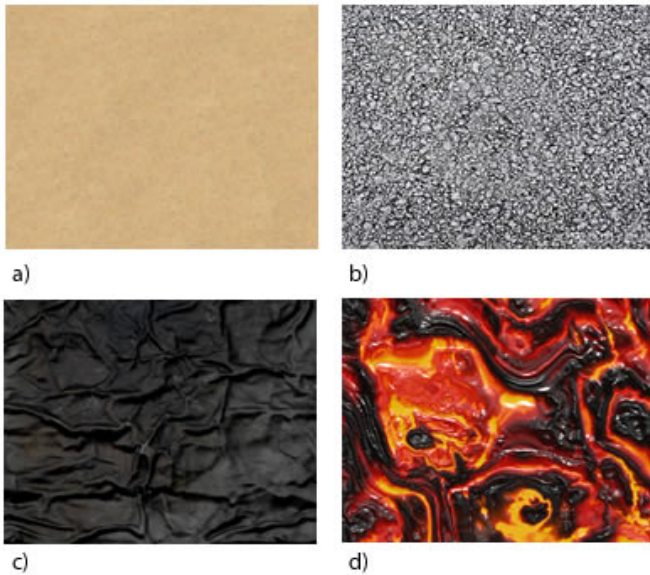


Figura 6. Tipos de Terrenos utilizados no Jogo

Na Figura 6 são mostrados diversos tipos de terrenos que o vilão deverá transpor até chegar ao herói, sendo eles: a) areia (peso 0), b) pedra (peso 10), c) pixe (peso 20) e d) lava (peso 30). Cada marcador representará um desses terrenos, sendo que o *framework* não permite utilizar um mesmo marcador duas vezes, portanto, para que existam dois caminhos com lava, será necessário que dois marcadores diferentes representem o mesmo terreno.

Na Figura 7A é demonstrado como os marcadores podem ser acondicionados no tabuleiro, sendo que o modelo do Esqueleto, que irá representar o Vilão, deve perseguir o primeiro Modelo, que deverá representar o herói. Os demais marcadores são terrenos representados pelos componentes Areia (peso 0), Pedra (peso 10) e Lava (peso 30). O Vilão, aqui representado pelo Esqueleto, deverá traçar o melhor caminho, sendo que, este deve ser o que tiver menor custo. Os marcadores podem ser substituídos por outros ou terem seus locais modificados.

A Figura 8 mostra um exemplo de marcadores em um estado inicial. Cada marcador será trocado por um objeto virtual, no caso um tipo de terreno, cada um com um peso diferente. Os marcadores nas extremidades representam o

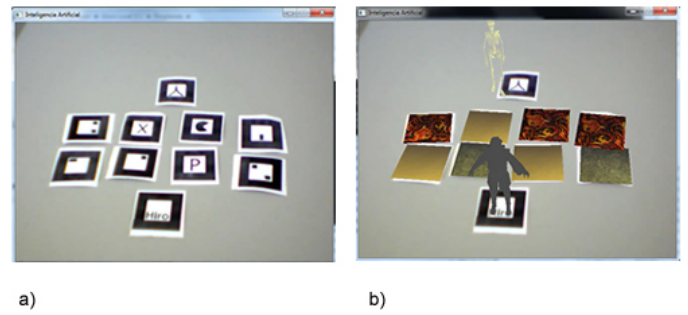


Figura 7. A - Imagem dos marcadores B - Imagem com os objetos virtuais sobre os marcadores

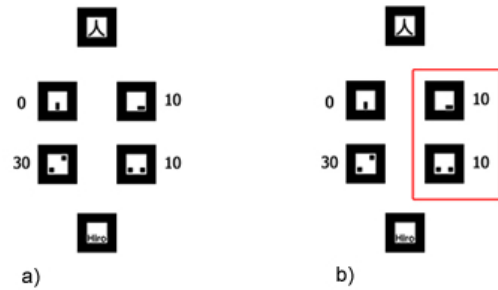


Figura 8. Estado inicial e escolha do melhor caminho levando em consideração os pesos dos terrenos

Herói e o Vilão, que deverá verificar a soma dos terrenos e tomar o caminho com menor peso para chegar ao herói. O jogador poderá trocar os marcadores de lugar, modificando o valor dos pesos dos terrenos.

No exemplo, o caminho da direita possui peso total de 20, e o da esquerda peso 30, sendo assim, o caminho da direita é o que possui menor peso.

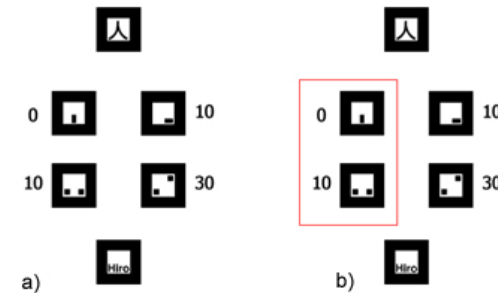


Figura 9. Estado inicial modificado e nova escolha do melhor caminho

No exemplo da Figura 9 os marcadores foram reposicionados, sendo que, o caminho da direita agora, possui o peso de 40 e o da esquerda 10, sendo o segundo caminho o de menor peso, e deverá ser escolhido pelo vilão.

## VII. CONCLUSÃO

Foram realizados testes com outras heurísticas de busca, Busca Cega e Busca Gulosa, dentro do ambiente do SudaRA, que não se mostraram satisfatórias. Constatou-se que a utilização de vários marcadores e objetos virtuais, podem

tornar a aplicação lenta, ou mesmo atrapalhar a detecção de alguns dos marcadores, tornando o jogo confuso, dependendo da qualidade da *Webcam* e distância entre o tabuleiro, o *software* confundiu vários marcadores. Inicialmente, o tabuleiro contava com 22 marcadores, que foram reduzidos para 10, para sanar este problema.

Cada marcador possui uma cena que contém seu terreno ou objeto virtual. Deve se calcular a distância entre esses elementos para poder criar os movimentos e a soma dos pesos dos terrenos. O Vilão escolheu o caminho de menor valor, para se chegar ao destino.

A cena gerada projeta um objeto primitivo, um cubo, de altura de um pixel e revestido com a textura escolhida. Esta é um arquivo do tipo JPG (*Joint Photographic Experts Group*). Além do JPG, o SudaRA ainda pode utilizar arquivos GIF (*Graphics Interchange Format*), PNG (*Portable Network Graphics*) e BMP (*Bitmap*).

O Herói e o Vilão são objetos VRML (*Virtual Reality Modeling Language*), um formato de arquivos 3D. Outros formatos podem ser utilizados no SudaRA como o OBJ e o 3DS.

Posicionados os terrenos, o aplicativo detecta as suas posições e seus pesos, e podem ser adicionados os marcadores do Herói e do Vilão. O Vilão irá se deslocar no tabuleiro a encontro do Herói, levando em consideração os pesos de todos os terrenos a sua frente para encontrar o melhor caminho, como demonstrado na Figura 10.

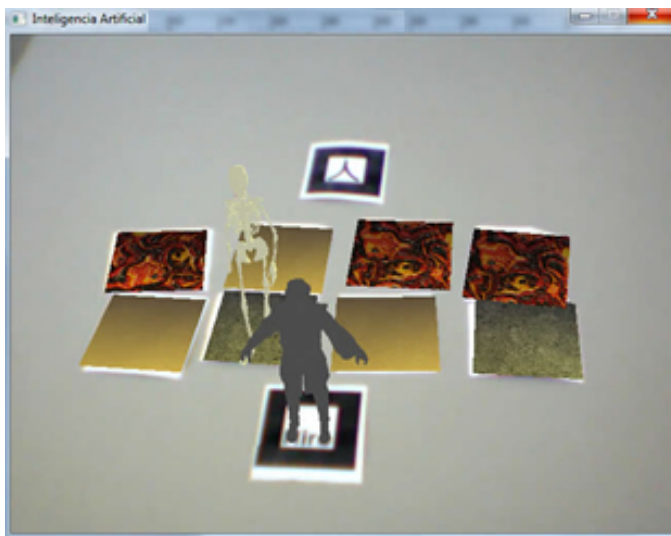


Figura 10. Vilão encontrando o Alvo

O resultado mostrou se satisfatório, como planos futuros, serão trocados alguns dos *hardwares* utilizados, para melhorar a detecção dos marcadores, aumentando assim, o número de marcadores e objetos no jogo, bem como testes de outras heurísticas e aplicação de várias dessas em um mesmo NPC, tornado a ação do mesmo mais eficiente. Outro ponto, é adicionar ao cenário vários obstáculos, fazendo com que o jogo fique mais desafiador.

## REFERÊNCIAS

- [1] C. Antunes, "Jogos para a estimulação das múltiplas inteligencias," Editora Vozes, 1999.
- [2] E. M. d. F. Ramos, "Brinquedos e jogos no ensino de fisica," Master's thesis, Faculdade de Educacao da USP, 1990.
- [3] A. R. M. Cupershmid, "eurísticas de jogabilidade para jogos de computador," *Tese de Mestrado Universidade Estadual de Campinas*, 2008.
- [4] R. Kirner, Claudio e Siscouto, *Realidade Virtual e Aumentada: Conceitos, Projeto e Aplicações*, 2007, vol. 1, pp. 2–21.
- [5] C. Tori, Homero e Kirner, *Fundamentos de Realidade Virtual e Aumentada*, vol. 1, ch. 1, pp. 2–21.
- [6] J.-J. e. V. N. e. S. E. e. D. P. e. A. T. Gotardo, Reginaldo e De Grote, "Augmented reality applied to game development and instructional materials in elementary education," in *XXIV Brazilian Symposium on Informatics in Education, SBIE 2013*, 2013.
- [7] J.-J. e. V. N. e. S. E. e. D. P. e. A. T. Gotardo, Reginaldo e De Grote, "Realidade aumentada aplicada ao desenvolvimento de jogos e materiais didáticos na educação básica," in *XXIV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, SBIE 2013*, 2013.
- [8] E. M. d. F. Ramos, "Brinquedos e jogos no ensino de fisica," Master's thesis, Faculdade de Educacao da USP, 1990.
- [9] R. Kirner, Claudio e Siscouto, *Realidade Virtual e Aumentada: Conceitos, Projeto e Aplicações*, 2007, vol. 1, pp. 2–21.
- [10] N. P. Russel S., "Artificial intelligence: A modern approach," *Prentice Hall*, 2003.
- [11] S. Rabin, "Ai game programming wisdom," *Charles River Media*, 2002.
- [12] A. Patel, "Amit's thoughts on pathfinding," *Stanford University*, 1999.
- [13] J.-W. Yoon, S.-H. Jang, and S.-B. Cho, "Enhanced user immersive experience with a virtual reality based fps game interface," in *Computational Intelligence and Games (CIG), 2010 IEEE Symposium on*, Aug 2010, pp. 69–74.
- [14] J. e. S. Dias Jr, "Movimentos utilizando marcadores passivos e múltiplas cameras," *VII Workshop de Realidade Virtual e Aumentada*, 2006.
- [15] T. S. M. C. Farias, J. e Pessoa, "Ogrear: Construção de aplicações de realidade aumentada utilizando bibliotecas de alto nível," *Workshop de Realidade Virtual e Aumentada*, 2006.
- [16] W. X. Almeida and R. J. F. Alves, *Colossus ARena: protótipo de game usando realidade aumentada*, 2011.
- [17] Sony and N. Jones, "Pulzar," <http://www.techtudo.com.br/noticias/noticia/2012/06/ps-vita-recebe-jogo-de-realidade-aumentada-pulzar.html>, 2012, [Online; accessed 1-April-2014].
- [18] P. Lepetit, Vincent e Fua, *Foundations and Trends in Computer Graphics and Vision*, 2005, vol. 1, no. 1, pp. 1–89.
- [19] M. Kato, Hirokazu e Billinghurst, *ARToolKit Version 2.33*, 2000.
- [20] C. H. B. d. Cunha, "Prototipação de ambientes físicos com realidade aumentada," *Symposium on Virtual and Augmented Reality*, 2010.
- [21] —, "Sudara," <http://sudara.sourceforge.net/>, 2014, [Online; accessed 02-March-2014].
- [22] W. C. e Hakkarainen M. e Billinghurst M., "A client/server architecture for augmented reality on mobile phones," *Mobile Software Engineering - Engineering Science Reference*, 2012.